Wydanie elektroniczne dostępne na www.ulubionykiosk.pl

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

EP.com.pl

● Międzynarodowy magazyn elektroników konstruktorów ● Wrzesień ● 9/2022 ●

Tylko Prenumeratorzy

- mają dostęp do artykułów przed ich publikacją w EP na www.ep.com.pl – **EP W TOKU**
- mają dostęp do materiałów dodatkowych, takich jak pliki źródowe projektów na naszym serwerze **FTP** www.ulubionykiosk.pl/media

inspirujące, użyteczne projekty

eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury • Niedrogi programator JTAG do układów FPGA • Bank energii z hulajnogi elektrycznej, czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną • Moduł diody idealnej o prądzie 5 A • Prosty miernik refleksu • Moduł LoRa dla RPi Pico • Przedłużacz magistrali I²C • Układ cyklicznego restartu • Programowanie mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 za pomocą programatora ST-Link • Projekt Czarny Łabędź. Jednokierunkowy, bezpieczny komunikator bezprzewodowy • Elektroniczny pantograf

podzespoły, sprzęt, aplikacje

Moduły czytników kodów kreskowych i RFID • Systemy monitorowania stanu turbin wiatrowych • Komunikacja bezprzewodowa w systemach IoT z zastosowaniem modułów Arduino MKR • Internet Wszechrzeczy • Identyfikacja radiowa i optyczna

tutoriale

Projektowanie aplikacji przemysłowych • Może lepiej, że tego nie słyszymy • Funkcje sterowników do przetworników ADC • Czujniki radarowe jako potężne narzędzia do inteligentnych aplikacji IoT

18,90 zł (w tym 8% VAT) • PRICE: 8 EUR
ISSN 1230-3526 Indeks 357677
09 >
9 771230 352221

IOE – INTERNET OF EVERYTHING

Zaprenumeruj „Elektronikę Praktyczną", a zawsze dostaniesz najnowszy numer wprost do Twojej skrzynki!

na start do 6* wydań gratis

po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty do 12* wydań gratis

* Cena prenumeraty rocznej **na start** wynosi 207,90 zł. Przy zamówieniu prenumeraty dwuletniej za 340,20 zł oszczędność wynosi równowartość sześciu wydań „Elektroniki Praktycznej".

Przedłużasz prenumeratę? Aby otrzymać zniżkę lojalnościową, przedłuż prenumeratę po zalogowaniu się do swojego panelu na **www.ulubionykiosk.pl**, gdzie znajdziesz atrakcyjną ofertę prenumeraty, która uwzględnia przysługujące Ci zniżki za lojalność. Po 5 latach nieprzerwanej prenumeraty otrzymasz **rabat 50%** na prenumeratę dwuletnią.

Oferta dotyczy prenumeraty drukowanej.

Wszystkie opcje prenumeraty i e-prenumeraty znajdziesz na stronie

www.UlubionyKiosk.pl

prenumerata@avt.pl

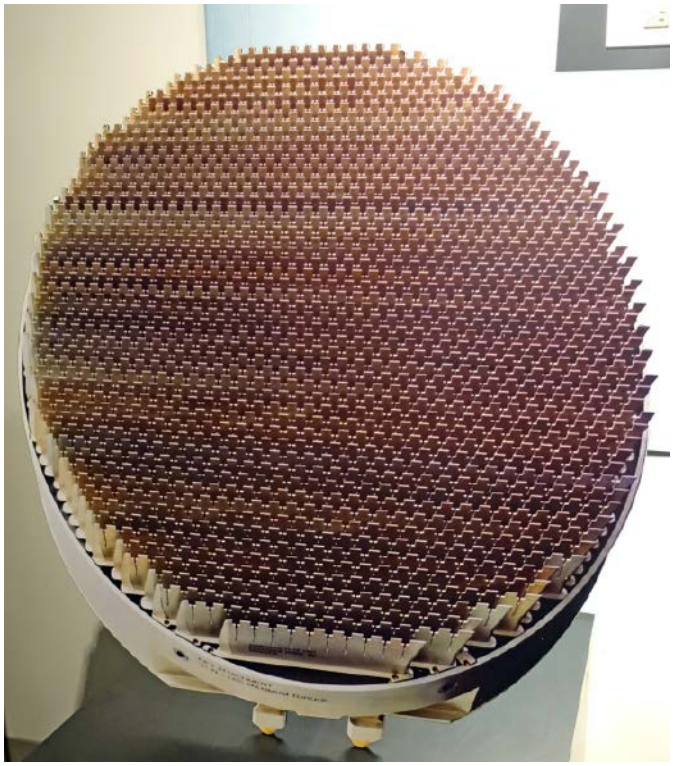
AVT-Korporacja sp. z o.o., ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, konto 18 1050 1012 1000 0024 3173 1013

Nie da się ukryć

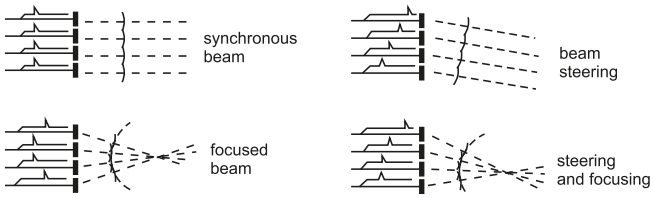
Działanie wielu nowoczesnych urządzeń zależy od tego, jak skutecznie potrafią identyfikować obiekty, z którymi mają do czynienia oraz jak skutecznie potrafią rejestrować otoczenie, w którym się znalazły. Pierwszą część tego szerokiego zagadnienia opisuje artykuł o systemach identyfikacji optycznej i radiowej, który polecam jako obowiązkową lekturę. Zostały tam omówione różne technologie i rozwiązania, które bazują na specjalnych znacznikach, czy to w postaci kodu kreskowego, czy tagu RFID. Drugą część zagadnienia stanowią systemy, które rejestrują całą bliską przestrzeń i tworzą wirtualny widok wszystkich obiektów w zasięgu.

Rejestrowanie za pomocą kamery lub zespołu kamer, jeśli wynikiem ma być obrazowanie w 3D, wydaje się najbardziej intuicyjnym rozwiązaniem dla człowieka, ale ma kilka kluczowych wad – m.in. wymaga relatywnie dużych zasobów sprzętowych i oferuje stosunkowo niewielki zasięg. Dobrą alternatywą jest skaner laserowy, tzw. lidar, który emituje wiązkę światła laserowego i rejestruje sygnał odbity od przeszkód. Analiza parametrów tego zarejestrowanego sygnału pozwala określić odległość, jaką pokonał i w efekcie, przy wielu punktach pomiarowych, możliwe jest nakreślenie przestrzennego obrazu otoczenia. Lidar to bardzo skuteczne rozwiązanie stosowane m.in. w motoryzacji. Jest jeszcze jedna technologia, odpowiednia do takiego zastosowania i pod wieloma względami pokonująca lidar – to radar.

Dawne radary były zbudowane z magnetronu, który generował sygnał radiowy o wysokiej częstotliwości – mikrofale. Za pomocą anteny sygnał był transmitowany w określonym kierunku i jeśli natrafił na przeszkodę, to wracał do anteny jako echo. Na podstawie czasu, który upłynął od wysłania fali radiowej do jej powrotu, można oszacować dystans do przeszkody. Skanowanie szerszego obszaru wymagało zmiany położenia anteny. Rozwój elektroniki półprzewodnikowej w latach 60. utorował drogę radarowi typu PESA (*passive electronically scanned array*). Jego charakterystyczną cechą jest antena o płaskiej powierzchni, która w rzeczywistości składa się z setek miniaturowych anten. Energia sygnału RF jest generowana w jednym źródle, a następnie trafia do każdej miniaturowej anteny poprzez osobny układ umożliwiający regulację fazy sygnału. Sprytną cechą przesuwnika fazowego jest to, że może zapobiegać jednoczesnemu uwalnianiu całej energii RF, nakładając niewielkie opóźnienie między każdym elementem transmitującym swoją energię. W efekcie sygnał rafiowy jest uwalniany tak, jak wędruje fala na tafli wody. Powstałe w ten sposób interferencje skutecznie formują kierunek transmitowania sygnału. Zaletą PESA jest to, że nie było już konieczne fizyczne przesuwanie anteny, aby uzyskać szerokie pole widzenia. Umożliwiło to radarowi szybsze skanowanie przestrzeni, a przy zastosowaniu kilku anten można uzyskać pełne 360°.



Fotografia 1. Antena radaru AESA typu AN/APG-81 stosowanego w nowoczesnych samolotach wojskowych F-35



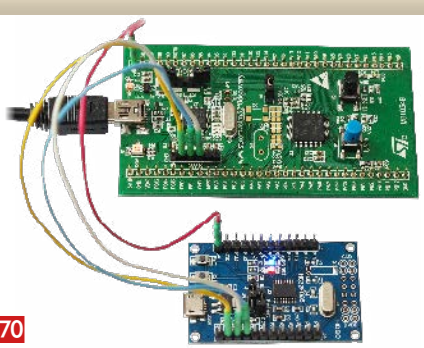
Rysunek 1. Zobrazowanie sposobu kształtowania wiązki sygnału radiowego z użyciem wielu anten

Najnowsze radary to systemy typu AESA (*active electronically scanned array*). Kluczową zmianą jest to, że antena składa się z setek modułów nadawczo-odbiorczych (TR) (**fotografia 1**), z których każdy generuje i wysyła sygnał RF i odbiera jego echo. Niezależne sterowanie modułami TR pozwala kierować wiązki w określonym kierunku, a także umożliwia ich skupienie na danym obiekcie (**rysunek 1**), co może zagłuszać komunikację radiową tego obiektu. Możliwość zadania modułom TR różnych parametrów pozwala na rozłożenie transmisji sygnałów na wielu częstotliwościach, co znacznie zmniejsza szanse wykrycia takiego radaru przez inny radar. Zaawansowane systemy AESA służą nie tylko do rejestrowania otaczającej przestrzeni, to także nowoczesna broń do walki elektronicznej.

Damian Sosnowski

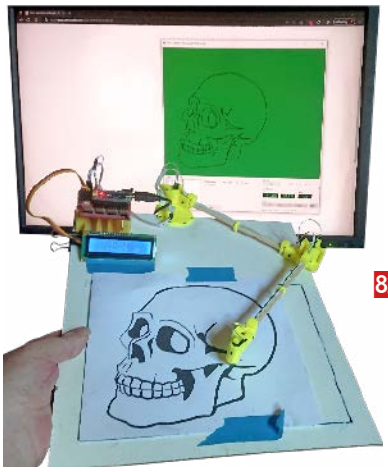
ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA

Nr 9 (356) • Wrzesień 2022



70

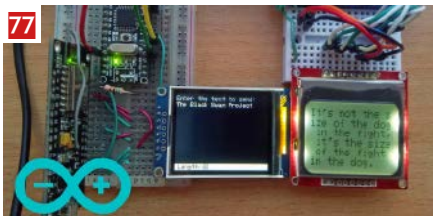
Programowanie mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 za pomocą programatora ST-Link
W artykule zaprezentowano sposób użycia programatora/debuggera ST-Link do zapisu i odczytu pamięci Flash oraz SRAM mikrokontrolerów typu HC32F003 i HC32F005. Opisana metoda może być także zastosowana do programowania innych typów mikrokontrolerów z rdzeniem ARM Cortex-M i interfejsem SWD.



82

Elektroniczny pantograf
Pantograf to prosty przyrząd kreślarski, znany ludzkości od XVII wieku. Może się wydawać, że po 400 latach istnienia nie da się go już udoskonalić... nic bardziej mylnego. Zaprezentowany projekt to pantograf sterowany elektronicznie przez moduł Arduino.

77



Projekt Czarny Łabędź. Jednokierunkowy, bezpieczny komunikator bezprzewodowy
W dzisiejszych czasach może się to wydawać niemożliwe, jednak załóżmy, że doszło do zdarzenia, powodującego ogólnokrajowy blackout, całkowitą awarię sieci komórkowej i innych systemów komunikacji. Wtedy przestaną działać wszystkie elektroniczne środki komunikacji, może z wyjątkiem klasycznych systemów radiowych i Bluetooth... Jest jeszcze jedno rozwiązanie, które zaprezentowano w tym artykule.

Nie przeocz

Nowe podzespoły 6
Dodaj do obserwowanych 12
Konkurs 21
Konkurs 31
Koktajl niusów 108

Projekty

eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury 22
Niedrogi programator JTAG do układów FPGA 28
Bank energii z hulajnogi elektrycznej (1), czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną 32

Miniprojekty

Moduł diody idealnej o prądzie 5 A 38
Prosty miernik refleksu 39
Moduł LoRa dla RPi Pico 42
Przedłużacz magistrali I²C 45
Układ cyklicznego restartu 47

Prezentacje

Projektowanie aplikacji przemysłowych 50
Funkcje sterowników do przetworników ADC 52
Czujniki radarowe jako potężne narzędzia do inteligentnych aplikacji IoT 88
Komunikacja bezprzewodowa w systemach IoT z zastosowaniem modułów Arduino MKR 90

Temat numeru: Identyfikacja radiowa i optyczna

Identyfikacja radiowa i optyczna 54

Projekty soft

Programowanie mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 za pomocą programatora ST-Link 70
Projekt Czarny Łabędź. Jednokierunkowy, bezpieczny komunikator bezprzewodowy 77
Elektroniczny pantograf 82

Elektronika w praktyce

Internet Wszechrzeczy 92

Notatnik konstruktora

Systemy monitorowania stanu turbin wiatrowych 95
Może lepiej, że tego nie słyszymy 100

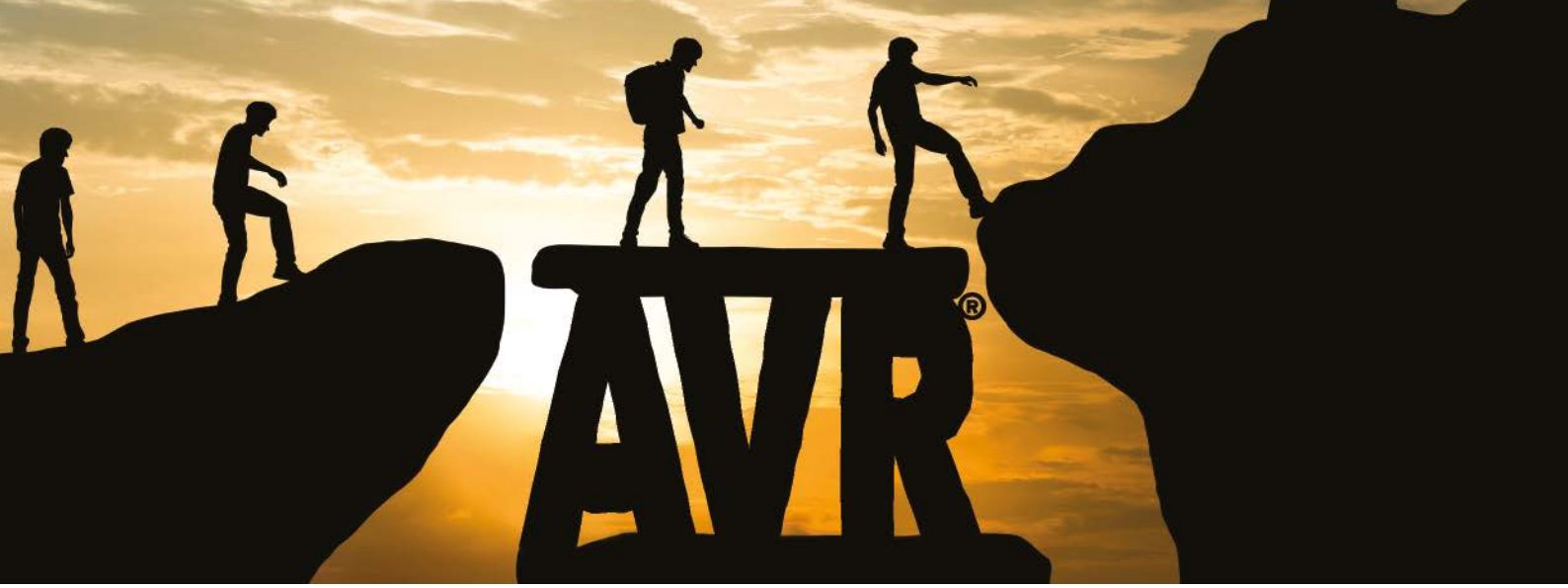
Podzespoły

Moduły czytników kodów kreskowych i RFID 105

Prenumerata 2
Od wydawcy 3
Hity następnego numeru 111

Dodatkowe materiały do artykułów znajdziesz na https://ulubionykiosk.pl/media

Szczegóły na stronie 94



Zrealizuj swój cel projektowy dzięki rodzinie mikrokontrolerów AVR® DD

Wszechstronne, funkcjonalne, z dużą pamięcią - wypełnią luki w Twoim projekcie

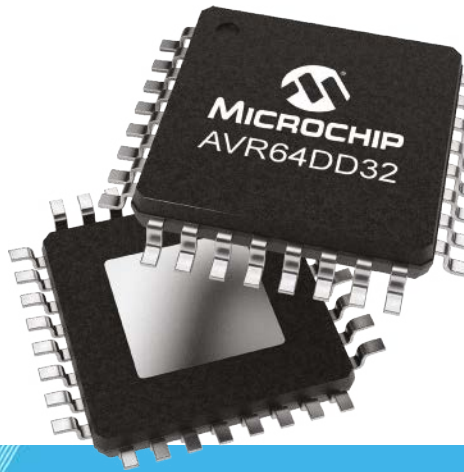
Mikrokontroler AVR® DD zawiera wydajny rdzeń AVR o niskim poborze mocy oraz bogaty zestaw działających autonomicznie układów peryferyjnych (CIP), dzięki czemu idealnie nadaje się do realizacji funkcji sterowania w czasie rzeczywistym w aplikacjach przemysłowych, AGD, motoryzacji i Internecie Rzeczy (IoT).

Dzięki kompleksowej funkcjonalności, w tym Multi-Voltage Input/Output (MVIO), rodzina AVR DD MCU doskonale nadaje się do realizacji złożonych aplikacji lub jako pomocniczy MCU w złożonych projektach z wieloma domenami mocy.

Rozpocznij projektowanie z rodziną AVR DD MCU, aby wypełnić wszelkie luki w swoim projekcie.

Charakterystyka

- Wewnętrzny oscylator 24 MHz
- Do 64 KB pamięci Flash i 8 KB SRAM
- Dostępna szeroka gama obudów, od 14- do 32-pinowych
- USART/SPI/ oraz dual-mode Two-Wire Interface (TWI)
- MVIO na porcie C
- Różne układy peryferyjne, w tym detektor przejścia przez zero (ZCD), wykrywanie awarii zegara (CFD), system zdarzeń (EVSYS) i skaner sumy kontrolnej CRC



MICROCHIP

microchip.com/AVRDD

Nazwa i logo Microchip, logo Microchip i AVR są zastrzeżonymi znakami towarowymi firmy Microchip Technology Incorporated w USA i innych krajach. Wszystkie inne znaki towarowe są własnością ich zarejestrowanych właścicieli. © 2022 Microchip Technology Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. DS30010242A. MEC2422A-POL-05-22

nowe podzespoły

Z kilkuset nowości wybraliśmy te, których nie wolno przeoczyć. Bieżące nowości można śledzić na www.elektronikaB2B.pl

6-osiowy czujnik inercyjny MEMS

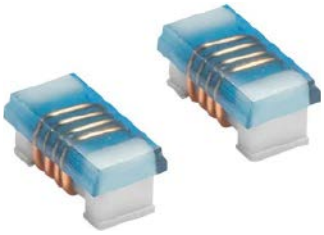
6-osiowy czujnik inercyjny MEMS SCHA63T-K03 firmy Murata umożliwia precyzyjną kontrolę maszyn przemysłowych i stanowi wsparcie systemów pozycjonowania GNSS. Zawiera 3-osiowy akcelerometr do pomiaru kąta nachylenia i 3-osiowy żyroskop do pomiaru prędkości kątowej. Komunikuje

	Żyroskop	Akcelerometr
Zakres pomiarowy	±300°/s	±6 g
Filtr dolnoprzepustowy	13, 20, 46 lub 300 Hz	13, 20, 46 lub 300 Hz
Czułość	80 LSB/°/s	4905 LSB/g
Współczynnik temperaturowy −40...+110°C (3σ)	(Z) ±0,085°/s (XY) ±0,65°/s	(XYZ) ±7,3 mg
Gęstość napięcia szumu (filtr 13 Hz)	(XYZ) 0,0015°/s/√Hz	(XYZ) 59,5 µg/√Hz
Stabilność	(XYZ) 1,1°/h	(XYZ) 8,1 µg

się przez interfejs SPI. Charakteryzuje się bardzo dobrą stabilnością offsetu i dużą czułością w szerokim zakresie temperatury roboczej od –40 do +110°C. Oferuje funkcję autodiagnostyki. Może znaleźć zastosowanie również w aplikacjach istotnych dla bezpieczeństwa (Safety Critical). Jest dostarczany w obudowie SOIC32 o wymiarach 19,7×12,2×4,6 mm i pracuje z napięciem zasilania od 3,0 do 3,6 V.

www.ttieurope.com

Chipowe cewki drutowe w.cz. z kwalifikacją AEC-Q200

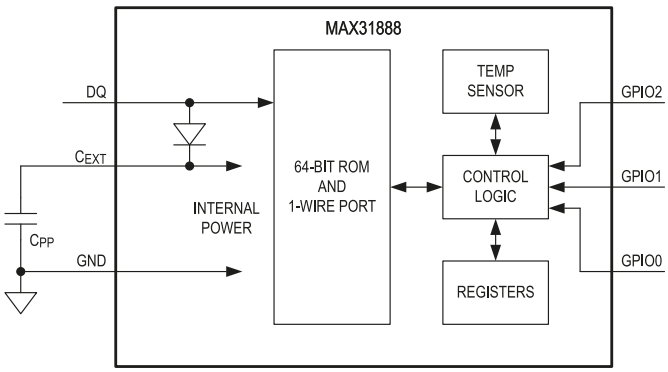


Do oferty firmy Mouser wchodzi seria ceramicznych cewek drutowych w.cz. 0603DC produkcji Coilcraft, zaprojektowanych specjalnie do obwodów w.cz. Wyróżniają się one dużą częstotliwością rezonansu własnego, sięgającą nawet 11,4 GHz i dużą dobrocią (Q do 177 @ 2,4 GHz). Uzyskały kwalifikację AEC-Q200 Grade 1, pozwalającą na zastosowania w elektronice samochodowej. Mogą pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C. Cewki serii 0603DC są produkowane w 45 wariantach o indukcyjności z zakresu od 2,7 nH do 470 nH.

www.mouser.com

Miniaturowy czujnik temperatury MAX31888 z interfejsem 1-Wire

MAX31888 to miniaturowy czujnik temperatury z interfejsem 1-Wire, zamykany w 6-wyprowadzeniowej obudowie µDFN o wymiarach 2×2×0,8 mm. Jest przystosowany do pracy w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C, zapewniając dokładność pomiaru ±0,65°C w całym tym zakresie oraz ±0,25°C w podzakresie od –20 do +105°C. Pracuje z napięciem zasilania od 1,7 do 3,6 V. Do zalet układu należy



też 16-bitowa rozdzielczość (0,005°C) i bardzo mały pobór prądu, wynoszący 68 µA w stanie aktywnym oraz 0,6 µA w trybie standby.

Zastosowany w czujniku MAX31888 interfejs 1-Wire umożliwia transmisję danych za pośrednictwem pojedynczego wyprowadzenia, służącego równocześnie do zasilania układu. Każdy egzemplarz jest oznaczany unikalnym 64-bitowym numerem identyfikacyjnym, pełniącym funkcję adresu węzła w sieci multi-drop 1-Wire. W sieciach multi-drop 3 opcjonalne linie GPIO mogą być wykorzystywane jako bity adresowe, identyfikujące fizyczną lokalizację poszczególnych czujników.

www.maximintegrated.com

Pierwszy na rynku 650-woltowy tranzystor MOSFET SiC w obudowie TOLL

Na targach PCIM Europe firma Onsemi zaprezentowała pierwszy na rynku tranzystor MOSFET SiC, zamykany w obudowie H-PSOF8L TOLL (TO-Leadless), mogący znaleźć zastosowanie w aplikacjach o dużej gęstości mocy. Wcześniej tego typu tranzystory były dostarczane w 7-wyprowadzeniowych obudowach D2PAK, wymagających znacznie większej przestrzeni montażowej. TBL045N065SC1 to tranzystor 650-woltowy o wymiarach 11,7×9,9×2,3 mm, charakteryzujący się mniejszą o 30% powierzchnią i mniejszą o 60% objętością

Farnell
AN AVNET COMPANY

GLOBALNE WSPARCIE NAPĘDZAJĄCE TWÓJ SUKCES

Poznaj zespół Farnell

od poprzedników w obudowach D2PAK. Poza mniejszymi gabarytami, obudowa TOLL oferuje lepsze właściwości termiczne i mniejszą indukcyjność resztkową na poziomie 2 nH. Dwuzaciskowe wyprowadzenie źródła pozwala zredukować napięcie szumów na bramce i straty przy przełączaniu w porównaniu z odpowiednikami z pojedynczym wyprowadzeniem.

Nowy tranzystor jest polecany do zastosowań w zasilaczach impulsowych, falownikach do instalacji fotowoltaicznych, zasilaczach UPS i systemach magazynowania energii. Nadaje się do aplikacji, które muszą sprostać wymogom najbardziej rygorystycznych norm w zakresie sprawności energetycznej, w tym ErP i 80 PLUS Titanium. NTBL045N065SC1 charakteryzuje się rezystancją $R_{DS(on)}$ wynoszącą typowo 33 mΩ i maksymalnym prądem drenu 73 A. Dzięki małemu ładunkowi bramki ($QG_{(tot)}$=105 nC) wykazuje bardzo małe straty przy pracy impulsowej. Może pracować przy maksymalnej temperaturze złącza +175°C.

www.onsemi.com

Wysokoprądowy dławik SMD do elektroniki samochodowej o temperaturze pracy do 160°C

Panasonic rozszerza ofertę elementów indukcyjnych o nowy dławik ETQPAMR33JFW, odporny na ciężkie warunki pracy, zaprojektowany specjalnie do zastosowań w elektronice samochodowej. Zastosowany do jego produkcji metalowy materiał kompozytowy wyraźnie przewyższa technologię ferrytową, zapewniając mniejszą emisję ciepła i jego lepsze rozpraszanie. ETQPAMR33JFW to wysokoprądowy dławik, zamykany w obudowie SMD o wymiarach 17,2×15,6×10,5 mm, mogący pracować w temperaturze otoczenia do +160°C. Przeprowadzone testy wykazały jego stabilną pracę nawet po kilkugodzinnej pracy w temperaturze sięgającej +180°C. Nowy dławik jest też odporny na silne wibracje do 30 g (5 Hz...2 kHz), co pozwala na umieszczanie sterowników ECU bezpośrednio na korpusach silników. Charakteryzuje się indukcyjnością 0,33 μH i małymi stratami. Jego rezystancja DC wynosi typowo 0,42 mΩ @ 20°C, a maksymalnie 0,48 mΩ. Prąd nasycenia tego modelu wynosi 103 A (przy spadku indukcyjności o 30%), a prąd znamionowy 87 A (przy ΔT=40 K).

http://industry.panasonic.eu

Mikrokontrolery Renesas RA z certyfikatem CAVP w zakresie obsługi algorytmów kryptograficznych

Mikrokontrolery RA6M4, RA6M5, RA4M2 i RA4M3 rodziny RA z oferty firmy Renesas uzyskały certyfikat NIST CAVP (*Cryptographic Algorithm Verification Program*) w zakresie obsługi algorytmów kryptograficznych. Są to 32-bitowe mikrokontrolery z rdzeniem ARM Cortex-M, obsługą technologii ARM TrustZone i wbudowaną jednostką kryptograficzną SCE (*Secure Crypto Engine*). Sterowniki do korzystania z certyfikowanego trybu chronionego SCE9 zostały zawarte w pakiecie oprogramowania FSP w wersji 3.6.0 i nowszych.

Certyfikat NIST CAVP obejmuje zestaw algorytmów kryptograficznych AES, RSA i funkcji skrótu, algorytmów opartych na krzywych eliptycznych (ECC), generowania i uwierzytelniania kluczy, uzgadniania kluczy oraz generowania bitów losowych (DRBG). Certyfikacja NIST CAVP zapewnia niezależną weryfikację poprawności implementacji algorytmów kryptograficznych, co jest niezbędne do zapewnienia interoperacyjności przy transmisji danych. Firma Renesas ogłosiła w zeszłym roku, że układy rodziny RA otrzymały zarówno certyfikaty PSA Certified Level 2, jak i Security Evaluation Standard for IoT Platforms (SESIP).

Oprócz tych powszechnie uznanych certyfikatów branżowych, mikrokontrolery Renesas RA zapewniają najwyższy stopień bezpieczeństwa IoT, łącząc Secure Crypto Engine IP z certyfikatami NIST CAVP, a także z ARM TrustZone dla Armv8-M. Oferują sprzętowe funkcje bezpieczeństwa, począwszy od prostej akceleracji AES do w pełni zintegrowanych podsystemów kryptograficznych izolowanych w MCU. Secure Crypto Engine zapewnia symetryczne i asymetryczne szyfrowanie i deszyfrowanie, funkcje skrótu, generowanie prawdziwych liczb losowych (TRNG) i zaawansowaną obsługę kluczy. Funkcja zarządzania dostępem wyłącza akcelerator kryptograficzny, jeśli nie jest obsługiwany właściwy protokół dostępu, a specjalnie wydzielona pamięć RAM zapewnia, że klucze w postaci zwykłego tekstu nigdy nie będą dostępne dla CPU ani żadnej magistrali peryferyjnej.

www.renesas.com

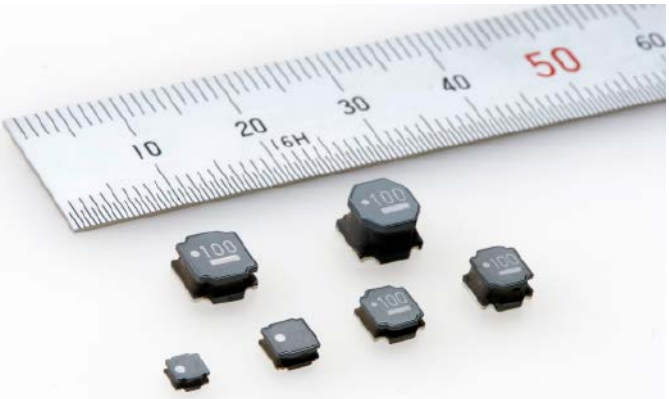
Konwerter DC-DC BMR350 rozmiaru quarter-brick w wersji o mocy szczytowej 1700 W

Do oferty popularnych, nieizolowanych konwerterów DC-DC BMR350 rozmiaru quarter-brick firmy Flex Power Modules wchodzi nowa, mocniejsza wersja BMR350 x250/531. Jej maksymalna ciągła moc wyjściowa została zwiększona z 860 W do 1300 W, a maksymalna moc szczytowa wynosi 1700 W. Zachowano przy tym oryginalne wymiary (58,4×36,8×12 mm) i ten sam zakres napięcia wejściowego od 40 do 60 V. Obwód wejściowy jest odporny na impulsy przepięciowe do 80 V o czasie trwania do 100 ms.

Model BMR350 x250/531 jest przeznaczony do systemów zasilania z szyną pośrednią 12 V. Umożliwia dostrajanie napięcia wyjściowego w zakresie 8...13,2 V i zapewnia wydajność prądową 108 A (170 A w szczycie). Jego sprawność sięga 97,7% przy napięciu wejściowym 54 V. Podobnie jak wcześniejsze wersje, moduł ten może znaleźć zastosowanie w systemach zasilania układów ASIC i mikroprocesorów, pobierających duży prąd szczytowy. W aplikacjach o większym poborze mocy możliwe jest równoległe łączenie wyjść kilku konwerterów.

Po zastosowaniu zewnętrznego filtra BMR350 x250/531 spełnia wymogi normy EN 55032/FCC part 15J „Class B" w zakresie emisji elektromagnetycznej. Zawiera zabezpieczenie nadnapięciowe, nadprądowe i termiczne. Monitorowanie parametrów pracy i programowanie odbywa się za pomocą interfejsu PMBus i aplikacji Flex Power Designer.

www.flexpowermodules.com



Drutowe cewki indukcyjne SMD o prądzie nasycenia do 14,5 A z kwalifikacją samochodową AEC-Q200

Taiyo Yuden wprowadza do sprzedaży serię cewek drutowych z rdzeniem ferrytowym i konstrukcją elektrod specjalnie zoptymalizowaną pod kątem zastosowań w motoryzacji. Cewki LCXH uzyskały kwalifikację AEC-Q200. Mogą pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +125°C. Występują w 64 wariantach o indukcyjności z zakresu od 0,47 μH do 470 μH, zamykanych w obudowach SMD o powierzchni od 3×3 mm do 6×6 mm. Charakteryzują się rezystancją uzwojenia już od 0,01 Ω i są dostępne na zakres prądów nasycenia do 14,5 A.

www.taiyo-yuden.com

Najmniejsze na rynku diody Schottky'ego o grubości 0,25 mm i powierzchni od 1,6×0,8 mm

Firma Diodes wprowadza na rynek trzy miniaturowe diody Schottky'ego, wyznaczające nowy standard w zakresie gęstości prądu. Wersja 5-amperowa SDM5U45EP3 (45 V/5 A) jest zamykana w obudowie X3-TSN1616-2 o powierzchni 2×2 mm, natomiast 4-amperowe SDM4A40EP3 i SDT4U40EP3 (40 V/4 A) to najmniejsze diody tej klasy, dostępne obecnie na rynku, zamykane w obudowach X3-TSN1608-2 o powierzchni 1,6×0,8 mm. W porównaniu z odpowiednikami produkowanymi w tradycyjnych obudowach SMA, charakteryzują się one mniejszą o ponad 90% powierzchnią na płytce drukowanej i zajmują mniej niż 2% ich objętości. Wykazują rekordową gęstość prądu 800 A/cm². Kolejne zalety to bardzo dobre właściwości termiczne, wynikające z małej grubości obudowy (0,25 mm), małe napięcie przewodzenia (od 0,37 V), zmniejszające straty mocy oraz szeroki zakres dopuszczalnej temperatury pracy od –55 do +150°C.

www.diodes.com

REKLAMA

Sieci przemysłowe z rozwiązaniami marki

ADVANTECH
Enabling an Intelligent Planet

Dostawa prosto z TME
Pełna kontrola, skalowalność i prostota obsługi

TME®
Electronic Components

TRANSFER MULTISORT ELEKTRONIK
GLOBALNY DYSTRYBUTOR KOMPONENTÓW ELEKTRONICZNYCH
USTRONNA 41, 93-350 ŁÓDŹ, POLSKA
TEL. 42 645 55 55, DSO@TME.PL
tme.eu tme.com
youtube.com/TMElectroniComponent
facebook.com/TME.eu instagram.com/tme.eu

Kondensatory elektrolityczne Cornell Dubilier serii 380LX/381LX o napięciu pracy do 600 VDC

Cornell Dubilier powiększa ofertę aluminiowych kondensatorów elektrolitycznych serii 380LX i 381LX z wyprowadzeniami snap-in. Nowe wersje, produkowane na rozszerzony zakres napięcia znamionowego do 600 VDC, są polecane dla klientów z branży przemysłowej. Podobnie jak poprzedniki, wyróżniają się długim czasem użytkowania, wynoszącym 3000 godzin przy znamionowych wartościach napięcia, temperatury i prądu tętnienia. W rzeczywistych warunkach pracy, przy parametrach mniej krytycznych od wartości znamionowych, żywotność jest wielokrotnie dłuższa. Różnicą pomiędzy kondensatorami serii 380LX i 381LX jest górna dopuszczalna temperatura pracy, wynosząca odpowiednio +85°C i +105°C.

Nowe kondensatory serii 380 LX są produkowane na zakres pojemności 150...330 μF i na napięcia znamionowe 550 i 600 VDC. W przypadku serii 381LX zakres pojemności wynosi 140...340 μF, a napięcia znamionowe to 500, 550 i 600 VDC. Kondensatory obu serii są odporne na wibracje do 10 g (10...55 Hz). Mogą przewodzić duże impulsy prądowe (np. 3,7 A @ +105°C dla modelu 381LX261M600A052 o parametrach 260 μF/600 V). Ich zakres zastosowań obejmuje falowniki do systemów energii odnawialnej, zasilacze UPS, ładowarki akumulatorów, układy napędowe, spawarki itp.

www.cde.com

Kontroler nadajnika do systemów ładowania indukcyjnego Qi v1.3.2

Infineon Technologies wprowadza na rynek kolejny kontroler nadajnika do systemów ładowania indukcyjnego, mogący znaleźć zastosowanie w układach ładowania obsługujących profile Basic (do 5 W) i Extended (do 15 W). WLC1115 to kontroler zgodny ze specyfikacją Qi v1.3.2, wyposażony w port wejściowy USB Type-C Power Delivery (PD). Akceptuje napięcie zasilania z szerokiego zakresu od 4,5 do 24 V. Zawiera mikrokontroler sterujący ARM Cortex-M0, sterowniki bramek zewnętrznych tranzystorów MOSFET, zasilających cewkę nadawczą MP-A11, adaptacyjny układ wykrywania obiektów obcych (FOD), wzmacniacz pomiarowy (current-sense) oraz zabezpieczenie podnapięciowe, nadnapięciowe, nadprądowe i termiczne. WLC1115 może pracować w szerokim zakresie temperatury otoczenia od –40 do +105°C.

Oprócz samego kontrolera, firma Infineon oferuje zrealizowany na jego bazie projekt referencyjny nadajnika MP A11 (ozn. REFWLCTX15WC1), zgodnego ze standardem Qi v1.3.2 EPP (Extended Power Profile) i zasilanego z portu USB-C PD 3.0.

www.infineon.com

Pierwszy jednordzeniowy MPU z interfejsem kamery MIPI CSI-2 i zaawansowanymi funkcjami audio

Rynek systemów embedded wymaga aplikacji AI o dużej szybkości obliczeniowej, a równocześnie małym poborze mocy, które można wdrożyć na komputerach edge. Istniejące systemy AI często wymagają zaawansowanych funkcji przetwarzania obrazu i dźwięku, które zazwyczaj występują tylko w bardziej wydajnych wielordzeniowych mikroprocesorach. Aby zaoferować projektantom dostęp do wydajnych układów peryferyjnych przy małym sumarycznym poborze mocy, firma Microchip zaprojektowała specjalizowany mikroprocesor embedded (MPU) SAMA7G54 z jednostką obliczeniową ARM Cortex A7 taktowaną zegarem 1 GHz. Zawiera on interfejs kamery MIPI CSI-2 i tradycyjny równoległy interfejs kamery, umożliwiając projektowanie energooszczędnych aplikacji wizyjnych z dokładniejszym postrzeganiem głębi.

W połączeniu z nowym układem zarządzania energią MCP16502 (PMIC) produkcji Microchip, nowy MPU umożliwia projektantom systemów embedded optymalizowanie ich aplikacji pod kątem uzyskania najlepszego współczynnika poboru mocy do szybkości obliczeniowej, przy jednoczesnej redukcji całkowitych kosztów systemu. MCP16502 jest obsługiwany przez główną dystrybucję Linuksa firmy Microchip dla SAMA7G54, umożliwiając łatwe przełączanie trybów oszczędnościowych, a także obsługę dynamicznego skalowania napięcia i częstotliwości.

SAMA7G54 oferuje zaawansowane funkcje audio, w tym cztery porty cyfrowe I²S, interfejs 8-kanałowej matrycy mikrofonowej, nadajnik/odbiornik S/PDIF oraz konwerter szybkości próbkowania z obsługą 4 stereofonicznych torów audio. Został również wyposażony w zestaw wejść mikrofonowych do lepszej lokalizacji źródła, pozwalających poprawić parametry inteligentnych głośników i systemów wideokonferencyjnych.

Układ oferuje również technologię ARM TrustZone z funkcjami secure boot i bezpiecznego przechowywania kluczy oraz akceleratorem kryptograficznym AES/SHA/RSA/ECC. Jest produkowany w obudowie BGA343 (14×14 mm). Jego cena hurtowa wynosi 7,75 USD przy zamówieniach 10 tys. sztuk.

Pozostałe cechy:

- obsługa zewnętrznej pamięci DDR2, DDR3, DDR3L, LPDDR2, LPDDR3, octal/quad SPI i e.MMC Flash,
- interfejsy Gigabit Ethernet, 10/100 Ethernet, 6×CAN-FD, 3×USB, 12×FLEXCOM (USART, SPI, TWIH),
- 6 timerów 64-bitowych,
- dwa 3-kanałowe 32-bitowe timery/liczniki z możliwością generowania przebiegów PWM,
- 4-kanałowy 16-bitowy kontroler PWM,
- 16-kanałowy 12-bitowy przetwornik A/C o szybkości próbkowania do 1 MSps.

www.microchip.com

Rezystory bezpiecznikowe o dużej odporności na impulsy prądu udarowego

Do oferty firmy TT Electronics wchodzi nowa seria rezystorów bezpiecznikowych WHS-UL, odpornych na duże impulsy prądu udarowego,

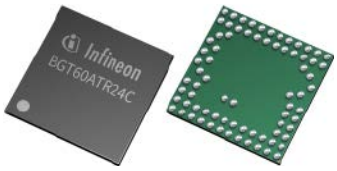
Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

polecanych do zastosowań w zasilaczach, układach napędowych i miernikach energii elektrycznej. Zawierają one niepalną powłokę, zgodną z wymogami normy UL94-V0. Są produkowane na napięcie znamionowe 120/240 V rms w wersjach 2-, 3- i 5-watowych o rezystancjach od 10 do 100 Ω z szeregu E24.

Rezystory WHS-UL są w stanie pochłaniać impulsy energetyczne o energii do 30 J. Zapewniają odporność na przepięcia do 7 kV (1,2/50 μs). Gwarantują bezpieczne zadziałanie zabezpieczenia przy przeciążeniach już od 30 W (dla modeli 2-watowych WHS2UL). Ich zakres dopuszczalnej temperatury pracy rozciąga się od –55 do +155°C. Wersje 2-, 3- i 5-watowe są produkowane w obudowach o wymiarach odpowiednio Ø 3,8×9,0 mm, Ø 5,8×14,5 mm i Ø 7,2×16,5 mm. Zapewniają izolację wynoszącą odpowiednio 250, 350 i 500 V.

www.ttelectronics.com

Samochodowy czujnik radarowy do systemów wykrywania gestów i precyzyjnego pomiaru odległości



BGT60ATR24C to samochodowy czujnik radarowy rodziny XENSIV na pasmo 60 GHz, mogący znaleźć zastosowanie w systemach wykrywania gestów i radarach FMCW do precyzyjnego pomiaru odległości. Uzyskał on kwalifikację AEC-Q100/101. Zawiera 2 kanały nadawcze i 4 kanały odbiorcze, maszynę stanów do niezależnego gromadzenia danych, system zarządzania poborem mocy, zapewniający energooszczędną pracę oraz interfejs szeregowy SPI do konfigurowania czujników i zbierania danych, współpracujący z zewnętrznym procesorem aplikacyjnym. BGT60ATR24C jest czujnikiem energooszczędnym, pracującym z napięciem zasilania 1,8 V. Pobiera typowo 260 mA prądu w stanie aktywnym i zaledwie 0,12 mA w trybie Deep Sleep. Może pracować w temperaturze otoczenia od –40 do +105°C. Jest odporny na wyładowania ESD do ±2 kV (HBM).

www.infineon.com

Wyświetlacze serii WF70A2 od Winstara

Seria wyświetlaczy WF70A2 od Winstara to kolejne komponenty, które sprawdzą się w wielu przemysłowych aplikacjach, choć nie tylko. Rozwiązania konsumenckie zyskają na zastosowaniu 7-calowych wyświetlaczy LCD-TFT, jednak to aplikacje przemysłowe pozwalają na pełne wykorzystanie możliwości poszczególnych modeli. Obok bazowego, podstawowego wyświetlacza serii, jakim jest WF70A2TIAGDNN0#, wyświetlacze oznaczone WF70A2TIAGDNGA# oraz WF70A2TIGGDNGA# wyposażone są w pojemnościowe ekrany dotykowe oraz zaawansowane kontrolery ILI2130. Taka specyfikacja oznacza lepsze przystosowanie wyświetlaczy do bardziej wymagających aplikacji – technologia dotyku pojemnościowego oznacza większą odporność rozwiązania na uszkodzenia oraz obsługę multi-touch. Zwiększony kontrast i wysoka jasność gwarantują dobrą widoczność wyświetlanych informacji.

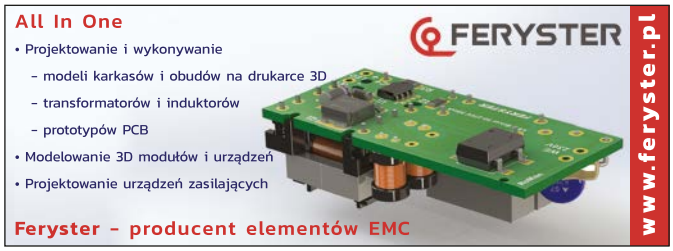
Kontroler ekranu dotykowego ILI2130 od ILITEK pozwala na pracę wybranych modeli w trudniejszych warunkach – spełnia on standardy dla przemysłu, dzięki czemu urządzenie jest odporne na wilgoć i może działać w zakresie temperatur od –20°C do 70°C. Wyświetlacze z serii WF70A2 sprawdzają się również w określonych środowiskach elektromagnetycznych, gdzie istotna jest zarówno niskoemisyjność rozwiązania, jak i jego odporność na zakłócenia z innych źródeł. Jest to ponownie możliwe przez zastosowanie w urządzeniu danego kontrolera. Najważniejsze parametry wybranych modeli zestawiono w tabeli.

parametr	WF70A2TIAGDNN0#	WF70A2TIAGDNGA#	WF70A2TIGGDNGA#
rozmiar	7,0”	7,0”	7,0”
rozdzielczość	800×480	800×480	800×480
obszar aktywny	154,08(H)×85,92(V) mm	154,08(H)×85,92(V) mm	154,08(H)×85,92(V) mm
jasność	400 cd/m²	350 cd/m²	350 cd/m²
kontrast	800:1	800:1	800:1
kierunek obserwacji	12:00	12:00	12:00
kontroler	ST5623D + ST5091D	ILI2130	ILI2130
wymiary zewnętrzne	165(H)×100,0(V) ×5,7(D) mm	165(H)×100,0(V) ×7,4(D) mm	182,2(H)×101,2(V) ×8,6(D) mm
zakres temperatur pracy	–20...70°C	–20...70°C	–20...70°C
żywotność	50 000 godz.	50 000 godz.	50 000 godz.
powierzchnia	Anti-Glare	Glare	Glare
panel dotykowy	brak	CTP	CTP
rama montażowa	brak	brak	tak

https://www.unisystem.pl/pl/

REKLAMA

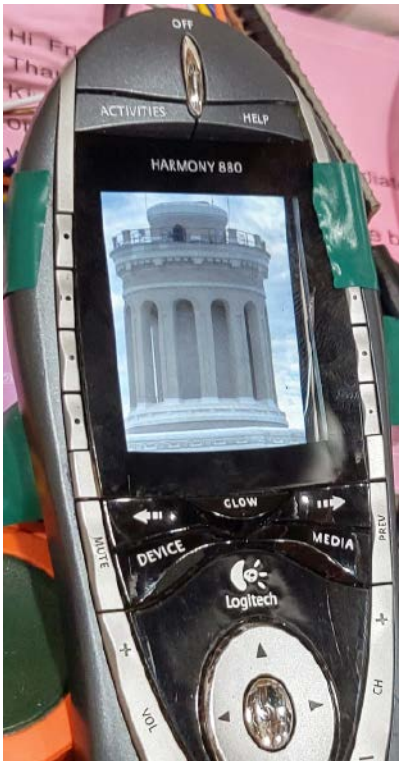
ZAJRZYJ NA TE STRONY



dodaj do obserwowanych

Przedstawiamy redakcyjny wybór najciekawszych projektów spośród ostatnio anonsowanych w internecie. Są to projekty na różnych etapach realizacji. Warto się zapoznać z projektami zakończonymi i śledzić realizację projektów niegotowych, by czerpać z nich inspirację do własnych prac.

Modyfikacja pilota Logitech Harmony 880



Pilot Logitech Harmony 880 jest podstawowym elementem do obsługi systemu audiowizualnego w domu autora. Jednak jest to urządzenie, którego projekt ma już kilka lat… dlatego też autor podjął decyzję o zakualizowaniu tej konstrukcji. Nie mogąc się jednak rozstać z wygodnym i znanym rozwiązaniem, postanowił zmodernizować pilota.

Logitech Harmony 880 to uniwersalny pilot na podczerwień, przeznaczony do sterowania wieloma częściami systemu kina domowego za pomocą jednego pilota. Piloty Harmony są programowalne, co pozwala na wysyłanie sekwencji poleceń w celu uruchomienia wielu funkcji jednocześnie. Tak więc przycisk „Oglądaj Blu-ray" można skonfigurować tak, aby włączał telewizor i odtwarzacz Blu-ray oraz ustawiał telewizor i odtwarzacz na prawidłowe wejścia/wyjścia. Jest to wygodne rozwiązanie, które pozwala zrezygnować z wielu pilotów. Programowanie odbywa się za pomocą oprogramowania internetowego Logitech, a aktualizacja pilota jest wykonywana za pośrednictwem połączenia USB.

W 2021 roku firma Logitech ogłosiła, że zaprzestanie produkcji pilotów z linii Harmony Remote. Wskazuje to, że jakkolwiek Logitech obiecuje, że wsparcie nadal będzie kontynuowane, to kto wie, jak długo tak pozostanie. Zdalna aktualizacja Harmony 880 to świetne rozwiązanie, jednak z biegiem lat uniwersalność pilota zmniejszyła się, ponieważ coraz więcej urządzeń korzysta z protokołów zdalnego sterowania RF. Aby 880 działał, także z takimi systemami, pilot został rozbudowany o możliwość tłumaczenia zdalnych sygnałów IR na polecenia HTTP POST.

Zaprezentowany projekt obejmuje aktualizację konstrukcji uniwersalnego pilota zdalnego sterowania Logitech Harmony 880, modernizację ekranu do TFT o lepszej rozdzielczości, wbudowaną łączność Wi-Fi i zapewnienie oprogramowania open source do konfiguracji i programowania.

https://hackaday.io/project/185926-modernize-harmony-880

Inżynieria wsteczna i hackowanie procesora Z80

Zaprezentowany projekt nie jest pierwszym zderzeniem autora z inżynierią wsteczną komputera bazującego na procesorze Z80. Eric Hertz, autor tego projektu, wraz z drugim użytkownikiem portalu Hackaday.io, Ziggurat29, założyli dziennik projektu, aby uporządkować wiedzę, jaką zdobywają na temat badanego systemu. Przedmiotem analizy w tym projekcie nie jest, jak można by się spodziewać retrokomputer, a urządzenie testowe – kontroler Spectradata SD70, który, jak wskazuje szczątkowa dokumentacja urządzenia, jaka jest obecnie dostępna, zarządzał spektrometrem.

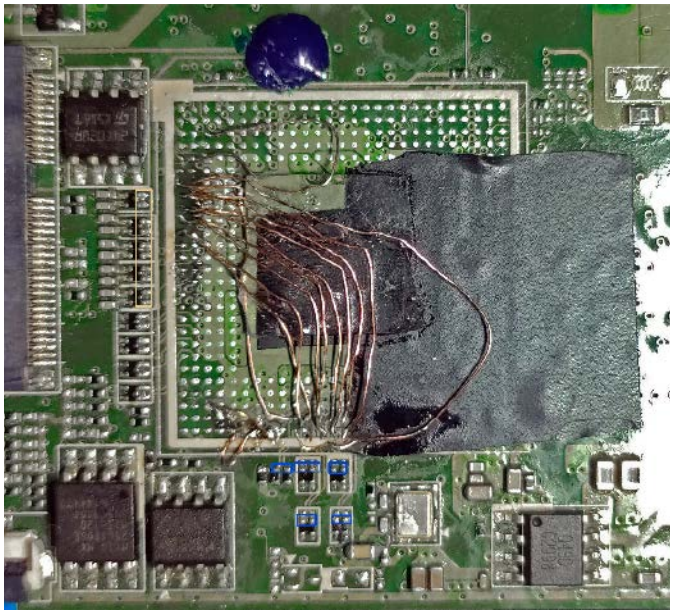
Poprzednie projekty również koncentrowały się na starym sprzęcie testowym, którego dokumentacja była niedostępna w sieci. Pierwszym był analizator logiczny OMNI 4 bazujący na komputerze Kaypro. Drugim natomiast był, nieco bardziej powszechny system – wciąż dostępny kalkulator TI-86, który może nie jest urządzeniem laboratoryjnym, ale przez wiele lat był standardowym wyposażeniem wielu laboratoriów.

Wszystko wskazuje na to, że Spectradata SD70 to kontroler analizatora widma lub spektrometru optycznego (na co wskazują przyciski do sterowania elementami takimi jak siatka dyfrakcyjna czy filtry). „Zabrałem tego gościa, bo był bardzo tani… nieprawdopodobnie tani…", rozpoczyna wstęp Hertz. Jak opisuje, nigdzie w Internecie nie udało mu się znaleźć informacji na temat tego urządzenia, jednak zestaw interfejsów urządzenia – 25-pinowy RS-232-C i IEEE-488 – wskazywały na ciekawy system laboratoryjny. „W każdym razie musiałem to zdobyć", podsumowuje autor. Po otrzymaniu urządzenia okazało się, że to system na procesorze Z80 i ma Z80B-CTC, Z80B-DART, dwa Z80B-PIO,

2 kB pamięci SRAM, EPROM i kilka innych elementów mniej bądź bardziej typowych dla Z80, w tym, co dziwne, 8255. Znajduje się tam także układ AMD w 40-pinowej obudowie, który na moment pisania tego artykułu nie został w pełni zidentyfikowany. Gniazda z układami do obsługi interfejsu GPIB są niestety nieobsadzone, a ekran powitalny po włączeniu sugeruje, że system nie ma wbudowanego wsparcia dla GPIB w programie w ROM. W urządzeniu znaleźć można także parę układów L297/L298, które zwykle używane są z silnikami krokowymi i rzeczywiście ich wyjścia są podłączone do złącza DB9 oznaczonego jako „filter". Jak wskazuje autor, system ten najpewniej miał koło z filtrami optycznymi, obracanymi silnikiem krokowym.

Zasilacz zajmuje dużo miejsca. Jest to w większości liniowy stabilizator 12 V i –12 V. Dodatkowo napięcie 5 V stabilizowane jest przez przetwornicę L296.

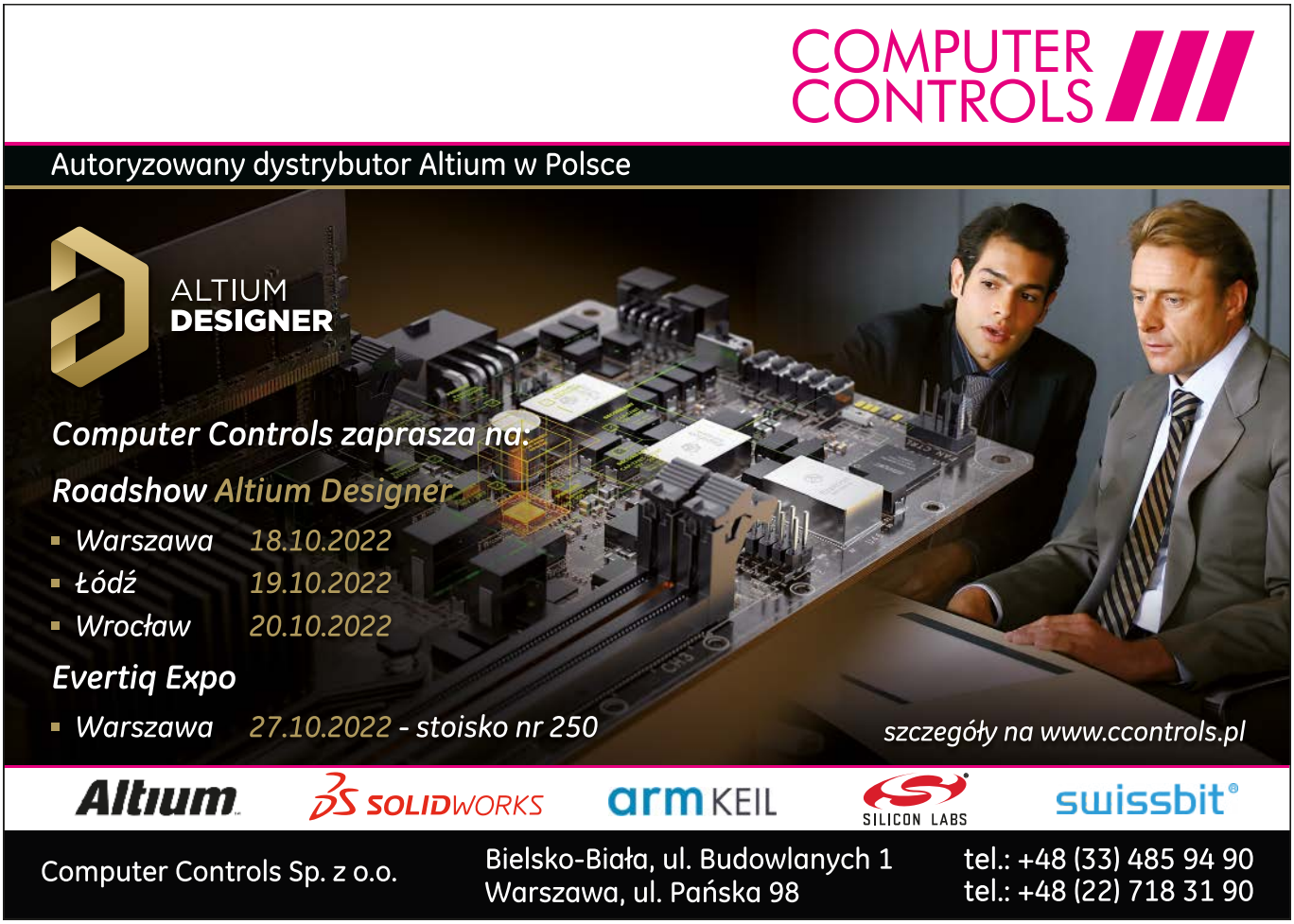
https://bit.ly/3QQF10u



Naprawianie Wacom Companion 2 1310

Nieczęsto na łamach tego działu pojawiają się projekty poświęcone serwisowi, ale z uwagi na złożoność i dokładny opis zaprezentowanego poniżej procesu naprawy tabletu warto zapoznać się z tym, co zrobił autor, aby rozwiązać częsty problem z tabletem graficznym Wacom Companion 2 1310. Wspomniane urządzenie należy do rodziny profesjonalnych tabletów graficznych. Urządzenia takie nie są tanie, dlatego też naprawa ich jest opłacalna, szczególnie gdy przez wadę konstrukcyjną jakiś rodzaj awarii występuje często w danym modelu. Tablet Companion 2 zawiera układ kontrolera wideo

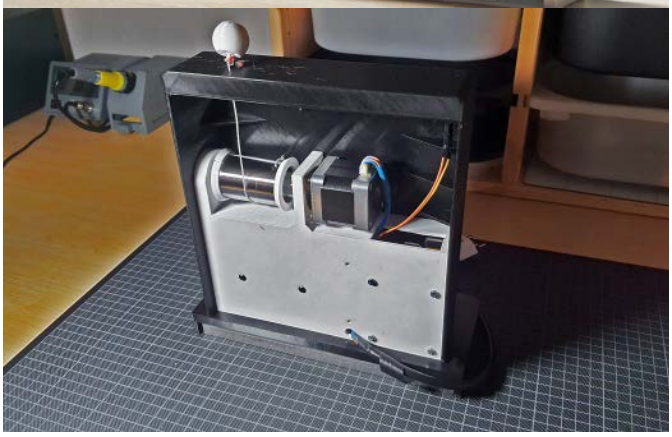
REKLAMA



do przełączania między wejściem Intel Iris eDP na wewnętrznym wyświetlaczu i zewnętrznym wejściem HDMI, dzięki czemu urządzenie może być używane jako zewnętrzny tablet graficzny Cintiq. Ten układ to Athena STDP9320 w dużej, 521-pinowej obudowie BGA. Ze względu na wadę konstrukcyjną ten chip psuje się bardzo często, nawet po jego wymianie na fabrycznie nowy. Problem nie jest do końca rozpoznany – nie są znane przyczyny awarii, nie jest nią nadmierna temperatura ani wada samego układu, jednak coś powoduje, że te kontrolery w układzie padają raz za razem.

Autor zaprezentował na portalu Hackaday.io rozwiązanie, a raczej obejście dobrze znanego i udokumentowanego problemu ze wszystkimi modelami Cintiq Companion 2. Przerażający czarny ekran i niemożność uruchomienia urządzenia. Rozwiązanie jest dosyć proste – polega na usunięciu układu Athena i podłączeniu wyjścia (portu eDP) z IGP (*Integrated Graphics Processor*). Zapewnia to bezpośrednie przejście do wewnętrznego ekranu. Dodatkowo trzeba w systemie podać pewne napięcia, aby ekran się włączył i został poprawnie rozpoznany. Należy pamiętać, że Companion nie będzie już dłużej mógł być używany jako ekran zewnętrzny.

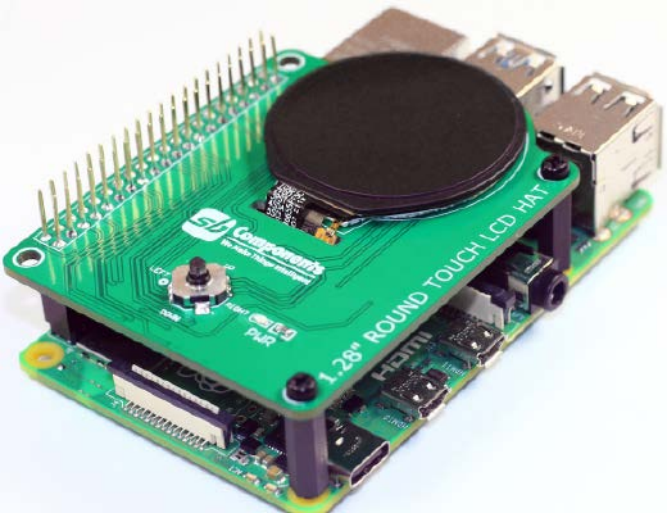
https://bit.ly/3TjBV7p
https://bit.ly/3T4miAv



Automatyczny sterownik do zasłon bazujący na Raspberry Pi

Zaprezentowany projekt robi dokładnie to, co sugeruje tytuł. Jest to sterownik do przesuwania zasłon, który może być dodatkowo sterowany zdalnie, dzięki zastosowaniu komputera jednopłytkowego Raspberry Pi. System ma zainstalowany serwer Apache i kilka skryptów PHP, które uruchamiają z kolei skrypty Pythona do sterowania silnikiem i monitorowania stanu krańcówki. Instalacja wszystkich potrzebnych skryptów na malinie jest dokładnie opisana w projekcie. Wystarczy krok po kroku wykonać zapisy, jakie zawarł autor w opisie projektu. Na stronie znaleźć możemy również szereg filmów, prezentujących montaż urządzenia oraz jego działanie.

https://hackaday.io/project/185877-automatic-curtain



Moduł HAT dla Raspberry Pi z okrągłym LCD

Zaprezentowany moduł został zaprojektowany jako następca RoundyPi i RoundyFi. Zawiera ekran dotykowy i pięciokierunkowy joystick. To, co go wyróżnia, to kształt LCD – jest okrągły. Mierzący 1,28 cala Round Touch LCD HAT można zobaczyć na Kickstarterze. Nie jest to pierwszy moduł z okrągłym LCD, jednak z pewnością będzie ciekawym dodatkiem do wielu systemów bazujących na tym komputerze jednopłytkowym.

Okrągłe wyświetlacze LCD spopularyzowały się na rynku dzięki urządzeniom takim, jak smartwatche czy opaski fitness. Moduł dostępny jest obecnie na Kickstarterze.

Moduł ma następujące parametry:

- rozdzielczość 240×240 pikseli,
- kolorowy wyświetlacza LCD IPS TFT,
- kontroler GC9A01A,
- czas reakcji 20 milisekund,
- pojemnościowy panel dotykowy,
- moduł HAT z 40-pinowym GPIO,
- zakres kąta widzenia 80 stopni w każdym kierunku,
- kolory 4 k/65 k/262 k,
- współczynnik kontrastu (typowy) 500:1,
- jasność (typowa) 400 cd/m^2,
- pole widzenia Ø 33,4 mm,
- obszar aktywny Ø 32,4 mm.

Kontroler wyświetlacza ciekłokrystalicznego TFT to GC9A01 obsługujący do 262144 kolorów przy rozdzielczości do 240×240. Zawiera on 360-kanałowy sterownik źródeł i 32-kanałowy sterownik bramek do sterowania ekranem. W kontrolerze wbudowano 129600 bajtów pamięci GRAM dla danych graficznych i obwód zasilający. Aby zapewnić precyzyjne sterowanie zasilaniem za pomocą

oprogramowania, układ GC9A01 obsługuje dodatkowo tryb 8-kolorowy i tryb uśpienia. Te cechy sprawiają, że GC9A01 jest idealnym sterownikiem LCD do średnich i małych urządzeń przenośnych, takich jak cyfrowe telefony komórkowe, smartfony, odtwarzacze MP3 itp., w których długi czas pracy baterii jest istotny. Obecnie moduł jest dostępny na Kickstarterze w cenie 35 funtów dla pierwszych kupujących i 38 funtów po wyczerpaniu promocyjnej puli modułów. Więcej informacji znaleźć można na stronie z projektem lub na Kickstarterze.

https://bit.ly/3PARvYV
https://bit.ly/3AgftTB

Milli-Amp Plus – lampowy przedwzmacniacz gitarowy

Zaprezentowany układ to niskonapięciowy lampowy przedwzmacniacz gitarowy bazujący na wzmacniaczu gitarowym „Milli – Amp" oraz układach projektowanych przez B. Kainkę. Jak pisze autor konstrukcji, Maksym Fiodorow, w miejscu, gdzie mieszka, można łatwo kupić nieużywane radzieckie lampy 6J1P w niskiej cenie. Dlatego też zastosował je do konstrukcji przedwzmacniacza przeznaczonego do wzmacniacza gitarowego. Do wykonania obudowy układu autor użył fragmentu stalowego profilu, który pozostał po remoncie w mieszkaniu. Jako transformator wyjściowy zastosował transformator wyjściowy z abonenckiej stacji radiowej. System jest zasilany z napięcia 24 V. „Wzmacniacz działa świetnie, jeśli gitara jest do niego podłączona przez jakiś efekt, np. overdrive lub procesor, głośność dźwięku jest idealna do treningu w pomieszczeniu. Jeśli gitara jest podłączona bezpośrednio, dźwięk na 8-calowym głośniku (…) jest bardzo cichy", opisuje sam autor. „Jestem bardzo zadowolony z tego przedwzmacniacza. Nie mam ładnie narysowanego schematu, ale w razie potrzeby zrobię to", zapowiada autor.

https://hackaday.io/project/185861-milli-amp-plus

System do odzysku helu w laboratorium kriogenicznym

Zaprezentowany układ jest bardzo nietypowy, jeśli chodzi o projekty DIY zamieszczane w sieci. Nie jest to typowa konstrukcja, jaką hobbyści budują w domu. Powstała w profesjonalnym laboratorium fizycznym w Kanadzie (uważam, że jeśli nadarza się taka okazja, warto prezentować takie systemy szerszemu gronu osób – przyp. autora).

„Zarządzam systemem odzyskiwania helu. Laboratoria używają ciekłego helu (LHe) do swoich eksperymentów, a ja odzyskuję ten hel w postaci gazowej i skraplam go", pisze autor projektu. „To mój pierwszy raz, kiedy próbuję coś udokumentować. Z góry przepraszam, jeśli jest trochę chaotycznie..." dodaje. Na stronie Hackaday.io znaleźć można szczegółowy opis sposobu odzyskiwania helu z aparatury naukowej chłodzonej LHe i infrastruktury zaangażowanej w jego recykling – oczyszczanie i ponowne skraplanie. System odzyskiwania helu funkcjonuje w laboratorium, które używa go do chłodzenia itp. System odzyskiwania helu działa w obiegu zamkniętym. Do laboratoriom płynie płynny hel, a po jego zużyciu (odparowaniu) wraca on do systemu jako gaz.

REKLAMA

HAMMOND

nowy!

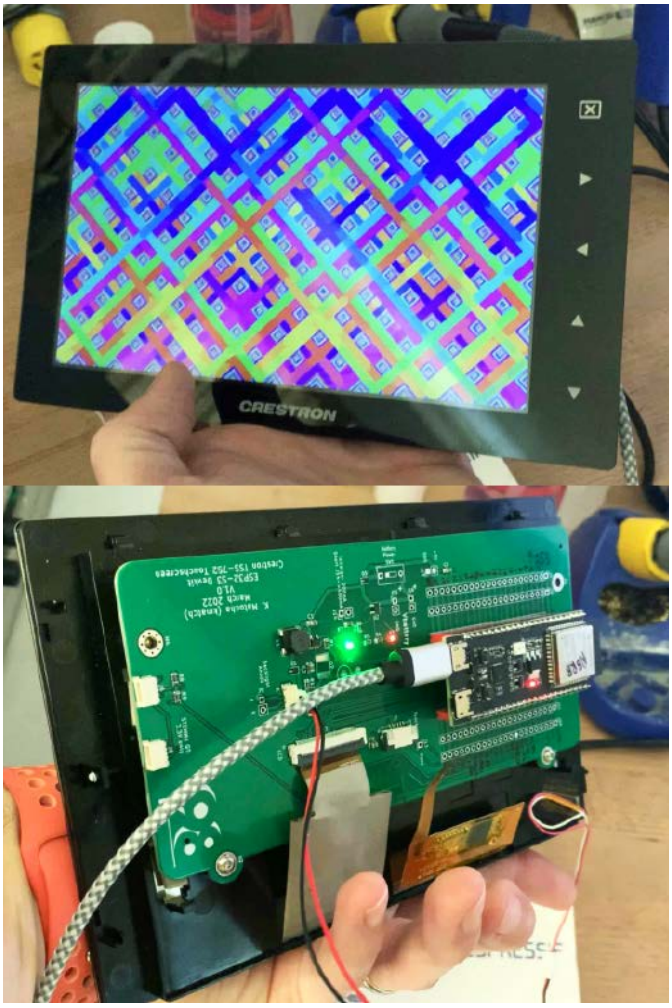
1552 - Ręczne obudowy plastikowe

Dowiedz się więcej: https://hammfg.com/1552

Skontaktuj się z nami, aby otrzymać bezpłatną próbkę ewaluacyjną.
eusales@hammfg.com • + 44 1256 812812

Ciekły hel używany jest ze względu na jego niską temperaturę. Hel ma temperaturę parowania równą 4,2 K i pozwala na chłodzenie np. badanych materiałów czy superczułych detektorów do temperatury kilku kelwinów. Hel odzyskuje się, ponieważ jest on dość drogi w zakupie i nie jest to zbyt odnawialny zasób.

https://bit.ly/3T5hvyF



HACKtablet – przeróbka ekranu Crestron na tablet

W dzisiejszych czasach większość urządzeń jest wyposażonych w ekran. W jaki sposób można ponownie wykorzystać te elementy? Warto zastanowić się, czy można zrobić coś nowego lub przerobić coś starego na nowe urządzenie po tym, gdy zasadnicza funkcjonalność danego urządzenia wyczerpie się lub np. ulegnie uszkodzeniu? W poniższym artykule prezentujemy jeden przykład zastosowania ekranu z urządzenia konsumenckiego wraz z przykładowymi narzędziami, jakie w tym celu mogą być przydatne.

Autor zakupił wyświetlacz Crestron TSS-752. Ma on pojemnościowy panel dotykowy wbudowany w przedni ekran. Dotykowy panel wyświetlacza wysuwa się z obudowy, pozostawiając za sobą znacznie mniejszy wyświetlacz z podświetleniem. Moduł wyświetlacza ma 40-pinowe złącze FPC, które najpewniej pasowało do innego urządzenia, ale takowego brak w zasobach autora projektu. Podłączenie wymagało przyjrzenia się specyfikacji wyświetlacza. Panel jest opisany, jako ETML0700H6 DH6. Panel dotykowy zawiera układ FT5406 i jest opisany, jako EP0700MLR2 i ma 6-pinowe złącze FPC. Ze względu na niewielki rozmiar, ta jednostka jest doskonałym kandydatem do przekształcenia w ekran dotykowy z obsługą CircuitPython.

Na portalu Hackaday.op autor opisuje swoje postępy w zmianie przeznaczenia tego wyświetlacza na system sterowany przez ESP32-S3. Ekran dotykowy jest dołączony do niego poprzez interfejs I²C na 6-pinowym złączu FPC. Pozostałe piny to zasilanie (3,3 V i masa), przerwanie oraz (być może) linia *wake* do wybudzania systemu. Ekran jest rozpoznawany pod adresem 0x38, a wersja demonstracyjna CircuitPythona przy użyciu biblioteki FocalTouch wydaje się rozpoznawać interfejs.

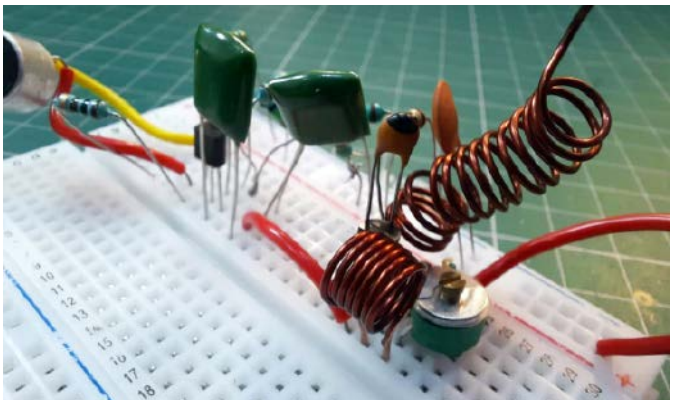
https://bit.ly/3QJ3k0K

Prosty zagłuszacz radia FM

Większość urządzeń używanych do zagłuszania transmisji radiowych działa na zasadzie zakłócania przesyłanego sygnału poprzez generowanie szumu o dużej mocy w tym samym obszarze spektralnym. Utrudnia to odbiornikowi odzyskanie informacji z uwagi na występowanie dwóch podobnych sygnałów w eterze. Jeden sygnał to sygnał poprawny, a drugi to szum. Odebrany sygnał ma zatem dwie składowe – pierwsza jest głównym sygnałem informacyjnym, a druga jest czysto szumowym sygnałem generowanym w tym obszarze. Są one ze sobą zmieszane w sposób uniemożliwiający odczytanie informacji.

Aby dokładniej określić zakres częstotliwości, trzeba odpowiednio dostroić obwód zagłuszający do konkretnej transmisji, która ma być zagłuszana. Zakres FM to częstotliwość radiowa, który działa w zakresie od 88,0 MHz do 108,0 MHz. Oscylator z jednym wejściem może działać bardzo dobrze, a częstotliwość można dostroić za pomocą zewnętrznego obwodu. Uwaga – używanie urządzeń do zakłócania sygnału komórkowego, blokowania GPS lub innych urządzeń do zakłócania sygnału jest ogólnie nielegalne, z wyjątkiem pewnych przypadków. Dlatego też autor prezentuje uproszczoną konstrukcję o mniejszej mocy, co przekłada się na zasięg nieprzekraczający 10 metrów.

Podczas pracy z zakresem radiowym pasma VHF (od 30 MHz do 300 MHz) można stosować np. konfiguracje z oscylatorem Colpittsa i oscylatorem ze wspólnym emiterem. Autor zdecydował się użyć tranzystora NPN typu 2N3904 ze względu na jego stabilną częstotliwość przejścia w około 100 MHz. Poleca on jednak użycie BF494, jeśli jest dostępny. Oprócz tego potrzebnych jest trochę dyskretnych elementów pasywnych, aby ożywić układ. Oscylator to najdelikatniejsza część



tego prymitywnego nadajnika radiowego, która decyduje o częstotliwości pasma urządzenia. Autor używa cewki indukcyjnej o indukcyjności 1 milihenra ze zmiennym kondensatorem. Strojenie za pomocą zmiany pojemności kondensatora pomoże ustawić częstotliwość oscylatora. Częstotliwość obwodu LC wyraża się wzorem: $1/2\pi\sqrt{LC}$ Niższa pojemność spowoduje generowanie wyższej częstotliwości. Ale ten obwód LC wytwarza tłumione oscylacje, które dochodzą do zera ze spadającymi oscylacjami. Aby utrzymać ją w stanie wyzwolenia, używany jest tranzystor z obwodem sprzężenia zwrotnego.

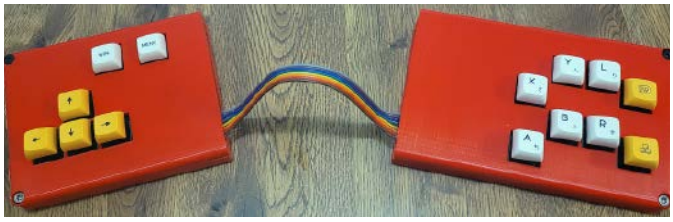
https://bit.ly/3QMicLJ

Tomograf komputerowy DIY

„Czy kiedykolwiek spotkałeś się z awarią oprogramowania w swoim systemie wbudowanym?" – pyta na wstępie do opisu swojego projektu. „Cóż, jako dla inżyniera serwisu terenowego to dla mnie częsty scenariusz. Na skutek nagłego wyłączenia zasilania, niewłaściwej obsługi dochodzi do uszkodzenia danych – rezultat jest taki sam: system nie działa", odpowiada na swoje pytanie. Jak zaznacza, dotyczy to bardzo szerokiej gamy urządzeń, nawet zaawansowanych systemów medycznych… Niezależnie od nośnika systemu, problemy z ich awarią są takie same. Takie same są też metody naprawy – wymieniamy np. dysk twardy i instalujemy system od nowa z załączonych nośników z systemem. Co jednak, jeśli nośniki też ulegną awarii? Tak zdarza się zadziwiająco często, gdyż wiele nośników z wiekiem pogarsza swoje parametry, aż do momentu, że trzeba powtórzyć instalację systemu 2...3 razy, aby uzyskać sukces. Finalnie jednak dochodzimy do sytuacji, gdy mamy w 100% działający sprzęt, ale system jest bezużyteczny z powodu braku działającego oprogramowania. W tym momencie rozwiązaniem jest zakup nowego systemu, a ponieważ cena zaawansowanej aparatury medycznej zaczyna się od kilkuset tysięcy dolarów, w mniejszych placówkach czy uboższych krajach może to być kwestia zaporowa.

„Wszystko zaczyna się od zdjęcia zamieszczonego tutaj... to było w 2017 roku", pisze autor. Zdjęcie pokazuje wyrzucony na złom skaner z tomografu komputerowego. Autor serwisował tego rodzaju urządzenia przez wiele lat. Zatem postanowił tchnąć ponowne życie w ten system, stosując do tego otwarte oprogramowanie. W artykule umieszczonym na portalu Hackaday.io autor opisuje, krok po kroku, jak próbuje ponownie uruchomić ten tomograf. Logi rozpoczynają się od wpisów, poświęconych teoretycznemu opisowi zasady działania tego rodzaju urządzeń. Następnie autor opisuje, z czego składa się tomograf komputerowy, jak zbudowane są konsole sterujące itd. Od tego gładko przechodzi do doboru oprogramowania i sprzętu do sterowania tym tomografem. Z pewnością warto śledzić losy tego ambitnego projektu.

https://hackaday.io/project/185828-ct-system-revamp



Ergonomiczny sterownik klawiaturowy do gier Fight Key Wide

Autor projektu, Dylan Turner, zaczął opis swojego projektu od brzmiącego jak haiku, poetyckiego opisu, który doskonale podsumowuje jego motywację do opracowania tej ciekawej klawiatury: „Chciałbym być dobry w grach walki. Nie jestem. Chciałbym móc użyć joysticka. Nie mogę. To, co MOGĘ zrobić, to tworzyć".

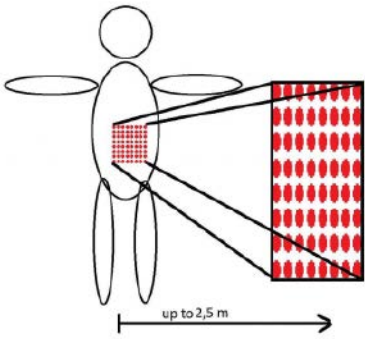
Zaprezentowany tu kontroler do gier jest drugą tego rodzaju konstrukcją autora. Turner skonstruował wcześniej podobną klawiaturę, którą postanowił teraz udoskonalić.

Motywacją do opracowania tego kontrolera była chęć ergonomicznego grania w bijatyki, a konkretnie Ultra Street Fighter IV. Niestety, z pewnych przyczyn Turner nie potrafi dobrze korzystać z joysticka, który jest generalnie idealnym kontrolerem do tego rodzaju gier. Turner skazany jest na granie na klawiaturze… dlatego też postanowił skonstruować taką, która byłaby zoptymalizowana do grania w Ultra Street Fighter IV itp. Klawiatura ta zawiera niebieskie przełączniki Cherry MX, które osadzone zostały na niestandardowej płytce drukowanej z obudową wydrukowaną w 3D. Przyciski ułożone zostały tak, aby klawisze strzałek znajdowały się po lewej stronie, a klawisze akcji (pionowo rozmieszczone jak japoński kij do walki) po prawej stronie. Jako kontroler autor używa Raspberry Pi Pico. Działa ono jako urządzenie USB HID, co pozwala na wysyłanie wejść z gamepadu jako sygnałów do użytku w grach.

https://hackaday.io/project/185796-fight-key-wide

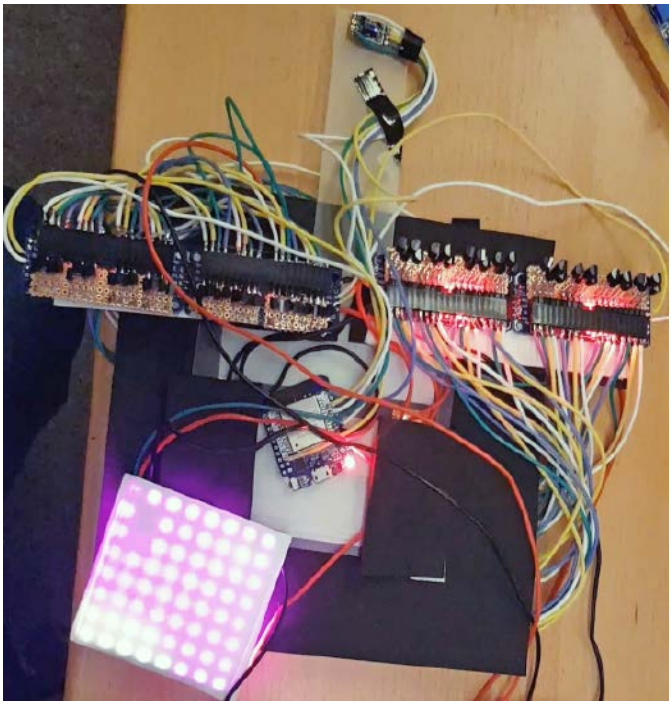
V. Cane – niewidzialna biała laska

Aby zapewnić osobom niewidzącym i niedowidzącym rozszerzoną percepcję, autor tej konstrukcji opracował kompaktowy i przenośny moduł czujnika do percepcji głębi, który działa z dotykowym systemem prezentacji zebranych danych. System dotykowy – haptyczny – skonstruowany został tak, aby zapewnić osobom, których



REKLAMA

BORNICO | Teraz większe MOŻLIWOŚCI
bornico.com.pl
montaż kontraktowy elektroniki
projektowanie urządzeń i systemów
Zakład Elektroniczny BORNICO
ul. Małęczyńska 25
26-600 Radom
tel. +48 48 365 58 22
bornico@bornico.com.pl



wzrok nie funkcjonuje poprawnie, podobne możliwości w zakresie orientacji w przestrzeni. System tłumaczy informacje, normalnie zbierane za pomocą wzroku, na bodźce odbierane za pomocą zmysłu dotyku. System ten jest lekki, przenośny i łatwy w użyciu. Moduł można szybko opanować – nauka wykorzystania tego urządzenia wydaje się dosyć prosta. Interpretacji sygnałów dotykowych można się nauczyć intuicyjnie, wspierając percepcję głębi.

Pole widzenia systemu równe jest 63° w poziomie i w pionie, co wynika z rozdzielczości – 8×8 – oraz rozmiaru każdego „piksela" systemu. Zasięg działania układu sięga do 2,55 m. Moduł składa się z matrycy czujników z 8×8. Odległości mierzone są za pomocą laserowych dalmierzy, dzięki czemu znane są dokładne dane ilościowe. Wygenerowana w ten sposób informacja o odległości jest następnie kodowana i przekazywana jako sygnał dotykowy na pole 8×8 haptycznych pikseli, czyli 64 silniki wibracyjne. W rezultacie każda zmierzona odległość jest przenoszona na intensywność wibracji jednego z 64 silników. W tej metodzie zarówno odległość, przeliczana na intensywność wibracji, jak i rozłożenie jej w przestrzeni są przekazywane do osoby niewidzącej dzięki rozkładowi siłowników dotykowych umieszczonego na dużej powierzchni (15×15 cm) skóry. Czujnik rejestruje 64 pojedyncze piksele pola przed użytkownikiem. Pole widzenia (FOV) równe jest 63×63°. Rozdzielczość kątowa piksela wynosi około 8° w płaszczyźnie pionowej i poziomej.

https://hackaday.io/project/186706-the-v-cane-invisible-ar-cane

Evil Macropad – programowalna miniklawiatura

Planem autora tej konstrukcji jest opracowanie niestandardowej klawiatury z dużą gamą wymyślnych funkcji (i nie chodzi o podświetlenie RGB, a wbudowane uwierzytelnianie dwuskładnikowe (2FA), hub USB i tym podobne opcje). Jednak postanowił on realizować plany małymi krokami. „4 klawisze mogą wystarczyć do wielu zadań: dla niektórych streamerów jako sterowanie spotkaniami, makra do gier lub systemy sterowania debuggerami", pisze Béla Durucz, autor tego urządzenia.

Projekt zaczął od Digistumpa – ATtiny85 z interfejsem USB realizowanym programowo. Na stronie projektu znaleźć można link do strony z instrukcjami dla wersji DIY, a także projekt PCB tego modułu. Dodatkowo w udostępnionym repozytorium na GitHubie znaleźć można źródło z kilkoma typowymi kombinacjami klawiszy. Autor czeka oczywiście na dalsze sugestie.

Do programowania wystarczy wgrany w module bootloader, ale może być konieczna modyfikacja fuse bitów. Do wgrania firmware/bootloadera do mikrokontrolera potrzebny jest programator ISP (np. taki wykonany z modułu Arduino) i program AVRdude (lub AVRDUDESS, jeśli chcemy korzystać z estetyczniejszego GUI). Można oczywiście zastosować gotowy programator, jeśli mamy do takowego dostęp.

Dlaczego klawiatura ta nazywa się Evil Macropad? Ponieważ, jak żartuje autor, można jej użyć do nikczemnych celów, jeśli wręczymy ten „prezent" komuś z uzależnieniem od hazardu… ma oczywiście także dużo lepsze zastosowania. Można by pomyśleć, że 4-klawiszowa klawiaturka do makr to nic nadzwyczajnego. Dlatego też autor postanowił skomplikować trochę ten dość prosty projekt. Projekt ten jest idealny do nauki programowania dla początkujących, gdyż dosyć łatwo go zbudować, a programowanie pozwala na naukę zaawansowanych makr itp. w języku C. Jest to istotne, ponieważ wiele osób utknęło przy *#include*. Ale wracając do „zła" i hazardu, o którym pisze autor… Jeśli zajrzycie do źródła, opublikowanego na GitHubie, możecie dostrzec, że przy każdym naciśnięciu klawisza software losuje liczbę, aby sprawdzić, co zrobić – jeśli masz pechowy dzień, zrobi coś innego. Może zupełne przeciwieństwo?

https://hackaday.io/project/185800-evil-macropad

Kamera 4GEE – modyfikacja starszej kamerki sportowej

Temat modyfikacji starszych urządzeń, czy też upcyclingu, pojawia się w tym wydaniu po raz kolejny… nie bez powodu – dookoła nas jest wiele urządzeń elektronicznych, które nadal działają, ale nie możemy ich użyć z powodu np. braku oprogramowania czy kompatybilnych akcesoriów. Taki problem dotknął właśnie autora poniższego opracowania. Pożyczył on od przyjaciela kamerkę sportową – niezbyt starą, bo mającą zaledwie 7 lat. Problem polegał na tym, że towarzysząca jej aplikacja na Androida jest zbyt stara, aby działać na nowoczesnym telefonie. Dlatego też autor postanowił zrozumieć, w jaki sposób aplikacja komunikuje się z aparatem, aby korzystać ze wszystkich funkcji bez korzystania z starej aplikacji.

W 2015 roku EE (jedna z brytyjskich sieci komórkowych) sprzedawała produkt o nazwie 4GEE Action Cam. Była to niewielka kamera HD z wodoodporną obudową, przeznaczona do użytku w sportach ekstremalnych. Wyjątkowym argumentem przy sprzedaży był wbudowany modem 4G, który umożliwiał kamerze strumieniowe przesyłanie wideo na żywo do Internetu bez konieczności podłączania do telefonu lub laptopa. Urządzenie wygląda na kamerę sportową BenQ QC1 ze zmienioną nazwą i bez wątpienia było sprzedawane pod różnymi nazwami

w różnych miejscach na całym świecie. Pierwotnie był wyposażony w bezprzewodowy wizjer w formie układu na rękę (który jest teraz niestety zagubiony w tym przypadku), ale do tego celu można również użyć aplikacji na Androida.

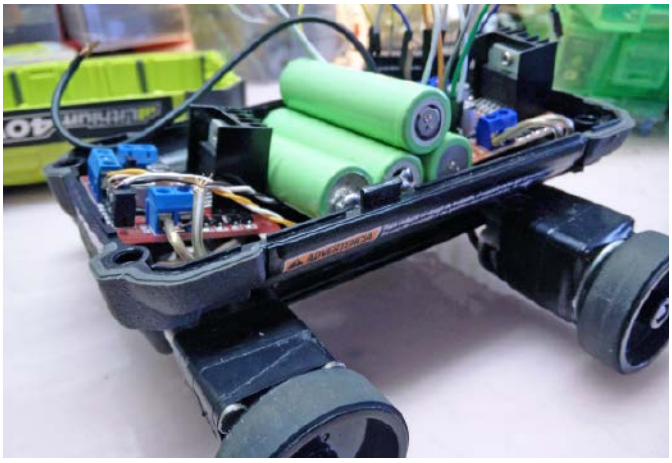
Sama aplikacja jest nadal dostępna w sklepie z aplikacjami Google Play, ale nie była aktualizowana od sierpnia 2017 r. i nie jest kompatybilna z nowszymi wersjami Androida. Problem polega na tym, że autor chciałby mieć podgląd nagrywanego obrazu, ale nie ma fabrycznego zegarka – wizjera. Nie może też skorzystać z aplikacji na telefon, gdyż ten jest zbyt nowy. Aby sprawić, by system ten działał, konieczna jest inżyniera wsteczna. Potrzebny był do tego starszy telefon komórkowy z Androidem, który jest w stanie pracować z tą aplikacją. W przypadku autora jest to Nokia 2 z systemem Android 7.1.1. Po zainstalowaniu aplikacji na tym telefonie można było zacząć sprawdzać, jak działa aparat. Kamera zapewnia punkt dostępu Wi-Fi, z którym łączy się telefon. Aplikacja w jakiś sposób wykrywa kamerę w sieci i zaczyna przesyłać strumieniowo wideo na żywo. Z poziomu aplikacji można zmienić ustawienia i uzyskać dostęp do wszystkich funkcji aparatu, możliwe jest również przeglądanie zapisanych plików przez aplikację. Co zaskakujące, z zainstalowaną w aparacie kartą SIM działa on jako router, więc podłączony klient Wi-Fi może uzyskać dostęp do Internetu za pośrednictwem aparatu!

Jedynym drobnym problemem, na jaki zwrócił uwagę autor, było to, że podczas uruchamiania aplikacja nakłania do aktualizacji oprogramowania aparatu. Jednak uzyskanie dostępu do opcji aktualizacji oprogramowania spowodowało wyświetlenie komunikatu wskazującego, że oprogramowanie jest już aktualne. Dzieje się tak, ponieważ żądanie aparatu o nowy software powoduje błąd po stronie serwera, gdzie kiedyś producent publikował aktualizacje. Jedyną funkcją, która już nie działa, jest transmisja na żywo. Nie ma w tym nic dziwnego – kiedy aparat był nowy, korzystał z usługi o nazwie Skeegle, która została zamknięta w 2016 roku. Sprawia to, że wbudowany modem 4G jest raczej bezużyteczny.

Okazało się, że kamera może przesyłać strumień wideo na żywo do Facebooka. Nie udało mi się jednak znaleźć źródła tego oprogramowania… tak więc sama aktualizacja nie może być wykonana, dobrze jednak wiedzieć, że warto jej szukać.

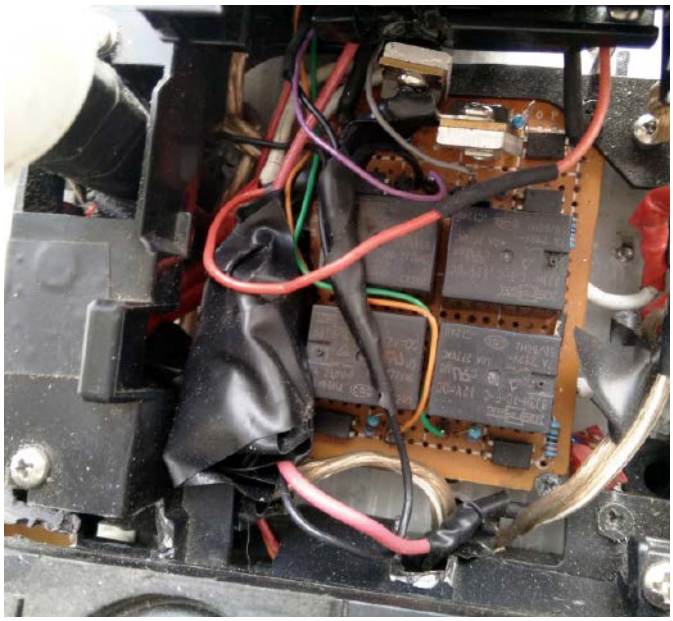
Do inżynierii odwrotnej autor stosuje szeroki zakres narzędzi. Zaczął on od skanowania sieci i samego hosta kamery za pomocą nmapa, aby zobaczyć, które porty są otwarte. Następnie użył on Wiresharka do podglądania ruchu pomiędzy telefonem a kamerą. W tym celu próbował uruchomić emulator Androida na telefonie. Testowane też było instalowanie tcpdump na telefonie Nokia, jednak wymaga to „zrootowania" telefonu. Dalsze próby opisane z pewnością zostaną w kolejnych wpisach na stronie projektu.

https://hackaday.io/project/185918-4gee-action-cam



Postapokaliptyczne roboty

Ponownie w tym numerze – w duchu upcyclingu – prezentujemy projekt, którego autor wykonał urządzenia z, dosłownie, śmieci. Nazwa projektu – postapokaliptyczne roboty – wywodzi się z gatunku



filmów i gier, opowiadających o ludziach, żyjących po wielkiej katastrofie, która doprowadziła do upadku współczesną cywilizację, a kolejni ludzie, żyjący na planecie, próbują sobie radzić, używając pozostałości po naszej, współczesnej technologii do konstruowania urządzeń.

Pierwszy robot zaprezentowany w tym projekcie jest zbudowany z napędu DVD i tacki na dysk twardy jako korpusu. Ma on mostek H zbudowany z przekaźników pochodzących ze starego UPS-a oraz silników i kół z drukarek. Ma też wbudowany odtwarzacz mp3 i sensory ultradźwiękowe, które akurat (wyjątkowo) zostały zakupione w sklepie. Jednak wszystkie ruchome części i podwozie pochodzą z przerobionych śmieci.

Drugi robot wykorzystuje starą obudowę akumulatora z elektronarzędzi jako podwozie. Sterowanie zrealizowane zostało na zakupionych mostkach H – układach scalonych L298M. Oba roboty sterowane są przez moduł Arduino. Pierwszy z nich korzysta z Arduino UNO, a drugi z Ardudino NANO. Oba używają dawnych rolek drukarki jako kół, oba używają starych odbiorników podczerwieni do zdalnego sterowania i są sterowane za pomocą starych pilotów od sprzętu RTV.

https://hackaday.io/project/185896-post-apocalyptic-robotics

REKLAMA

Interphase – bezprzewodowa, ergonomiczna klawiatura dzielona DIY

Ergonomiczne klawiatury mogą mieć bardzo różne formy, wszystko w zależności od osobistych preferencji użytkowników. Z tego też powodu pojawia się wiele konstrukcji klawiatur DIY. W ten sposób każdy może skonstruować taki system, jaki jest dla niego optymalny. Zaprezentowana klawiatura – Interphase, to podzielona na dwie części klawiatura ergonomiczna. Projekt bazuje na wcześniejszym urządzeniu pod nazwą Mitosis. Autor rozwinął tę konstrukcję, głównie po to, aby zapewnić obsługę większej liczby klawiszy.

Klawiatura ma niemiecki układ klawiszy ISO, wzbogacony o lepsze wykorzystanie kciuka o klawisz tabulacji wstecz (Shift+Tab, działający odwrotnie niż Tab – przełącza np. okna wstecz). Klawiatura bazuje na otwartym firmware QMK (*Quantum Mechanical Keyboard*).

https://hackaday.io/project/185792-interphase

Retro sekwencer MIDI

Główną ideą tego projektu jest użycie starego, przestarzałego sprzętu komputerowego do czegoś, do czego nie został on zaprojektowany. Ta karta jest wypełniona układami logicznymi serii 74xx i pozwala na tworzenie muzyki. Oryginalnie moduł ten to karta graficzna z interfejsem ISA. Zasada działania bazuje na projekcie Lunetta, który pozwala na zastosowanie starej elektroniki na układach CMOS

jako syntezatorów DIY. Autor, wykorzystując tę ideę, stara się stworzyć prosty sekwencer do modułowego syntezatora analogowego.

https://bit.ly/3PIa91h

Kolejowa obudowa do komputera PC

Nie każdy projekt DIY, jaki prezentowany jest w tym dziale, musi być skomplikowanym i zaawansowanym projektem elektronicznym. Ten jest ciekawą obudową do komputera PC, wykonaną dla młodego miłośnika kolei. Nie dość, że pasuje do pozostałych elementów wystroju pokoju syna autora, to utrzymana jest w stylistyce nawiązującej do austriackiej kolei. W obudowie systemu zabudowano komputer jednopłytkowy Raspberry Pi, na którym zainstalowano szereg starych gier z epoki DOS oraz Zusi – bardzo realistyczny niemiecki symulator pociągu. Symulator ten idealnie pasuje do całej estetyki maszyny.

https://hackaday.io/project/185790-train-simulation-arcade-wall

Nikodem Czechowski, EP

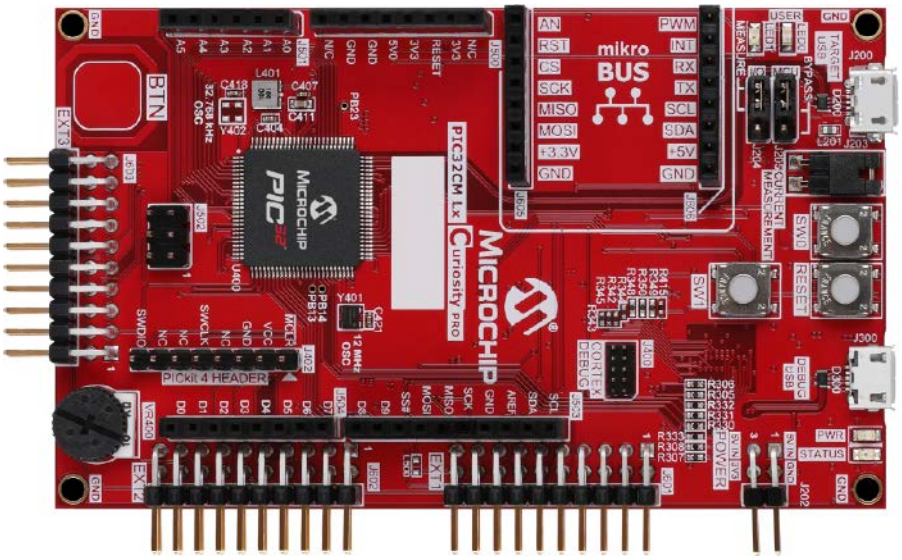
REKLAMA

EP.com.pl

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

Wygraj zestaw ewaluacyjny Microchip PIC32CM LS60 Curiosity Pro od Microchipa

Mikrokontrolery Microchip serii PIC32CM LS60 to układy wyposażone w nowoczesny 32-bitowy rdzeń ARM Cortex-M23 o bardzo niskim poborze mocy i zwiększonym poziomie zabezpieczeń, działające z częstotliwością do 48 MHz. Zestaw uruchomieniowy PIC32CM LS60 Curiosity Pro (EV76R77A) został wyposażony w jeden z tych wydajnych układów oraz komplet peryferiów umożliwiających szybkie rozpoczęcie tworzenia aplikacji. Gotowy do użycia zestaw można teraz za darmo otrzymać od Microchipa.



Zestaw uruchomieniowy PIC32CM LS60 Curiosity Pro zawiera mikrokontroler typu PIC32CM5164LS60100 wyposażony w 512 kB pamięci Flash, 64 kB pamięci RAM oraz szybkie przetworniki ADC i DAC (1 Msps), interfejs USB Host/Device, kontroler interfejsu dotykowego i systemy zarządzania zdarzeniami i trybami pracy. Dodatkowo układ został wyposażony w rozwiązania pozwalające na tworzenie bezpiecznych aplikacji, takie jak Arm TrustZone, wsparcie dla algorytmów szyfrujących AES-256/192/128, SHA-256, zintegrowany moduł CryptoAuthentication ATECC608 oraz mechanizmy gwarantujące zabezpieczony dostęp do pamięci. Ponadto na płytce zintegrowane są:

- programator/debugger USB typu Microchip Embedded Debugger (EDBG), który dodatkowo pełni funkcję wirtualnego portu szeregowego COM, oraz interfejsu Data Gateway Interface (DGI) pozwalającego śledzić działanie mikrokontrolera,
- moduł pomiaru parametrów zasilania (XAM) z możliwością tworzenia wizualizacji w środowisku MPLAB,
- trzy 20-pinowe złącza szpilkowe z wyprowadzonymi sygnałami z mikrokontrolera,
- interfejs USB Host i Device,
- złącze w standardzie mikroBUS,
- złącze kompatybilne ze standardem Arduino Mega,
- przyciski, diody, zworki konfiguracyjne i wyprowadzenia istotnych sygnałów.

Mikrokontrolery serii PIC32CM LS60 integrują bogaty wachlarz układów peryferyjnych, rozbudowany blok zarządzania zasilaniem oraz bezpieczny system Trust Platform firmy Microchip. Takie zestawienie ułatwia opracowywanie produktów końcowych przy użyciu tylko jednego mikrokontrolera. Projektanci mogą udać się do jednego zaufanego źródła, aby znaleźć 32-bitowy MCU, który został zaprojektowany z myślą o bezpiecznych urządzeniach i ochronie danych użytkownika końcowego przed zdalnymi lub fizycznymi atakami. Zakres aplikacji obejmuje inteligentne urządzenia domowe, akcesoria do smartfonów lub tabletów, przenośne urządzenia medyczne, urządzenia do noszenia, urządzenia IoT oraz roboty przemysłowe.

Zestaw zawiera wbudowany debuger, eliminujący potrzebę korzystania z zewnętrznych narzędzi do programowania lub debugowania. Jest także kompatybilny z narzędziami MPLAB Data Visualizer i Power Debugger, których można używać do monitorowania, analizowania i dostrajania wartości zużycia energii w czasie rzeczywistym. To zdecydowanie ułatwia opracowywanie aplikacji o niskim poborze mocy.

Aby mieć szansę na wygranie zestawu ewaluacyjnego PIC32CM LS60 Curiosity Pro lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3d4pTxO.

Szczegółowe informacje na temat zestawu ewaluacyjnego PIC32CM LS60 Curiosity Pro można znaleźć na: https://bit.ly/3JCsECE.

Dokumentacja mikrokontrolera PIC32CM5164LS60100 oraz wiele dodatkowych materiałów znajduje się na: https://bit.ly/3QqTHmL.

MPLAB HARMONY | MPLAB CODE CONFIGURATOR | MPLAB DISCOVER | MPLAB X IDE

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5952

Podstawowe parametry:

Węzeł pomiarowy:
- źródło napięcia zasilania: bateria CR2032,
- maksymalny prąd obciążenia (tryb uśpienia/nadawanie): 10 µA/22,6 mA,
- liczba adresów: 8,
- zakres mierzonych temperatur: –30...50°C,
- rozdzielczość mierzonych temperatur: 0,5°C,
- dokładność pomiaru temperatury (typowa): 0,4°C,
- częstość transmisji danych: co 64 s,
- częstotliwość pracy transceivera: 868 MHz,
- zasięg w terenie otwartym: ok. 100 m.

Moduł odbiornika:
- napięcie zasilania: 4...9 V,
- maksymalny prąd obciążenia: 30 mA,
- częstotliwość pracy transceivera: 868 MHz,
- zasięg w terenie otwartym: ok. 100 m.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

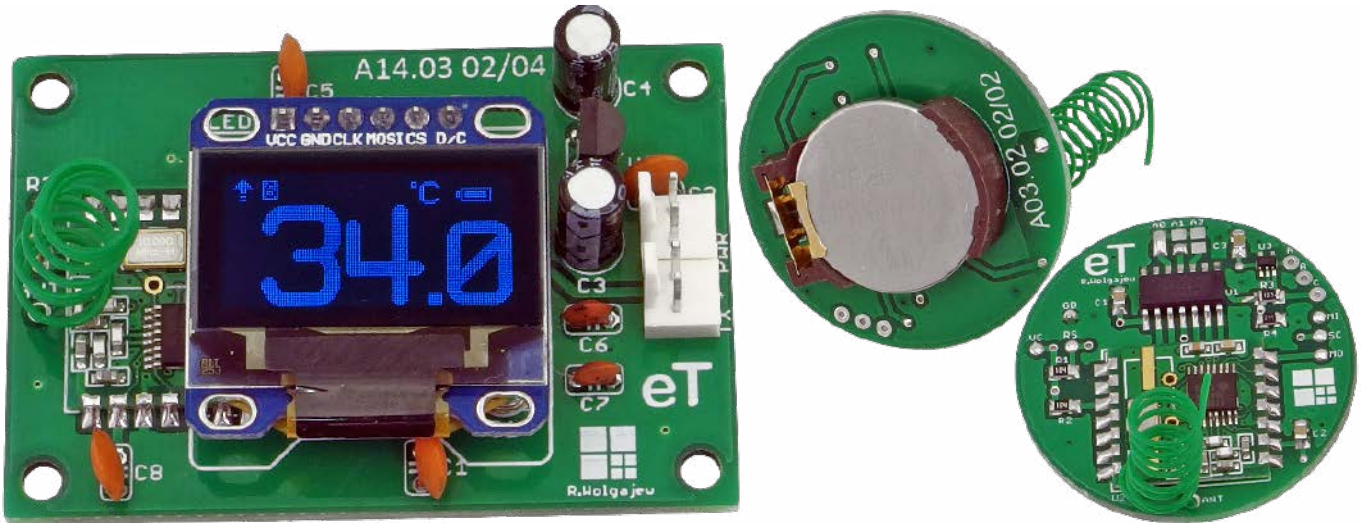
AVT5949 Energooszczędny termometr LED (EP 08/2022)
AVT5892 Energooszczędny termometr z kalibracją (EP 10/2021)
AVT5635 Bezprzewodowy, energooszczędny system pomiaru temperatury (EP 8–9/2018)
AVT5623 4-kanałowy termometr z interfejsem Wi-Fi (EP 4/2018)
AVT5566 THPStation – rozbudowany termometr z Wi-Fi (EP 1/2017)
AVT5535 Termometr 2-kanałowy z interfejsem Bluetooth (EP 4/2016)
AVT5518 Termometr bezprzewodowy (EP 11/2015)
AVT1863 Termometr z interfejsem Bluetooth (EP 8/2015)
AVT1790 Termometr XXL (EP 2/2014)
AVT5489 8-kanałowy termometr z alarmem i wyświetlaczem LCD (EP 11/2013)
AVT5420 Wielopunktowy termometr z rejestracją (EP 10/2013)
AVT1734 Termometr do wędzarni (EP 4/2013)
AVT5373 Tlogger – rejestrator temperatury (EP 12/2012)
AVT1705 Moduł do pomiaru temperatury z interfejsem RS485 (EP 9/2012)
AVT1697 Wielogabarytowy termometr LED (EP 8/2012)
AVT5389 4-kanałowy termometr z wyświetlaczem LED (EP 5/1012)
AVT5330 Termometr PC (EP 2/2012)
AVT5301 Wskaźnik komfortu cieplnego z wbudowanym kalendarzem sezonowym (EP 7/2011)
AVT1582 Domowy termometr RGB (EP 8/2010)
AVT5230 Rejestrator temperatury z interfejsem USB (EP 4/2010)
AVT5205 System pomiaru temperatury z termoparą typu K (EP 10/2009)
AVT5117 Termometr USB (EP 11/2007)
AVT5108 2-kanałowy termometr z dwukolorowym wyświetlaczem LED (EP 8/2007)
AVT5041 Termometr MIN-MAX (EP 11/2001)
AVT3122 Termometr z wyświetlaczem LED

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

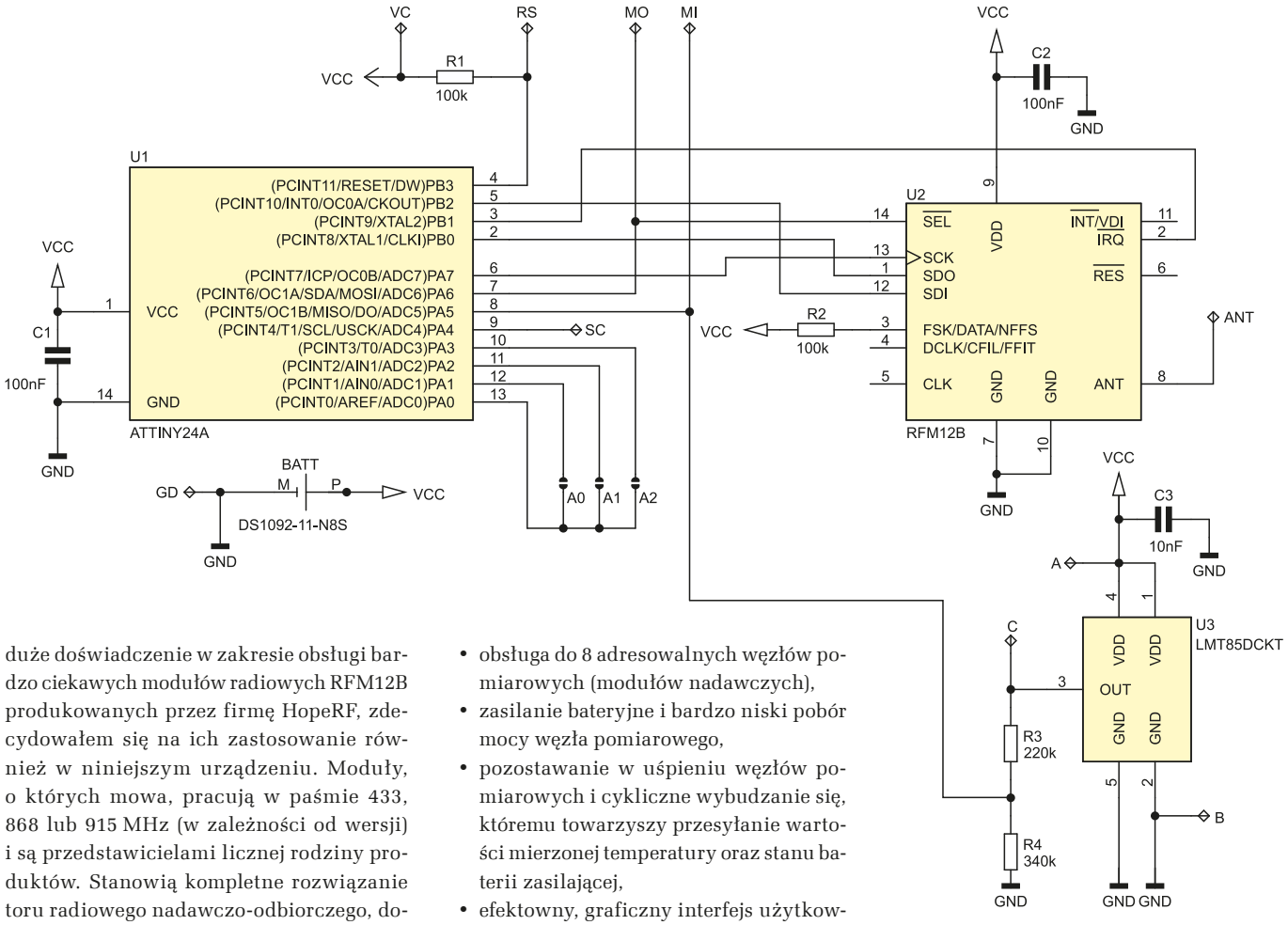


eT – wielokanałowy, bezprzewodowy system pomiaru temperatury

W swojej praktyce inżynierskiej kilkakrotnie podejmowałem wyzwanie skonstruowania systemu bezprzewodowej akwizycji danych. Tym razem stanąłem przed wyzwaniem skonstruowania prostego systemu bezprzewodowego pomiaru temperatury, który, po pierwsze, nie wymagałby żadnej konfiguracji, zaś po drugie, odznaczał się walorem w postaci niskiego poboru energii przez węzły pomiarowe. Co więcej, zależało mi na użyciu łatwo dostępnych i tanich modułów radiowych wyposażonych w tryb niskiego poboru mocy.

Do tej pory opracowałem zarówno dość proste konstrukcje zawierające nieskomplikowane moduły radiowe pracujące w paśmie 433 MHz i pozbawione jakiegokolwiek stosu komunikacyjnego, jak i zaawansowane układy pracujące na bazie technologii ZigBee, a więc korzystające z wszelkich dobrodziejstw tego medium komunikacyjnego. Za każdym razem był to jednak pewien kompromis pomiędzy funkcjonalnością tak zbudowanego systemu, kosztem jego implementacji a energooszczędnością.

Tym razem stanąłem przed wyzwaniem skonstruowania prostego systemu bezprzewodowego, który będzie odznaczał się niskim poborem energii przez węzły pomiarowe. Jako że w moim poprzednim projekcie energooszczędnego systemu pomiaru temperatury z EP 8/18, EP 9/18 zdobyłem



Rysunek 1. Schemat ideowy węzła pomiarowego

duże doświadczenie w zakresie obsługi bardzo ciekawych modułów radiowych RFM12B produkowanych przez firmę HopeRF, zdecydowałem się na ich zastosowanie również w niniejszym urządzeniu. Moduły, o których mowa, pracują w paśmie 433, 868 lub 915 MHz (w zależności od wersji) i są przedstawicielami licznej rodziny produktów. Stanowią kompletne rozwiązanie toru radiowego nadawczo-odbiorczego, dostarczając wygodny interfejs komunikacyjny SPI pozwalający na przeprowadzenie pełnej konfiguracji elementu w ramach dostępnej szerokiej palety ustawień i sterowanie komunikacją radiową. W tym miejscu nie będę powtarzał informacji dotyczących specyfikacji i obsługi tych peryferiów, gdyż takowe zamieściłem w ramach wspomnianych wcześniej artykułów, w związku z czym zainteresowanych tymi szczegółami Czytelników odsyłam do wskazanych wcześniej wydań EP.

Budowa i działanie

Przejdźmy od razu do szczegółów konstrukcyjnych przedmiotu niniejszego artykułu, a mianowicie bezprzewodowego, energooszczędnego systemu wielopunktowego pomiaru temperatury, który w założeniach charakteryzować się ma następującymi cechami funkcjonalnymi:

- obsługa do 8 adresowalnych węzłów pomiarowych (modułów nadawczych),
- zasilanie bateryjne i bardzo niski pobór mocy węzła pomiarowego,
- pozostawanie w uśpieniu węzłów pomiarowych i cykliczne wybudzanie się, któremu towarzyszy przesyłanie wartości mierzonej temperatury oraz stanu baterii zasilającej,
- efektowny, graficzny interfejs użytkownika po stronie układu nadrzędnego (modułu odbiorczego),
- wysoka ergonomia obsługi całego systemu i brak konieczności konfiguracji,
- kontrola aktywności węzłów pomiarowych przez układ nadrzędny.

Kilka niezbędnych słów uwagi należy się zasilaniu węzłów pomiarowych. Założono, że moduł nadawczy będzie pracował z zasilaniem bateryjnym w postaci pastylki CR2032 i większość swojego czasu będzie pozostawał w uśpieniu (dla ograniczenia poboru mocy), czekając na wybudzenie przez odpowiednio skonfigurowany podsystem mikrokontrolera nazywany watchdogiem. Wspomnianemu wybudzeniu (mikrokontrolera i modułu RF) towarzyszyć będzie wysłanie komunikatu do adresowalnego układu nadrzędnego i ponowne uśpienie urządzenia. W ten prosty sposób ograniczamy do minimum pobór energii ze źródła zasilania, pozwalając na wieloletnią pracę urządzenia. Uważny Czytelnik dostrzeże pewne ograniczenia i sformułuje związane z nimi zapytania. Otóż bateria CR2032 przeznaczona jest do zasilania urządzeń (3 V) cechujących się bardzo niskim poborem prądu rzędu ułamków mA do pojedynczych mA. Nasz układ po wybudzeniu aktywuje nadajnik modułu RFM12B, który w czasie transmisji pobiera prąd rzędu 22,6 mA (maksymalnie), co stanowi bardzo duże obciążenie dla baterii zasilającej.

Na szczęście transmisja trwa około 12 ms, w związku z czym pobrana energia jest niewielka, niemniej jednak takie obciążenie skromnej baterii niesie za sobą pewne reperkusje. Po pierwsze, z czasem spada jej znamionowa pojemność, napięcie znamionowe oraz wzrasta rezystancja wewnętrzna. Spadek

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Węzeł pomiarowy
Rezystory: (SMD 0805)
R1, R2: 100 kΩ
R3: 220 kΩ 1%
R4: 340 kΩ 1%

Kondensatory: (SMD 0805)
C1, C2: 100 nF
C3: 10 nF

Półprzewodniki:
U1: ATtiny24A (SOIC14)
U2: RFM12B–866MHz (SMD)
U3: LMT85DCKT (SC-70 lub TO-92)

Pozostałe:
BATT: koszyczek baterii CR2032 typu CONNFLY
DS1092-11-N8S

Moduł odbiornika
Rezystory: (miniaturowe 1/8 W)
R1, R2: 100 kΩ

Kondensatory:
C1, C2, C5, C8: 100 nF
C3, C4: 100 μF/16 V
C6, C7:22 pF

Półprzewodniki:
U1: ATtiny84 (DIL14)
U2: LP2950ACZ-3.0/NOPB (TO-92)
U3: RFM12B–866MHz (SMD)
OLED: wyświetlacz OLED 0,96" 128×64, niebieski, SPI

Pozostałe:
PWR, TX: gniazdo męskie 2 piny (NSL25-2W)
Q1: rezonator kwarcowy 4 MHz niski

pojemności nie jest jakiś drastycznie wielki, ale można go szacować na 25%, przy spadku napięcia baterii do 2,2 V. Zagadnienie jest naprawdę bardzo ciekawe, w związku z czym zachęcam ambitnych Czytelników do zgłębienia tematu pod adresem internetowym [1], gdzie inżynierowie firmy Energizer i Nordic Semiconductor bardzo drobiazgowo zaprezentowali ten interesujący temat w dokumencie o nazwie *High pulse drain impact on CR2032 coin cell battery capacity*.

Na szczęście główne podzespoły nadajnika pracują już przy niewielkich napięciach zasilających (moduł RF: 2,2 V, mikrokontroler: 1,8 V) i nawet przy 25% spadku pojemności tego typu aplikacja powinna zapewnić długą pracę urządzenia. Aby ocenić, jak długo węzeł pomiarowy pracował będzie na pojedynczej baterii CR2032, należy zastanowić się, z jakich etapów składa się praca węzła pomiarowego i jakie są wtedy prądy pobierane ze źródła napięcia zasilającego. Przystępując do obliczeń, przyjąłem następujący podział cyklu pracy urządzenia:

- etap trybu *power-down* (uśpienia), który trwa z dużym przybliżeniem 24 h/dobę i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 10 μA,
- etap pomiarów przetwornika ADC (po wybudzeniu), który trwa średnio 3 ms i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 0,4 mA,
- etap transmisji modułu RFM12B (po wybudzeniu), który trwa średnio 12 ms i podczas którego pobierany jest prąd rzędu 22,6 mA.

Założono ponadto, że pomiary przetwornika ADC i następująca po nich transmisja wykonywane są co 64 s, a więc 1350 razy na dobę. Przy tych założeniach otrzymano ponad 17 miesięcy pracy węzła pomiarowego na pojedynczej baterii CR2032 (o zredukowanej o 25% pojemności), co wydaje się wartością co najmniej zadowalającą.

Przejdźmy zatem do schematu układu podrzędnego, czyli węzła pomiarowego, który został pokazany na **rysunku 1**. Jak widać, zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest niewielki mikrokontroler ATtiny24A (niskonapięciowy) taktowany wewnętrznym oscylatorem 1 MHz sterujący pracą modułu transceivera dzięki realizacji programowej obsługi interfejsu SPI oraz obsłudze przerwania zewnętrznego *Pin Change Interrupt 1* (wyprowadzenie PCINT9) odpowiedzialnego za mechanizm wysyłania danych. Ponadto, dzięki użyciu przetwornika ADC, wbudowanego w mikrokontroler sterujący, możliwy stał się pomiar temperatury przetwornika temperatura/napięcie pod postacią układu LMT85 oraz pomiar napięcia baterii zasilającej.

Co ciekawe, na pierwszy rzut oka nie wydaje się, aby nasz sterownik w jakikolwiek sposób używał przetwornika ADC do pomiaru napięcia baterii zasilającej, gdyż żaden z jego kanałów wejściowych nie jest przez niego używany w tym celu. To prawda, patrząc na schemat układu i nie mając do dyspozycji listingu programu, można by wysnuć taki wniosek. Jest jednak zgoła inaczej. Nasz przetwornik ADC mierzy w takim przypadku specjalne, wewnętrzne napięcie odniesienia V_{BG}=1,1 V dzięki temu, że wewnętrzny, analogowy multiplekser przetwornika może zostać właśnie w ten sposób ustawiony. Napięciem odniesienia jest w takim wypadku napięcie zasilające mikrokontroler, czyli napięcie dostarczane na wyprowadzenie VCC. Skoro mierzone napięcie ma wartość stałą (1,1 V), zaś napięcie odniesienia wartość zmienną, w prosty sposób możemy ustalić jego wartość. Prawda, że ciekawe? Dzięki temu prostemu trikowi możliwy stał się pomiar napięcia baterii zasilającej bez angażowania dodatkowego pinu mikrokontrolera.

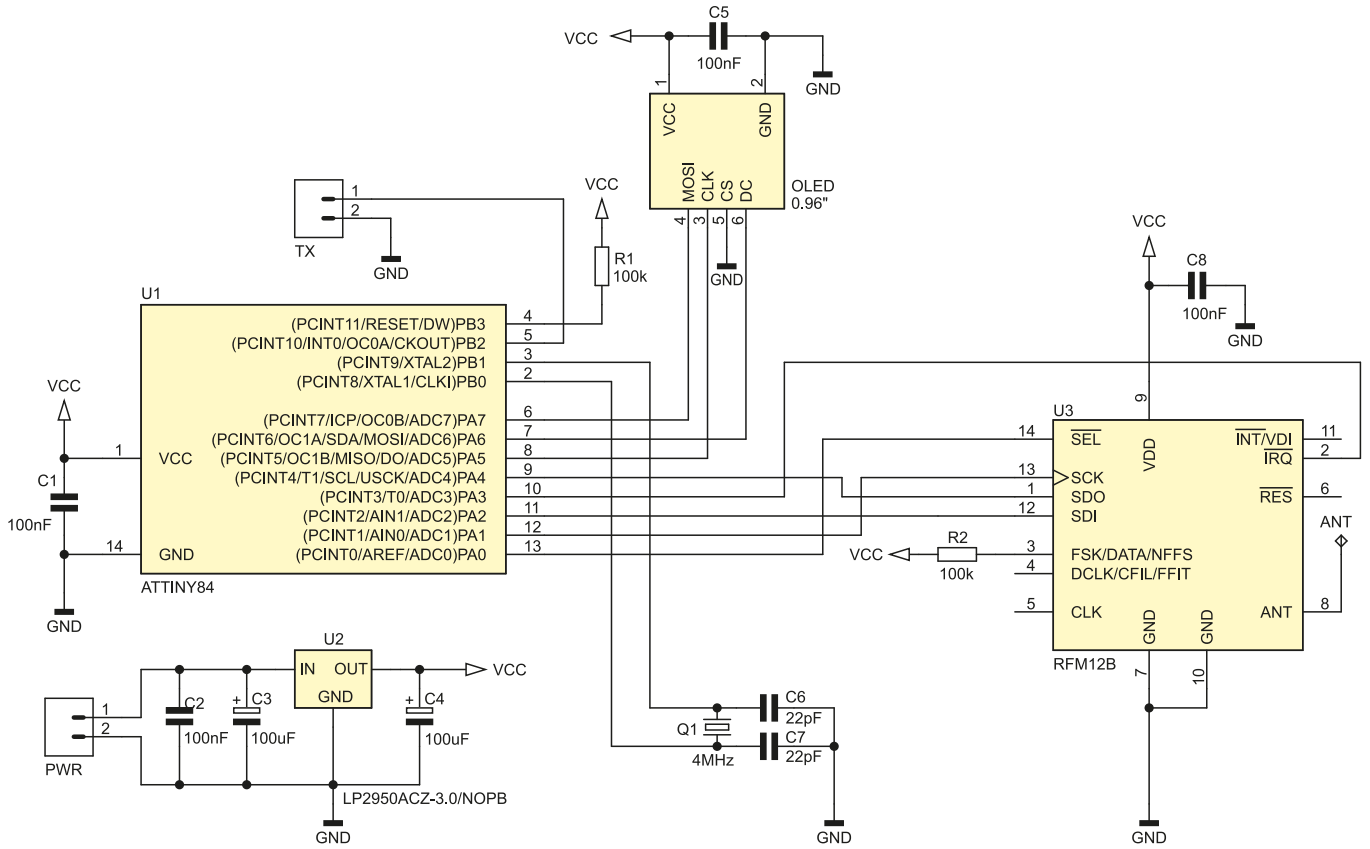
Dodatkowo, mikrokontroler obsługuje 3 wyprowadzenia adresowe A0…A2 (pola lutownicze), pozwalające na ustawienie adresu sprzętowego węzła pomiarowego.

Zgodnie z tym, co napisano już wcześniej, nasz węzeł pomiarowy powinien charakteryzować się minimalnym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, jako że jest zasilany niewielką baterią CR2032. W związku z powyższym zastosowano poniższe mechanizmy programowo-sprzętowe:

- wyłączono wszystkie nieużywane peryferia mikrokontrolera (komparator analogowy, TIMER1, TIMER0, USI),
- wprowadzono mikrokontroler w tryb niskiego poboru mocy

Listing 1. Ciało funkcji main węzła pomiarowego

```
int main(void) {
    char Data[3];
    uint8_t timer8s = 0, Address;

    _delay_ms(1000);

    //Nieużywane, jako wyjściowe ze stanem 0
    DDRA |= (1<<PA4);
    //Port sztucznej masy, jako wyjściowy ze stanem 0
    GND_DDR |= (1<<GND_NR);
    //Podciągnięcie portu adresu do VCC
    ADDRESS_PORT |= (1<<PA3)|(1<<PA2)|(1<<PA1);
    _delay_ms(1);
    //Odczytanie adresu urządzenia
    Address = (ADDRESS_PIN & 0b1110) >> 1;
    //Port sztucznej masy, jako wyjściowy ze stanem 1
    GND_PORT |= (1<<GND_NR);
    //Redukcja poboru mocy przez wyłączenie modułów
    //(lub ich zegarów): TIMER1, TIMER0, USI
    PRR = (1<<PRTIM1)|(1<<PRTIM0)|(1<<PRUSI);
    //Wyłączenie komparatora analogowego
     dla zmniejszenia poboru mocy
    ACSR = (1<<ACD);
    //Uruchomienie i konfiguracja watchdoga:
    //Watchdog Timeout Interrupt Enable, Timeout: 1024K cycles -> 8.0 s
    WDTCSR = (1<<WDIE)|(1<<WDP3)|(1<<WDP0);
    //Uruchomienie i konfiguracja RFM12B, w tym interfejsu SPI
    RFM12bInit(MASTER_ID);
    //Wprowadzmy moduł RFM12B w tryb power-down
    RFM12bPowerDown();


    while(1) {
        cli();
        set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
        sleep_enable();
        sei();
        sleep_cpu();
        //-------------------------------------------------------------
        //W tym miejscu śpimy i czekamy na wybudzenie
        //przez zmianę stanu przycisku SW
        //-------------------------------------------------------------
        sleep_disable();

        //Co 64 sekundy wysyłamy dane do mastera
        if(timer8s == 0)
        {
            //Wykonanie niezbędnych pomiarów
            Data[0] = Address;  //Adres sprzętowy naszego urządzenia
            //Mierzona temperatura
            Data[1] = ADCmeasure(ADC_CHANNEL_TEMP);
            //Napięcie zasilania
            Data[2] = ADCmeasure(ADC_CHANNEL_VCC);
            //Wyłączenie ADC dla oszczędzania energii
            ADC_STOP_MEASURE;

            //Wychodzimy z trybu power-down modułu RFM12b
            RFM12bPowerUp();

            //Uruchomienie przerwania odpowiedzialnego za nadawanie
            GIFR |= (1<<PCIF1);
            GIMSK |= (1<<PCIE1);

            //Inicjujemy wysłanie ramki danych
            RFM12bStartTx(Data, 3, MASTER_ID);
            //Czekamy na zakończenie transmisji
            while(RFM12B.Status != PACKET_SENT);

            //Wyłączenie przerwania odpowiedzialnego za nadawanie
            GIMSK &= ~(1<<PCIE1);

            //Wprowadzmy moduł RFM12B w tryb power-down
            RFM12bPowerDown();
        }
        timer8s = (timer8s+1) & 0b111;
    }
}
```



Rysunek 2. Schemat ideowy układu nadrzędnego systemu pomiarowego

power-down, z którego wybudzany jest cyklicznie co 8 s poprzez odpowiednio skonfigurowany układ watchdog, którego zadziałanie nie powoduje zresetowania mikrokontrolera, tylko wywołanie stosownego przerwania systemowego mającego możliwość wybudzania mikrokontrolera. Wybudzony mikrokontroler raz na 8 wybudzeń (czyli co 64 s) inicjuje transmisję danych, po czym przechodzi ponownie w tryb *power-down*,

- nieużywany transceiver RFM12B wprowadzany jest każdorazowo w tryb niskiego poboru mocy.

Prawda, że proste? Nasz węzeł pomiarowy, pracując wyłącznie w trybie nadajnika, wysyła każdorazowo 3 bajty danych użytecznych: swój adres sprzętowy, wartość zmierzonej temperatury zewnętrznej (ze znakiem) oraz wartość napięcia zasilania. Nie jest sprawdzana obecność częstotliwości nośnej, a więc zajętość pasma transmisji, ale przeprowadzone testy praktyczne wykazały, że ryzyko kolizji danych jest naprawdę pomijalne, zwłaszcza przy tak skonstruowanym systemie pomiarowym.

Na **listingu 1** pokazano wygląd funkcji main programu obsługi węzła pomiarowego, realizującą całą, założoną funkcjonalność.

Tyle w kwestii konstrukcji oprogramowania węzła pomiarowego, a zatem czas na omówienie schematu ideowego jednostki nadrzędnej, której zadaniem jest obsługa węzłów pomiarowych i wizualizacja przesyłanych danych.

Schemat ideowy układu nadrzędnego pokazano na **rysunku 2**. Tak jak poprzednio, zaprojektowano bardzo prosty system mikroprocesorowy, którego sercem jest niewielki mikrokontroler ATtiny84 taktowany rezonatorem kwarcowym o częstotliwości 4 MHz sterujący pracą modułu transceivera dzięki realizacji programowej obsługi interfejsu SPI oraz obsłudze przerwania zewnętrznego *Pin Change Interrupt 0* (wyprowadzenie PCINT3) odpowiedzialnego za mechanizm odbierania danych. Ponadto mikrokontroler obsługuje graficzny wyświetlacz OLED o rozdzielczości 128×64 stanowiący interfejs użytkownika (także dzięki realizacji programowej obsługi interfejsu SPI) oraz programowy interfejs USART (wyjście TX) pozwalający na transmisję pomiarów do innych systemów akwizycji danych.

Zastosowanie programowej implementacji wyjściowego interfejsu USART wynikało z faktu, że zastosowany rodzaj mikrokontrolera nie ma sprzętowej instancji tego rodzaju peryferium. Dodatkowo, dla maksymalnego uproszczenia implementacji, przyjęto następujące założenia dotyczące parametrów transmisji: prędkość transmisji równa 9600 bitów na sekundę, 1 bit startu, 1 bit stopu, bez bitu kontroli parzystości.

Przejdźmy zatem do zagadnień implementacyjnych odpowiedzialnych za to zadanie. Do realizacji programowego nadajnika

Listing 2. Plik nagłówkowy modułu programowego USART-a

```
#define USART_TX_PORT PORTB
#define USART_TX_DDR DDRB
#define USART_TX_NR PB2
#define USART_MAX_BYTES 8
#define STOP_TRANSMISSION TCCR0B = 0x00
//Preskaler=8
#define START_TRANSMISSION TCCR0B = (1<<CS01)

typedef struct {
    //Dane przeznaczone do wysłania
    uint8_t Data[USART_MAX_BYTES];
    //Wskaźnik liczby danych do wysłania
    uint8_t Bytes;
}usartType;

extern volatile usartType USART;
```

Listing 3. Funkcja inicjalizacyjna nadajnika programowego USART-a

```
void initUsart(void){
    //Port USART TX, jako wyjściowy ze stanem 1 – IDLE
    USART_TX_PORT |= (1<<USART_TX_NR);
    USART_TX_DDR |= (1<<USART_TX_NR);
    //Konfiguracja Timer0,
    //wywołującego przerwanie 9600 razy na sekundę
    //CTC
    TCCR0A = (1<<WGM01);
    //Przerwanie 9600 razy na sekundę
    OCR0A = 51;
    //Timer/Counter0, Output Compare A Match Interrupt Enable
    TIMSK0 = (1<<OCIE0A);
}
```

interfejsu USART o podanych wyżej parametrach zastosowano układ czasowo-licznikowy Timer0, skonfigurowany do pracy w trybie CTC w taki sposób, by jego przerwanie od porównania wywoływane było 9600 razy na sekundę, a więc co 104 µs. To właśnie we wspomnianym przerwaniu, zupełnie w tle programu głównego, odbywa się przesyłanie danych.

Pora na trochę kodu. Na początek plik nagłówkowy modułu programowego USART-a, który pokazano na **listingu 2**. Jak widać, wprowadzono zmienną strukturalną USART typu *usartType*, która nieco porządkuje kod modułu. Dalej, na **listingu 3** pokazano funkcję inicjalizacyjną nadajnika programowego USART-a. Dalej funkcja obsługi przerwania od porównania układu czasowo-licznikowego Timer0 realizująca właściwe wysyłanie danych, którą pokazano na **listingu 4**. Prawda, że proste? Oczywiście nie jest to rozwiązanie uniwersalne, a szyte na miarę, niemniej jednak myślę, że na tej podstawie każdy Czytelnik może dostosować je do swoich potrzeb.

Na sam koniec omówię funkcję *main* programu obsługi układu nadrzędnego, realizującą całą, założoną funkcjonalność. Ciało funkcji pokazano na **listingu 5**. Jak widać, funkcja *main* wywołuje 3 inne funkcje narzędziowe o nazwach: *handleNode()*, *handleNodeTimer()* i *redrawScreen()*. Dwie pierwsze odpowiadają za obsługę węzłów pomiarowych, zaś ostatnia generuje zawartość ekranu graficznego interfejsu użytkownika. Na **listingu 6** pokazano ciało funkcji *handleNode()* odpowiedzialnej za obsługę nadchodzących ramek wysyłanych przez węzły pomiarowe oraz wysyłanie odebranych danych za pośrednictwem interfejsu USART, zaś na **listingu 7** pokazano ciało funkcji *handleNodeTimer()* odpowiedzialnej za obsługę timera węzłów pomiarowych odliczającego czas ich aktywności.

Montaż i uruchomienie

Tyle w kwestiach implementacyjnych. Przejdźmy zatem do schematu montażowego węzła pomiarowego, który pokazano na **rysunku 3**. Zaprojektowano niewielki, dwustronny obwód drukowany (średnica jedynie 35 mm) z przewagą elementów SMD. Montaż węzła pomiarowego rozpoczynamy

Ustawienia Fuse-bitów węzła pomiarowego:
CKSEL3...0: 0010
SUT1...0: 10
CKDIV8: 0
CKOUT: 1

Ustawienia Fuse-bitów odbiornika:
CKSEL3...0: 1101
SUT1...0: 11
CKDIV8: 1
CKOUT: 1

Listing 4. Funkcja obsługi przerwania realizująca wysyłanie danych

```
//Przerwanie 9600 razy na sekundę
ISR(TIM0_COMPA_vect) {
    static uint8_t Bit, Byte;

    //Jeśli są jakieś dane do przesłania
    if(USART.Bytes) {
        //START BIT
        if(Bit == 0) {
            //0 na port TX – START BIT
            USART_TX_PORT &= ~(1<<USART_TX_NR);
            Bit++;
        //Dane
        } else if(Bit>0 && Bit<9) {
            if(USART.Data[Byte] & 0x01) USART_TX_PORT |= (1<<USART_TX_NR);
            else USART_TX_PORT &= ~(1<<USART_TX_NR);
            USART.Data[Byte] >>= 1;
            Bit++;
        //STOP BIT
        } else {
            //1 na port TX – STOP BIT
            USART_TX_PORT |= (1<<USART_TX_NR);
            //Zerujemy wskaźnik bitów,
            //bo będziemy przesyłać kolejny bajt danych
            Bit = 0;
            //Zmieniamy wskaźnik bajtów na kolejny bajt danych
            Byte++;
            //Sprawdzamy, czy wysłaliśmy już wszystkie bajty danych
            if(--USART.Bytes == 0) {
                Byte = 0;
                STOP_TRANSMISSION;
            }
        }
    }
}
```

Listing 5. Ciało funkcji main układu nadrzędnego

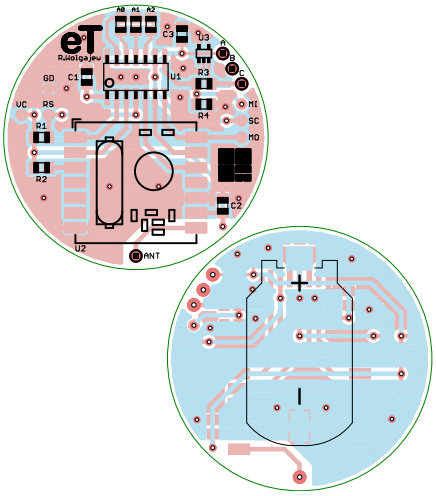
```
int main(void) {
    //Inicjalizacja OLED-a, ustawienie czcionki i pokazanie logo
    OLEDinit();
    OLEDdrawBitmap(40, 1, Logo);
    OLEDsetFont(&whiteRabbit35x48);
    _delay_ms(1000);
    OLEDcls();
    //Inicjalizacja Timera1 ustawiającego flagi co 1s i 2s
    initTimer();
    //Inicjalizacja software'owego USART-a
    initUsart();
    //Inicjalizacja RFM12B w trybie odbiornika
    RFM12bInit(MASTER_ID);

    sei();
    while(1) {
        //Obsługa nadchodzących ramek,
        //w tym wysyłanie danych USART-em
        handleNode();
        //Obsługa timera węzłów
        //odliczającego czas aktywności węzła
        handleNodeTimer();
        //Cykliczne wyświetlanie węzła sieci (co 2s)
        redrawScreen();
    }
}
```

Listing 6. Funkcja odpowiedzialna za obsługę nadchodzących ramek wysyłanych przez węzły pomiarowe oraz wysyłanie odebranych danych za pośrednictwem interfejsu USART

```
void handleNode(void) {
    //Odebrano poprawną ramkę danych: Size(=3)|Adres|Temp|Batt|CRC8
    if(dataReady) {
        dataReady = 0;

        Node[Address].lastTemp = Node[Address].currTemp;
        Node[Address].currTemp = Temp;
        Node[Address].Batt =  Batt;
        Node[Address].Timer = NODE_TIMEOUT;

        //Czekamy na zakończenie poprzedniej transmisji,
        //jeśli jeszcze się nie zakończyła
        while(USART.Bytes);
        //Przygotowanie danych
        /do wysłania danych USART-em (w ISR)
        USART.Data[0] = Address;  //Adres
        USART.Data[1] = Temp;  //Temperatura
        USART.Data[2] = Batt;  //Stan baterii
        USART.Bytes = 3;
        START_TRANSMISSION;
    }
}
```

Listing 7. Funkcja odpowiedzialna za obsługę timera węzłów pomiarowych odliczającego czas ich aktywności

```
void handleNodeTimer(void) {
    if(timer1sSet) {
        timer1sSet = 0;
        for(uint8_t i=0; i<8; ++i) if(Node[i].Timer) Node[i].Timer--;
    }
}
```



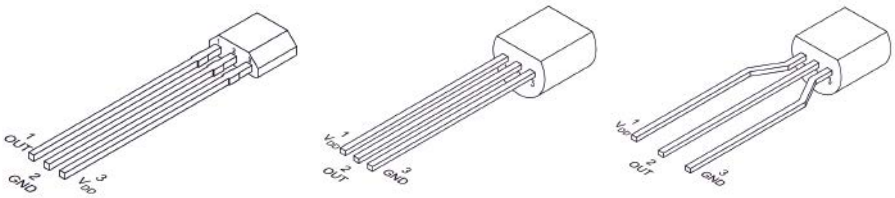
Rysunek 3. Schemat płytki PCB węzła pomiarowego

od przylutowania mikrokontrolera, następnie lutujemy czujnik LMT85, moduł RFM12B a na końcu elementy bierne. Dalej, przechodzimy na warstwę BOTTOM, gdzie przylutowujemy koszyczek baterii zasilającej. Do tak przygotowanej płytki przylutowujemy antenę nadawczą w postaci kawałka przewodu o długości około 17 cm (może być odpowiednio zwinięty). Na samym końcu wybieramy adres sprzętowy modułu, posługując się polami lutowniczymi A0…A2, które umożliwiają ustawienie 8 adresów z przedziału 0…7. Kropla cyny na wybranym polu lutowniczym oznacza stan logiczny 0 na danym pinie mikrokontrolera. Widok zmontowanego węzła pomiarowego od strony TOP pokazano na fotografii tytułowej.

Warto również podkreślić, że moduł węzła pomiarowego ma specjalne pola lutownicze oznaczone jako A…C, do których możemy przylutować przetwornik LMT85 w odbudowie THT typu TO-92 (zamiast standardowej SMD typu SC-70), przez co przetwornik taki możemy umieścić poza płytką węzła pomiarowego. Znaczenie poszczególnych pól lutowniczych jest następujące:

- A to napięcie zasilania,
- B to masa,
- C to wyjście czujnika.

Na **rysunku 4** pokazano wygląd obudów THT układu LMT85 z opisem wyprowadzeń. Co ważne i potwierdzone w praktyce, zdobycie układu LMT85 u dystrybutorów elementów elektronicznych może okazać się dość kłopotliwe, gdyż terminy dostaw sięgają 9...12 miesięcy. Sam znalazłem się w tej sytuacji i zastanawiałem się długo, jak podołać tym ograniczeniom. Rozwiązanie okazało się banalne. Układy LMT85 zamówiłem na stronie producenta (*ti.com*) taniej niż u dystrybutorów (poniżej

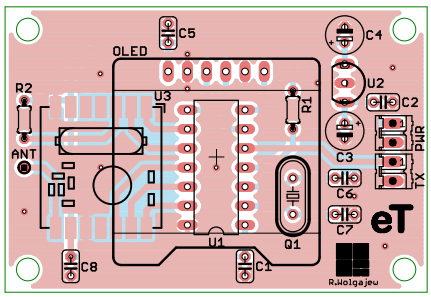


Rysunek 4. Wygląd obudów THT układu LMT85 z opisem wyprowadzeń

1 $ za sztukę) i niezbędne 2 sztuki miałem na biurku już po niespełna tygodniu, tak więc szczerze polecam to rozwiązanie.

Przejdźmy do montażu modułu nadrzędnego, którego obwód drukowany pokazano na **rysunku 5**. Tym razem zaprojektowano nieco większy obwód drukowany, który integruje w sobie kompletny zasilacz i zbudowany jest w zdecydowanej większości z elementów przewlekanych. Montaż obwodu drukowanego odbiornika rozpoczynamy od przylutowania modułu RFM12B, następnie lutujemy pozostałe elementy półprzewodnikowe, dalej elementy bierne oraz elementy mechaniczne.

Na samym końcu przylutowujemy wyświetlacz OLED, korzystając z wbudowanego złącza typu goldpin, które zapewnia mu zarówno niezbędne połączenie elektryczne, jak i montaż mechaniczny. Można również skorzystać z gniazda typu goldpin, przez co połączenie urządzenia z wyświetlaczem będzie łatwo rozłączalne. Wybierając konkretny moduł wyświetlacza dostępny w handlu, należy zakupić wersję wyposażoną w następujące sygnały sterujące: CLK (sygnał zegarowy magistrali SPI), MOSI (wejście danych magistrali SPI), CS (wejście wyboru sterownika SSD1306) oraz DC (wejście decydujące o charakterze wysyłanych danych: 1→ dane pamięci obrazu, 0→ rozkaz sterujący). Nie mniej ważne jest rozmieszczenie sygnałów zasilających, jako że moduły dostępne w handlu mają często zamienione miejscami sygnały zasilania (VCC) i masy (GND). Widok zmontowanego odbiornika od strony warstwy TOP z przylutowanym wyświetlaczem OLED pokazano na fotografii tytułowej.



Rysunek 5. Schemat płytki PCB modułu nadrzędnego

Rysunek 6. Graficzny interfejs użytkownika modułu nadrzędnego

Obsługa systemu

Kilka słów uwagi należy się obsłudze systemu. Jeśli chodzi o węzły pomiarowe, to ich obsługa ogranicza się w zasadzie do nadania adresu sprzętowego, o czym napisano już wcześniej. Z kolei w przypadku układu nadrzędnego jedyną czynnością, jaką należy wykonać, jest wyłącznie podłączenie źródła napięcia zasilania. Po wykonaniu tej czynności układ nadrzędny zaczyna oczekiwać na dane przesyłane z węzłów pomiarowych. Do czasu, gdy żaden węzeł pomiarowy nie przesłał danych, stosowna informacja pojawia się na wyświetlaczu w postaci napisu „No sensors!". W chwili, gdy co najmniej jeden węzeł pomiarowy przesłał oczekiwane dane, zostaną one wyświetlone w ramach graficznego interfejsu użytkownika, który pokazano na **rysunku 6**. Jak widać, pokazywana jest temperatura ze znakiem (rozdzielczość 0,5°C), numer sprzętowy węzła pomiarowego (0…7), stan baterii zasilającej (graficznie – 10 poziomów) oraz tendencja zmian temperatury (strzałka symbolizująca, czy temperatura spada, czy też rośnie). Wskazania prezentowane są cyklicznie dla każdego aktywnego węzła przez 2 sekundy.

W przypadku, gdy węzeł pomiarowy przestanie wysyłać dane przez okres co najmniej 192 s (3 cykle pomiarowe), zostanie on automatycznie usunięty z listy aktywnych węzłów pomiarowych. Każdemu odbiorowi danych nadesłanych przez węzeł pomiarowy towarzyszy transmisja danych przez interfejs USART. Wysyłane są 3 bajty danych:

- adres węzła pomiarowego (0…7),
- temperatura (ze znakiem) węzła pomiarowego (–60...10, przy czym jednostką jest 0,5°C),
- napięcie baterii zasilającej węzła pomiarowego (0…10).

Robert Wołgajew, EP

[1] https://bit.ly/3Ol42zY

www.ep.com.pl/EPwtoku

AVT sklep

Podstawowe parametry:

- przeznaczony do programowania układów FPGA firmy Lattice,
- zbudowany na bazie układu FT232H,
- komunikacja z komputerem poprzez USB,
- połączenie z układem docelowym poprzez standardowe, 10-pinowe złącze JTAG.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

–––	AVR w łańcuchu JTAG (EP 2/2019)
AVT5322	AVR JTAG-ICE – interfejs debuggera dla mikrokontrolerów AVR (EP 11/2011)
AVT5153	Uniwersalny programator JTAG/ISP (EP 10/2008)
AVT921	Flash z ISP – JTAG (EP 3/2006)
AVT581	Interfejs JTAG do procesorów AVR (EP 6/2004)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

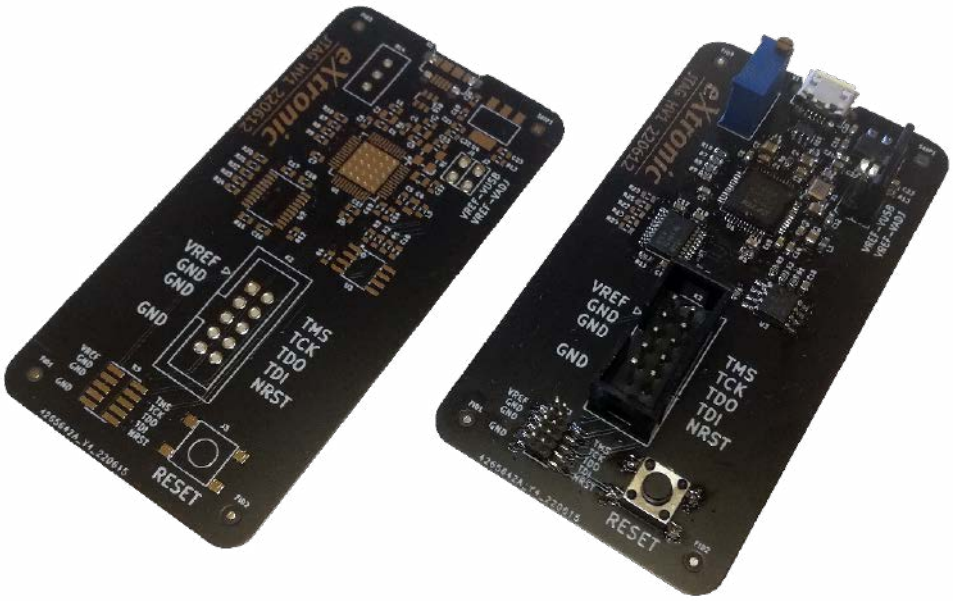
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Niedrogi programator JTAG do układów FPGA

Ceny profesjonalnych programatorów z interfejsem JTAG sięgają setek, a nawet tysięcy złotych. To może być przeszkodą w stosowaniu układów wymagających takich narzędzi. Programator zaprezentowany w artykule powstał po to, aby prostym i tanim sposobem programować układy FPGA firmy Lattice, ale może się sprawdzić także z innymi układami z interfejsem JTAG.



Głównym elementem programatora jest układ FT232H produkowany przez firmę FTDI. Trzeba podkreślić, że FT232H i popularny FT232RL to zupełnie różne układy. Układ FT232H umożliwia konwersję danych przesyłanych poprzez USB na bardzo różne interfejsy cyfrowe, takie jak UART, I²C, SPI i wiele innych, a nas oczywiście interesuje możliwość użycia interfejsu JTAG. Układ scalony jest gotowym black-boxem, który wystarczy podłączyć i od razu działa bez konieczności programowania ani konfigurowania w jakikolwiek sposób.

Na rynku dostępne są trzy wersje układów, które mogą pracować jako JTAG:

- FT232Hx – najprostszy i najtańszy, wyposażony w jeden konwerter,
- FT2232Hx – dwa konwertery w jednym układzie ze wspólnym USB. W systemie prezentuje się jako dwa niezależne urządzenia, które mogą pracować w tym samym czasie niezależnie od siebie. Na przykład jeden z nich może funkcjonować jako przejściówka USB-UART, a drugi może pracować jako JTAG,
- FT4232Hx – cztery konwertery w jednym układzie ze wspólnym USB.

W miejsce znaku x znajduje się litera określająca obudowę układu. Q oznacza obudowę QFN, a L oznacza obudowę LQFP. Płytka programatora została zaprojektowana w taki sposób, aby dało się przylutować układ zarówno w obudowie QFN, jak i LQFP.

Budowa i działanie

Schemat programatora został pokazany na **rysunku 1**. Jest w dużej mierze kopią aplikacji umieszczonej w dokumentacji układu FT232H. Drobną modyfikacją jest dodanie matrycy diod zabezpieczających przed przepięciami – układu scalonego typu USBLC6-2. W razie braku dostępności tego elementu można wlutować zworki w jego miejsce.

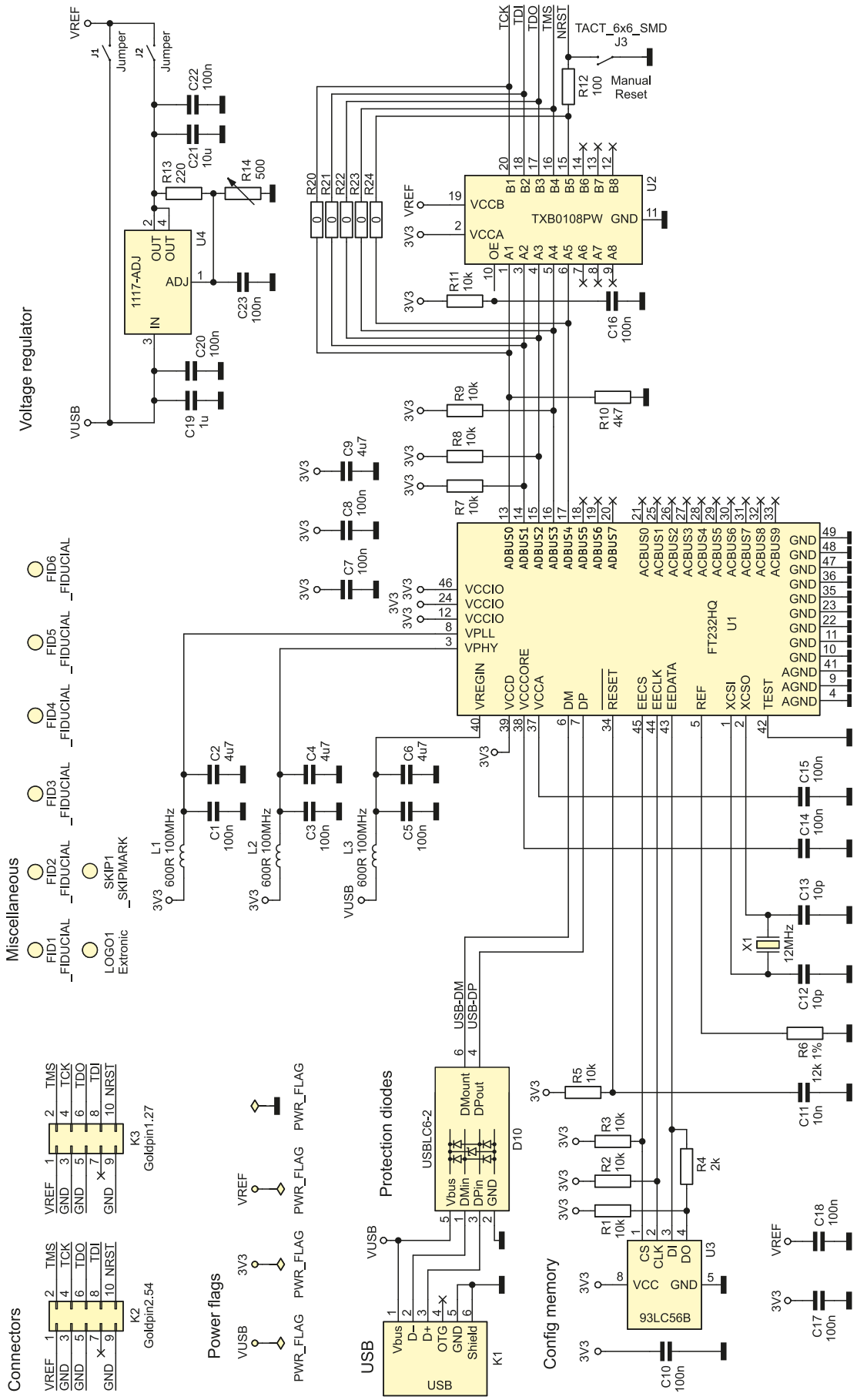
Pamięć typu 93LC56B służy do przechowywania konfiguracji układu FT232H. Do zmiany konfiguracji należy wykorzystać program FT_PROG, który można pobrać ze strony producenta pod adresem https://ftdichip.com/utilities/ – jedną z ciekawszych rzeczy jest możliwość ustawienia nazwy dla naszego urządzenia, która będzie wyświetlana przez Windows w Menedżerze Urządzeń. Inne ustawienia wymagają specjalistycznej wiedzy na temat funkcjonowania USB – zmiana PID, VID czy modyfikacja sterowników może spowodować, że układ FT232H przestanie działać i nie będzie można go już przeprogramować (wtedy trzeba wylutować układ pamięci i wlutować pustą).

Translator napięć

Programator został wyposażony w blok translacji napięć dla sygnałów JTAG. We współczesnej elektronice obserwujemy tendencję do obniżania wartości napięcia zasilania układów cyfrowych. Standard 5 V jest już rzadko stosowany, ale warto, żeby programator umożliwiał współpracę z układami w tym starszym standardzie. Napięcie 3,3 V obecnie wydaje się standardem dla większości układów scalonych, ale coraz częściej spotykamy układy pracujące przy napięciu 2,5 V, 1, 8 V, 1,2 V czy nawet jeszcze niższym. Aby umożliwić komunikację pomiędzy programatorem a układami scalonymi pracującymi przy różnych napięciach, zastosowano translator napięć typu TXB0108PW – umożliwia on podłączenie sygnałów o napięciu od 1,65 V do 5,5 V. W razie braku dostępności tego układu można go pominąć i wlutować rezystory-zworki (0 Ω) w miejsca R20, R21, R22, R23 i R24. W takiej sytuacji programator będzie działał tylko z układami, pracującymi przy napięciu 3,3 V. Kiedy układ TXB0108PW jest zamontowany, tych rezystorów oczywiście nie należy lutować.

Blok zasilania

Przydatną cechą programatora jest możliwość zasilania programowanego układu. W tym celu zastosowano regulowany stabilizator napięcia LM1117-ADJ. Aby z niego skorzystać, należy wetknąć zworkę w miejsce J2 i ustawić żądane napięcie potencjometrem R14. Możliwe jest ustawienie napięcia w zakresie od 1,25 V do 3,8 V. Jeżeli chcemy zasilać



Rysunek 1. Schemat programatora

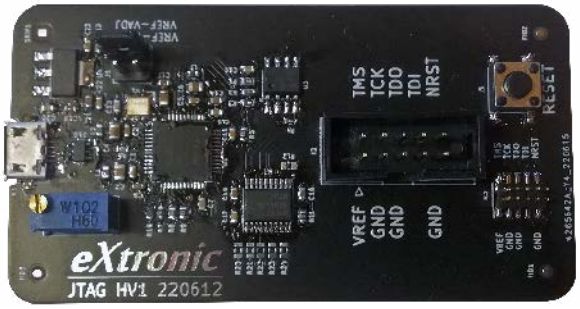
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Półprzewodniki:
D10: USBLC6-2
U1: FT232Hx (QFP lub LQFP)
U2: TXB0108PW (TSSOP20)
U3: 93LC56B (SO8)
U4: LM1117-ADJ

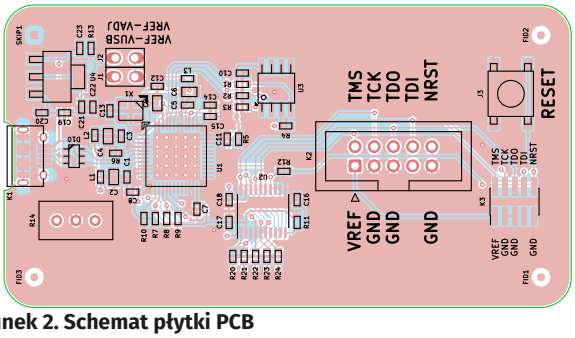
Rezystory: (SMD0603)
R1...R3, R5, R7...R9, R11: 10 kΩ
R4: 2 kΩ
R6: 12 kΩ, 1%
R10: 4,7 kΩ
R12: 100 Ω
R13: 220 Ω
R14: 500 Ω potencjometr precyzyjny
R20...R24: 0 Ω (uwagi w tekście)

Kondensatory: (SMD0603)
C1, C3, C5, C7, C8, C10, C14...C18, C20, C22, C23: 100 nF
C2, C4, C6, C9: 4,7 µF
C11: 10 nF
C12, C13: 10 pF
C19: 1 µF
C21: 10 µF

Pozostałe:
K1: złącze mikro USB
K2: złącze IDC10
K3: goldpin 2×5, 1,27 mm SMD
X1: 12 MHz
L1, L2, L3: koralik ferrytowy 600 Ω@100 MHz (SMD0603)
J1, J2: goldpin 1×2 + jumper
J3: mikroswitch SMD



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego programatora



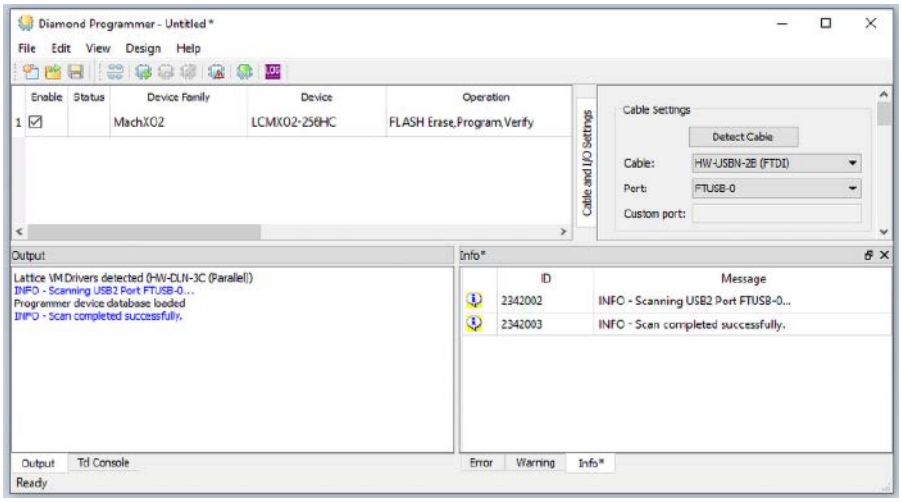
Rysunek 2. Schemat płytki PCB

układ napięciem 5 V, wówczas zworkę należy założyć na pozycję J1 i wtedy programowany układ będzie zasilany prosto z USB. Jeżeli nie chcemy dostarczać zasilania do programowanego układu, to nie należy zakładać zworki.

Montaż i uruchomienie

Schemat płytki PCB został pokazany na **rysunku 2**. Montaż programatora należy wykonać zgodnie z ogólnymi zasadami dotyczącymi montażu elementów SMD. Po zmontowaniu programator należy podłączyć do portu USB. System Windows sam zainstaluje właściwy sterownik do obsługi FT232H. Opcjonalnie można uruchomić aplikację FT_PROG, przetestować układ i zmieniać różne ustawienia według własnego uznania, ale można ten proces pominąć.

Programowany układ należy podłączyć za pomocą przewodu taśmowego ze złączami IDC. Na płytce umieszczono dwa złącza goldpin 2×5 – jedno z rastrem 2,54 mm, a drugie z rastrem 1,27 mm. Pinout obu złączy jest identyczny i zgodny z powszechnie stosowanym standardem konektora JTAG. Dla porządku nazwy poszczególnych sygnałów umieszczono na płytce obok konektorów.



Rysunek 3. Aplikacja Diamond Programmer współpracująca z programatorem na bazie układu FT232HL

Programator testowano z oprogramowaniem Lattice Diamond. Po uruchomieniu aplikacji Diamond Programmer nasz programator wykrywany jest automatycznie jako HW-USBN-2B (FTDI). Automatycznie są wykrywane także wszystkie układy scalone podłączone do interfejsu JTAG – na **rysunku 3** widzimy, że aplikacja rozpoznała układ FPGA MachXO2.

Niewątpliwą zaletą zaprezentowanego rozwiązania jest sumaryczny koszt wszystkich elementów programatora – wynosi około 50 zł.

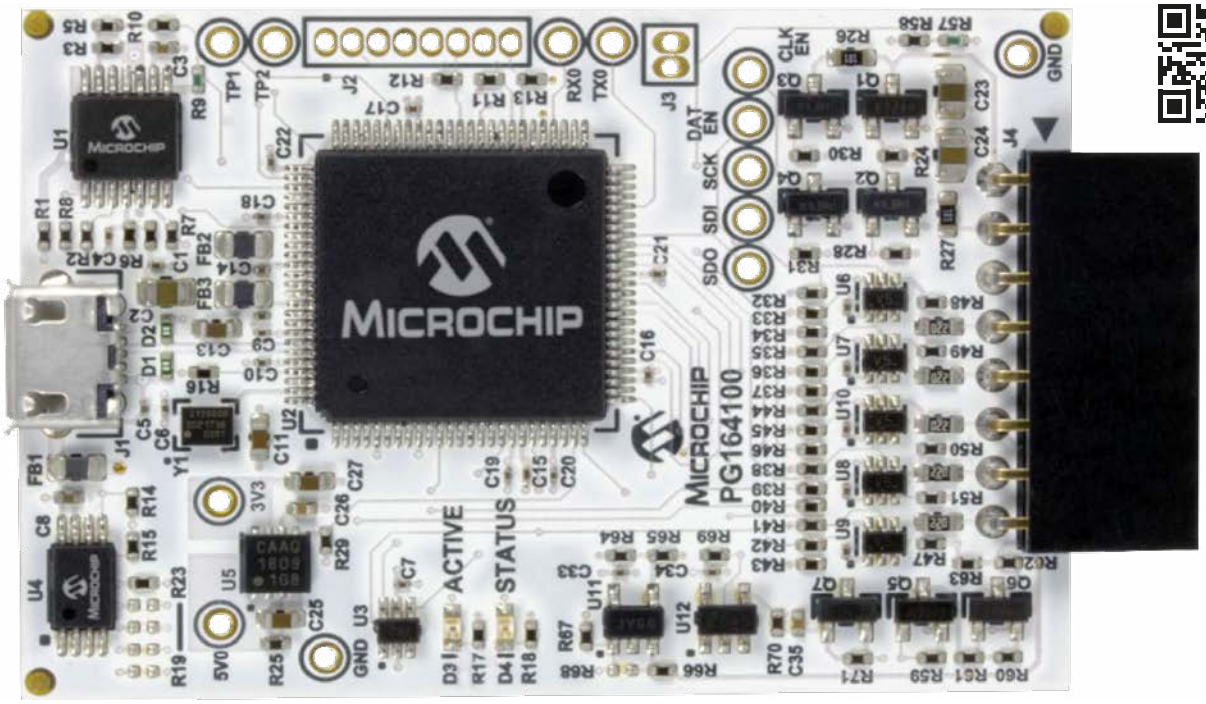
Dominik Bieczyński
leonow32@gmail.com

REKLAMA

Sięgnij po archiwalne wydania
ELEKTRONIKI PRAKTYCZNEJ

Przesyłka GRATIS

Zamów wygodnie na **www.UlubionyKiosk.pl**



Wygraj debugger MPLAB Snap In-Circuit Debugger od Microchipa

Programator/debugger MPLAB Snap In-Circuit umożliwia szybkie i łatwe debugowanie i programowanie mikrokontrolerów z rodzin PIC, dsPIC, AVR i SAM, przy użyciu graficznego interfejsu użytkownika zintegrowanego środowiska programistycznego MPLAB X (w wersji 5.05 lub nowszej). Gotowy do użycia programator można teraz za darmo otrzymać od Microchipa.

Zintegrowane środowisko programistyczne MPLAB X to rozszerzalne, wysoce konfigurowalne oprogramowanie, które zawiera potężne narzędzia pomagające odkrywać, tworzyć, konfigurować i debugować projekty dla większości mikrokontrolerów i kontrolerów sygnałów cyfrowych firmy Microchip.

Współpracuje ono z programatorem/debuggerem MPLAB Snap, który można podłączyć do komputera za pomocą interfejsu High-Speed USB 2.0. Z docelowym układem programator łączy się poprzez 8-stykowe złącze jednorzędowe. Złącze zawiera dwie linie we/wy realizujące komunikację szeregową i linię resetowania, dzięki której może rozpocząć debugowanie i programowanie w obwodzie docelowym (ICSP). Takie rozwiązanie ma wystarczającą szybkość i funkcje, aby w podstawowym zakresie debugować dowolny prototyp.

MPLAB Snap został zbudowany na bazie potężnego 32-bitowego mikrokontrolera SAME70 taktowanego zegarem 300 MHz, który niezwykle sprawnie realizuje funkcje debugowania i programowania. Jest kompatybilny z układami zasilanymi w szerokim zakresie napięcia: od 1,2 do 5,5 V. Obsługuje zaawansowane interfejsy, takie jak 4-przewodowy JTAG oraz Serial Wire Debug (SWD) ze strumieniowaniem danych, a jednocześnie jest wstecznie kompatybilny z płytami demonstracyjnymi i innymi systemami z 2-przewodowym interfejsem JTAG i ICSP. Lista obsługiwanych interfejsów jest następująca: ICSP, MIPS EJTAG 2wire, MIPS EJTAG 4wire, ARM SWD, AVR32 JTAG 4wire, PDI, UPDI, TPI, ISP Programing, DEBUGWIRE, AWIRE.

Aby mieć szansę na wygranie MPLAB Snap In-Circuit Debugger lub aby otrzymać kupon rabatowy 15% i bezpłatną wysyłkę, należy wypełnić formularz zgłoszeniowy na stronie: https://bit.ly/3Cj304w.

Szczegółowe informacje na temat debuggera można znaleźć na: https://www.microchip.com/en-us/development-tool/PG164100.

Podstawowe parametry:

- kontroler umożliwia automatyczne przekierowanie nadmiarowej energii z instalacji PV do akumulatora,
- kontroluje stan akumulatora i nie dopuszcza do przeładowania,
- jest zoptymalizowany do utrzymania jak najdłuższej żywotności akumulatora.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Harvester do generatora termoelektrycznego (EP 2/2021)
----	Mikromocowy harvester solarny dla IoT (EP 9/2020)
AVT1994	Uniwersalna ładowarka słoneczna (EP 8/2018)
----	Słoneczna ładowarka akumulatorów żelowych 12 V (EP 5/2018)
AVT5621	Sterownik różnicowy kolektora słonecznego (EP 3/2018)
AVT5598	Solarna ładowarka akumulatora 12 V (EP 8/2017)
AVT1956	S6AE101 – harvester solarny (EP 7/2017)
AVT1904	Ładowarka akumulatora Li-Po zasilana energią słoneczną (EP 3/2016)
AVT1892	Słoneczna ładowarka akumulatorów Li-Po (EP 12/2015)
AVT5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT1846	EH_ADP5090 – inteligentna przetwornica do energy harvesting (EP 2/2015)
AVT2944	Bateria słoneczna (EdW 7/2010)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

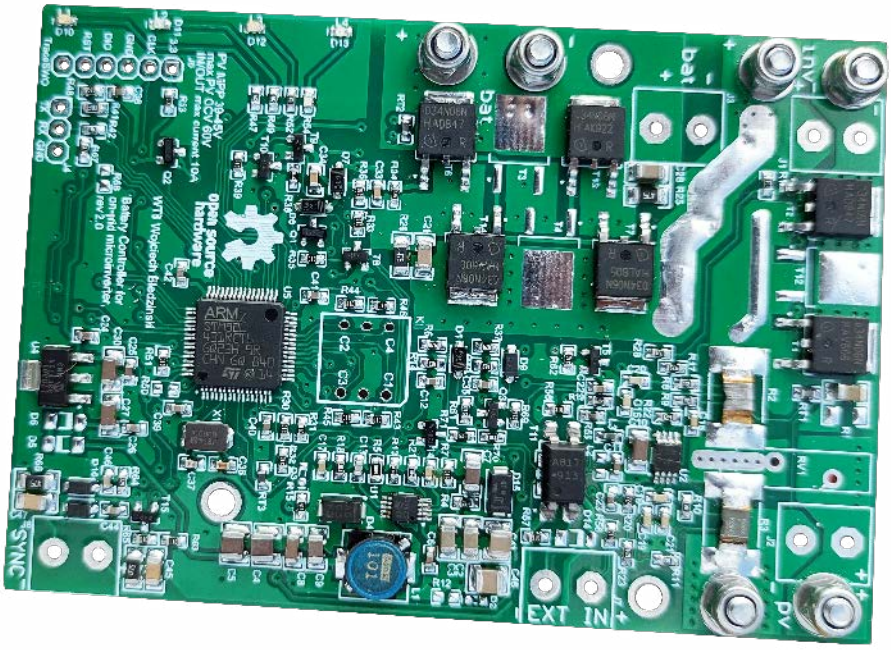
Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Bank energii z hulajnogi elektrycznej (1)

czyli jak hulajnogi elektryczne ratują instalację fotowoltaiczną

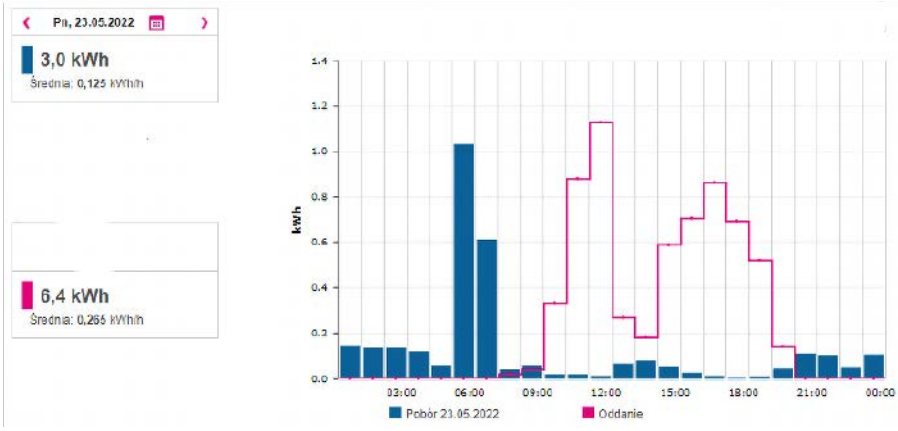
Kilka ostatnich lat przyniosło boom na instalacje fotowoltaiczne. Nie chcę wnikać w politykę gospodarczo-energetyczną, która jak się wydaje, zbyt gwałtownie zredukowała rozwój fotowoltaiki, wprowadzając w tym roku „net billing". Sam jestem w gronie „szczęśliwców", którzy się skusili na „własny prąd" jeszcze na starych zasadach, jak to się mówi „rzutem na taśmę". Zamontowałem i zgłosiłem niewielką instalację tuż przed zmianą zasad rozliczania energii na „net billing". Tu jednak cała radość ulega mocnemu ograniczeniu: zaczynają się schody. Falowniki w środku dnia zwyczajnie się wyłączają, bo napięcie w sieci osiąga lub nawet przekracza przewidziany normami poziom. Jest to problem, który dotyczy obecnie ponad połowy domowych instalacji PV. Jest słońce, prąd też jest, co z siecią energetyczną?



Obecne zagęszczenie przydomowych instalacji PV powoduje nadmierne wzrosty napięcia w sieci niskiego napięcia w bezchmurne, słoneczne dni. Pod tym względem najgorsze są niedziele, bo odbiorów jest mniej niż w dni robocze. Zgodnie z normami (i logiką) inwertery mają obowiązek przestać oddawać prąd do sieci, jeżeli napięcie wzrasta powyżej określonego poziomu. Poziom napięcia, przy którym inwerter ma się wyłączyć, zależy od parametrów sieci energetycznej, a te różnią się w zależności od kraju. Biorąc pod uwagę tylko samą Europę, gdzie teoretycznie występuje powszechnie identyczne napięcie i częstotliwość sieci energetycznych, to parametry sieci dla odbiorców końcowych są jednak różne. I tak napięcie znamionowe ma wszędzie 231 V, 50 Hz, ale dopuszczalne odchylenia są już różne. W naszych polskich sieciach NN maksymalne dopuszczalne napięcie to 231 V +10%, czyli ok. 254 V. Co sprytniejsi użytkownicy instalacji PV samodzielnie zmieniają ustawienia falowników na inne kraje gdzie dopuszczalne odchylenia są większe, ale zakłady energetyczne się upominają o zmianę na polskie ustawienia – liczniki inteligentne mierzą napięcie na bieżąco, to tylko kwestia czasu, aby ktoś się upomniał. Zakłady energetyczne grożą nie tylko karą finansową, ale całkowitą zmianą umowy z „prosumenckiej" na „zwyczajną", czyli użytkownik, jeśli odda coś do sieci, to całkowicie za darmo.

Jak sprawa wygląda w liczbach

Najprościej jest dla mnie opisać własny przypadek, gdyż mam szczegółową statystykę. I tak, moja instalacja to 5 paneli PV po 450 W każdy, skierowane na południo-południo-zachód. Nachylenie dachu ok. 45°. Do tego 3 mikroinwertery, każdy ma dwa



Rysunek 1. Wykres pokazujący przerwy w oddawaniu energii do sieci, które występują w momencie największego nasłonecznienia

wejścia po 440 W. Każdy z mikroinwerterów ma maksymalną moc sumaryczną 880 W. Ze względu na stosunkowo małą moc instalacji wszystkie są podpięte do tej samej fazy.

Co ciekawe, statystyka pracy inwerterów jest bardzo niejednolita: każda z przetwornic ma inną liczbę wyłączeń w ciągu słonecznego dnia (w dni pochmurne wyłączeń nie ma, sieć ma wystarczająco niskie napięcie i energia jest produkowana bez przerw). W stosunkowo słoneczny dzień inwerter #1 ma sumarycznie 2,5 h przerwy w pracy, #2 ma 0,5 h przerwy w pracy, #3 ok. 2 h przerwy. Przerwy w oddawaniu energii do sieci występują oczywiście w momencie największego nasłonecznienia, gdy produkcja byłaby największa…. Wykres z **rysunku 1** pokazuje to, co widać z punktu widzenia zakładu energetycznego – w środku dnia powinien być szczyt produkcji, a nie dołek…

Trochę o mikroinwerterach

Klasyczną sieć PV łączy się z tzw. *stringi*, aby uzyskać wysokie napięcie DC 350...500 V, które stosunkowo łatwo można przetworzyć na napięcie AC. Falownikami dominującymi w tym segmencie są wersje beztransformatorowe. Są one optymalne, biorąc pod uwagę koszt i możliwą do uzyskania moc. Wadą wersji *stringowych* jest konieczność zasilania takiego falownika napięciem DC powyżej szczytu sinusoidy w sieci energetycznej. Dla dużych instalacji nie ma problemu, napięcie wejściowe reguluje się, łącząc szeregowo odpowiednią liczbę paneli fotowoltaicznych. Pojedynczy panel PV ma typowo napięcie pracy DC 30...50 V i prąd 8...12 A w zależności od modelu i mocy znamionowej.

Dla małych instalacji (ja jestem przykładem) postępuje się inaczej. Mam 5 paneli (tylko tyle miejsca na dachu), które połączone w szereg dałyby tylko ok. 200 VDC. To za mało do poprawnej pracy klasycznego falownika. Dlatego zastosowałem mikroinwertery. Mikroinwerter to zwyczajnie falownik małej mocy, typowy ma moc do 1 kW. Cechą szczególną tego typu przetwornic solarnych jest sposób łączenia z panelami fotowoltaicznymi – każdy ma wejście na jeden panel PV. Są wersje wielowejściowe, ale to nieistotne, zasada jest ta sama: taki falownik przetwarza bezpośrednio niskie napięcie DC 30...50 V na odpowiednio wyższe napięcie DC i konwertuje do 230 VAC.

Na scenę wjeżdża hulajnoga

Może nie tyle hulajnoga, co bateria hulajnogi elektrycznej. Typowa hulajnoga elektryczna ma baterię litowo-jonową w topologii 10 S i znamionowym napięciu 36 V, gdzie zakres napięcia pracy wynosi od 30 V do 42 V. Zakres ten pokrywa się z zakresem napięć roboczych mikroinwerterów oraz paneli fotowoltaicznych – moje panele mają napięcie ok. 41 V w punkcie mocy maksymalnej. **A gdyby wykryć przerwy w pracy inwertera i ładować w tym czasie hulajnogę?**

Panele fotowoltaiczne pracują zasadniczo jako źródło prądowe, gdzie natężenie prądu zależne jest głównie od ilości promieniowania słonecznego, natomiast napięcie produkowane zależne jest od temperatury oraz budowy (konfiguracji) wewnętrznej. W takim przypadku ewentualna różnica napięć pomiędzy baterią hulajnogi oraz panelem PV nie stanowi problemu – panel i tak nie wyprodukuje prądu większego niż znamionowy. Natomiast gdyby zostawić baterię podłączoną na wystarczająco długi czas do panelu, to łatwo można ją przeładować. Cały proces należy więc kontrolować.

Zasada działania kontrolera – monitorujemy pracę inwertera, ładując baterię w przerwach

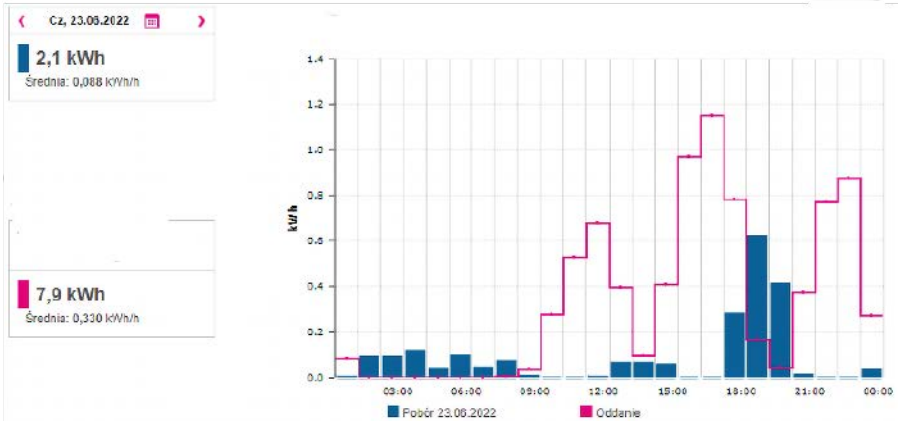
Podstawowym zadaniem kontrolera jest pomiar prądu, jaki pobiera mikroinwerter. Jeśli prąd spadnie poniżej określonego poziomu, to od razu wiemy, że się wyłączył. Kontroler podłącza wówczas baterię równolegle do panelu PV. Cały czas monitorując prąd, kontroler czeka, aż inwerter wznowi pracę. Natychmiast po wznowieniu pracy przez inwerter bateria jest odłączana tak, aby nie zakłócała pracy falownika. W przypadku, gdy bateria jest już naładowana, kontroler zwyczajnie czeka na wznowienie pracy falownika, nie pozwalając na przeładowanie baterii. Co tym zyskujemy? Uzyskujemy ładowanie baterii energią, która i tak nie zostałaby w żaden sposób zagospodarowana.

Bateria naładowana, dzień się kończy, co teraz? Kontroler stale monitoruje pobór prądu przez inwerter oraz napięcie produkowane z baterii słonecznej. Spadek prądu/napięcia wejściowego poniżej określonego poziomu oznacza zmierzch. Wówczas kontroler wchodzi w drugi etap swojej dziennej pracy. Odmierza określony czas (od godziny do sześciu) po zapadnięciu zmroku i podłącza baterię (jeżeli jest wystarczająco naładowana) do inwertera. Inwerter z kolei, widząc napięcie na wejściu, zaczyna oddawać energię do sieci. W nocy nie ma problemu ze wzrostami napięcia w sieci energetycznej, więc cały proces odbywa się bez przeszkód do wyczerpania baterii. Wykres na **rysunku 2** pokazuje to, co widzi zakład energetyczny (na dzień poniższej statystyki miałem uruchomione trzy banki energii, podłączone do 3 z 5 paneli PV).

Dobór baterii, żywotność, bezpieczeństwo

Akumulator Li-Ion jest w całym tym systemie najdroższym elementem, dodatkowo podlegającym zużyciu. W celu wydłużenia żywotności zastosowałem kilka rozwiązań:

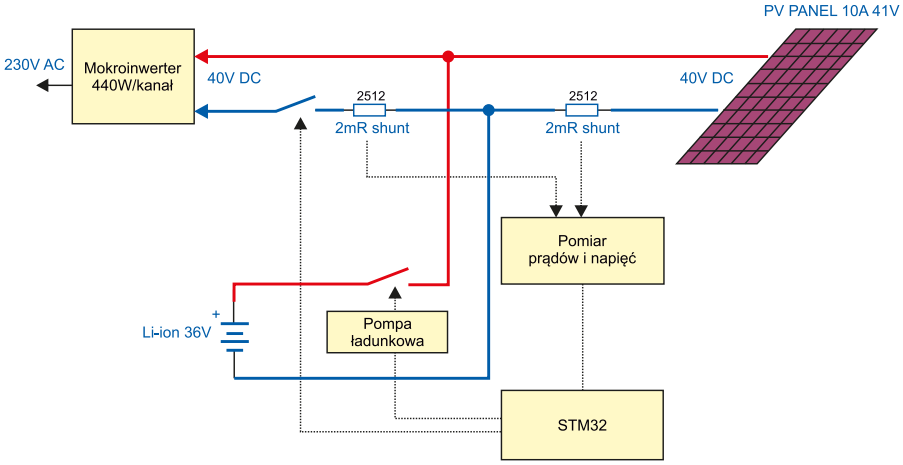
- ograniczenie prądu ładowania ogniwa. Na jeden panel PV 10 A podłączam



Rysunek 2. Wykres obrazujący kierunki przepływu energii w instalacji z zamontowanymi 3 bankami energii i kontrolerami

minimum 2 akumulatory równolegle. Daje to ładowanie na poziomie 0,5 C dla baterii 20 Ah. Im większą baterię podłączę, tym lepiej. Przy nowych ogniwach mogę użyć pojedynczej baterii, natomiast jeżeli bateria jest poskładana z ogniw używanych (o zwiększonej rezystancji wewnętrznej), radzę dobierać prąd ładowania poniżej 0,5 C;

- ograniczyłem zakres *Depth-of-Discharge* (DoD). Zakres pracy programowo ograniczony jest do zakresu od 30% do 75% fabrycznej pojemności. Takie rozwiązanie zwiększa żywotność akumulatora Li-Ion minimum 4-krotnie (licząc pełne cykle ładowania i rozładowania, dla cykli niepełnych, tzw. mikrocykli, żywotność będzie jeszcze większa);
- ograniczenie DoD jest też związane z brakiem kontroli natężenia prądu ładowania, powyżej 80% stanu naładowania prąd ładowania powinien być ograniczany dla większości ogniw Li-Ion. Ograniczając DoD, kontroler pozostaje mocno uproszczoną konstrukcją – nie trzeba kontrolować prądu ładowania;
- ograniczony DoD zwiększa również bezpieczeństwo użytkowania ogniw i pakietów litowo-jonowych/litowo-polimerowych używanych czy pochodzących z demontażu. Jeżeli ogniwo doznaje zwarcia wewnętrznego (z jakiegokolwiek powodu), to przy naładowaniu powyżej 80% pojawienie się ognia jest bardzo prawdopodobne. Do poziomu 80% naładowania zazwyczaj usterka wewnętrzna ogniwa ogranicza się do wydzielania ciepła;
- można zastosować inny typ ogniw, kwasowo-ołowiowe lub litowo-żelazowe, wystarczy zmienić zakresy napięć pracy baterii w oprogramowaniu;
- baterię i kontroler zamontowałem w metalowej rozdzielnicy – w razie uszkodzenia pakietu ogniw Li-Ion ogranicza to możliwość wyrządzenia szkód otoczeniu;
- bateria 10 S 36 V jest typową dla e-hulajnóg czy rowerów elektrycznych, taką miałem i dlatego takiej użyłem. Inwerter natomiast ma większą sprawność, gdybym użył baterii Li-Ion 13 S 48 V – i taką konfigurację rekomenduję;
- prezentowany kontroler wymaga baterii o wspólnym porcie ładowania i rozładowania, należy to mieć na uwadze, dobierając układ nadzoru baterii BMS – jeżeli baterię składamy sami. Ja musiałem zdemontować oryginalny BMS baterii i zainstalować taki, który pozwala na ładowanie i rozładowanie prądem min. 15 A;
- kontroler pilnuje, aby napięcie baterii nie wykraczało poza zaprogramowany zakres. Dla bezpieczeństwa bateria powinna jednak mieć dopasowany układ BMS;
- aktualna wersja oprogramowania nie ogranicza ładowania baterii w mroźne dni. Ja rozwiązuję problem przewymiarowaniem akumulatora, uzyskując niskie C ładowania na pojedyncze ogniwo. Dla małych akumulatorów Li-Ion należy rozbudować oprogramowanie o blokadę ładowania dużymi prądami w mroźne dni.



Rysunek 3. Schemat blokowy z kontrolerami

Co na to inwerter

Podczas gdy testowałem mój model inwertera, okazało się, że poniżej 38 V napięcia wejściowego moc oddawana zmniejsza się wraz z napięciem, by przy napięciu 32 V generować ledwie kilkanaście watów oddawanych do sieci energetycznej. Jest to związane z wbudowanym algorytmem śledzenia punktu mocy maksymalnej. Ta cecha zupełnie mi nie przeszkadza, powoduje natomiast, że energia jest oddawana do sieci w dłuższym czasie, niż wynika to z pojemności baterii i mocy maksymalnej falownika. Jest to nawet korzystne – zwiększa możliwość konsumpcji własnej wyprodukowanej energii elektrycznej. Jednak należy to uwzględnić w obliczeniach, gdyż oddawanie nagromadzonej energii będzie trwało dłużej, niż wynika to z prostych obliczeń. Przykładowo dla baterii 500 Wh falownik 500 W będzie rozładowywał baterię ok. 2,5 godziny. Jeśli komuś taka cecha przeszkadza, należy dobrać akumulator o napięciu pracy wyższym od punktu mocy maksymalnej inwertera – wówczas inwerter zawsze będzie rozładowywał akumulator z maksymalną mocą.

Jeśli bateria jest naprawdę dobrze naładowana, powiedzmy >40 V, to algorytm MPPT inwertera, pracując z baterią akumulatorów, ma tendencję do przekraczania mocy znamionowej samego falownika. Nieznacznie, bo ledwie kilkanaście watów, ale sporadycznie powoduje to przegrzewanie się falownika, jeśli pracując z baterii, taki stan trwa trochę dłużej. W oprogramowanie kontrolera wbudowałem więc dwa progi zabezpieczeń: maksymalny prąd ciągły to 13 A, jeśli prąd przekracza 13 A, to kontroler rozłączy inwerter po 45 sekundach, i następnie po chwili znów wznowi pracę. Jeśli prąd przekroczy 16 A, inwerter jest odłączany bezzwłocznie.

Budowa i działanie kontrolera

Do poprawnego działania kontrolera konieczne są następujące dane pomiarowe:

- pomiar napięcia zasilającego z fotowoltaiki,
- pomiar napięcia baterii, pomiar prądu wejściowego z fotowoltaiki
- pobór prądu przez mikroinwerter.

Schemat blokowy układu, który realizuje te założenia, został pokazany na **rysunku 3**. Natomiast schemat ideowy kontrolera rozstał pokazany na **rysunkach 4**, **5**, **6**.

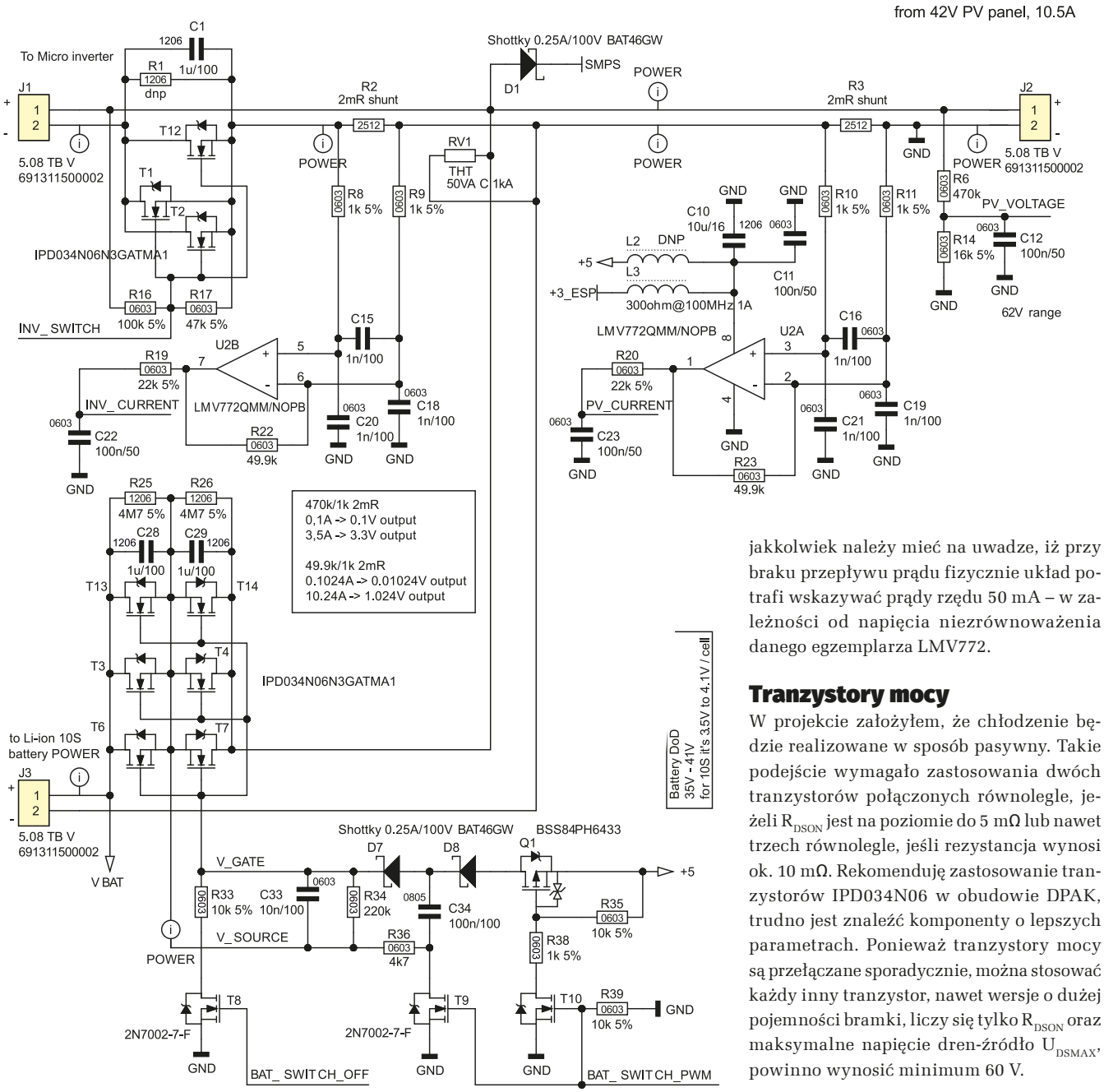
Jako zabezpieczenie tranzystorów MOSFET zastosowałem termistory NTC. Ponieważ bateria odłączana jest biegunem dodatnim, a zastosowane tranzystory są typu „N", konieczne było zastosowanie pompy ładunkowej.

Zasilanie mikroprocesora

Zastosowana przetwornica typu „buck" konwertuje napięcie baterii do użytecznego poziomu od 5 V do 10 V. Układ TPS57160 ma szeroki zakres napięć pracy, bo aż do 60 V. Wyjściowe napięcie przetwornicy musi znajdować się w zakresie od 5 do 10 V, gdyż służy do wysterowania tranzystorów mocy. Im wyższe napięcie, tym niższy R_{DSON}, dlatego zalecam napięcie 10 V. Z tego napięcia za pomocą stabilizatora liniowego jest również wytwarzane napięcie 3,3 V konieczne do zasilania mikrokontrolera. Pobór prądu przez miktrokontroler wynosi zaledwie kilka miliamperów, straty mocy są więc pomijalne.

Pompa ładunkowa Q1, T9, T10

Jest zbudowana z elementów dyskretnych przy użyciu wyjścia PWM mikrokontrolera. Aby wysterować tranzystory N-MOSFET T6 i T7, należy wygenerować napięcie o 5...10 V wyższe od napięcia +VBAT. W tym celu mikrokontroler generuje falę prostokątną o częstotliwości 4 kHz i wypełnieniu 50%, która zasila bramki tranzystorów T9 i T10 (rysunek 4). Tranzystor T10 włącza zasilanie 5 V do obwodu pompy ładunkowej. Tranzystor T9 kluczuje kondensator C34 – dla szczytu fali prostokątnej C34 jest ładowany z napięcia +5 V, dla dołu



Rysunek 4. Schemat ideowy kontrolera – stopień mocy i pomiaru prądu

fali prostokątnej C34, przez diodę D7 i rezystor R36 ładuje kondensator C33. Pompa bazuje na uproszczonej architekturze (brak tranzystora rozłączającego R36, gdy T9 jest włączony), której wadą jest strata ciepła (P=40 V^2/4,7 kΩ·50%=0,17 W) na rezystorze R36 w czasie przewodzenia T9. Przy mocach rzędu setek watów strata 0,17 W jest znikoma a zyskujemy prostszy schemat. Tranzystor T8 służy do szybkiego rozładowania napięcia bramki w celu przyspieszonego wyłączenia całej gałęzi tranzystorów.

Wzmacniacz pomiarowy w torze prądowym

Ze względu na prądy robocze rzędu 10...12 A zastosowałem rezystory pomiarowe o rezystancji 2 mΩ. Na uwagę zasługuje specjalny footprint rezystorów pomiarowych (**rysunek 7**) – niwelujący do minimum wpływ różnic montażowych rezystorów typu *shunt*. Taki montaż redukuje odchylenia montażowe do ok. 2%

Spadek napięcia na rezystorze pomiarowym dla prądu 10 A to 20 mV. Aby wykorzystać dostępny zakres dynamiczny wewnętrznego przetwornika ADC mikroprocesora, konieczne jest wzmocnienie sygnału. W układzie zastosowałem precyzyjny wzmacniacz LMV772 (rysunek 4) o niskim napięciu niezrównoważenia, a wzmocnienie sygnału ustawione jest na 120 (R8/R9 1 kΩ R22 120 kΩ). Zaletą rozwiązania jest prostota konstrukcji, wadą z kolei jest to, że napięcie niezrównoważenia wprost dodaje się lub odejmuje od sygnału pomiarowego. Powoduje to błędy odczytu prądu na poziomie kilkudziesięciu miliamperów. Do celów tego projektu jest to akceptowalne, jakkolwiek należy mieć na uwadze, iż przy braku przepływu prądu fizycznie układ potrafi wskazywać prądy rzędu 50 mA – w zależności od napięcia niezrównoważenia danego egzemplarza LMV772.

Tranzystory mocy

W projekcie założyłem, że chłodzenie będzie realizowane w sposób pasywny. Takie podejście wymagało zastosowania dwóch tranzystorów połączonych równolegle, jeżeli R_{DSON} jest na poziomie do 5 mΩ lub nawet trzech równolegle, jeśli rezystancja wynosi ok. 10 mΩ. Rekomenduję zastosowanie tranzystorów IPD034N06 w obudowie DPAK, trudno jest znaleźć komponenty o lepszych parametrach. Ponieważ tranzystory mocy są przełączane sporadycznie, można stosować każdy inny tranzystor, nawet wersje o dużej pojemności bramki, liczy się tylko R_{DSON} oraz maksymalne napięcie dren-źródło U_{DSMAX}, powinno wynosić minimum 60 V.

Obwód sygnalizacji zewnętrznej

Obwód ten służy do komunikacji pomiędzy współpracującymi bankami energii. Jest to bardzo proste rozwiązanie, a udostępniana informacja to „0” – brak fali prostokątnej lub „1” – fala prostokątna jest. Dla zachowania izolacji galwanicznej pomiędzy bankami zastosowałem separację kondensatorami 1 nF/2000 V. Pojemność 1 nF jest wystarczająca do przesłania fali prostokątnej 8 kHz. Działa to następująco: kontroler banku energii, który chce zresetować falownik, komunikuje ten fakt generując przebieg 8 kHz na pinie oznaczonym EXT_O. Tranzystor T15 kluczuje rezystorem R63, generując falę prostokątną. Sygnał fali prostokątnej jest przepuszczany przez kondensatory C45 i C47 na wyjście. Pozostałe urządzenia ten sygnał odbierają, diody D16 i D17 jak w klasycznym detektorze diodowym

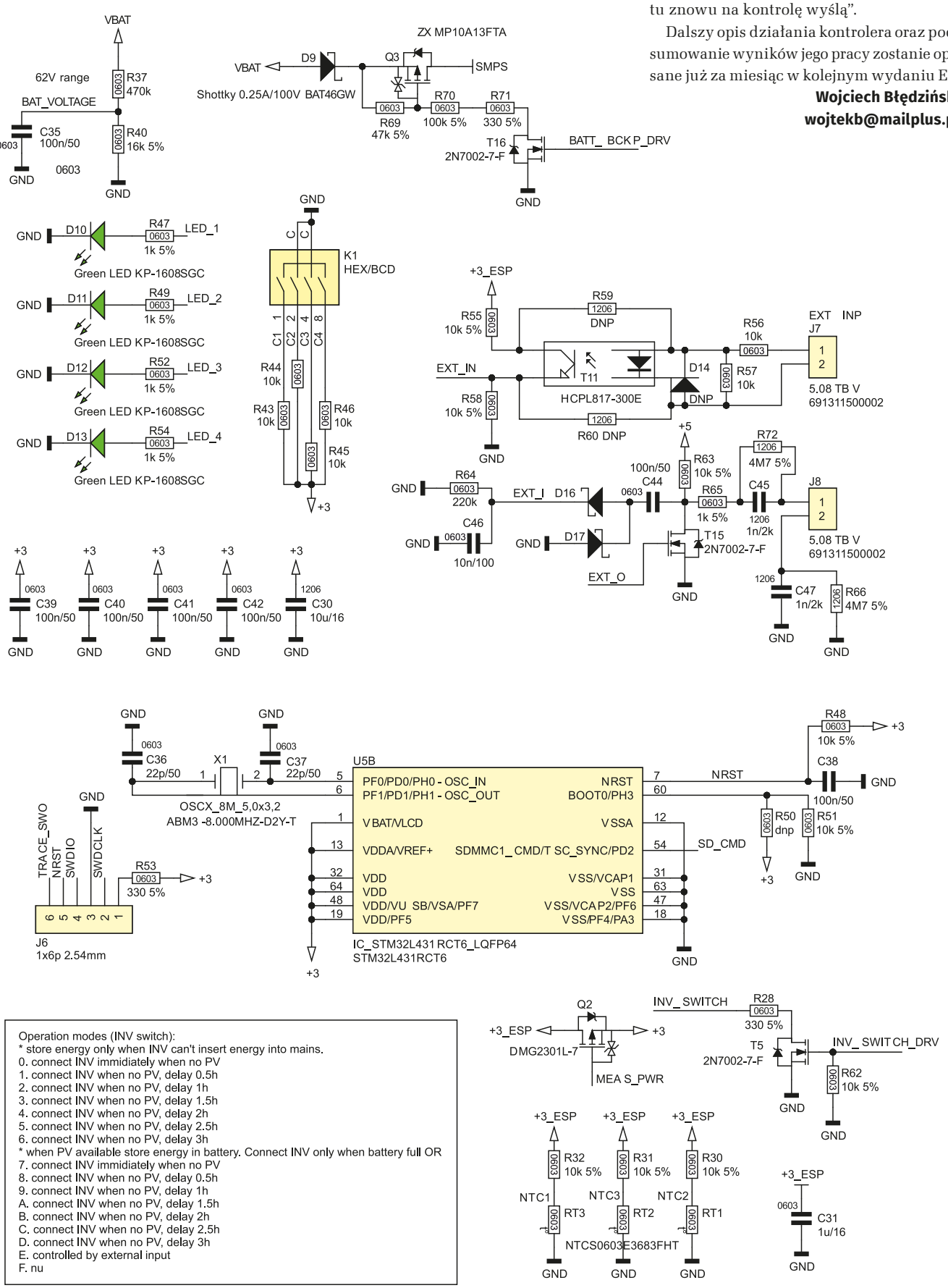
prostują przebieg AC. Wówczas na wejściu mikroprocesora EXT_I pojawia się logiczna „1”. Szczegóły działania tej funkcji w oprogramowaniu opisano w drugiej części artykułu z opisem oprogramowania.

Krótkie podsumowanie

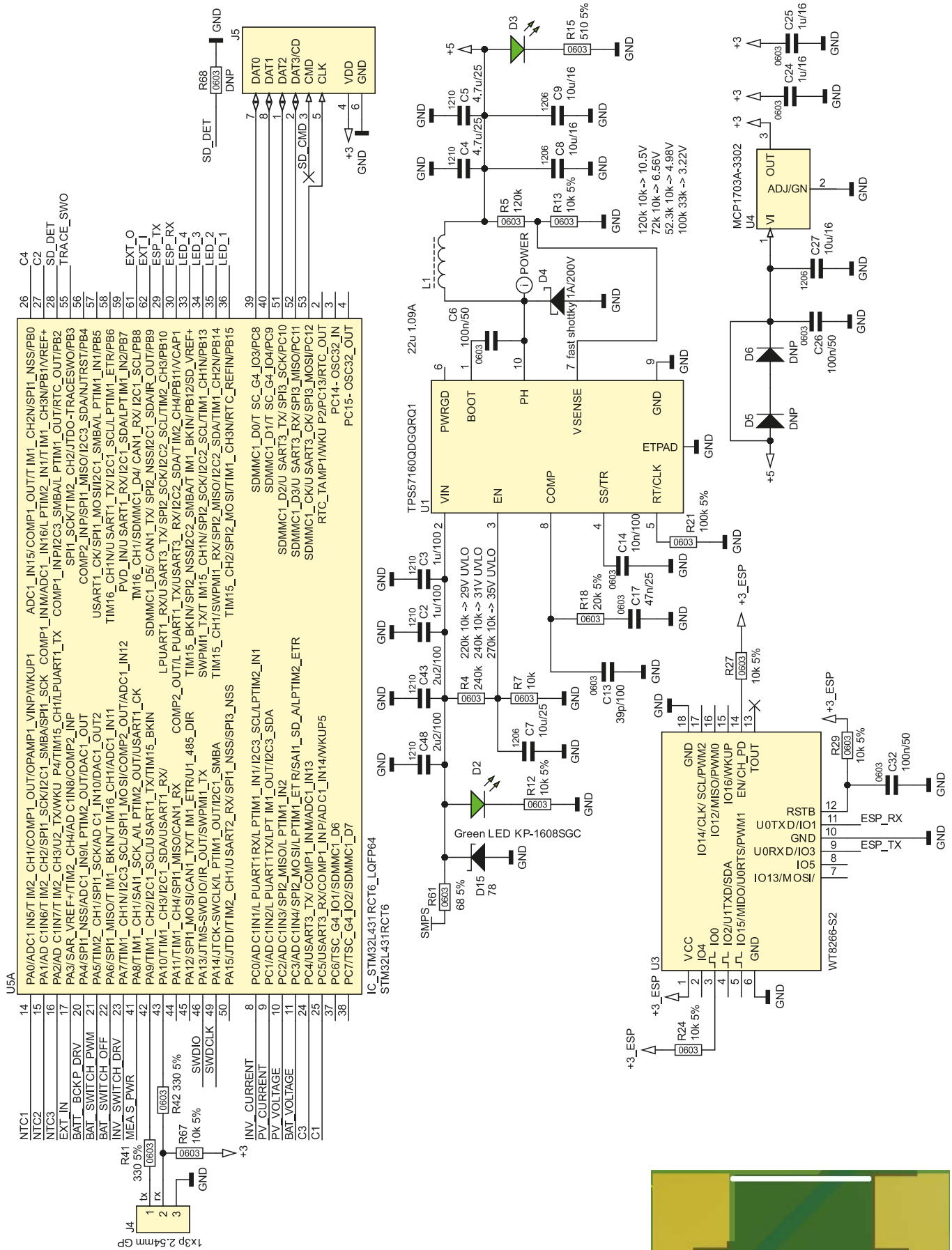
Na zakończenie pierwszej części artykułu krótko wspomnę, że zaledwie po trzech tygodniach testów pierwszych egzemplarzy pojawił się u mnie serwisant z zakładu energetycznego, aby skontrolować poprawność podłączenia licznika energii. „Wie pan, instalacje fotowoltaiczne nie oddają prądu w nocy”. Zalecenie, jakie otrzymałem, to: „pan zgłosi to jako bank energii, bo mnie tu znowu na kontrolę wyślą”.

Dalszy opis działania kontrolera oraz podsumowanie wyników jego pracy zostanie opisane już za miesiąc w kolejnym wydaniu EP.

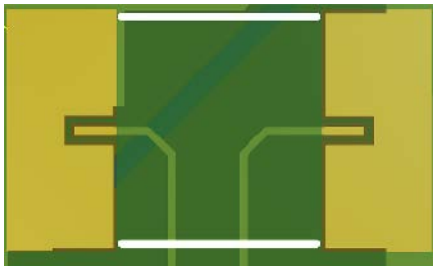
Wojciech Błędziński
wojtekb@mailplus.pl



Rysunek 5. Schemat ideowy kontrolera – blok sygnalizacji i konfiguracji



Rysunek 6. Schemat ideowy kontrolera – mikrokontroler sterujący i zasilanie mikrokontrolera



Rysunek 7. Footprint rezystorów pomiarowych

Odnośniki:

- Grid tie micro inverter powered by battery, https://bit.ly/3R5TgPd
- https://bit.ly/3KbPmSC
- https://bit.ly/3QZeUVL
- Fotowoltaika – zrób to sam – DIY, Facebook, https://bit.ly/3pKvXOY

Podstawowe parametry:

- bardzo niski spadek napięcia w kierunku przewodzenia – nie przekracza 25 mV (typowo 15 mV),
- może pracować poprawnie przy napięciach zasilania do 36 V,
- maksymalny ciągły prąd przewodzenia: 5 A, natomiast chwilowy do 7 A.

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

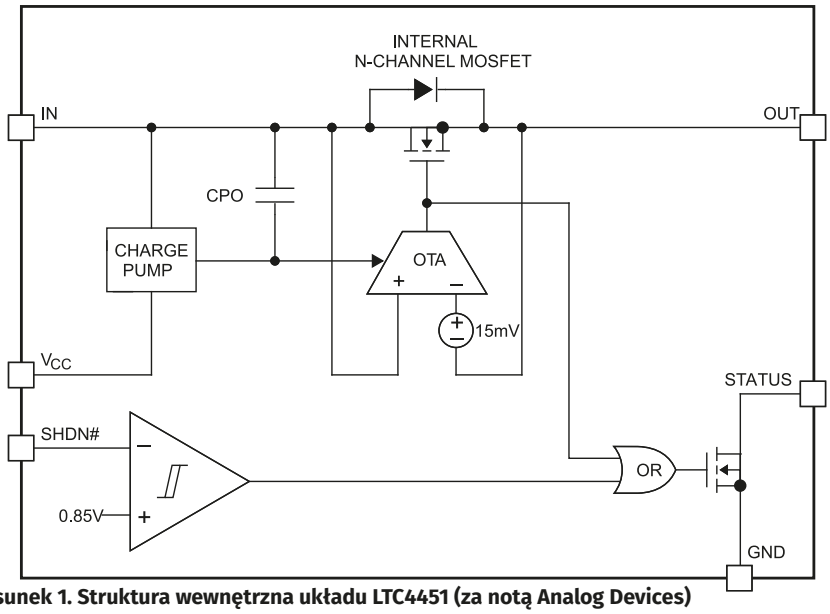
Moduł diody idealnej o prądzie 5 A

Zaprezentowany w artykule moduł diody idealnej może zastąpić klasyczne diody prostownicze lub diody Schottky'ego w aplikacjach, gdzie zależy nam na niewielkim spadku napięcia w kierunku przewodzenia oraz zabezpieczeniu obwodu przed przepływem wstecznym. Układ może być zastosowany w systemach redundancji zasilania, przy równoległym łączeniu ogniw, akumulatorów lub w niskonapięciowych instalacjach solarnych do równoległego łączenia paneli PV małej mocy.

Moduł bazuje na scalonym kontrolerze diody idealnej, układzie typu LTC4451 (Analog Devices), który spełnienia wszystkie wymogi stawiane opisanej aplikacji, przy jednoczesnym zachowaniu prostoty całej konstrukcji. Schemat wewnętrzny układu LTC4451 został pokazany na **rysunku 1**. Wbudowany tranzystor MOSFET ma bardzo niski spadek napięcia w kierunku przewodzenia, który nie przekracza 25 mV, co znacząco ogranicza straty mocy, w porównaniu z diodą Schottky'ego, nie wspominając o zwykłej diodzie prostowniczej.

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Składa się on z jednego układu U1 typu LTC4451, który odpowiada za detekcję obecności napięcia wejściowego oraz prawidłowe sterowanie wbudowanym kluczem MOSFET. Pełna integracja elementów wykonawczych upraszcza aplikację do kondensatorów odsprzęgających. Diody D1, D2 służą do zabezpieczenia układu przed skutkami odwrotnego podłączenia napięcia zasilania. Napięcia wejściowe z akumulatora, zasilacza lub panelu PV doprowadzone jest do złącza IN, skąd jest kluczowane na wyjście OUT. Diody TVS1, D3 dodatkowo zabezpieczają U1 przed skutkami przepięć na liniach zasilania. Kondensator CE1 jest magazynem energii niezbędnym do podtrzymania układu podczas przełączania kilku źródeł.



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna układu LTC4451 (za notą Analog Devices)

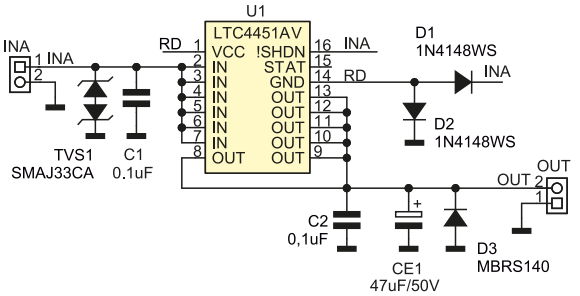
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Kondensatory:
C1, C2: 0,1 μF ceramiczny 50 V (SMD0805)
CE1: 47 μF/50 V elektrolityczny (8 mm)

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N4148WS dioda uniwersalna (SOD323F)
D3: MBRS140 dioda Schottky'ego (SMA_D)
U1: LTC4451AV (LQFN16)

Pozostałe:
IN, OUT: złącze DG126-5.0-2
TVS1: transil SMAJ33CA (SMA_D)

W module jego wartość jest minimalna dla poprawnej pracy układu i może zostać dobrana z zakresu 22...220 µF/50 V. Aby poprawnie pełnić funkcje magazynu, CE1 musi mieć niską rezystancję ESR.

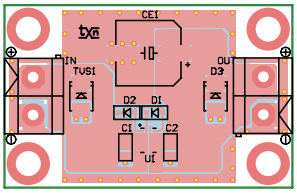


Rysunek 2. Schemat modułu

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na niewielkiej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż nie wymaga opisu, należy tylko poprawnie przylutować pad termiczny. Moduł nie wymaga uruchamiania, warto jednak za pomocą regulowanego zasilacza i sztucznego obciążenia sprawdzić spadek napięcia, na kluczu w kierunku przewodzenia oraz odporność na odwrócenie polaryzacji zasilania.

Układ może pracować poprawnie przy napięciach zasilania do 36 V bez żadnych zmian. Zakres napięcia wejściowego może zostać rozszerzony po zmianie diody TVS na SMAJ36CA do 40 V. Ze względu na tolerancję napięcia TVS nie polecam jednak pracy przy górnej granicy napięcia dopuszczalnej dla LTC4451, która wynosi 42 V.



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

W przypadku łączenia równoległego kilku źródeł zasilania w układzie OR-ring każde źródło współpracuje z jedną płytką, a napięcie zasilania doprowadzone jest do wejść IN, zaciski wyjściowe OUT połączone są równolegle i zasilają obciążenie. Priorytet będzie miało źródło o najwyższym napięciu, w miarę wyrównywania napięć (np. w przypadku akumulatorów i baterii) prąd będzie rozdzielany na poszczególne źródła.

Adam Tatuś, EP

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5950

Podstawowe parametry:

- pomiar czasu w milisekundach pomiędzy pojawieniem się bodźca a wciśnięciem przycisku,
- całkowicie losowo ustalany czas na pojawienie się bodźca po uruchomieniu pomiaru,
- wbudowana dioda LED i brzęczyk piezo jako sygnał początku odliczania,
- zakres pomiarowy: 0...999 ms,
- sygnalizacja przekroczenia zakresu oraz falstartu,
- wejścia na zewnętrzne przyciski START i STOP oraz wyjście sygnalizujące początek odliczania,
- pobór prądu około 50 mA w stanie spoczynku i 80 mA podczas pomiaru,
- zasilanie napięciem stałym 12 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT770	Miernik refleksu
AVT765	Tester refleksu – kto szybszy
AVT723	Uniwersalna gra zręcznościowa
AVT2417	Tester refleksu. Kto szybszy? (EdW 4/2000)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Prosty miernik refleksu

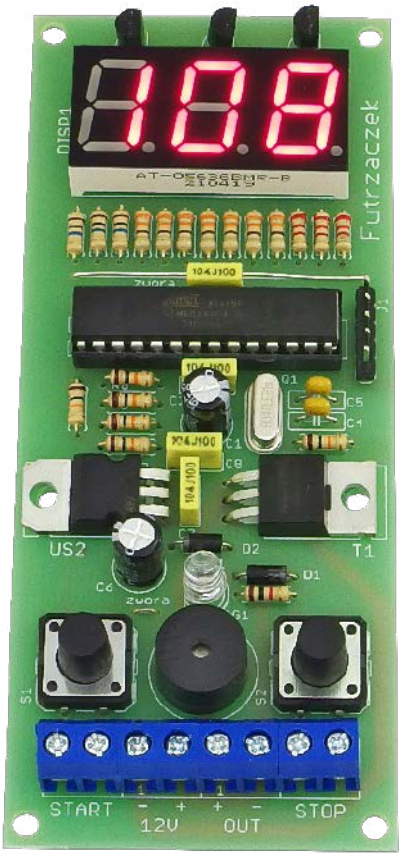
Czas reakcji człowieka, zwany refleksem, to ważny parametr mający wpływ na nasze bezpieczeństwo. Zaprezentowany układ nie jest certyfikowanym urządzeniem służącym do pomiaru tego parametru, ale może być efektownym gadżetem przydatnym w różnych eksperymentach i grach. Kto nie chciałby być tym najszybszym?

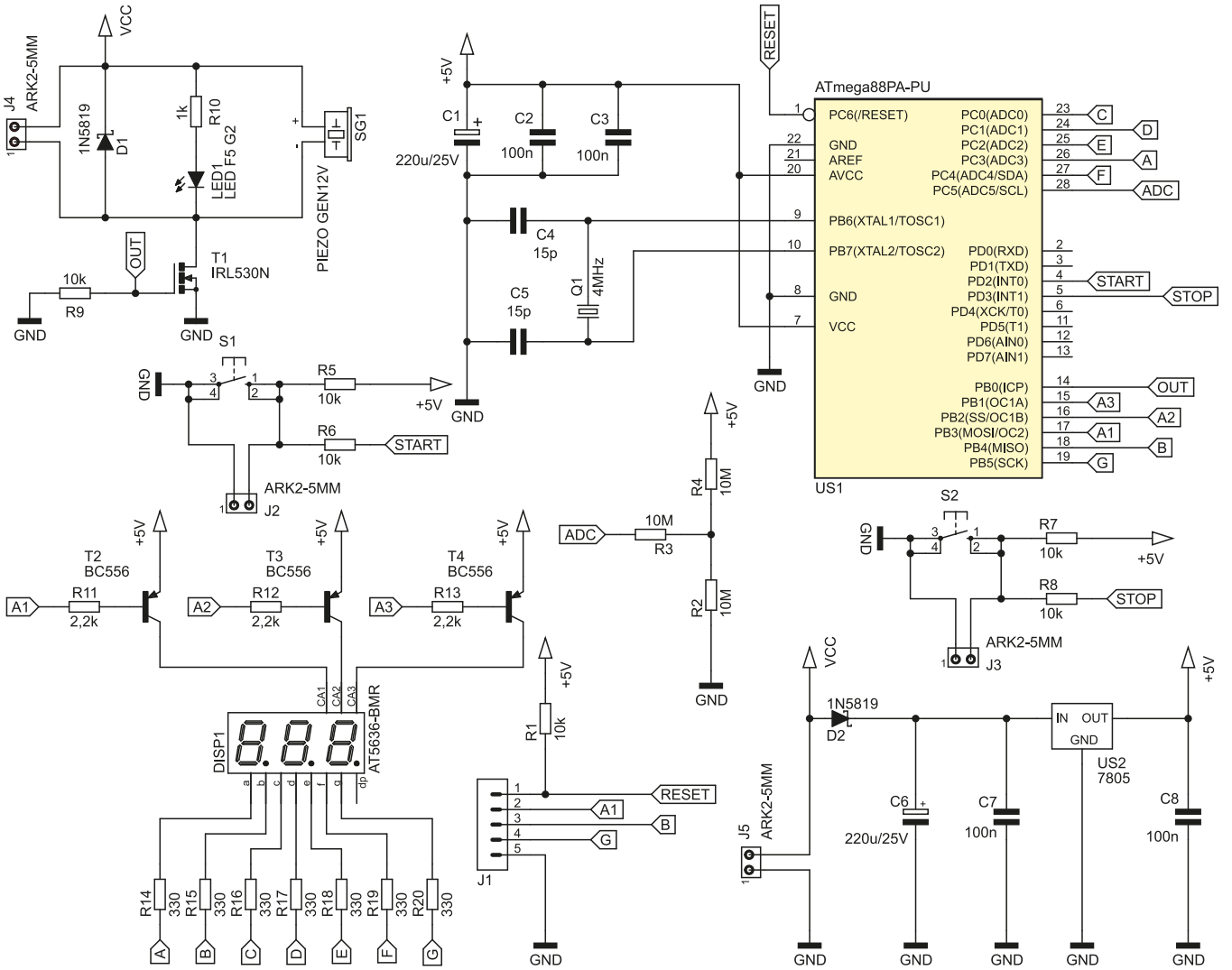
Zaprezentowane urządzenie mierzy czas tzw. reakcji prostej, czyli od pojawienia się bodźca (zaświecenia diody LED i załączenia sygnalizatora) do zareagowania na ten bodziec, co w tym przypadku jest po prostu wciśnięciem przycisku. Im krótszy ten czas, tym szybciej reaguje nasz mózg, co oznacza, że możemy szybciej zareagować na np. zagrożenie na drodze. Urządzenie będzie również przydatne do samodzielnych ćwiczeń poprawiających refleks. Regularne treningi mogą pozytywnie wpłynąć na czas reakcji, co może przydać się, na przykład, osobom starszym.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Głównym komponentem sterującym jego pracą jest mikrokontroler typu ATmega88PA-PU z 8-bitowym rdzeniem AVR. Ma wystarczającą liczbę konfigurowalnych wyprowadzeń, więc nie zachodzi potrzeba stosowania dodatkowych układów pośredniczących. Ponieważ w grę wchodzi dokładne odmierzanie czasu, do stabilizacji częstotliwości sygnału zegarowego został użyty rezonator kwarcowy o częstotliwości 4 MHz. Do rezonatora zostały podłączone kondensatory C4 i C5, które ułatwiają jego wzbudzenie oraz stabilizują pracę.

Programowanie pamięci Flash mikrokontrolera może odbywać się dwojako. Można wyjąć układ z podstawki, włożyć do programatora, po czym z powrotem





Rysunek 1. Schemat ideowy prostego miernika refleksu

wetknąć w podstawkę. Innym rozwiązaniem jest użycie złącza J1, na które zostały wyprowadzone wszystkie linie sygnałowe niezbędne do zrealizowania programowania w systemie. Część z tych linii jest współdzielona przez inne komponenty urządzenia, lecz nie ma to znaczenia dla przebiegu tego procesu. Nieużywana linia zerująca RESET została podciągnięta do dodatniego bieguna zasilania przy użyciu rezystora R1, co „wspomaga" wbudowany w mikrokontroler rezystor podciągający.

Czas do uruchomienia odliczania jest losowany z zadanego przedziału. I nie mam tutaj na myśli użycia algorytmów realizujących pseudolosowość ani odtwarzania wylosowanych wcześniej elementów z gotowej tablicy. Do wejścia przetwornika analogowo-cyfrowego mikrokontrolera został podłączony układ rezystorów R2…R4. Jak łatwo obliczyć, daje on napięcie stałe o wartości 2,5 V i rezystancji wewnętrznej aż 15 MΩ. To powoduje, że napięcie zmierzone tymże przetwornikiem jest obarczone silnym szumem termicznym, wynikającym z wysokiej rezystancji wewnętrznej jego źródła, jaką jest wspomniana sieć rezystorów. Ostatni, najmłodszy bit każdego 10-bitowego pomiaru – gdyż taką rozdzielczość ma przetwornik wbudowany w ATmega88PA-PU – ma zatem całkowicie losową wartość. Kilka takich bitów reprezentuje dowolną liczbę z zadanego zakresu.

Takie utrudnienie było konieczne do wdrożenia po to, aby układ mógł służyć do prawdziwego pomiaru czasu reakcji. Bez tej zmiennej można po kilku pomiarach wyćwiczyć w sobie rytm odpowiedniego wciskania przycisków, co z kolei pozwala na uzyskanie naprawdę imponujących (czytaj: krótkich) wartości czasu reakcji. Ale taki „oszukany" wynik nie mówi nic o naszym prawdziwym refleksie.

Skoro o przyciskach mowa, to na płytce znajdują się dwa. Jeden służy do uruchomienia pomiaru (S1), a drugi do jego zatrzymania (S2). Rezystory R5 i R7 podciągają wejścia mikrokontrolera do linii +5 V, co zmniejsza wrażliwość za zakłócenia. Z kolei rezystory R6 i R8 chronią delikatne wejścia układu scalonego przed przepływem przez nie prądu o zbyt wysokim natężeniu,

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

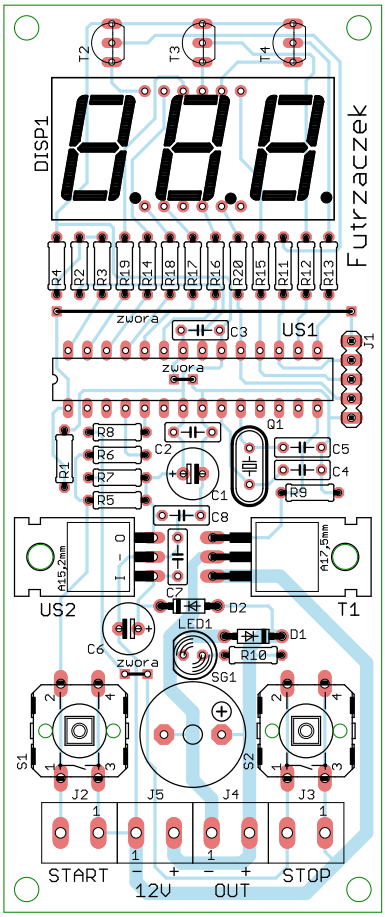
Rezystory: (THT o mocy 0,25 W)
R1, R5...R9: 10 kΩ
R2...R4: 10 MΩ
R10: 1 kΩ
R11...R13: 2,2 kΩ
R14...R20: 330 Ω

Kondensatory:
C1, C6: 220 μF 25 V raster 2,54 mm
C2, C3, C7, C8: 100 nF MKT raster 5 mm
C4, C5: 15 pF monolityczny raster 5 mm

Półprzewodniki:
D1, D2: 1N5819
DISP1: AT5636-BMR
LED1: 5 mm superjasna zielona np. LED F5 G2
T1: IRL530N
T2...T4: BC556 lub podobny
US1: ATmega88PA-PU (DIP28)
US2: 7805 (TO220)

Pozostałe:
J1: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
J2...J5: ARK2/500
Q1: 4 MHz niski
S1, S2: microswich 12×12 np. MIKROSW TS
SG1: PIEZO GEN12V
Jedna podstawka DIP28 wąska

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

którego przyczyną może być pojawienie się silnego zakłócenia elektromagnetycznego. Jednocześnie stała czasowa filtru RC, jaką tworzą te rezystory (zwłaszcza R8) z pojemnością wejściową mikrokontrolera, jest na tyle mała, że nie ma znaczącego wpływu na wynik pomiaru czasu o rozdzielczości 1 ms. Złącza J2 i J3 umożliwiają podłączenie zewnętrznych przycisków monostabilnych.

Bodziec wzrokowo-słuchowy, czyli silne światło diody LED i dźwięk buzzera są uruchamiane za pośrednictwem tranzystora unipolarnego T1. Litera „L" w jego oznaczeniu informuje, że ma zmniejszone napięcie progowe bramki wobec swojego pierwowzoru, wobec czego nadaje się do sterowania wprost z wyjścia mikrokontrolera zasilanego napięciem 5 V. Złącze J4 umożliwia podłączenie dodatkowych podzespołów wykonawczych jak odcinka taśmy LED i/lub głośniejszej syreny. Dioda D1 chroni tranzystor T1 podczas jego zatykania, ponieważ zwiera ewentualny impuls napięcia generowany przez wyłączane obciążenie mające charakter indukcyjny.

Do prawidłowego działania układu konieczne jest napięcie o wartości 5 V, najlepiej stabilizowane. Dostarcza go bardzo dobrze znany układ typu 7805. Moc strat w nim jest jednak na tyle duża, że zastąpienie go mniejszym odpowiednikiem, czyli 78L05 w obudowie TO92, nie jest możliwe. Kondensatory C7 i C8 zmniejszają jego impedancję wyjściową oraz utrudniają mu wzbudzenie się.

Całość jest dopełniana przez trzycyfrowy, siedmiosegmentowy wyświetlacz LED. Anody poszczególnych cyfr są załączane przez tranzystory bipolarne typu BC556, zaś katody segmentów są zasilane wprost z wyjść mikrokontrolera. Rezystory 330 Ω, ograniczające prąd segmentów, wymuszają przepływ prądu o natężeniu około 10 mA. W ten sposób świecą one dostatecznie jasno, a należy pamiętać, że są sterowane multipleksowo – cyfra po cyfrze, więc średnia jasność każdej cyfry jest niższa. Wyświetlacz ten pokazuje stan pracy układu oraz zmierzony czas reakcji.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na jednostronnej płytce drukowanej o wymiarach 120×50 mm. Jej schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm.

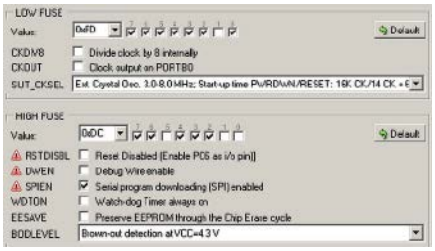
Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, czyli rezystorów i diod. Nie można przy tym pominąć trzech zworek z cienkiego drutu, z których jedna znajduje się pod mikrokontrolerem US1. Pod układ US1 proponuję zastosować podstawkę, aby ułatwić jego wymianę w razie uszkodzenia. Zmontowany układ można zobaczyć na fotografii tytułowej.

Na etapie uruchamiania jest konieczne zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana jego bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości:

```
Low Fuse = 0xFD
High Fuse = 0xDC
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 3**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony generator dla rezonatora kwarcowego (o częstotliwości z przedziału 3…8 MHz) oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po podłączeniu zasilania do zacisków złącza J5. Powinno to być napięcie stałe, dobrze filtrowane, niekoniecznie stabilizowane – służy ono do zasilania piezoelektrycznego buzzera i diody LED, które cechują się sporą tolerancją, zaś mikrokontroler ma własny stabilizator. Pobór prądu wynosi około 50 mA po załączeniu i wzrasta do nawet 80 mA podczas odmierzania – zmierzone przy napięciu 12 V. Dokładne natężenie pobieranego prądu zależy od liczby załączonych segmentów wyświetlacza LED.



Rysunek 3. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

Do wyjścia OUT (złącze J4) można podłączyć zewnętrzne urządzenia sygnalizujące. Z uwagi na szerokość ścieżek na płytce drukowanej zaleca się, aby natężenie pobieranego z tego wyjścia prądu nie przekraczała 1 A. To wartość w zupełności wystarczająca do podłączenia całkiem długiego łańcucha diod LED i donośniejszego sygnalizatora dźwiękowego.

Eksploatacja

Po włączeniu zasilania na wyświetlaczu wskazywane są same zera – „000". Naciśnięcie przycisku START powoduje wygaszenie tej wartości i rozpoczęcie oczekiwania na uruchomienie odliczania. Ile to będzie trwało? Nie wiadomo, ponieważ minimalna wartość tego interwału czasowego to około 320 ms, a maksymalna około 1340 ms. Dokładna wartość czasu oczekiwania jest za każdym razem losowana z użyciem przetwornika analogowo-cyfrowego mierzącego silnie zaszumione napięcie stałe. W tym czasie układ nie daje oznak działania. Wciśnięcie przycisku STOP zatrzyma jakiekolwiek dalsze odliczanie, a na wyświetlaczu pojawią się trzy kreski „---", co jest karą za falstart.

Po upływie wylosowanego czasu oczekiwania układ załącza diodę LED1 i sygnalizator SG1 (oraz wyjście OUT), a na wyświetlaczu widać uciekające milisekundy. Wciśnięcie STOP zatrzyma odliczanie i wyłączy elementy odpowiadające za bodźce dźwiękowo-wzrokowe. Teraz przez dowolnie długi czas będzie pokazywał wynik, aż do wyłączenia zasilania. Jeżeli w ciągu sekundy nie zostanie wciśnięty przycisk STOP, układ uzna to za zbyt długi czas reakcji i pokaże kreski takie same, jak w przypadku falstartu oraz wyłączy piszczenie i świecenie.

Ponowne uruchomienie odliczania jest proste – wystarczy wcisnąć przycisk START, a układ zgasi wszystkie segmenty i rozpocznie oczekiwanie. Gra zaczyna się od nowa, bez potrzeby dodatkowego zerowania poprzedniego wyniku. Życzę wszystkim Czytelnikom jak najlepszych (czyli najkrótszych) wyników!

Michał Kurzela, EP

Bibliografia:
• https://bit.ly/3CtPkUm

Podstawowe parametry:

- komunikacja w paśmie ISM 868 MHz przy zastosowaniu modulacji LoRA,
- wyposażony jest w gniazdo antenowe do bezpośredniego podłączenia anteny o impedancji 50 Ω z wtykiem żeńskim uFL,
- realizuje bezprzewodową transmisję szeregowego interfejsu UART,
- możliwa praca w trybie adresacji – tylko modem ze zgodnym kanałem i adresacją będzie odbierał transmitowane dane,
- możliwa praca w trybie rozgłoszeniowym (broadcast) – wszystkie moduły ze zgodnym kanałem będą odbierały dane,
- transmisja jest „otwarta" i możliwa do podsłuchania dowolnym innym modemem E32 pracującym z taką samą konfiguracją. Autoryzacja urządzeń i szyfrowanie przesyłanych danych muszą być wykonane w aplikacji sterującej.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Interfejs aparatury kontrolnej i sygnalizacyjnej standardu M22 do Raspberry Pi (EP 7/2022)
----	Sterownik mikrosilników prądu stałego do Rpi Pico (EP 7/2022)
----	Moduł przekaźników półprzewodnikowych do RPi Zero i nie tylko (EP 7/2022)
----	Ekspander 16×PWM (EP 6/2022)
----	Moduł BLE4.1 dla RPi Pico (EP 6/2022)
----	Moduł LoRa dla Raspberry Pi Zero (EP 6/2022)
----	Ekspander modułów dla RPi Pico (EP 4/2022)
----	Podwójny interfejs ethernet dla RPi (EP 4/2022)
----	Moduł multiIO dla RPI Zero (EP 3/2022)
----	Interfejs użytkownika z wyświetlaczem OLED dla Pi Pico (EP 3/2022)
----	Zasilacz bezprzerwowy z akumulatorem litowym dla Raspberry Pi Pico (EP 2/2022)
----	Vintage audio DAC na TDA1387 (EP 2/2022)
AVT5914	Zasilacz buforowy dla RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5913	Cyfrowy wzmacniacz audio 2×10 W w formacie RPi Zero (EP 1/2022)
AVT5909	Sterownik czterech mikrosilników dla Pi Zero (EP 12/2021)
AVT5896	Karta sieciowa z PoE dla RPi Zero (EP 10/2021)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

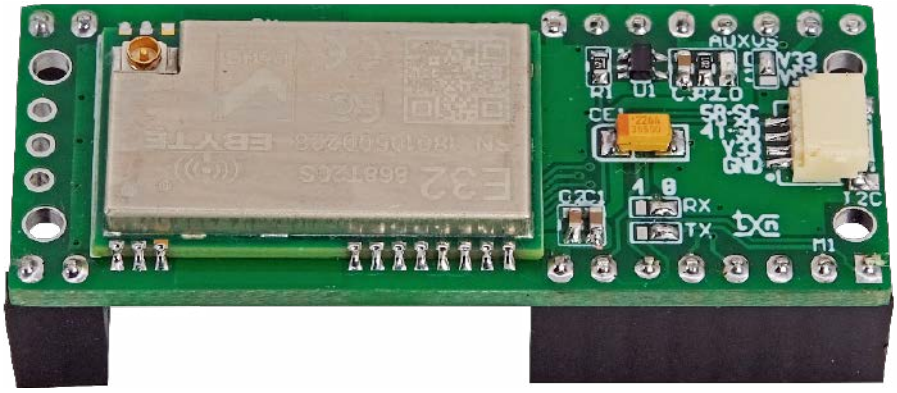
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Moduł LoRa dla RPi Pico

Zaprezentowany moduł rozszerza funkcjonalność Raspberry Pi Pico o możliwość komunikacji w paśmie ISM 868 MHz przy zastosowaniu modulacji LoRA. Dzięki temu, że realizuje bezprzewodową transmisję szeregowego interfejsu UART, jego aplikacja i konfiguracja są bardzo proste. Umożliwia to wprowadzenie własnych rozwiązań do świata IoT w dosłownie kilka minut.

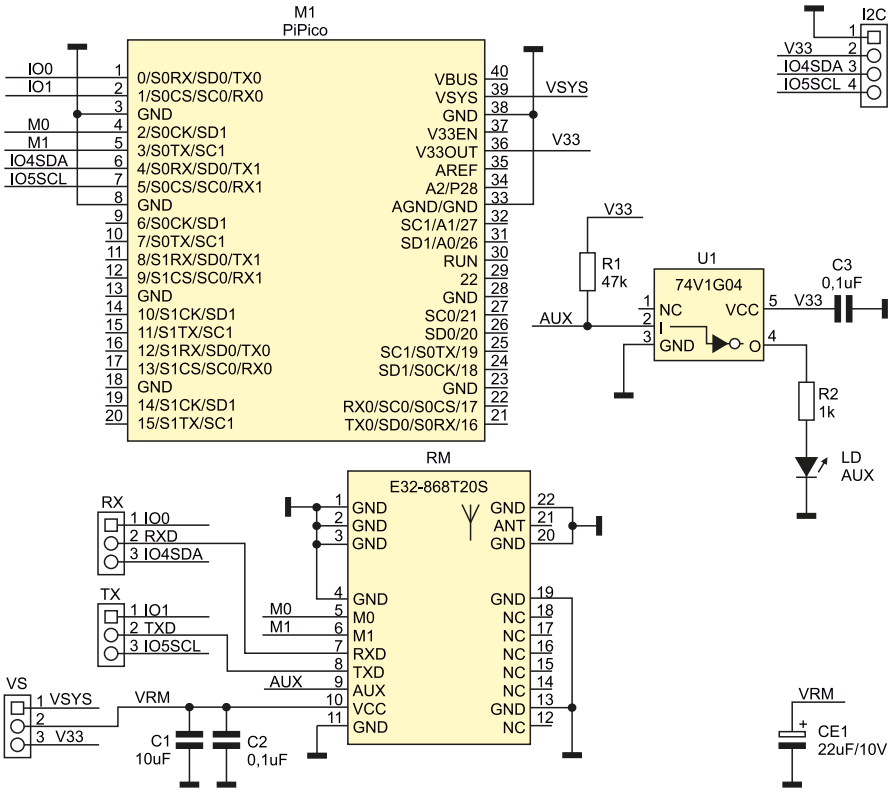


W urządzeniu zastosowano moduł radiowy typu E32-868T20S firmy Ebyte, którego wygląd pokazano na **fotografii 1**. Odpowiada on za realizację transmisji szeregowej UART w paśmie ISM 866 MHz z modulacją LoRa. Wybór modemu został podyktowany prostotą aplikacji i konfiguracji.

Budowa i działanie

Schemat urządzenia został pokazany na **rysunku 1**. Moduł RM typu E32-868T20S zasilany jest napięciem systemowym Pico VSYS lub stabilizowanym 3,3 V z wewnętrznego stabilizatora Pico V33. Wybór napięcia zasilania modemu VRM umożliwia zwora VS. Do komunikacji z Pico używany jest interfejs UART dostępny na wyprowadzeniach GPIO0/1 (UART0) lub GPIO4/5 (UART1). Wyboru używanego UART dokonujemy przez zalutowanie odpowiednich pól zwór PCB RX/TX.

Dioda AUX sterowana sygnałem aktywności modemu AUX wskazuje aktywną komunikację. Układ U1 buforuje wyjście AUX modemu. Modem wyposażony jest w gniazdo antenowe do bezpośredniego podłączenia anteny o impedancji 50 Ω pracującej w paśmie 868 MHz, zakończonej wtykiem żeńskim uFL. Do sterowania trybem pracy



Rysunek 1. Schemat modułu dla RPi Pico

WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

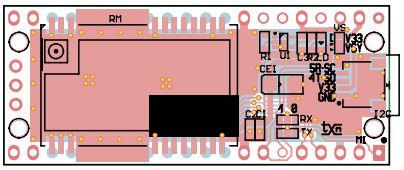
Rezystory: (SMD0603) 5%
R1: 47 kΩ
R2: 1 kΩ

Kondensatory:
C1: 10 µF 10 V (SMD0603)
CE1: 22 µF/10 V tantalowy (SMD3216)
C2, C3: 0,1 µF (SMD0603)

Półprzewodniki:
LD: led czerwona (SMD0603)
U1: 74V1G04 (SC70-5)

Pozostałe:
I²C: złącze JST 1 mm
M1: złącza Pi Pico żeńskie 2, 8 pinów, 2 kpl
RM: radiomodem Ebyte E32-868T20S

Fotografia 1. Moduł radiowy E32-868T20S (za notą Ebyte)



Rysunek 2. Schemat płytki PCB

modemu wymagane są dwa sygnały sterujące M0 i M1 podłączone do GPIO2, GPIO3. Znaczenie sygnałów M0, M1 opisano w **tabeli 1**. Dodatkowo do złącza I²C doprowadzono magistralę I²C0, która umożliwia podłączenie zewnętrznych czujników, gdy modem zajmuje UART0.

Montaż i uruchomienie

Układ zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej zgodnej rozmiarami z Raspberry Pi Pico, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. Montaż nie wymaga opisu, zmontowane urządzenie pokazuje fotografia tytułowa.

Dla sprawdzenia modułu konieczne jest przygotowanie Raspberry Pi Pico oraz drugiego modemu E32, czy to w formie Xbee, czy nakładki na Raspberry Pi. Domyślnie port szeregowy modemu jest skonfigurowany do transmisji z parametrami 9600, 8N1 i taką należy ustawić podczas testów. W przypadku nakładki XbeeUSB (AVT5513) podłączonej do PC, wybieramy port, pod którym zgłosi się konwerter UART/USB. Fabryczna konfiguracja przewiduje pracę modemów jako jednokanałowy link radiowy dla portu szeregowego.

Dla sprawdzenia działania nakładki uruchamiamy środowisko Thonny, dla którego przygotowałem dwa proste skrypty: *serialTX.py* (**listing 1**) nadający sekwencję testową i *serialRX.py* (**listing 2**) odbierający znaki z modemu. Uruchamiamy terminal szeregowy w PC oraz środowisko Thonny i uruchamiamy skrypt *serialTX.py*. Po uruchomieniu skryptu, w terminalu PC powinien pojawić się ciąg znaków testowych, a transmisja powinna być sygnalizowana diodą AUX. Dla sprawdzenia transmisji w odwrotnym kierunku uruchamiamy skrypt *serialRX.py*. W tym przypadku znaki wpisywane w terminalu PC powinny pojawiać się w konsoli Thonny, a transmisja powinna być sygnalizowana świeceniem LED AUX.

Jeżeli modemy działają prawidłowo w konfiguracji fabrycznej, można przejść do utworzenia własnej aplikacji. W pierwszej kolejności należy pamiętać o wprowadzeniu modemów w tryb konfiguracji, ustawiając stany M0=1, M1=1 (GPIO2, GPIO3) i parametry portu szeregowego 9600, 8N1. Obsługiwane są instrukcje konfiguracyjne, zestawione w **tabeli 2**. Znaczenie poszczególnych parametrów konfiguracyjnych przedstawiono w **tabeli 3**. Jeżeli modemy ustawione zostaną w tryb adresacji, tylko modem ze zgodnym kanałem i adresacją będzie odbierał transmitowane dane. Jeżeli adres zostanie ustawiony na 65535, modem będzie pracował w trybie rozgłoszeniowym Broadcast i wszystkie moduły ze zgodnym kanałem będą odbierały dane.

W przypadku użycia modemu E32 należy pamiętać, że oprócz sprawdzania FEC, nie jest zapewniona żadna inna metoda zabezpieczania transmisji. Transmisja jest „otwarta" i możliwa do podsłuchania dowolnym innym modemem E32 pracującym z taką samą konfiguracją. Autoryzacja urządzeń i szyfrowanie przesyłanych danych muszą być wykonane w aplikacji sterującej.

Adam Tatuś, EP

Tabela 1. Tryby pracy modemu E32

Tryb	M0	M1	Opis
0	0	0	standardowy tryb pracy, działa jak radiowy link UART
1	0	1	moduł do transmisji dołącza preambułę wybudzającą modemy odbiorcze, pracujące w trybie oszczędzania energii (tryb 2)
2	1	0	tryb oszczędzania energii WOR, możliwy tylko odbiór danych, modem jest wybudzany tylko przez modem nadawczy pracujący w trybie 1
3	1	1	tryb konfiguracji

Listing 1. Skrypt serialTX.py

```
from machine import UART, Pin
import time

M0 = Pin(2, Pin.OUT)
M1 = Pin(3, Pin.OUT)
M0.value(0)
M1.value(0)

uart0 = UART(0, baudrate=9600, tx=Pin(0), rx=Pin(1))

txData = b'Test E32Lora TX Hello IoTworld\n\r'
uart0.write(txData)
time.sleep(1)
```

Listing 2. Skrypt serialRX.py

```
from machine import UART, Pin
import time
from time import sleep

M0 = Pin(2, Pin.OUT)
M1 = Pin(3, Pin.OUT)
M0.value(0)
M1.value(0)

uart0 = UART(0, baudrate=9600, tx=Pin(0), rx=Pin(1))
b = None

while True:
  sleep(1)
  if uart0.any():
    b = uart0.read()
    print(b)
```

Tabela 2. Instrukcje konfiguracyjne modemu

Tryb	Format instrukcji	Opis
1	C0+lista parametrów	C0 + 5 bajtów konfiguracji (hex), parametry są zapisane w pamięci przy zaniku zasilania
2	C1+C1+C1	Odczyt aktualnej konfiguracji modemu, przykładowo C0 00 00 1A 06 44
3	C2+lista parametrów	C0 + 5 bajtów konfiguracji (hex), parametry nie są zapisane w pamięci przy zaniku zasilania
4	C3+C3+C3	Odczyt wersji modemu, np. C3 45 0D 14
5	C4+C4+C4	Reset modemu

Tabela 3. Parametry konfiguracyjne

Lp.	Element	Opis	Uwagi
0	HEAD	Stałe C0 lub C2, oznacza to, że ta ramka jest poleceniem kontrolnym	C0 – parametry zapisywane przy zaniku zasilania C2 – parametry niezapisywane przy zaniku zasilania
1	ADDH	Starszy bajt adresu (domyślne 0x00)	0x00...0xFF
2	ADDl	Młodszy bajt adresu (domyślne 0x00)	0x00...0xFF
3	SPED	Bity 7/6 00 – 8N1 (default) 01 – 8O1 10 – 8E1 11 – 8N1 (znaczenie jak 00)	Kontrola parzystości UART
		Bity 5/4/3 000 – 1200 bps 001 – 2400 bps 010 – 4800 bps 011 – 9600 bps (domyślne) 100 – 19200 bps 101 – 38400 bps 110 – 57600 bps 111 – 115200 bps	Prędkość UART (TTL UART Data Rate)
		Bity 2/1/0 000 – 300 bps 001 – 1200 bps 010 – 2400 bps (domyślna) 011 – 4800 bps 100 – 9600 bps 101 – 19200 bps 110 – 19200 bps (znaczenie jak 101) 111 – 19200 bps (znaczenie jak 101)	Prędkość połączenia radiowego (AIR Data Rate)
4	CHAN	Bity 7/6/5 zarezerwowane Bity 4...0, numer kanału radiowego (częstotliwość), domyślnie 0x06 = 868MHz	862 MHz + (CHAN · 1 MHz), 0x00...0x1F
5	OPTION	Bit 7 0 – transmisja transparentna (domyślna) 1 – transmisja z adresacją	Tryb adresacji
		Bit 6 0 – TXD, RXD, AUX typu OC 1 – TXD, RXD, AUD typu push-pull	Konfiguracja GPIO
		Bit 5/4/3 000 – 250 ms (default) 001 – 500 ms 010 – 750 ms 011 – 1 s 100 – 1,25 s 101 – 1,5 s 110 – 1,75 s 111 – 2 s	Czas wybudzenia
		Bit 2 0 – FEC OFF 1 – FEC ON	Korekcja błędów
		Bit 1/0 00 – 20 dBm (domyślna) 01 – 17 dBm 10 – 14 dBm 11 – 10 dBm	Moc nadajnika

REKLAMA

Podstawowe parametry:

- umożliwia przedłużenie magistrali I²C przy zastosowaniu skrętki typowej dla magistrali CAN,
- kompletny tor składa się z dwóch identycznych modułów – Master oraz Slave,
- oba układy wymagają połączenia dwuparową skrętką zgodną z CAN (120 Ω),
- szybkość komunikacji I²C do 400 kb/s,
- pomyślne testy z wyświetlaczem I²C na łączu o długości 15 m.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

----	Mostek UART-I²C z układem SC18IM700 (EP 8/2022)
----	Megaekspander I/O (EP 8/2022)
----	Ekspander wyświetlacza LCD 2×16 z I²C i podświetleniem RGB (EP 7/2022)
----	Ekspander IO z układem PCA9531 (EP 4/2022)
----	Dwukanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 2/2022)
AVT5912	Expander wyjść z interfejsem I²C (EP 1/2022)
AVT5901	Moduł z zegarem RTC i pamięcią FRAM po I²C (EP 11/2021)
AVT5894	Ośmiokanałowy multiplekser magistrali I²C (EP 10/2021)
AVT5884	Expander portu szeregowego UART dla magistrali I²C (EP 9/2021)
AVT5881	Multiplekser analogowy sterowany z magistrali I²C (EP 8/2021)
AVT5854	Przedłużacz magistrali I²C (EP 4/2021)
----	Izolator magistrali I²C (EP 3/2021)
AVT5786	Translator adresu magistrali I²C (EP 8/2020)
----	Expander IO z interfejsem I²C (EP 6/2020)
AVT5769	Podwójny potencjometr z interfejsem I²C (EP 5/2020)
----	Moduł wyjść dużej mocy z kontrolą poprzez I²C (EP 5/2020)
AVT5751	I²C Extender – przedłużacz i rozdzielacz magistrali I²C (EP 3/2020)
AVT5708	Przedłużacz magistrali I²C (EP 8/2019)
AVT5687	Konwerter poziomów magistrali I²C (EP 7/2019)
AVT5154	Wyświetlacz LCD sterowany magistralą I²C (EP 10/2008)
AVT5147	Moduł wyświetlacza LED sterowany magistralą I²C (EP 9/2008)
AVT1439	Sprzętowy konwerter RS232<–>I²C (EP 8/2006)
AVT816	Uniwersalne moduły I²C (EP 5/1999)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

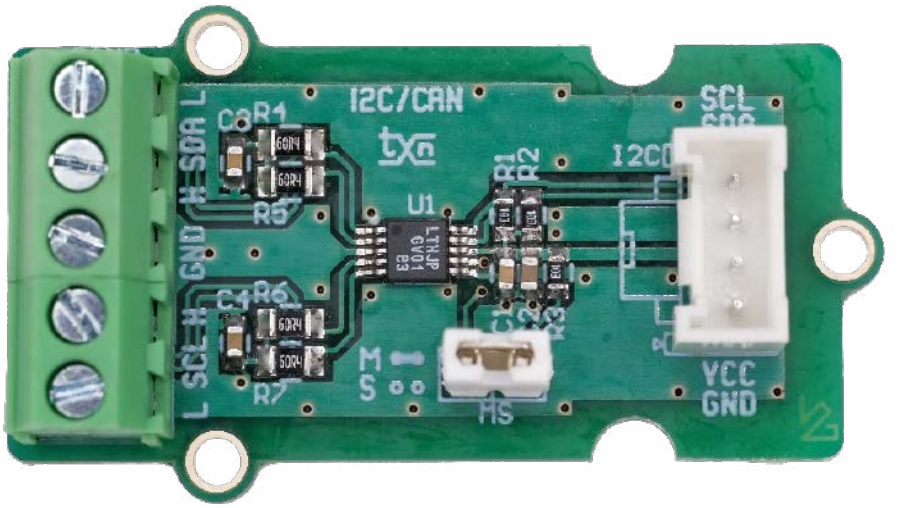
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

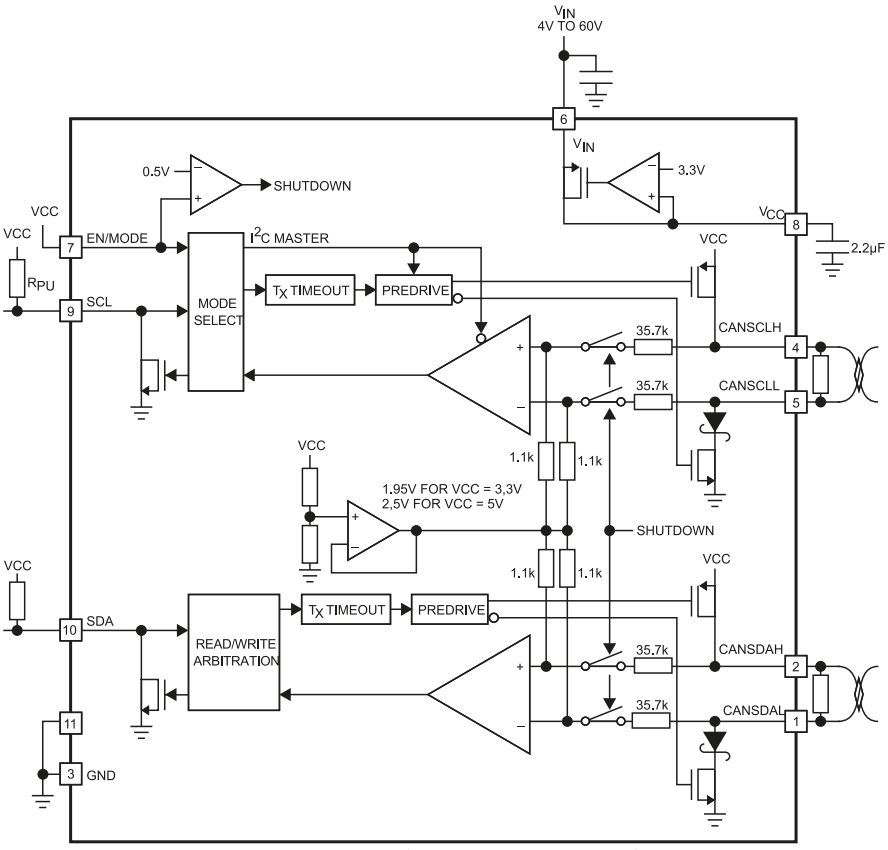
W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Przedłużacz magistrali I²C

Magistrala I²C jest bardzo wygodnym i tanim sposobem wymiany informacji pomiędzy układami scalonymi na odległość nieprzekraczającą kilkunastu centymetrów. Ogranicza to jej stosowanie w obrębie urządzenia. Czasem warto mieć możliwość przedłużenia zasięgu magistrali nawet o kilka, kilkanaście metrów, upraszcza to komunikację z wyniesionymi czujnikami, bez potrzeby stosowania dodatkowych interfejsów szeregowych takich, jak RS232 czy RS485 lub uciekania się do transmisji radiowej. Opisany minimoduł umożliwia przedłużenie magistrali I²C przy zastosowaniu skrętki typowej dla magistrali CAN.



Minimoduł zawiera układ kontrolera I²C typu LTC3960 firmy Analog Devices, którego struktura wewnętrzna została pokazana na **rysunku 1**. Zawiera on dwa konwertery sygnałów SDA, SCL dopasowujące magistralę I²C do standardów warstwy fizycznej CAN, co pozwala na zwiększenie zasięgu i odporności na zakłócenia sygnałów I²C. Układ LTC3960 jest przezroczysty dla transmisji I²C, kompletny tor składa się z dwóch identycznych modułów, jednego skonfigurowanego jako Master, drugiego jako Slave, oba układy połączone są dwuparową skrętką zgodną z CAN (120 Ω).



Rysunek 1. Struktura wewnętrzna LTC3960 (za notą Analog Devices)

Budowa i działanie

Schemat modułu został pokazany na **rysunku 2**. Jest podstawową aplikacją układu LTC3960 dla połączenia punkt-punkt. Zawiera dodatkowo terminatory magistrali – rezystory R4, R5 i kondensator C3 oraz R6, R7 i C4 dla każdego z sygnałów SDA, SCL. Zwora MS określa tryb pracy układu

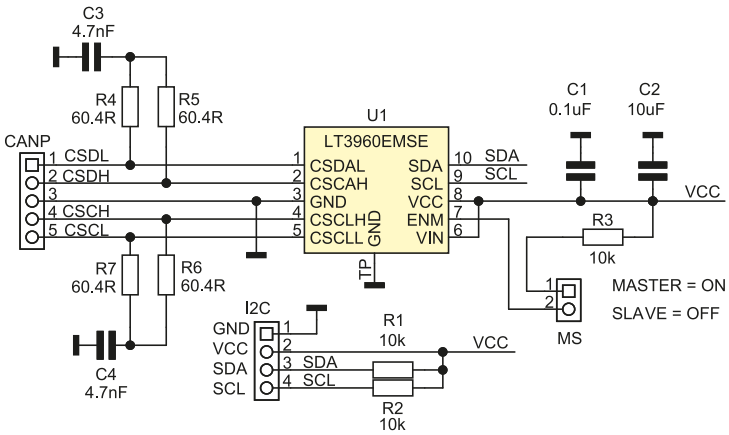
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory:
R1, R2, R3: 10 kΩ 1% (SMD0603)
R4, R5, R6, R7: 60,4 Ω 1% (SMD0805)

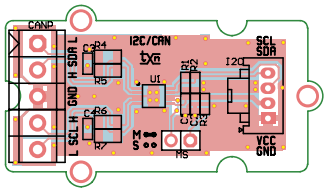
Kondensatory:
C1: 0,1 μF 50 V ceramiczny (SMD0603)
C2: 10 μF 10 V ceramiczny (SMD0603)
C3, C4: 4,7 nF 50 V ceramiczny (SMD0603)

Półprzewodniki:
U1: LT3960EMSE (MSOP10)

Pozostałe:
CANP: złącze (DG381-3.5-5) (3+2 piny)
MS: listwa SIP2 2,54 mm + zwora



Rysunek 2. Schemat ideowy modułu



Rysunek 3. Schemat płytki PCB

Master/Slave. Magistrala I²C oraz zasilanie 3,3/5 V dla modułu doprowadzone są poprzez złącze zgodne z Grove.

Montaż i uruchomienie

Moduł zmontowany jest na dwustronnej płytce drukowanej, której schemat został pokazany na **rysunku 3**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisu. Poprawnie zmontowany układ nie wymaga uruchamiania.

Moduł połączony z kontrolerem I²C (np. Raspberry Pi) należy skonfigurować jako Master (zwarta zwora MS), moduł podłączony do czujnika należy skonfigurować jako Slave (zwora MS zdjęta). Moduł Slave musi być zasilany z obwodów czujnika. W celu sprawdzenia należy połączyć skrętką (np. 2×2×0,22 2170204 LAPP) sygnały par: SDA H/L, SCL H/L modułów Master/Slave. Po włączeniu zasilania, w przypadku Raspberry Pi poleceniem *i2cdetect -y 1* można sprawdzić działanie toru konwerterów I²C/CAN. W modelu na kablu 2×2×0,22 o długości ok. 15 m bezproblemowo działał wyświetlacz OLED I²C z kontrolerem SSD1306. Maksymalny zasięg oczywiście zależy od jakości przewodu, poziomu zakłóceń oraz prędkości transmisji.

Adam Tatuś, EP

REKLAMA

KSIĄŻKI Z RABATEM DO 30%
W ULUBIONYM KIOSKU

Zobacz pełną ofertę - ponad 500 tytułów!
www.UlubionyKiosk.pl

AVT sklep

W ofercie AVT*

AVT5253

Podstawowe parametry:

- rozwieranie styków przekaźnika elektromagnetycznego w zadanych interwałach,
- 16 czasów pracy urządzenia: od 1 minuty do 30 dni,
- 16 czasów wyłączenia urządzenia: od 1 sekundy do 1 godziny,
- ustawianie czasów w prostym, intuicyjnym menu na wyświetlaczu alfanumerycznym LCD 2×8,
- obciążalność styków przekaźnika: 8 A,
- przekaźnik ze stykami NC – przewodzą prąd nawet po wyłączeniu zasilania układu,
- zasilanie napięciem stałym 9...20 V, typowo 12 V.

Dodatkowe materiały do pobrania ze strony www.ulubionykiosk.pl/media

AVT5948	Wielokrotny włącznik monostabilny (EP 8/2022)
AVT5946	Układ czasowy z niezależną regulacją ON i OFF (EP 8/2022)
----	Wyłącznik czasowy z wejściem bistabilnym (EP 4/2022)
AVT5867	Wyłącznik zasilania z opóźnieniem (EP 6/2021)
AVT5860	Programowany przełącznik czasowy
AVT5730	Uniwersalny układ czasowy 230 V (EP 11/2019)
AVT5704	Programowany układ czasowy 230 V (EP 8/2019)
AVT5666	Programowany, 16-kanałowy sterownik 230 V (EP 3/2019)
AVT1998	Karta przekaźników programowana sekwencjami (EP 8/2018)
AVT5588	Sterownik-timer z 8 przekaźnikami (EP 6/2017)
AVT5561	Efektowny sterownik oświetlenia (EP 12/2016)
AVT1916	Konfigurowalny przełącznik 4-kanałowy (EP 8/2016)
AVT1890	Moduł przekaźników z USB (EP 6/2016)
AVT1881	Programowany sterownik LED (EP 8/2015)
AVT5487	PWMLEDz: 10-kanałowy sterownik taśm LED z interfejsem Modbus lub SPPoB (EP 1/2015)
AVT5467	Programowany Timer (EP 9/2014)
AVT1820	Programowany przekaźnik czasowy (EP 8/2014)
AVT5410	Time-ek – sterownik czasowy (EP 10/2013)
AVT5368	Programowalny moduł przekaźników (EP 11/2012)
AVT1689	Przekaźnikowy wyłącznik czasowy (EP 08/2012)
AVT1679	Moduł wykonawczy z triakami (EP 6/2012)
AVT1656	Uniwersalny moduł wykonawczy (EP 12/2011)
AVT1545	Programowany sterownik świateł (EP 10/2009)
AVT1459	Uniwersalny układ czasowy
AVT724	Uniwersalny układ czasowy

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiejętność lutowania! Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KIT-em (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:
- wersja [C] – zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wlutowane w płytkę PCB)
- wersja [A] – płytka drukowana bez elementów i dokumentacji

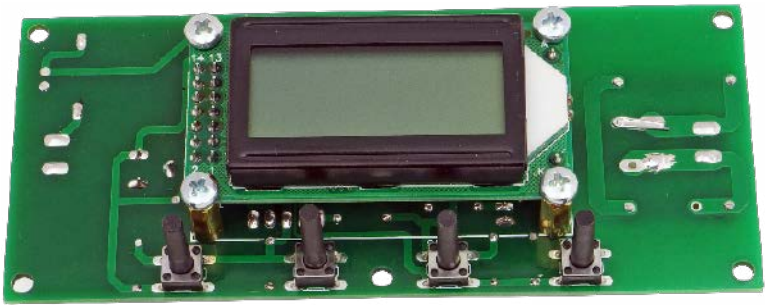
Kity, w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, mają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] – płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
- wersja [UK] – zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! – http://sklep.avt.pl.

W przypadku braku dostępności na stronie sklepu osoby zainteresowane zakupem płytek drukowanych (PCB) prosimy o kontakt Via e-mail: kity@avt.pl.

Układ cyklicznego restartu

Niektóre urządzenia trzeba co określony czas pozbawić zasilania na krótką chwilę, aby mogły pracować poprawnie przez długi czas. Zdarza się to zwłaszcza elementom infrastruktury sieciowej, na przykład modemom, routerom albo switchom – co pewien czas blokują się tak skutecznie, że trzeba je po prostu wyłączyć i włączyć ponownie. Zaprezentowany układ umożliwia szybką i prostą realizację takiego cyklicznego wyłączania.



Proste serwery albo routery sieciowe czasem potrafią się zawiesić, przy czym zazwyczaj wybierają na to najmniej odpowiednie momenty. Sytuacja nie jest kłopotliwa, jeżeli w pobliżu stale przebywa człowiek, który może szybko zareagować i wyzerować takie niesforne urządzenie. Ale zazwyczaj pracuje ono gdzieś w oddaleniu od miejsc stałego przebywania ludzi. Żeby taka awaria nie była zbyt dotkliwa, warto co jakiś czas najnormalniej w świecie wyłączyć zasilanie, poczekać na rozładowanie wszystkich kondensatorów i włączyć jeszcze raz, aby cała inicjalizacja rozpoczęła się od nowa.

Ten układ to nic innego, jak astabilny sterownik przekaźnika elektromagnetycznego, który ma co określony czas rozewrzeć jego styki na zadany uprzednio czas. Oba te czasy można zmieniać w bardzo szerokich granicach. Odmierzanie interwałów jest kontrolowane przez rezonator kwarcowy, więc nie ma obaw o to, że układ będzie mocno nieprecyzyjny.

Budowa i działanie

Schemat ideowy omawianego układu znajduje się na **rysunku 1**. Napięcie zasilające należy podłączyć do zacisków złącza J1. Jest ono filtrowane przez kondensator C1, zaś dioda D1 chroni układ przed uszkodzeniem w razie odwrotnego podłączenia źródła zasilania. Tym napięciem zasilane jest podświetlenie wyświetlacza LCD, cewka przekaźnika i prosty stabilizator liniowy US1 o napięciu wyjściowym 5 V. Kondensatory C2 i C3 zapobiegają jego wzbudzeniu, zapewniając stabilną pracę tego podzespołu.

Mikrokontroler US2, czyli popularny ATtiny24A, steruje pracą całego układu. Dla dokładnego odmierzania czasu częstotliwość jego sygnału zegarowego jest stabilizowana zewnętrznym rezonatorem kwarcowym Q1. Kondensatory C5 i C6 ułatwiają wzbudzenie jego drgań. Przy wyprowadzeniach zasilania mikrokontrolera nie ma kondensatorów odsprzęgających zasilanie, ponieważ są one współdzielone z układem US1 – na płytce drukowanej elementy C3 i C4 znajdują się blisko zarówno US1, jak i US2.

Przekaźnik elektromagnetyczny PK1 ma jedną parę styków normalnie zamkniętych (NC). Dlatego ten układ przez większość czasu nie zasila jego cewki na podtrzymanie kotwiczki, co zmniejsza pobór mocy. Doprowadzenia do tych styków prowadzą do zacisków złącza J2, które należy potraktować jak zwykły łącznik, włączany w szereg z cyklicznie restartowanym urządzeniem. Elementy C7 i R1 tworzą gasik, redukujący iskrzenie styków przekaźnika i, tym samym, emisję zakłóceń elektromagnetycznych mogących zakłócić pracę układu.

Linie sygnałowe, którymi można zaprogramować mikrokontroler bez wymontowywania go z podstawki, zostały wyprowadzone

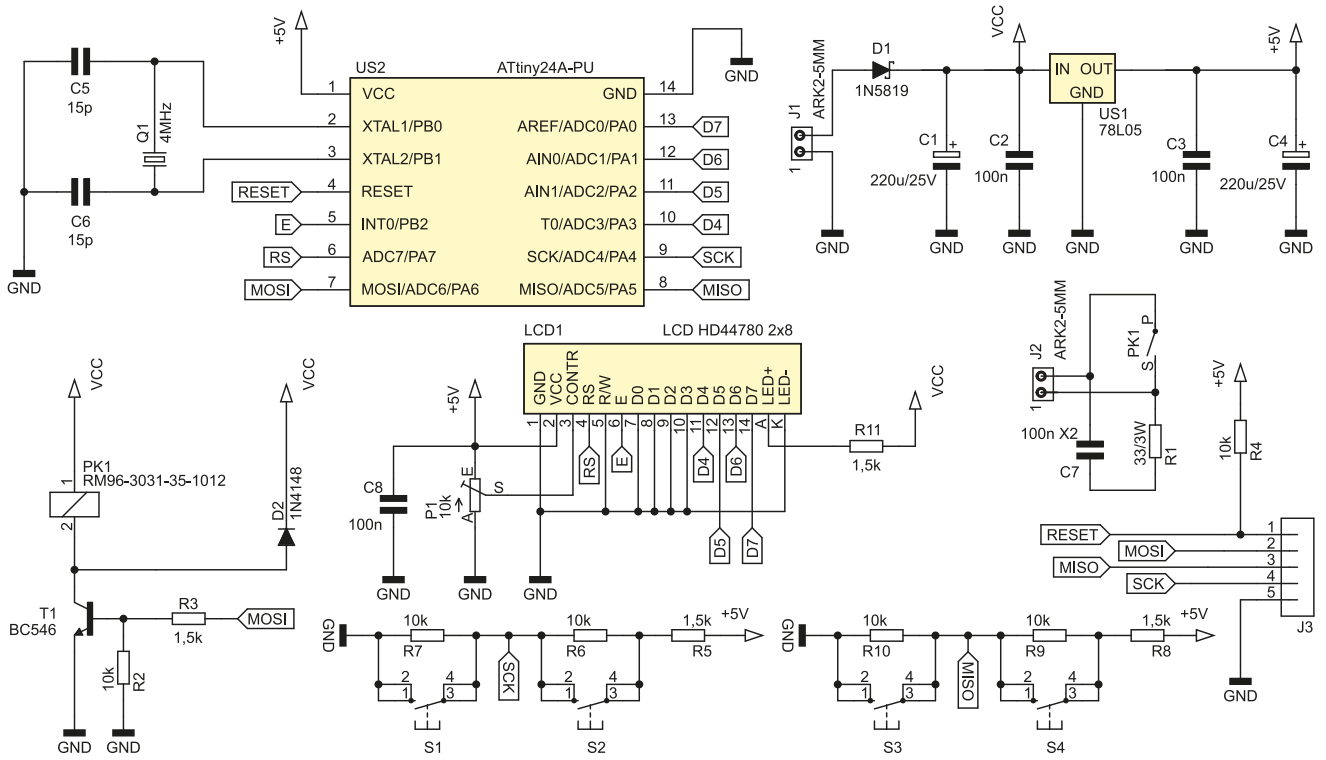
WYKAZ ELEMENTÓW, które możesz zamówić w sklepie AVT na stronie sklep.avt.pl lub bezpośrednio (ul. Leszczynowa 11, 03-197 Warszawa, tel. 48222578451, e-mail: handlowy@avt.pl):

Rezystory: (THT o mocy 0,25 W, jeżeli nie napisano inaczej)
R1: 33 Ω 3 W
R2, R4, R6, R7, R9, R10: 10 kΩ
R3, R5, R8, R11: 1,5 kΩ
P1: 10 kΩ montażowy leżący jednoobrotowy

Kondensatory:
C1, C4: 220 µF 25 V raster 2,5 mm
C2, C3, C8: 100 nF raster 5 mm MKT
C5, C6: 15 pF raster 5 mm monolityczne
C7: 100 nF MKP X2 305 V AC raster 15 mm

Półprzewodniki:
D1: 1N5819
D2: 1N4148
LCD1: 2×8, zgodny z HD44780 np. LCD2X8 03
T1: BC546
US1: 78L05 TO92
US2: ATtiny24A-PU DIP14

Pozostałe:
J1, J2: ARK2/500
J3: goldpin 5 pin męski 2,54 mm THT
PK1: RM96-3031-35-1012
Q1: 4 MHz niski
S1...S4: microswitch 6×6 13,5 mm
Jedna podstawka DIP14
Złącze męskie i żeńskie goldpin 2×7 pin 2,54 mm
Dwa złącza męskie i żeńskie goldpin 1 pin 2,54 mm
Cztery tuleje dystansowe, gwint wewnętrzny M3 12 mm poliamid
Osiem śrub M3 6 mm



Rysunek 1. Schemat ideowy układu cyklicznego restartu

na złącze J3. Są one współdzielone z innymi peryferiami. Przykładowo, linia MOSI jest wykorzystywana przez tranzystor T1 sterujący przekaźnikiem, dlatego podczas programowania mogą występować chaotyczne przełączenia stanu styków przekaźnika.

Do ustalania wartości czasów służą cztery przyciski. Z racji niedoboru liczby wyprowadzeń mikrokontrolera (sześć wykorzystuje wyświetlacz, dwie rezonator kwarcowy, do użycia są tylko dwie), ich stan jest odczytywany przez wbudowany przetwornik analogowo-cyfrowy. Rezystory R5…R10 polaryzują wstępnie (w stanie „spoczynkowym") te wejścia, a wciśnięcie przycisku powoduje silną zmianę potencjału, co jest odczytywane przez przetwornik. Rolą rezystorów R5 i R8 jest uchronienie źródła zasilania przed zwarciem w razie omyłkowego wciśnięcia dwóch przycisków znajdujących się w szeregu (S1 i S2 lub S3 i S4) jednocześnie. Popłynie wtedy prąd nieco większy od nominalnego, ale w żadnym wypadku o przeciążeniu nie będzie mowy.

Do wyświetlania nastaw, pozostałego czasu oraz stanu styków przekaźnika służy prosty wyświetlacz alfanumeryczny LCD o organizacji 2 wiersze × 8 kolumn. Jego kontrast reguluje się potencjometrem P1. Rezystor R11 ogranicza prąd diody podświetlającej do bezpiecznej dla niej wartości, a jednocześnie zmniejsza pobór mocy przez nią i redukuje zmęczenie wzroku wywołane zbyt jaskrawym światłem.

Montaż i uruchomienie

Układ został zmontowany na dwustronnej płytce drukowanej o wymiarach 115×50 mm, której schemat został pokazany na **rysunku 2**. W odległości 3 mm od krawędzi płytki znalazły się cztery otwory montażowe, każdy o średnicy 3,2 mm. Dodatkowo, aby płytka nie uginała się podczas naciskania przycisków, na środku dłuższego boku (67,5 mm od brzegu) umieszczono dodatkowe otwory, również leżące 3 mm od krawędzi.

Montaż proponuję rozpocząć od elementów o najmniejszej wysokości obudowy, które znajdują się na wierzchniej stronie płytki, czyli rezystorów i diod. Pod mikrokontroler proponuję zastosować podstawkę. Ten etap montażu można zobaczyć na **fotografii 1**.

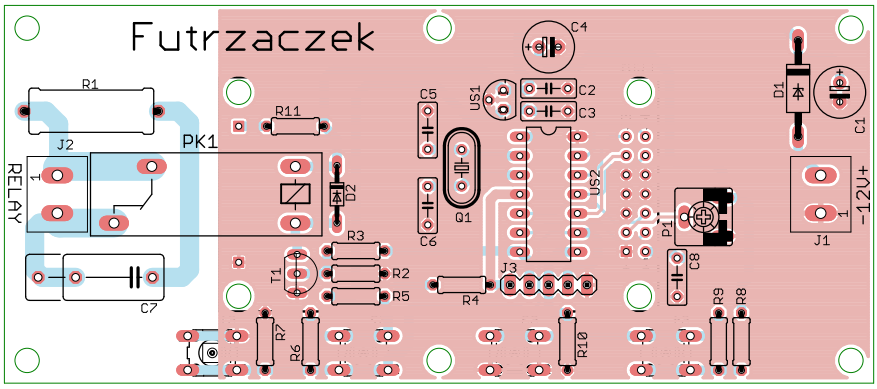
Na drugiej stronie płytki jest miejsce dla wyświetlacza LCD1 oraz czterech przycisków S1…S4. Ich lokalizację po przylutowaniu pokazuje fotografia tytułowa. Na samym końcu należy przykręcić wyświetlacz LCD za pomocą czterech tulei dystansowych oraz przylutować jego złącza. Warto lutowanie zostawić na sam koniec, po przykręceniu, aby ewentualny naddatek wysokości tulei mógł być skompensowany przez lekkie wystawanie złączy z powierzchni płytki – by część męska i żeńska wchodziły w siebie całkowicie. Rozmieszczenie przycisków oraz modułu wyświetlacza na powierzchni płytki znajduje się na **rysunku 3**, dzięki niemu łatwiej będzie wykonać płytę czołową obudowy dla tego urządzenia.

Na etapie uruchamiania jest konieczne zaprogramowanie pamięci Flash mikrokontrolera dostarczonym wsadem oraz zmiana jego bitów zabezpieczających. Oto ich nowe wartości:

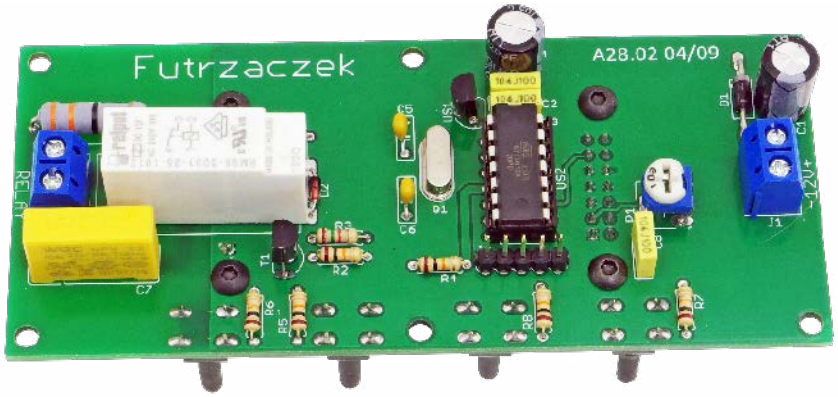
```
Low Fuse = 0xFD
High Fuse = 0xDC
```

Szczegóły są widoczne na **rysunku 4**, który zawiera widok okna konfiguracji tychże bitów z programu BitBurner. W ten sposób zostanie uruchomiony generator dla rezonatora kwarcowego (o częstotliwości z przedziału 3…8 MHz) oraz Brown-Out Detector, który wprowadzi mikrokontroler w stan zerowania, jeżeli jego napięcie zasilające spadnie poniżej 4,3 V. To znacznie zmniejsza ryzyko zawieszenia się układu podczas uruchamiania.

Poprawnie zaprogramowany układ jest gotowy do działania po ustawieniu

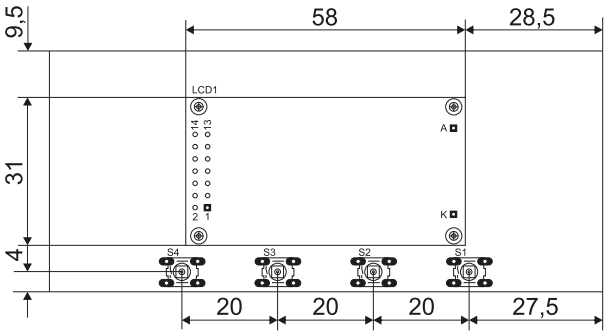


Rysunek 2. Schemat płytki PCB



Fotografia 1. Wygląd zmontowanego układu od strony wierzchniej (Top)

kontrastu wyświetlacza potencjometrem P1. Do zasilania powinno służyć napięcie stałe o wartości około 12 V, a dokładniej z przedziału 9...20 V. Takie granice uwzględniają zakres prawidłowej pracy samego przekaźnika (ze spadkiem napięcia na diodzie D1 i tranzystorze T1) w temperaturze 20°C oraz kondensatorów elektrolitycznych. Warto, aby owe napięcie było dobrze filtrowane z tętnień, a najlepiej stabilizowane. Pobór prądu przy 12 V wynosi około 15 mA przy zwartych stykach przekaźnika oraz około 35 mA, kiedy cewka zostanie załączona – wtedy odcinane jest zasilanie dla urządzenia. Dzięki temu układ przez większość czasu pracuje z wyłączonym przekaźnikiem, co sprzyja energooszczędności.



Rysunek 3. Rozmieszczenie przycisków i wyświetlacza LCD na płytce drukowanej

Rysunek 4. Szczegóły ustawienia bitów zabezpieczających

Eksploatacja

Mając świeżo zaprogramowany mikrokontroler, układ przyjmuje najniższe możliwe wartości czasów pracy i wyłączenia urządzenia. Są to, odpowiednio, 1 minuta i 1 sekunda. Użytkownik ma do wyboru po 16 różnych wartości, które może ustawiać oddzielnie. Zostały one zebrane w **tabeli 1**.

W układzie znajdują się cztery przyciski, które służą ustawianiu tych czasów. Funkcje tych przycisków zostały zebrane w **tabeli 2**. Aby wejść do regulacji, trzeba wcisnąć i przytrzymać S3 lub S4. Trzymając wciśnięty przycisk, można używać S1 i S2 do zmiany ustawienia – należy je wcisnąć każdorazowo, chcąc zmienić ustawienie, nie ma tutaj automatycznego przewijania. Zapis wybranego ustawienia do nieulotnej pamięci EEPROM następuje po zwolnieniu S3 lub S4. Konieczność wciśnięcia dwóch przycisków jednocześnie do zmiany nastaw służy jako proste zabezpieczenie przed przypadkowym przełączeniem.

Po włączeniu zasilania układ odczytuje zapisane nastawy i odlicza czas od początku, nie zapamiętuje odliczonego wcześniej czasu w momencie zaniku zasilania. Zawsze też rozpoczyna swoje działanie od zwartych styków przekaźnika. Odliczanie przebiega w dół, przez co widać, ile czasu jeszcze zostało – zmiana stanu styków przekaźnika następuje samoczynnie po doliczeniu do zera.

Widok ekranu w trakcie odliczania czasu działania jest na **fotografii 2**, zaś czasu wyłączenia na **fotografii 3**. W prawym górnym rogu widać aktualny stan urządzenia (ON/OFF) zasilanego poprzez wbudowany w układ przekaźnik. Na dole ekranu jest pozostały czas w formacie hh:mm:ss. Dodatkowo, na ekranie załączenia jest pokazywana również pozostała liczba dni (lewy górny róg). Po wciśnięciu przycisku ustawiania (S3 lub S4) pojawia się zadana ilość czasu do odmierzania oraz, dla odróżnienia od zwykłej pracy, literka „S" (od „set") na górze ekranu.

Po każdorazowej regulacji czasu (czyli wciśnięcia S1 lub S2 w czasie trzymania wciśniętego S3 lub S4) układ zaczyna odmierzanie od nowa, zgodnie z nowymi nastawami. Zawsze też rozpoczyna od czasu załączenia (ON) sterowanego urządzenia. Wciskając tylko S3 lub S4, można podejrzeć całkowity czas zadany do odmierzania, bez ingerowania w ten, który jest aktualnie odmierzany.

Michał Kurzela, EP

Tabela 1. Predefiniowane czasy załączenia i wyłączenia sterowanego urządzenia

Lp.	Czas załączenia	Czas wyłączenia
1	1 minuta	1 sekunda
2	5 minut	2 sekundy
3	10 minut	3 sekundy
4	30 minut	5 sekund
5	1 godzina	10 sekund
6	2 godziny	20 sekund
7	4 godziny	30 sekund
8	6 godzin	1 minuta
9	8 godzin	1,5 minuty (90 s)
10	12 godzin	2 minuty
11	1 dzień (24 h)	3 minuty
12	2 dni	5 minut
13	4 dni	10 minut
14	7 dni	20 minut
15	14 dni	30 minut
16	30 dni	1 godzina

Tabela 2. Funkcje przycisków w układzie

Przycisk	Funkcja
S1	Zwiększenie wartości (działa tylko z wciśniętym S3/S4)
S2	Zmniejszenie wartości (działa tylko z wciśniętym S3/S4)
S3	Ustawianie czasu działania urządzenia
S4	Ustawianie czasu wyłączenia urządzenia

Fotografia 2. Wygląd ekranu w trakcie odliczania czasu działania

Fotografia 3. Wygląd ekranu w trakcie odliczania czasu wyłączenia

Projektowanie aplikacji przemysłowych

Co inżynierowie muszą wziąć pod uwagę przy projektowaniu zaawansowanych aplikacji IoT przeznaczonych do pracy w trudnych warunkach? Innowacje, takie jak AI, IoE i IIoT, poszerzają zastosowania inteligentnych aplikacji i przenoszą je także w trudne środowiska przemysłowe, o których wcześniej nie myślano. Jest to obce terytorium dla wielu elektroników, którzy nie mają doświadczenia w projektowaniu rozwiązań do ekstremalnych warunków.

W automatyce fabryk i przemyśle ciężkim, takim jak ropa i gaz, wibracje, ekstremalne temperatury, chemikalia i płyny oddziałują na systemy elektryczne. Wzmocnione aplikacje wymagają innego rodzaju komponentów niż tradycyjne rozwiązania. Standardowe podejścia do łączności nie mają zastosowania w trudnych warunkach, w których stawka może być zbyt wysoka, aby ponieść porażkę. Inżynierowie projektujący muszą uwzględnić czynniki środowiskowe już przed etapem projektowania, wybierając produkty o odpowiednich kwalifikacjach i ocenach, aby zapewnić ochronę cennego sprzętu i personelu.

Chociaż nie można zbadać potrzeb całego ekosystemu komponentów IIoT, skupienie się na kilku kluczowych blokach konstrukcyjnych aplikacji da inżynierom dobre wyczucie, jakie dostosowania będą musieli wprowadzić w swoich projektach.

Złącza

Dobrym punktem wyjścia są złącza, ponieważ są one podstawowymi komponentami większości aplikacji IIoT. Złącza powinny być zaprojektowane tak, aby niezawodnie przesyłały dane i dostarczały zasilanie w najbardziej wymagających warunkach. Niezależnie od tego, czy są to złącza HDMI, RJ45, RJ11, światłowody, złącza typu *board-to-board* czy inne, kluczowymi wyzwaniami są:

- zapobieganie wnikaniu kurzu i cieczy,
- odporność na nieostrożne obchodzenie się.

Wzmocnione złącza z IP67/1P68 lub uszczelnione od czynników środowiskowych złącza o stopniu ochrony IP69k są dobrym wyborem dla zapewnienia bezpiecznych połączeń w trudnych lub nieprzyjaznych środowiskach (**fotografia 1**). Są one szczególnie ważne w pomiarach podwodnych, rolniczych, zewnętrznych, sprzęcie medycznym i innych zastosowaniach, w których częste mycie lub narażenie na wilgoć stanowi zagrożenie operacyjne. Solidny mechanizm blokujący/sprzęgający jest niezbędny również w przypadku złączy przeznaczonych do trudnych warunków. Istnieje wiele różnych typów złączy – pierścieniowe, obrotowe, gwintowane i szybkozłącza, wszystkie z różnymi atrybutami do różnych typów zastosowań.

Fotografia 1. Złącze RJ45 o klasie odporności IP68

Czujniki

Aplikacje IoT zawierają duże macierze czujników do zbierania danych transmitowanych przez Internet do zasobów obliczeniowych w chmurze. Technologie wykrywania, takie jak akcelerometry, enkodery, czujniki temperatury, czujniki poziomu cieczy, liczniki cząstek i czujniki wilgotności, muszą działać niezawodnie w najbardziej ekstremalnych sytuacjach, aby zapewnić zarówno bezpieczeństwo publiczne, jak i ciągłość biznesową. Wyzwaniem dla projektantów jest to, że czujniki muszą być małe, odporne i wystarczająco energooszczędne,

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

aby mogły być wszechobecne, a jednocześnie aby mogły zbierać i dostarczać dane w trudnych warunkach, takich jak ekstremalne upały, zimno, przeszywające wiatry, wysoka wilgotność, a nawet chemikalia.

Podobnie jak w przypadku złączy, integralność uszczelnienia jest niezbędna do niezawodnej pracy czujników w trudnych warunkach, więc należy upewnić się, że spełniają one przynajmniej normy IP. Warto również wziąć pod uwagę czujniki wykonane z materiałów odpornych na korozję (**fotografia 2**), szczególnie do zastosowań w zewnętrznych aplikacjach IoT. ISO sklasyfikowało kategorie korozyjności dla materiałów od C1 (dla bardzo niskiej korozyjności) do C5-I i C5-M (dla bardzo intensywnych zastosowań przemysłowych i morskich.

Fotografia 2. Czujnik zbliżeniowy w szczelnej i odpornej obudowie o klasie IP68

Przełączniki

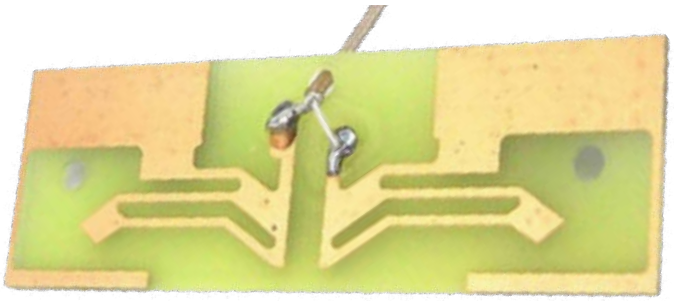
Przełączniki elektryczne, takie jak przełączniki migowe, bistabilne, dotykowe i przyciskowe, muszą również zapewniać odporność chemiczną, ochronę przed wnikaniem i inne właściwości odporne w zastosowaniach IIoT. Szczelne przełączniki są wymagane, aby sprostać wyzwaniom ekstremalnych środowisk. Ponieważ przełączniki są komponentami mechanicznymi, które są często używane przez człowieka, są narażone na działanie siły oraz różnych płynów i zanieczyszczeń pochodzących zarówno z działalności człowieka, jak i środowiska, w którym działają. W zastosowaniach medycznych, w których urządzenia są stale przemieszczane, elementy mogą być narażone na kontakt z krwią i innymi płynami.

Przełączniki muszą być w stanie poradzić sobie z powtarzającym się wpływem operatorów na zbyt mocne naciskanie lub wyzwalanie elementu. Kolejnym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę, są materiały, z których składają się osłony przeciwbryzgowe przełączników (takie jak guma silikonowa lub guma etylenowo-propylenowa). Inżynierowie powinni również wziąć pod uwagę wymagania, takie jak typ zacisku, typ siłownika, ich stopień ochrony IP oraz to, czy przełączniki będą wymagały oświetlenia, co miałoby wpływ na wybór materiału.

Moc

W przeciwieństwie do wielu większych, połączonych systemów, produkty IoT często nie mają dostępu do głównego źródła zasilania i muszą zasilać się same, zazwyczaj przy użyciu metod harvestingu lub baterii. Zbieranie energii jest szczególnie obiecujące w zastosowaniach przemysłowych, ponieważ wymagana energia jest pobierana ze środowiska. Może to być energia ruchu z urządzeń, paneli słonecznych, ciepła lub innych lokalnych źródeł energii.

Jednak zbieranie energii nie nadaje się do wszystkich zastosowań. Być może moc potrzebna do przetwarzania danych na urządzeniu jest zbyt duża, potrzeby technologii komunikacyjnej są zbyt wysokie lub po prostu nie ma dobrego źródła energii do zebrania. W takich przypadkach baterie są często największą częścią systemu czujników IoT, co daje inżynierom ograniczony wybór, którego z nich użyć. Dzięki szerokiej gamie procesorów, technologii komunikacyjnych i algorytmów oprogramowania system można jednak zaprojektować tak, by osiągnąć wymaganą żywotność. Często czujniki IoT są projektowane tak, aby działały przez cały okres eksploatacji na oryginalnej baterii, ponieważ koszty robocizny związane z wymianą mogą być bardzo wysokie.



Fotografia 3. Przykładowa antena RF wykonana jak płytka PCB

Łączność

Oprócz trudnych czynników środowiskowych, takich jak temperatura, wilgotność i wilgotność, aplikacje IoT mogą być narażone między innymi na zakłócenia elektromagnetyczne spowodowane m.in. obwodami przełączającymi, narzędziami spawalniczymi i silnikami. W związku z tym inżynierowie muszą zastanowić się, jaki rodzaj łączności sieciowej najlepiej pasuje do ich aplikacji. Jeśli połączenie przewodowe jest najlepszym wyborem, inżynierowie muszą najpierw zająć się ochroną przed niechcianym rozłączeniem, w wyniku wibracji lub przypadkowej siły przyłożonej do podłączonego kabla. Standardowe technologie połączeń, takie jak Ethernet i USB, zostały zaprojektowane z myślą o środowiskach domowych lub biurowych, gdzie frustracja jest największym skutkiem nieoczekiwanego rozłączenia. Złącza przemysłowe zapobiegają takim zdarzeniom za pomocą mechanizmów blokujących, które zwiększają siłę trzymania standardowego złącza przemysłowego.

Oprócz wzmocnionych złączy USB lub RJ45 Industrial Ethernet, istnieje szereg znormalizowanych przemysłowych złączy wielostykowych zaprojektowanych do przesyłania sygnałów cyfrowych i analogowych wraz z zasilaniem do podłączonego czujnika.

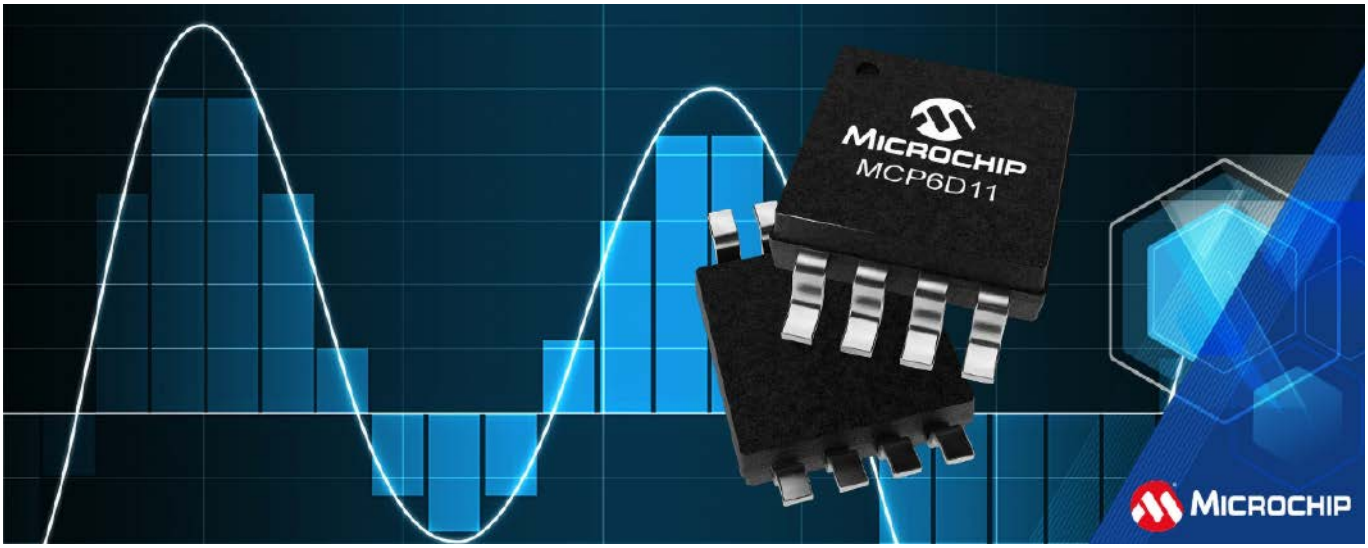
Gdy łączność bezprzewodowa ma sens, potrzebne będą innowacyjne rozwiązania antenowe, które są zarówno optymalne pod względem funkcjonalności radiowej, jak i mogą wytrzymać trudne warunki środowiskowe. W najprostszym przypadku antena może być zaprojektowana jako fragment obwodu drukowanego. Jednak rozwiązania radiowe zawierające anteny z wieloma wejściami i wieloma wyjściami (MiMo) stają się coraz częściej niezbędnym elementem łączności bezprzewodowej.

Niezależnie od przyjętego podejścia inżynierowie potrzebują wsparcia i wskazówek, gdy zajmują się blokiem RF swoich aplikacji. Anteny niestandardowe często mogą być najlepszym podejściem, które pozwala projektantowi wziąć pod uwagę użyte materiały, środowisko i obiekt, na którym antena jest zamontowana.

Końcowe przemyślenia

Niezależnie od tego, czy jest to ekstremalne ciepło, porywisty wiatr, czy toksyczne chemikalia – elektronika IoT jest bardziej podatna na uszkodzenia podczas pracy w trudnych warunkach. W ciężkich warunkach przemysłowych wibracje, ekstremalne temperatury, chemikalia i płyny odbijają się na urządzeniach IoT. Tylko jeden mały wyciek lub usterka w systemie elektrycznym może zatrzymać działalność rolniczą, uszkodzić pojazd wojskowy lub unieruchomić wóz strażacki. Inżynierowie muszą uwzględnić czynniki środowiskowe przed etapem projektowania, wybierając produkty o odpowiednich kwalifikacjach i ocenach, aby chronić cenny sprzęt i personel.

Cliff Ortmeyer
Global Head of Technical Marketing
Newark Electronics

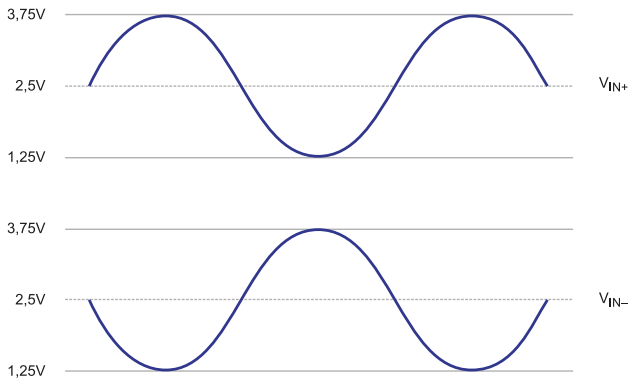


Funkcje sterowników do przetworników ADC

Producenci komponentów elektronicznych stale rozszerzają oferty o nowe komponenty. Wśród nowych rozwiązań szczególnie interesującą grupą są czujniki. Przewiduje się, że cały rynek czujników będzie rósł w rocznym tempie skumulowanym wynoszącym ponad 9%. Rynki końcowe obejmują zastosowania IoT, automatykę i kontrolę fabryk, zdrowie i bezpieczeństwo publiczne, opiekę zdrowotną i motoryzację. Ekspansja czujników pociąga za sobą zapotrzebowanie na układy kondycjonowania sygnałów analogowych oraz ADC. Trend rynkowy zmierza w kierunku urządzeń o wyższej rozdzielczości i szybkości, które stają się bardziej przystępne pod względem kosztów, pomimo coraz lepszych parametrów.

Przed omówieniem funkcji technicznych, wymaganych od sterownika przetwornika ADC, potrzebny jest krótki przegląd architektury toru wejściowego dzisiejszych przetworników ADC. Po pierwsze, należy wyjaśnić, czym jest sygnał różnicowy. Można go zdefiniować jako dwa przebiegi, które mają równe, ale przeciwne sygnały, ustalone w odniesieniu do jednego poziomu (nazywanego poziomem trybu wspólnego). Dwa przebiegi sygnału są określane jako dodatnie i ujemne lub nieodwracające i odwracające, jak pokazano na **rysunku 1**. W pokazanym przykładzie napięcie sygnału wejściowego w pełnej skali wynosi 5 V – mierząc wartość międzyszczytową w sposób różnicowy. Każda odnoga waha się w zakresie 2,5 V. Poziom trybu wspólnego w tym przykładzie to 2,5 V.

Większość dzisiejszych wysokowydajnych przetworników ADC ma zaimplementowaną architekturę wejścia różnicowego, ponieważ zapewnia ona doskonałe parametry pomiarów (w porównaniu z wejściami typu single-ended). Zalety takiego rozwiązania obejmują zdolność do odrzucania szumów trybu wspólnego i typowych sygnałów zakłócających oraz 6 dB (współczynnik równy 2) wzrost zakresu dynamicznego.

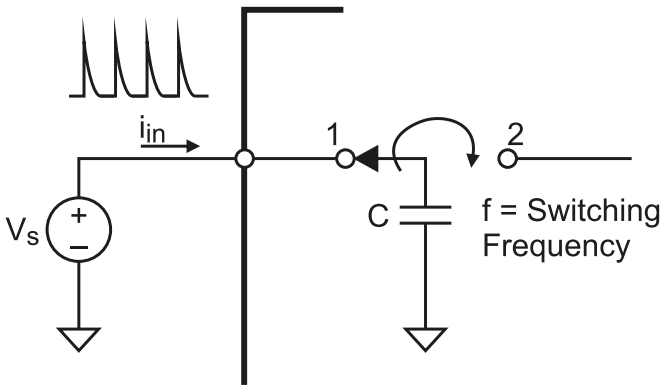


Rysunek 1. Przykład różnicowej fali sinusoidalnej

Obwody wejściowe przetworników ADC

Przetworniki ADC mogą stanowić szczególnie trudne wyzwanie dla projektantów systemów, oferując wiele różnych architektur próbkowania danych wejściowych, które należy rozważyć na poziomie systemu. Na potrzeby tej dyskusji skupimy się na przetwornikach ADC, które zawierają strukturę przełączanych kondensatorów do próbkowania sygnału wejściowego. W swojej najbardziej podstawowej formie ta struktura wejściowa składa się ze stosunkowo małego kondensatora i przełącznika analogowego, jak pokazano na **rysunku 2**. Gdy przełącznik jest skonfigurowany w pozycji 1, kondensator próbkujący jest ładowany do napięcia węzła próbkującego, w tym przypadku V_S. Przełącznik jest następnie przestawiany do pozycji 2, gdzie nagromadzony ładunek na kondensatorze próbkującym jest przenoszony do reszty obwodu próbkującego. Następnie proces zaczyna się od nowa.

Niebuforowane wejście z przełączanym kondensatorem, takie jak opisane powyżej, może powodować poważne problemy na poziomie systemu. Prąd wymagany do naładowania kondensatora próbkującego do odpowiedniego napięcia musi być dostarczany z zewnętrznego obwodu podłączonego do wejścia ADC. Gdy kondensator zostanie przełączony do węzła próbkowania (pozycja przełącznika 1 na rysunku 2), do rozpoczęcia ładowania kondensatora będzie wymagany



Rysunek 2. Uproszczona struktura obwodu wejściowego przetwornika ADC z przełączanymi kondensatorami

znaczny prąd. Wielkość tego chwilowego prądu jest funkcją wielkości kondensatora próbkującego, częstotliwości, przy której kondensator jest przełączany, oraz napięcia obecnego w węźle próbkującym. Ten prąd przełączania można opisać następującym równaniem:

$$i_{in}=C\cdot V\cdot f$$

gdzie:

C – pojemność kondensatora próbkującego,

V – napięcie obecne w węźle próbkującym (w tym przykładzie oznaczone jako V_S),

f – częstotliwość, przy której przełącznik próbkowania jest włączany i wyłączany.

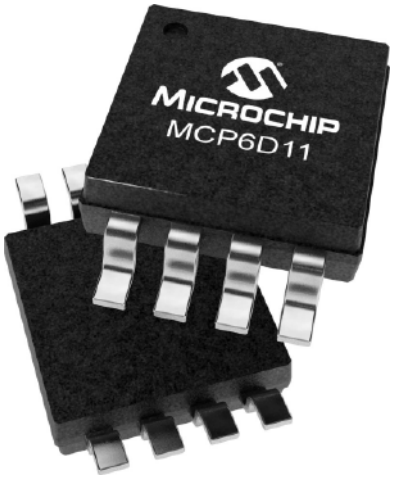
Ten prąd przełączania skutkuje dużymi skokami prądu w węźle próbkowania, jak pokazano na rysunku 2. Konsekwencje tego zjawiska należy wziąć pod uwagę podczas projektowania obwodów analogowych przed przetwornikiem ADC. Gdy prąd wejściowy przechodzi przez jakąkolwiek rezystancję, nastąpi spadek napięcia, co spowoduje błąd napięcia w węźle próbkowania przetwornika ADC. Zniekształcenie może również wystąpić, jeśli węzeł wejściowy nie jest w pełni ustabilizowany przed następnym cyklem próbkowania.

Rozwiązanie – sterowniki do przetworników ADC

Jak sama nazwa wskazuje, sterowniki ADC to specjalistyczne wzmacniacze zaprojektowane do współpracy z przetwornikami ADC o architekturze bazującej na kolejnych przybliżeniach, potokach, tzw. delta-sigma. Te specjalistyczne wzmacniacze są kluczowymi komponentami obwodów umożliwiających przetwornikom ADC działanie z pełną wydajnością i stały się bardziej istotne wraz z rozwojem szybszych konwerterów o wyższej rozdzielczości.

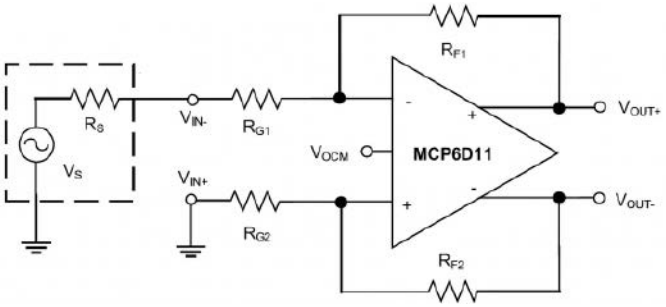
Utrzymanie wymaganej integralności sygnału czujnika, aby w pełni wykorzystać wyższą rozdzielczość i pełną szybkość przetwornika ADC, staje się bardzo trudne. Wraz ze wzrostem rozdzielczości i szybkości przetwornika ADC efekty szumu i zniekształceń z sygnału czujnika stają się bardziej zauważalne. Przy wyższych prędkościach próbkowania ADC należy zadbać o to, aby sygnał wejściowy ustabilizował się przed zdarzeniem próbkowania i aby sygnały o większej szerokości pasma nie zakłócały interesującego nas sygnału.

Aby przezwyciężyć te wyzwania związane z kondycjonowaniem sygnału, wiele aplikacji ADC wymaga sterownika ADC, który zapewnia właściwe parametry sygnału i zapobiega antyaliasingowi. Jak opisano wcześniej, większość nowoczesnych przetworników ADC ma zaimplementowaną architekturę wejścia różnicowego. Jedną z głównych funkcji sterownika ADC jest zapewnienie konwersji sygnału z jednego wejścia na sygnał różnicowy (chociaż równie dobrze radzą sobie z różnicowym sygnałem wejściowym). Inną funkcją sterownika ADC jest buforowanie sygnału wejściowego, a tym samym izolowanie reszty obwodu od wstrzykiwania ładunku w węźle wejściowym ADC.



Sterownik ADC zapewnia błyskawiczne ładowanie pojemności i gwarantuje, że obwód próbkujący zostanie ustalony w odpowiednio krótkim czasie, minimalizując w ten sposób wszelkie zniekształcenia. Należy zwrócić uwagę na układ sterownika ADC i konwertera na etapie projektowania płytki, aby zapewnić minimalną rezystancję od wyjścia sterownika do wejścia ADC. Większość wzmacniaczy sterowników ADC zawiera wejście, które umożliwia użytkownikowi zmianę poziomu napięcia wspólnego. Ta cecha pozwala na ustawienie sygnału różnicowego dokładnie w środkowym zakresie napięcia wejściowego ADC, a tym samym maksymalizuje zakres dynamiczny. Ponieważ napięcia robocze nadal mają tendencję spadkową, zakres dynamiczny staje się jeszcze bardziej krytyczny, aby zapewnić pełną rozdzielczość sygnału wejściowego.

Wreszcie, podobnie jak większość wzmacniaczy, przetworniki ADC mogą zapewnić wzmocnienie sygnału wejściowego, a także aktywne filtrowanie. Należy zauważyć, że większość sterowników ADC charakteryzuje się stosunkowo małym wzmocnieniem, zwykle jest to tylko 1 lub 2 V/V. Utrzymanie małego wzmocnienia pętli zamkniętej wzmacniacza skutkuje najniższymi zniekształceniami. Na przykład, jeśli wzmacniacz ma wzmocnienie w otwartej pętli 100 dB i jest skonfigurowany do wzmocnienia w pętli zamkniętej 200 lub 46 dB, pozostawia to tylko 54 dB marginesu wzmocnienia w pętli otwartej, aby zapewnić liniowość. Dlatego powszechne jest dodawanie oddzielnego stopnia wzmocnienia, który znajduje się blisko źródła sygnału, aby zmaksymalizować stosunek sygnału do szumu.



Rysunek 3. Typowa aplikacja układu MCP6D11 z wejściem single-ended i wyjściem różnicowym

Podsumowanie

Rozpowszechnienie czujników na wielu różnych rynkach końcowych wywołało zapotrzebowanie na obwody kondycjonowania sygnału. Przy szybkich przetwornikach, o wysokiej rozdzielczości, uświadomienie sobie tej kwestii staje się trudniejsze. Sterownik ADC ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji parametrów pracy przetwornika ADC, dlatego musi odznaczać się znikomymi zniekształceniami, szumami i błędami czasu ustalania w odniesieniu do sygnału źródłowego. Specjalistyczne urządzenia, takie jak sterownik różnicowy MCP6D11, są zaprojektowane specjalnie po to, aby zmaksymalizować wydajność szybkich przetworników ADC o wysokiej rozdzielczości. Typową aplikację układu pokazano na **rysunku 3**, a jego dokumentacja jest dostępna na stronie producenta: https://bit.ly/3e1W2GN.

Microchip
www.microchip.com

Identyfikacja radiowa i optyczna

W codziennym pośpiechu rzadko mamy okazję zastanowić się nad wpływem poszczególnych aspektów technologii na nasze życie. Pewne zdobycze myśli inżynierskiej odruchowo przyjmujemy jako zjawiska całkowicie zwyczajne, nad którymi nie ma potrzeby się pochylać – rzecz jasna, dopóki nie przyjdzie nam (inżynierom) pracować z nimi w praktyce. W tym miesiącu przyjrzymy się bliżej zagadnieniu identyfikacji radiowej i optycznej – dwóm obszarom technologii, bez których świat wyglądałby zupełnie inaczej, a wiele rutynowych czynności biegłoby znacznie wolniej...

Zagadnienia identyfikacji radiowej i optycznej tylko z pozoru stanowią tematy odległe – ich wspólnym celem jest bowiem szybki, bezbłędny i – w wielu przypadkach – całkowicie zautomatyzowany proces przekazywania niewielkich ilości informacji dotyczących określonego obiektu lub osoby. W zakresie metod optycznych mamy do czynienia z szerokim wachlarzem technik korzystających z drukowanych (lub wykonanych w innej formie stałej, na przykład za pomocą lasera) bądź wyświetlanych na ekranach oznakowania w postaci kodu paskowego. Pojęcie „kod paskowy" uległo w ostatnich latach znacznemu rozszerzeniu, gdyż określeniem tym nazywa się także dwuwymiarowe kody QR i inne o podobnej zasadzie kodowania informacji. W naszym przeglądzie zaprezentujemy najważniejsze informacje techniczne na temat rodzajów i konstrukcji kodów oraz urządzeń przeznaczonych do ich odczytywania.

Metody radiowe obejmują natomiast przede wszystkim trzy główne odmiany RFID, które – z uwagi na diametralne różnice w częstotliwości fali nośnej – tylko w pewnych przypadkach mogą być stosowane zamiennie, podczas gdy pozostała część aplikacji jest ściśle i nierozerwalnie związana z danym standardem przekazu informacji. W artykule omówimy zatem również najważniejsze rodzaje protokołów i fundamentalne zagadnienia techniczne, z którymi mierzą się konstruktorzy urządzeń wyposażonych w łączność RFID.

Obszary aplikacji

Zanim przejdziemy do szczegółów technicznych, spróbujmy ogólnie zarysować kilka głównych obszarów aplikacyjnych identyfikacji optycznej i radiowej.

Handel

Podstawowym i najczęściej wymienianym zastosowaniem kodów kreskowych jest rzecz jasna identyfikacja towarów w sklepach i hurtowniach – to właśnie handel odpowiada za intensywny rozwój i upowszechnienie kodów kreskowych, a rosnące potrzeby związane z ekspansją sklepów wielkopowierzchniowych wymusiły stosowanie

Fotografia 1. Wielokierunkowy skaner kodów kreskowych SC200 (https://t.ly/D5tV)

coraz bardziej zaawansowanych metod odczytywania kodów w niezbyt sprzyjających warunkach – poszczególne opakowania (np. produktów spożywczych) różnią się kolorem i rodzajem powierzchni (błyszcząca lub matowa), geometrią (płaska, zaokrąglona), technologią naniesienia kodu kreskowego oraz jego rozmiarem, a wszystko to sprawia, że warunki akwizycji sygnałów optycznych zmieniają się nieustannie w bardzo szerokich granicach. Właśnie tutaj należy zatem upatrywać przyczyn powstania odpornych na artefakty, wielokierunkowych skanerów laserowych (**fotografia 1**), które na długo zagościły w kasach sklepowych, umożliwiając odczyt kodów, ustawionych w dowolnej orientacji względem obudowy czytnika.

Fotografia 2. Maskotka żyrafy z tagiem NFC, pełniącym funkcję zbliżeniowej karty płatniczej – produkt przeznaczony dla dzieci i umożliwiający bezgotówkową realizację drobnych zakupów (https://t.ly/S_pz)

Fotografia 3. Naklejka antykradzieżowa RFID pracująca w paśmie 8,2 MHz (https://t.ly/_ShWY)

Zastosowanie identyfikacji RFID w handlu detalicznym ma miejsce głównie w obszarze płatności zbliżeniowych – oprócz doskonale znanych wszystkim kart płatniczych i kredytowych, z dokładnie tej samej technologii (bazującej na NFC) korzystają również dostępne w niektórych bankach naklejki płatnicze, a także aplikacje mobilne, współpracujące z wbudowanym w większość współczesnych telefonów transceiverem NFC. Co ciekawe, niektóre instytucje udostępniły swoim klientom breloczki, bransoletki, a nawet… maskotki płatnicze (**fotografia 2**), przeznaczone dla najmłodszych użytkowników bankowości.

RFID jest także stosowane do zabezpieczenia cennych towarów przed kradzieżą, choć w tym przypadku mamy do czynienia z technologią nieporównanie prostszą niż klasyczne RFID z tagami wyposażonymi w scalone transpondery. Tu antena (**fotografia 3**) współpracuje z prostym układem LC, a obecność zabezpieczonego przedmiotu w obszarze bramki sklepowej jest wykrywana dzięki niewielkiemu zaburzeniu generowanego przez nią pola (na skutek rezonansu tagu z anteną nadajnika). Niektóre znaczniki są wyposażone w diodę, której celem jest podwojenie częstotliwości sygnału zwrotnego, dzięki czemu odbiornik może pracować w paśmie 2-krotnie wyższym niż pasmo sygnału pobudzającego. Dezaktywacja układu polega na zniszczeniu (przebiciu) kondensatora za pomocą odpowiednio silnego impulsu elektromagnetycznego. Technologia RFID stanowi jedną z trzech głównych odmian EAS (ang. *Electronic Article Surveillance*) obok metody akustyczno-magnetycznej oraz elektromagnetycznej.

Warto dodać, że fakt, iż kody kreskowe miały swój początek w świecie handlu detalicznego, szybko zaowocował stworzeniem szeregu organizacji i norm, których celem było ustandaryzowanie sposobów znakowania towarów. Amerykański system UPC (*Universal Product Code*) został ujednolicony z bazującym na nim, europejskim systemem EAN (*European Article Number*) przez globalną organizację GS1. Obecnie istnieje pokaźny zestaw norm opracowanych przez GS1, pokrywających wiele obszarów handlu i nie tylko – organizacja skupia się też na podniesieniu jakości opieki medycznej przez stosowanie automatycznej identyfikacji. Do tematyki standardów GS1 powrócimy jeszcze w dalszej części artykułu.

Logistyka

Drugim spośród najpowszechniejszych obszarów zastosowań kodów kreskowych jest szeroko pojęta logistyka i magazynowanie. Trudno wyobrazić sobie dostawców bądź pracowników sortowni, mozolnie wpisujących długie numery paczek na klawiaturze terminali kurierskich (**fotografia 4**) – błyskawiczna i bezbłędna identyfikacja paczek i kopert jest absolutnie niezbędna dla sprawnego transportu oraz dostarczania przesyłek. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku wszelkich operacji magazynowych – przyjmowania, ewidencjonowania oraz wydawania towarów, niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa. W tego typu aplikacjach stosuje się nie tylko konwencjonalne, ręczne skanery, ale także zaawansowane (manualne lub stacjonarne) systemy identyfikacji dalekozasięgowej. Niektóre modele są w stanie skanować kody na zaskakująco dużą odległość – przykładowo, komputer mobilny CipherLab 9700 może sczytywać kody o rozdzielczości

Fotografia 4. Mobilny terminal kurierski z wbudowanym skanerem kodów kreskowych 2D – urządzenie kompatybilne m.in. z oprogramowaniem firmy InPost (https://t.ly/euef)

10 milsów z odległości do 15 cm, zaś przy 300 milsach zasięg dochodzi nawet do niemal 15 metrów (**fotografia 5**)!

Identyfikacja radiowa w przypadku zastosowań logistycznych obejmuje nie tylko bieżące monitorowanie i inwentaryzację stanów magazynowych, ale także śledzenie postępów transportu pojemników zbiorczych czy kontenerów wielokrotnego użytku. Tagi RFID pozwalają automatycznie rejestrować przepływ półproduktów i gotowych towarów przez cały proces logistyczny, bez konieczności celowania skanera optycznego na etykietę z kodem kreskowym. Co więcej – tematyka nie dotyczy tylko największych przedsiębiorstw i transportu morskiego, kolejowego czy też „dużej" spedycji. Dość powiedzieć o aplikacji systemu RFID w paśmie UHF przez sieć sklepów sportowych Decathlon, która od dawna dysponuje systemem metkowania produktów tagami RFID jeszcze przed opuszczeniem fabryki – dzięki zastosowaniu specjalnych terminali płatniczych towary znajdujące się w koszyku są automatycznie podliczane po jego umieszczeniu w obszarze czytnika, co zwalnia klienta z konieczności samodzielnego skanowania kolejnych kodów kreskowych. Technologia RFID UHF pełni w tym przypadku także funkcję systemu antykradzieżowego, znacznie ułatwia też inwentaryzację z użyciem czytników ręcznych (**fotografia 6**).

Medycyna

Aplikacje medyczne identyfikacji automatycznej stanowią doskonały przykład zastosowania technologii kodów kreskowych oraz RFID ze względu na ich niezawodność. Nietrudno wyobrazić sobie katastrofalne skutki zamiany leków przeznaczonych dla dwóch różnych

Fotografia 6. Ręczny czytnik RFID – model Embiventory UHF – stosowany do szybkiej inwentaryzacji stanów magazynowych, m.in. w sieci sklepów Decathlon (https://t.ly/RkwZ)

Fotografia 7. Opaski identyfikacyjne pozwalają zwiększyć bezpieczeństwo hospitalizowanych pacjentów, bez narażania ich danych osobowych oraz medycznych na przedostanie się w niepowołane ręce (https://t.ly/2dih)

pacjentów – w dobie zintensyfikowanej ochrony danych osobowych taka sytuacja byłaby wielce prawdopodobna bez zastosowania odpowiednich metod identyfikacji. Współczesne szpitale korzystają zatem z opasek nadgarstkowych z kodami kreskowymi (**fotografia 7**) bądź znacznikami RFID, zawierającymi najważniejsze dane pozwalające jednoznacznie zweryfikować tożsamość pacjenta. Etykiety z kodami kreskowymi są także szeroko stosowane w diagnostyce laboratoryjnej do oznaczania próbek materiału biologicznego (np. krwi czy moczu – **fotografia 8**) oraz obsługi zleceń w laboratoriach komercyjnych – systemy teleinformatyczne pozwalają na bezbłędną identyfikację próbek i przypisywanie wyników do indywidualnych kont pacjentów lub tymczasowych kont tworzonych dla nowych klientów, co umożliwia samodzielne sprawdzenie wyników z poziomu przeglądarki internetowej. Etykietowanie ma także ogromne znaczenie w farmacji (znakowanie leków), radiologii (automatyczne przypisywanie przenośnej kasety RTG do wykonywanego badania – w przypadku starszych systemów radiograficznych) oraz medycynie zabiegowej

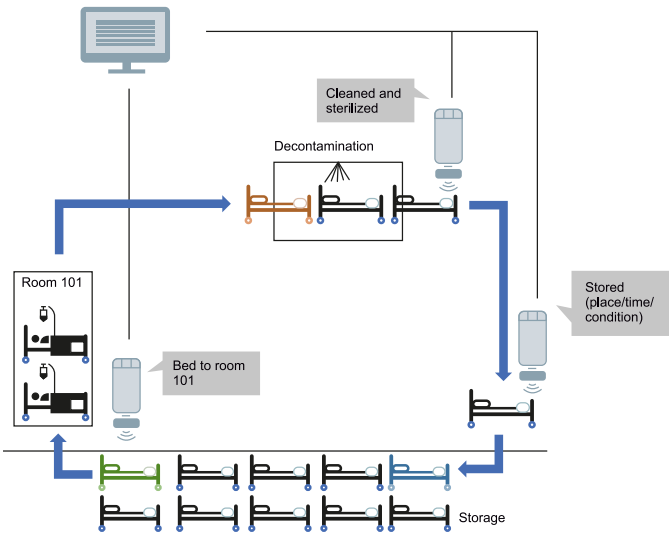
Fotografia 5. Zaawansowany komputer mobilny ze skanerem kodów kreskowych CipherLab 9700 podczas testu zasięgu – prawidłowy odczyt kodu (zaznaczonego strzałką) został wykonany z odległości przekraczającej 14 metrów (https://t.ly/u-p4)

Fotografia 8. Znakowanie pojemników z próbkami materiału biologicznego zwiększa szybkość wykonywania badań i minimalizuje ryzyko wystąpienia pomyłek, niebezpiecznych dla zdrowia, a nawet życia pacjentów (https://t.ly/QJIq)

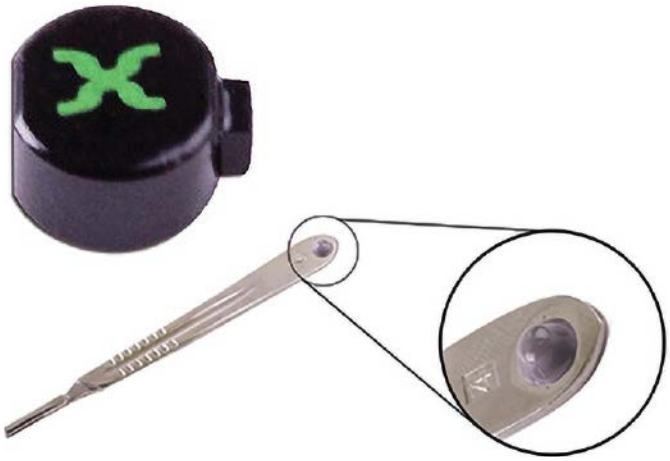
Fotografia 9. Opakowanie narzędzi chirurgicznych z naniesioną wytrzymałą etykietą samoprzylepną, umożliwiającą śledzenie procesu sterylizacji (https://t.ly/2Qwx)

(opisy opakowań narzędzi chirurgicznych poddawanych sterylizacji – **fotografia 9**). Rzecz jasna, w każdym z tych zastosowań konieczne jest użycie etykiet dostosowanych do konkretnej aplikacji – opaski pacjentów powinny charakteryzować się dużą wytrzymałością mechaniczną (głównie na rozerwanie) i środowiskową (wodoodporność) oraz hipoalergicznością; etykiety stosowane w sterylizatorniach muszą natomiast przetrwać narażenie na wysoką temperaturę i wilgotność, panujące wewnątrz autoklawu.

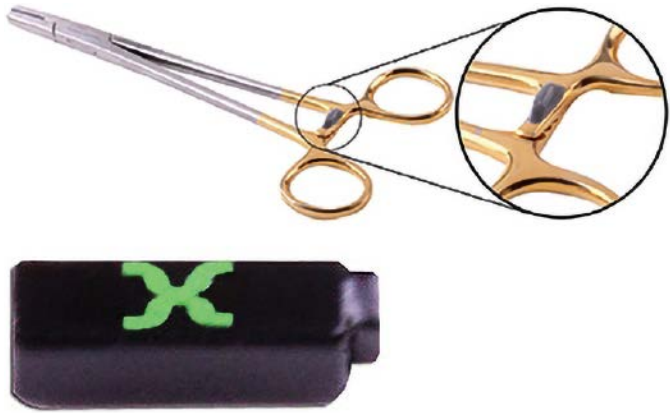
Co ciekawe, w śledzeniu procesów dekontaminacji oraz sterylizacji sprzętu i wyposażenia medycznego (np. łóżek szpitalnych – **rysunek 1**) także stosowane są tagi RFID, choć w tym przypadku konieczne staje się użycie wyspecjalizowanych układów odpornych na niezwykle niesprzyjające warunki otoczenia (uszkodzenia mechaniczne podczas wstępnego czyszczenia, środki dezynfekujące czy też temperatura i wilgoć panujące w autoklawie). Na rynku istnieją firmy zajmujące się produkcją takich właśnie znaczników – przykładowo, firma Xerafy opracowała hermetyczne znaczniki Dot XXS, pracujące w paśmie UHF (902–928 MHz dla rynku USA i 866–868 MHz do zastosowania w Europie). Te miniaturowe transpondery mają wymiary nieprzekraczające 4,38×2,58 mm, wytrzymują temperatury do 150°C i oferują klasę szczelności IP68 za sprawą obudowy zalanej żywicą epoksydową, dzięki czemu z powodzeniem można je zainstalować na rączce standardowego skalpela chirurgicznego (**fotografia 10**). Nie sposób pominąć faktu, że zasięg tagów po umieszczeniu na metalowej powierzchni dochodzi aż do 50 cm, co jest nie lada wyzwaniem, zważywszy na rozmiary tagu oraz wpływ, jaki na zasięg komunikacji ma metalowa powierzchnia w pobliżu anteny RFID. Mało tego – niewiele większe tagi Dash XXS (**fotografia 11**) o wymiarach 6,75×2,08×2,08 mm osiągają prawie dwukrotnie większy zasięg transmisji, co pozwala na współpracę np. ze stacjonarnymi bramkami RFID.



Rysunek 1. Przykład aplikacji znaczników RFID w zarządzaniu obiegiem łóżek szpitalnych pomiędzy salami pacjentów, centralną sterylizatornią i magazynem (https://t.ly/vNfx)



Fotografia 10. Tag RFID UHF z serii Dot XXS marki Xerafy oraz jego przykładowa aplikacja na rączce skalpela chirurgicznego (https://t.ly/rbHLL)



Fotografia 11. Tag RFID UHF z serii Dash XXS marki Xerafy oraz jego przykładowa aplikacja na zatrzasku imadła chirurgicznego (https://bit.ly/3QppRPM)

Motoryzacja

Branża automotive także intensywnie korzysta z niezawodności i szybkości, jaką daje zastosowanie automatycznej identyfikacji produktów oraz komponentów. Zastosowanie RFID i kodów kreskowych generuje pełnię możliwości, które opisaliśmy już w części poświęconej

Fotografia 12. Naklejki RFID są stosowane do etykietowania kontenerów wielokrotnego użytku, używanych do transportu komponentów m.in. w branży automotive (https://t.ly/p-Kp)

Fotografia 13. Opaski z kodami 1D i 2D, pełniące funkcję biletów wstępu (https://t.ly/3FUo)

logistyce (rejestracja przepływu komponentów i pojemników na każdym etapie produkcji – **fotografia 12**), a ponadto pozwala na szybką detekcję wadliwych egzemplarzy oraz śledzenie wszystkich innych elementów procesu (np. użycia narzędzi). Branża samochodowa dorobiła się nawet własnego standardu, określającego najważniejsze rekomendacje dotyczące parametrów technicznych i zasad stosowania RFID w przemyśle motoryzacyjnym – dokument nosi oznaczenie VDA 5500 (*VDA Basic Principles for RFID Application in the Automotive Industry*), a ten odnosi się do czterech kolejnych norm, precyzujących zagadnienia związane z pojemnikami, śledzeniem komponentów czy też dystrybucją pojazdów:

- VDA 5501 – *RFID for Container Management in the Supply Chain*,
- VDA 5509 – *AutoID/RFID-Application and Data Transfer for Tracking Parts and Components in the Vehicle Development Process*,
- VDA 5510 – *RFID for Tracking Parts and Components in the Automotive Industry*,
- VDA 5520 – *RFID in Vehicle Distribution*.

Inne przykłady aplikacji

Oprócz wymienionych wyżej zastosowań istnieją też setki innych przykładów aplikacji RFID i kodów kreskowych – pokrótce wymieńmy zatem jeszcze kilka z nich:

- **Obsługa eventów** – jednorazowe opaski wyposażone w kody kreskowe (**fotografia 13**) bądź wbudowane tagi RFID są powszechnie stosowane jako szybkie w obsłudze i bezpieczne (tj. odporne na fałszerstwa) bilety na rozmaite eventy – koncerty, festiwale, pokazy multimedialne etc. Mogą one współpracować z ręcznymi czytnikami użytkowanymi przez obsługę bądź z automatycznymi bramkami.
- **Kontrola dostępu** – karty, breloki czy też bransoletki RFID są najczęściej stosowaną metodą kontroli dostępu (ale także np. rejestracji czasu pracy) w biurach, bankach, sklepach, urzędach, szpitalach, hotelach i innych instytucjach. Możliwość łatwej personalizacji tagów poprzez nadruki (wykonywane często przez ich dystrybutorów) pozwala zachować pełną zgodność z identyfikacją wizualną marki.
- **Legitymacje** – karty RFID niemal całkowicie zastąpiły dawne legitymacje studenckie, a nawet szkolne, dając nie tylko możliwość szybkiego dostępu do danych studenta (ucznia) w systemie informatycznym instytucji, ale także szereg dodatkowych funkcjonalności – przykładowo, pozwalają one zakodować bilety komunikacji miejskiej, zaś niektóre uczelnie wprowadzają aktywowane za pomocą legitymacji bramki wejściowe do budynków.
- **Reklama wizualna** – kody QR są powszechnie stosowanym sposobem na szybkie przekazywanie informacji, np. linków do stron internetowych, promocji lub fanpage'y – co więcej, ta forma reklamy bywa stosowana zarówno na opakowaniach niewielkich produktów, jak i na wielkoformatowych billboardach. Powszechnie stosowaną praktyką jest udostępnianie dodatkowych instrukcji użytkowania, wideotutoriali lub regulaminów, co pozwala zaoszczędzić ilość papieru zużywanego na druk akcesoriów, sprzedawanych wraz z urządzeniami powszechnego użytku.
- **Parowanie urządzeń IoT** – coraz częściej można spotkać się z zastosowaniem kodów QR do przyspieszonego parowania urządzeń, wykorzystujących łączność Bluetooth bądź Wi-Fi. Przykładem mogą być tutaj kamery IP – niektórzy producenci stosują kod naklejony na obudowę urządzenia (np. do identyfikacji numeru seryjnego – **fotografia 14**), a czasem dodatkowy kod wyświetlony na ekranie aplikacji mobilnej należy „pokazać" kamerze celem przekazania jej danych niezbędnych do nawiązania połączenia z lokalną siecią Wi-Fi (**rysunek 2**).

Fotografia 14. Tabliczka znamionowa kamery IP z widocznym kodem QR, przechowującym numer seryjny urządzenia (https://t.ly/aF jt)

Identyfikacja optyczna 1D – podstawy techniczne

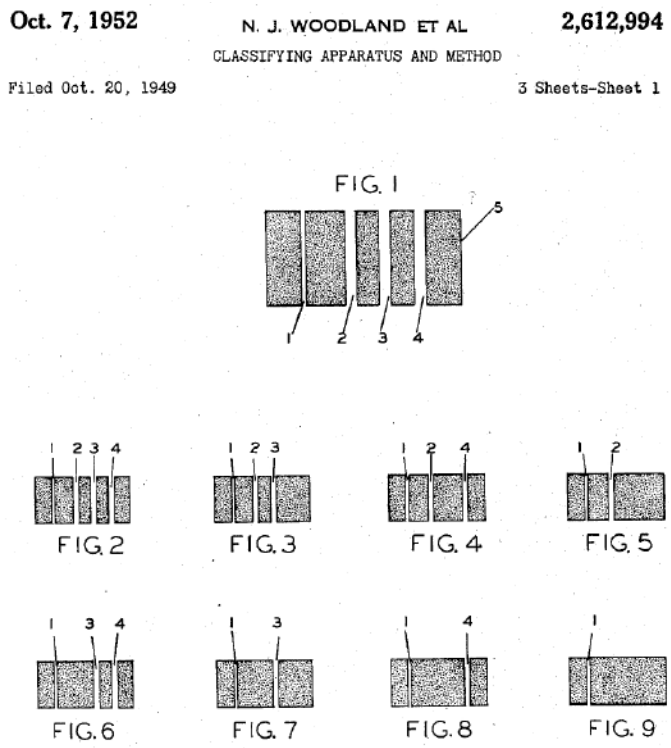
Podstawowym założeniem przyświecającym twórcom kodów kreskowych było zawarcie pewnej ilości informacji w formie możliwej do odczytu w sposób całkowicie zautomatyzowany. Zabieg taki wymagał maksymalnego uproszczenia reprezentacji znaków – naturalną konsekwencją było zatem użycie tylko dwóch poziomów jasności (w idealnym przypadku – czerni i bieli), które dają możliwie największy kontrast optyczny podczas skanowania.

Kolejną kwestią techniczną, którą należało rozwiązać, był sposób zapisu oraz odczytu informacji. Aby (za pomocą pojedynczego fotoelementu) przekonwertować ciąg czarno-białych pasków na odpowiadający im sygnał w domenie czasu, trzeba zapewnić sukcesywne skanowanie kolejnych miejsc kodu kreskowego, co można zrealizować najprościej poprzez ruch liniowy w poprzek kodu. Istnieje zatem kilka możliwości realizacji tego zadania:

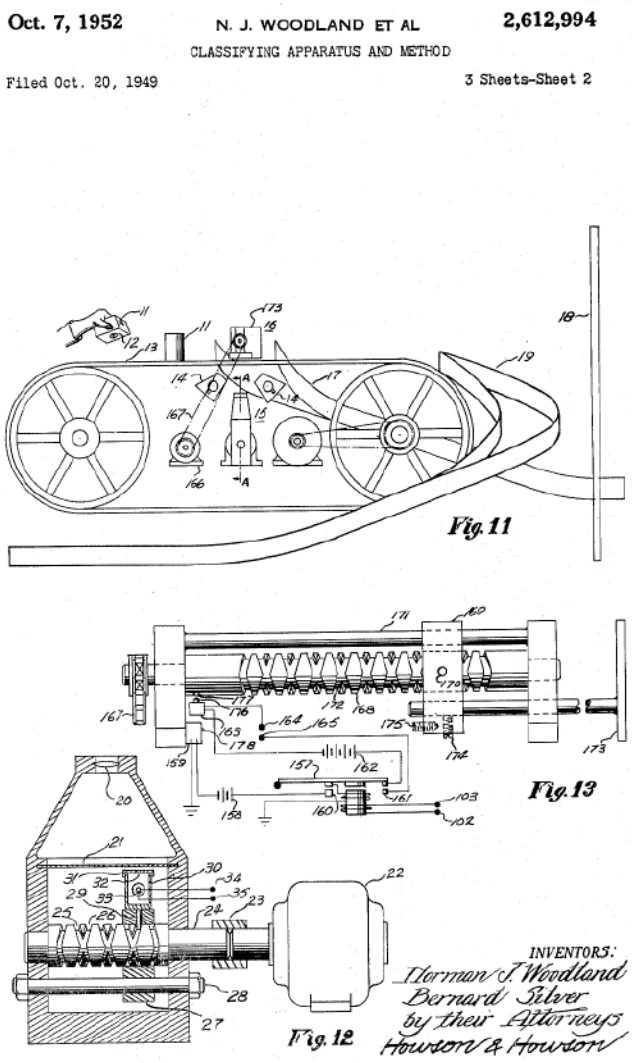
- przesunięcie całego kodu przed detektorem (oświetlacz i detektor są stacjonarne, porusza się tylko skanowany obiekt),
- jednostajne przesunięcie detektora punktowego nad kodem (kod, a więc też obiekt pozostają stacjonarne, zaś porusza się zespół detektora wraz z oświetlaczem),
- przesunięcie punktu świetlnego po powierzchni kodu (obiekt i detektor pozostają nieruchome, zaś porusza się jedynie wąska wiązka światła).

Wynalazcy kodu kreskowego i pierwszego przeznaczonego dla nich czytnika – Norman Joseph Woodland oraz Bernard Silver – zdecydowali się na zastosowanie pierwszej z opisanych technik. Zgłoszenia patentu na swoje – niezwykle innowacyjne jak na owe czasy – rozwiązanie

Rysunek 2. Producenci kamer IP korzystają z kodów wyświetlanych na ekranie aplikacji mobilnej w celu ułatwienia użytkownikom łączenia urządzeń z siecią WLAN (https://t.ly/vGhK)



Rysunek 3 Pierwszy kod kreskowy uwidoczniony w patencie amerykańskim nr US2612994 (źródło: Espacenet)



Rysunek 4. Propozycja automatycznego czytnika kodów kreskowych (patent US2612994). Źródło: Espacenet

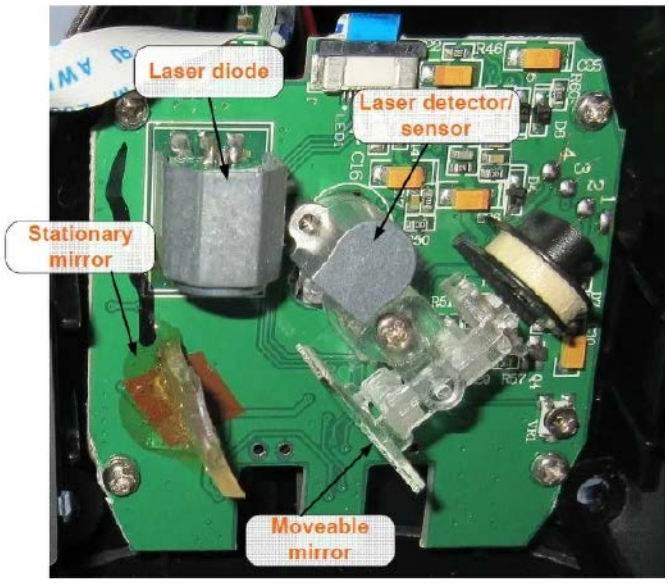
Fotografia 15. Przykładowy skaner kodów kreskowych typu pen (wand) (https://t.ly/_lVr)

dokonali w 1951 roku, zaś amerykańskie prawo ochronne o numerze US2612994 otrzymali rok później. W dokumencie znajdujemy opis prostego kodu kreskowego (**rysunek 3**) oraz urządzenia odczytującego, bazującego na… przezroczystym przenośniku taśmowym, transportującym odpowiednio ułożone towary nad zespołem czytnika optycznego (**rysunek 4**). Choć nietrudno dziwić się, że rozwiązanie to zostało wyparte przez skanery laserowe, to zdecydowanie utorowało ono drogę nowej technologii automatycznej identyfikacji.

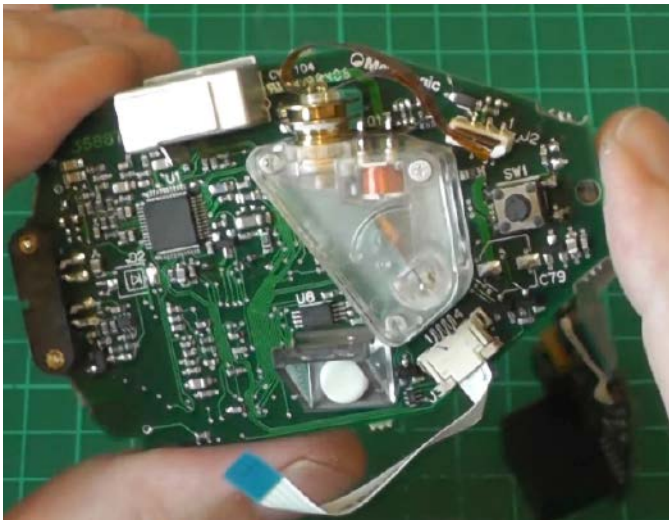
Znając wspomniane trzy konfiguracje, pozwalające na uzyskanie efektu skanowania, można łatwo wyobrazić sobie ich realizacje praktyczne.

Skanery typu pen (in. wand) zawierają niewielką, sferyczną soczewkę, umieszczoną na końcu obudowy o kształcie zbliżonym do długopisu (**fotografia 15**) i współpracującą z fotodetektorem oraz oświetlaczem. Ruch w poprzek kodu kreskowego jest zatem realizowany manualnie i wymaga od użytkownika utrzymania stosunkowo stałej szybkości przesuwu czujnika. Czytniki tego typu są urządzeniami kontaktowymi, co oznacza, że soczewka musi dotykać powierzchni kodu w czasie skanowania.

Skanery laserowe (konwencjonalne) – zastosowanie lasera półprzewodnikowego jako energooszczędnego i kompaktowego źródła światła o silnie skolimowanej wiązce spowodowało prawdziwą



Fotografia 16. Układ mechaniczno-optyczny skanera laserowego z drgającym zwierciadłem na przegubie obrotowym (https://bit.ly/3AiWjxF)



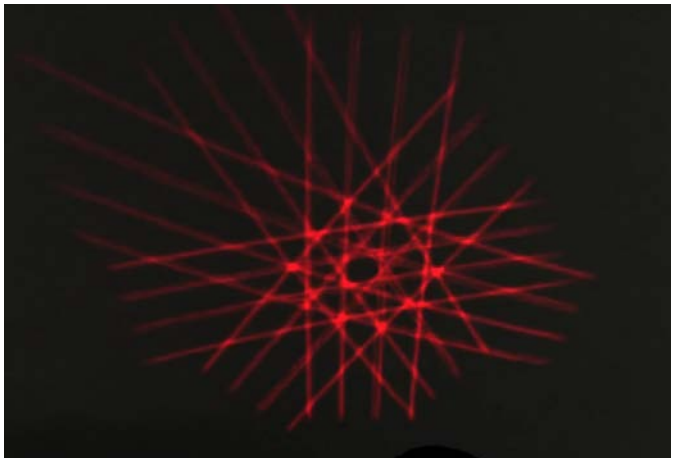
Fotografia 17. Układ mechaniczno-optyczny skanera laserowego z drgającym zwierciadłem na przegubie elastycznym (https://t.ly/SkD0)

rewolucję w świecie czytników kodów kreskowych. Obecnie najczęściej spotykaną konstrukcją jest układ optyczny z drgającym zwierciadłem, napędzanym przez niewielki elektromagnes. Odpowiednia geometria układu optycznego, zawierającego także drugie, statyczne zwierciadło, umożliwia uzyskanie szerokiego kąta skanowania przy stosunkowo niewielkiej amplitudzie oscylacji. Rzecz jasna, w celu prawidłowego odczytania kodu konieczne jest zastosowanie sprzężenia zwrotnego, pozwalającego na weryfikację położenia i odpowiednie sterowanie ruchem zwierciadła.

W praktyce stosowane są dwie główne odmiany konstrukcji części mechanicznej skanerów laserowych. Pierwsza z nich zawiera obrotowy element w postaci dźwigni dwustronnej, która na jednym końcu ma zamontowane zwierciadło, zaś na drugim – magnes stały, tworzący wraz z pobliskim elektromagnesem niewielki aktuator (**fotografia 16**). Inna koncepcja, stosowana m.in. w popularnych skanerach Voyager, bazuje na części ruchomej, złożonej ze zwierciadła przyklejonego do (zamocowanej jednostronnie) metalowej płytki elastycznej (**fotografia 17**). Zasilenie elektromagnesu przebiegiem prostokątnym o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości rezonansowej układu blaszka-zwierciadło powoduje wprowadzenie całości w rezonans mechaniczny, co zapewnia stabilne drgania układu, bez konieczności stosowania jakichkolwiek przegubów obrotowych. Warto dodać, że praca w rezonansie mechanicznym wymaga pewnego czasu na ustabilizowanie drgań po włączeniu zasilania – efekt ten można zauważyć tuż po uruchomieniu skanera, obserwując linię tworzoną przez wiązkę laserową na płaskim podłożu.

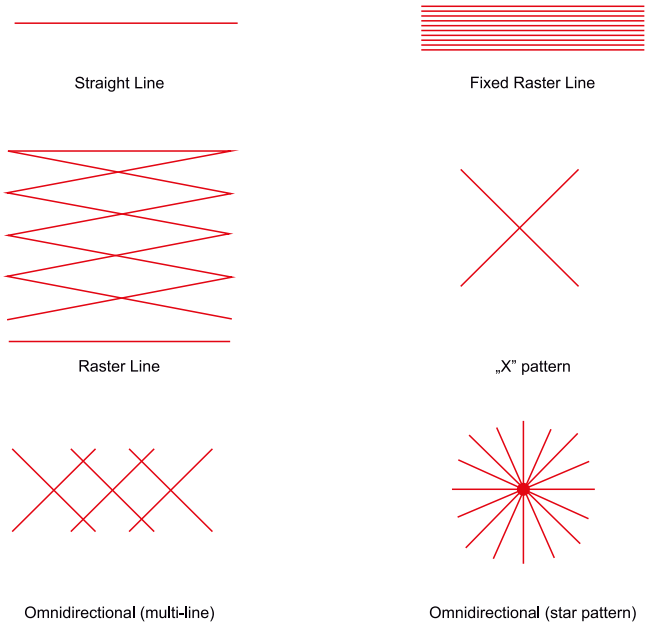
Skanery laserowe wielokierunkowe stanowią modyfikację konwencjonalnego skanera, polegającą na rozbudowie o zestaw dodatkowych zwierciadeł, umożliwiających uzyskanie zestawu linii świetlnych zamiast pojedynczego odcinka. Producenci stosują także specjalne techniki, pozwalające na zwiększenie pokrycia obrazowanej powierzchni liniami światła laserowego – ciekawy przykład można zaobserwować w odcinku 637 znanego videobloga EEVblog (https://t.ly/Ep_B). Pokazany na filmie skaner Symbol LS9208 marki Motorola zawiera pięć zwierciadeł płaskich ustawionych radialnie wokół ruchomego zwierciadła – odpowiadają one za odchylanie wiązek pod różnymi kątami. Obrotowe, czworoboczne zwierciadło o zróżnicowanym nachyleniu ścianek jest synchronizowane za pomocą znajdującego się na płytce drukowanej transoptora odbiciowego, a kolejne – w tym przypadku drgające – zwierciadło ma za zadanie dodatkowo „wypełniać" badany obszar pomiędzy liniami tworzonymi przez zwierciadło obrotowe. Widok wnętrza urządzenia pokazano na **fotografii 18**. Białe krążki umieszczone w czterech narożnikach całego zespołu skanera stanowią amortyzację, chroniącą czułą optykę urządzenia przed

Fotografia 18. Wnętrze wielokierunkowego skanera kodów kreskowych symbol LS9208 marki Motorola (https://t.ly/Ep_B)



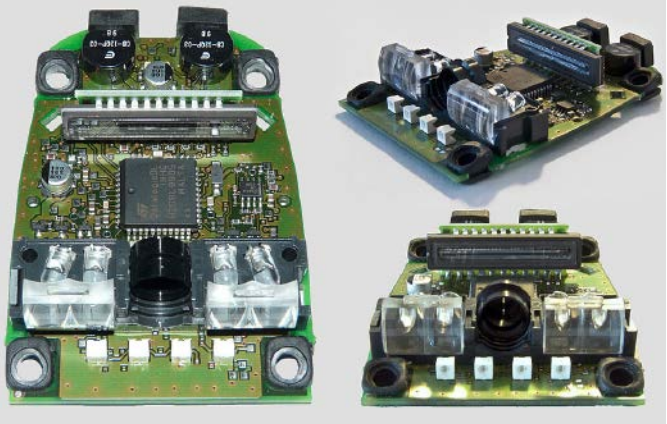
Fotografia 19. Obraz linii światła laserowego na płaskiej powierzchni, uzyskany za pomocą skanera symbol LS9208 po zablokowaniu zwierciadła oscylacyjnego (https://t.ly/Ep_B)

drganiami, przenoszonymi poprzez obudowę. W urządzeniu zastosowano także szereg innych, interesujących rozwiązań technicznych – Czytelników zainteresowanych szczegółami jego konstrukcji zachęcamy do obejrzenia przytoczonego odcinka na kanale EEVblog.



Rysunek 5. Porównanie obrazów wiązek laserowych w konwencjonalnych oraz wielokierunkowych skanerach kodów kreskowych (https://t.ly/E8zx)

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)



Fotografia 20. Moduł skanera CCD, przeznaczonego do odczytywania kodów kreskowych 1D. W przedniej części PCB widoczny jest centralny obiektyw oraz dwa podwójne kolimatory, współpracujące z diodami oświetlacza LED. W tylnej części płytki można zauważyć – ustawiony ortogonalnie do jej powierzchni – liniał CCD (https://t.ly/IWET)

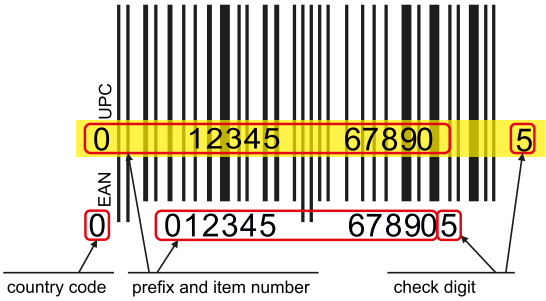
Opisany wcześniej skaner symbol LS9208 generuje podstawowy wzór 5 zestawów linii równoległych (po 4 na każdy z nich), rzutowanych pod różnymi kątami (**fotografia 19**) i dodatkowo przesuwanych przez drgające zwierciadło. Warto jednak wiedzieć, że producenci skanerów wielokierunkowych stosują często także zupełnie inne przebiegi wiązek laserowych – przykłady pokazano na **rysunku 5**. W każdym przypadku celem takich zabiegów jest umożliwienie odczytania kodów o różnych rozmiarach, umieszczonych pod dowolnym kątem względem obudowy skanera.

Czytniki CCD bazują na całkowicie innych założeniach, niż opisane powyżej skanery laserowe. W tym przypadku mamy bowiem do czynienia z urządzeniami w pełni statycznymi – brak tutaj jakichkolwiek elementów ruchomych, a nawet… samego lasera, gdyż akwizycja obrazu odbywa się w świetle zastanym (oświetlenie zewnętrzne lub światło emitowane przez ekran, wyświetlający kod kreskowy) bądź w rozproszonym świetle wbudowanego iluminatora LED, wyposażonego w stosowne kolimatory. Obraz kodu jest rzutowany przez obiektyw na linijkę fotoelementów CCD, zatem wynikiem akwizycji jest tutaj nie sygnał napięcia w dziedzinie czasu, ale… obraz o wysokości jednego piksela i szerokości równej rozdzielczości zastosowanego liniału CCD. Takie rozwiązanie, pozbawione napędów oraz (drgających i statycznych) zwierciadeł, pozwala na znaczną miniaturyzację czytników, czyniąc tę technologię doskonałym wyborem dla producentów modułów OEM. Przykład tego typu zespołu pokazano na **fotografii 20**.

Rodzaje kodów kreskowych (1D)

Kilka dekad rozwoju technik identyfikacji optycznej doprowadziło do powstania dziesiątek odmian kodów kreskowych. Niektóre z nich są uniwersalne i przyjęły się w wielu branżach, inne pozostają domeną wąskiej grupy specjalistycznych aplikacji. Poniżej prezentujemy wybór kilku spośród najczęściej spotykanych kodów jednowymiarowych.

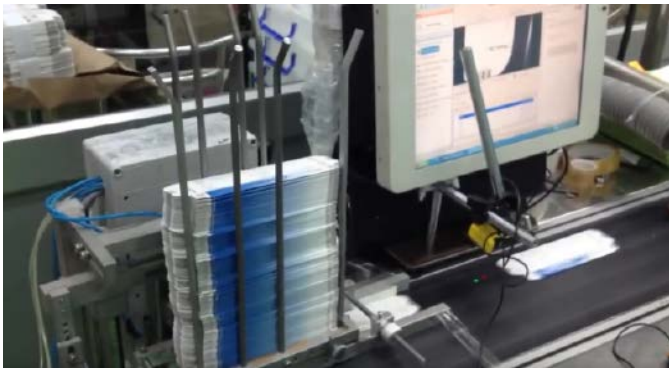
- **EAN-13** – najczęściej używany w globalnym handlu, 13-cyfrowy kod wykorzystywany do numerowania produktów o określonej masie bądź pojemności. W ramach kodu EAN-13 zapisany jest numer GTIN-13, będący identyfikatorem danego produktu. Na początku numeru znajduje się trzycyfrowy kod kraju (np. 590 dla produktów polskich), kolejne bloki (o zmiennej długości) kodują nazwę producenta oraz konkretne produkty – wyjątkiem jest ostatnia cyfra, pełniąca funkcję sumy kontrolnej. Skrócona odmiana EAN-13 (EAN-8) jest stosowana na produktach o niewielkich wymiarach opakowania.
- **UPC-A** – kod stosowany w handlu amerykańskim i kanadyjskim, był podstawą do opracowania EAN-13. Od strony technicznej (sposób kodowania cyfr i liczenia sumy kontrolnej) jest identyczny, a różnica jest widoczna tylko w graficznym ułożeniu numerycznej reprezentacji identyfikatora towaru, stanowiącej „podpis" umieszczony poniżej właściwego kodu. Dodatkowa cyfra na początku kodu EAN-13 (i zapisana poprzez sposób kodowania lewej grupy cyfr) pozwala bowiem rozszerzyć zakres numeracji na inne kraje świata (dla USA i Kanady ma ona wartość zero). Porównanie obydwu opisanych powyżej systemów pokazano na **rysunku 6**. Podobnie jak w przypadku EAN-13, także UPC-A doczekał się swojej skróconej wersji, oznaczonej UPC-E.



Rysunek 6. Porównanie kodów EAN-13 i UPC-A (https://bit.ly/3A69guQ)

- **Code 39** – inaczej kod „3 z 9", w podstawowej wersji pozwala na zapis (łącznie 43) znaków alfanumerycznych (cyfry oraz wielkie litery) i kilku znaków specjalnych (spacja, '-', '.', '$', '/', '+', '%' oraz '*'), choć istnieje także wersja Code 39 plus, pozwalająca na zakodowanie 128 znaków z tablicy ASCII (poprzez zastosowanie sekwencji dwuznakowych). Długość kodu 3 z 9 nie jest formalnie ograniczona. Co ważne, pierwszy oraz ostatni znak to „*" – są one używane do określenia kierunku skanowania. Wadą kodu 39 jest mała gęstość zapisu danych, co oznacza, że zapisanie dłuższego ciągu znaków okazuje się niemożliwe przy niewielkiej ilości miejsca na etykietowanym przedmiocie.
- **Code 128** – wspomnianej powyżej wady pozbawiony jest kod 128, zaprojektowany do obsługi ciągów alfanumerycznych oraz znaków specjalnych i oferujący większą gęstość zapisu danych. Po znaku startu następuje ciąg danych (znaków ASCII), suma kontrolna oraz znak stopu, przy czym zapis ciągu ASCII może wykorzystywać jedną z trzech „palet", oznaczonych skrótami 128A, 128B oraz 128C. Kod 128 jest szeroko stosowany w ogólnoświatowej branży transportowej.
- **PHARMA-CODE** – binarny kod kreskowy, którego marka jest własnością firmy Laetus. Stosowany od wielu lat w przemyśle farmaceutycznym do znakowania opakowań oraz ulotek leków w celu kontroli jakości druku i poprawności pakowania. Pozwala

Fotografia 21. Przykładowe opakowanie leku z widocznymi kodami PHARMA-CODE (https://bit.ly/3vU1RfC)



Fotografia 22. Stanowisko kontroli wizyjnej opakowań leków z czytnikiem kodów PHARMACODE, zawieszonym nad przenośnikiem taśmowym (https://bit.ly/3d8GxML)

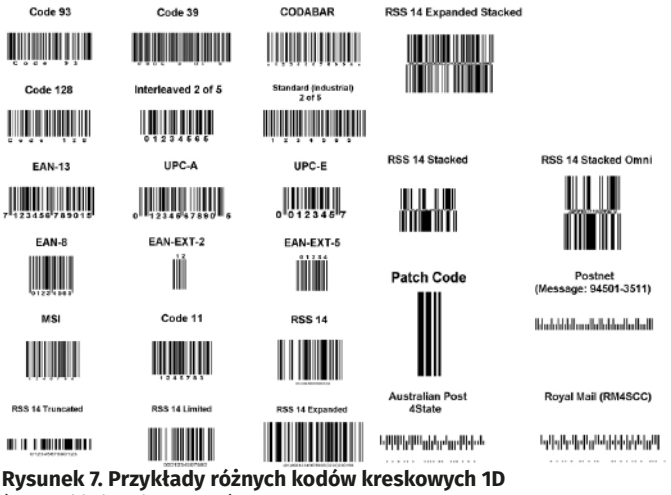
Fotografia 23. Opakowania leków wyposażone w kod Data Matrix (https://bit.ly/3Qg36xS)

na zapisanie liczby całkowitej w zakresie dziesiętnym od 3 do 131070 (czyli – binarnie – od 0x3 do 0x1FFFE). Warto zwrócić uwagę, że każdy dopuszczony do użytku lek ma dodatkowe oznaczenia, widoczne na zakładkach kartonowego opakowania, brzegach ulotek, etc. (**fotografia 21**) – zastosowanie odpowiednich czytników w procesie pakowania (**fotografia 22**) pozwala zweryfikować nie tylko, czy informacje na opakowaniu zostały wydrukowane poprawnie (np. pod względem odwzorowania kolorów), ale także, czy nie wystąpiły błędy w kompletacji. Nietrudno sobie wyobrazić, jak krytycznie ważne dla bezpieczeństwa pacjentów jest uniknięcie sytuacji, w której lek o danym stężeniu substancji czynnej jest pakowany w pudełko (lub wyposażony w ulotkę), przeznaczone dla wersji o zupełnie innym stężeniu, a nawet – dla diametralnie innego farmaceutyku. Od pewnego czasu można zauważyć, że wiele firm rezygnuje ze stosowania PHARMA-CODE na rzecz kodów dwuwymiarowych (głównie Data Matrix), pozwalających na zapisanie większej ilości informacji (**fotografia 23**).

W użyciu jest jednak znacznie więcej odmian kodów kreskowych, nierzadko przeznaczonych do bardzo wąskiej grupy zastosowań – na **rysunku 7** można zobaczyć niektóre z nich.

Anatomia kodu kreskowego

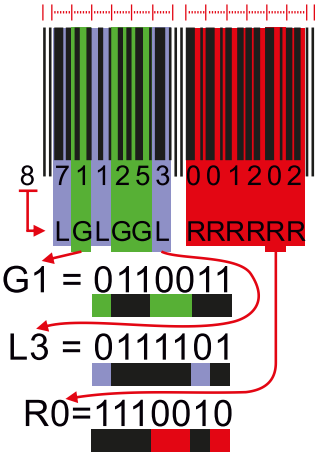
Jak już wspomnieliśmy, poszczególne rodzaje kodów kreskowych diametralnie różnią się pod względem sposobu kodowania poszczególnych znaków, a więc – co za tym idzie – także gęstości zapisu danych, możliwości wykrywania lub minimalizowania ryzyka błędów odczytu, etc. Nie sposób zatem podać jednego, uniwersalnego opisu



Rysunek 7. Przykłady różnych kodów kreskowych 1D (https://bit.ly/3C8Ysh5)

pozwalającego zrozumieć budowę wszystkich stosowanych w praktyce systemów identyfikacji optycznej. Dlatego w artykule omówimy pokrótce sposób konstrukcji kodów EAN-13 jako doskonały (choć w żadnym wypadku nie uniwersalny) przykład metodologii znakowania paskowego.

Na **rysunku 8** pokazano przykładowy kod EAN-13, za pomocą którego zapisano identyfikator 8 711253 00120 wraz z sumą kontrolną (ostatnia cyfra 2). Pierwszy z trzynastu znaków decyduje o sposobie zapisu kolejnych cyfr – podczas gdy lewa grupa (711253) stosuje zapis kolejnych cyfr według kodowania parzystego (*even* – oznaczonego jako G) lub nieparzystego (*odd* – oznaczonego jako L), to prawa grupa (001202) zawsze jest zapisywana z użyciem kodowania parzystego (R – patrz **tabela 1**). Zapis poszczególnych cyfr od 0 do 9 według kodowań G, L i R zaprezentowano na **rysunku 9** – każdy znak składa się z odpowiedniego ułożenia dwóch pasków czarnych o różnych szerokościach, przy czym „rozdzielczość" każdego znaku wynosi 7 (innymi słowy – każdy znak jest kodowany przez zestaw o szerokości równej 7-krotności najcieńszego możliwego paska czarnego lub białego). Taki pozornie skomplikowany sposób zapisu umożliwia oprogramowaniu



Rysunek 8. Przykładowy kod EAN-13 rozebrany na czynniki pierwsze (https://bit.ly/3p7fV1p)

Tabela 1. Układy kodowania cyfr w obu grupach znaków kodu EAN-13 (litery L, G oraz R oznaczają parzystość – patrz opis w tekście)
Źródło: https://bit.ly/3p7fV1p

Pierwsza cyfra identyfikatora	Kodowanie lewej grupy cyfr	Kodowanie prawej grupy cyfr
0	LLLLLL	RRRRRR
1	LLGLGG	RRRRRR
2	LLGGLG	RRRRRR
3	LLGGGL	RRRRRR
4	LGLLGG	RRRRRR
5	LGGLLG	RRRRRR
6	LGGGLL	RRRRRR
7	LGLGLG	RRRRRR
8	LGLGGL	RRRRRR
9	LGGLGL	RRRRRR

Rysunek 9. Sposób kodowania znaków według parzystości *odd* (na niebieskim tle) i *even* (na zielonym tle) dla lewej grupy znaków oraz *even* dla prawej grupy znaków (na czerwonym tle) – dotyczy kodu EAN-13 (https://bit.ly/3p7fV1p)

czytnika rozpoznanie kierunku danych – pierwszy znak z lewej grupy zawsze ma kodowanie nieparzyste (L), zaś z prawej – parzyste (R). Co więcej, kod zapewnia kompatybilność z UPC-A – w przypadku, gdy pierwsza cyfra identyfikatora ma wartość zero (w naszym przykładzie jest to 8, dlatego od razu widać, że mamy do czynienia z EAN-13), cała lewa grupa cyfr jest zapisana z użyciem kodowania nieparzystego (dokładnie tak, jak wymaga tego kod UPC-A). Podwójne kreski o jednostkowej szerokości, umieszczone na początku i końcu oraz w środku kodu, stanowią markery kontrolne. Dodatkowo, poza markerami granicznymi należy umieścić pustą przestrzeń (w kolorze tła kodu, np. białym), stanowiącą niezbędny w przypadku prawie wszystkich kodów kreskowych obszar „ciszy" (ang. *quiet zone*).

Suma kontrolna w przypadku kodów EAN-13 jest liczona poprzez zsumowanie iloczynów kolejnych cyfr identyfikatora (od pierwszej do dwunastej) z wagami, ułożonymi na przemian (1,3,1,3,1,3,...), a następnie zaokrąglenie uzyskanej liczby w górę i obliczenie różnicy oryginalnej sumy ważonej z jej zaokrągloną wersją. Dla naszego przykładowego kodu otrzymamy zatem następujące obliczenia:

Suma ważona: 8·1+7·3+1·1+1·3+2·1+5·3+3·1 +0·3+0·1+1·3+2·1+0·3=58

Zaokrąglenie sumy: 60

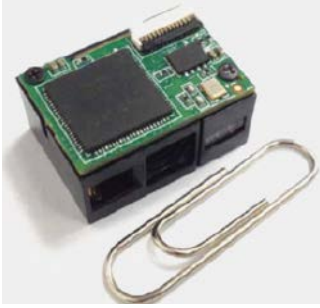
Różnica: 60–58=2

Identyfikacja optyczna 2D – podstawy techniczne

Upowszechnienie urządzeń mobilnych, wyposażonych w doskonałej jakości kamery, a także rozwój czytników bazujących na wysokorozdzielczych matrycach CMOS/CCD i zaawansowanych algorytmach wizyjnych spowodowały znaczny wzrost zainteresowania kodami dwuwymiarowymi, które – już przy niewielkich rozmiarach – mogą przechowywać nieporównanie więcej informacji niż kody jednowymiarowe. Także w tym przypadku istnieje szereg standardów zapisu danych, choć liczba używanych w praktyce kodów jest nieporównanie mniejsza niż w przypadku kodów 1D.

Budowa czytników 2D

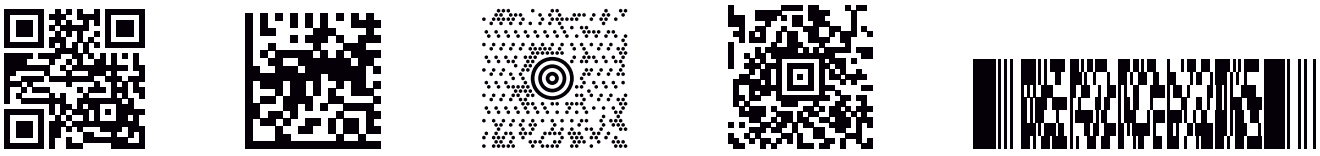
Skanowanie laserowe, które doskonale sprawdza się w odniesieniu do klasycznych kodów kreskowych (w dosłownym znaczeniu), nie sprawdziłoby się w świecie kodów 2D – dlatego też współczesne czytniki bazują na szybkich matrycach o odpowiednio wysokiej rozdzielczości, a także wbudowanych oświetlaczach LED i wydajnych procesorach wizyjnych. Zastosowanie kamer pozwala na pracę zarówno z kodami wyświetlanymi na ekranach (najczęściej urządzeń mobilnych), jak i wydrukowanymi lub wytworzonymi w inny sposób (np. za pomocą znakowania laserowego). Zmiana podejścia do odczytywania kodów powoduje zatem, że istnieje możliwość znacznego zminiaturyzowania czytników (nie wymagają one bowiem żadnych elementów ruchomych), czego dowodem są kompaktowe moduły OEM – np. model Superlead 2102N (**fotografia 24**). W module o wymiarach zaledwie 21×15×12 mm zmieściła się nie tylko kamera o rozdzielczości 640×480 px, ale także podwójny system oświetlaczy i wbudowany procesor wizyjny, obsługujący kody jednowymiarowe (UPC, EAN, Code 128, Code 39, Code 93, DataBar i in.) o rozdzielczości rzędu 4 milsów (!) oraz dwuwymiarowe (QR Code, PDF417, Data Matrix, Maxi Code, Aztec i inne).



Fotografia 24. Miniaturowy moduł czytnika OEM kodów 1D/2D – Superlead 2102N (https://bit.ly/3Pesa77)

Warto dodać, że – o ile w przypadku czytników laserowych wiązka oświetlająca stanowiła jednocześnie marker pozwalający na łatwe wycelowanie urządzenia w odczytywany kod – o tyle w przypadku urządzeń 2D wymagane jest do tego celu dodatkowe źródło światła. Dlatego też w większości czytników – oprócz właściwego iluminatora, pozwalającego na pracę z kodami drukowanymi w warunkach słabego oświetlenia zewnętrznego – stosowany jest także dodatkowy układ, bazujący na laserze półprzewodnikowym bądź diodzie LED z odpowiednim kolimatorem, służący do rzutowania na środek pola obrazowania niewielkiego znacznika (najczęściej kółka lub krzyża) i nazywany mianem celownika (*ang. aimer*). Zastosowanie celownika jest bardzo istotne zwłaszcza w przypadku etykiet zawierających kilka kodów w niewielkiej odległości od siebie (np. naklejek umieszczanych

Fotografia 25. Ręczny czytnik kodów 1D/2D – Wasp WDI4700. Widoczny efekt działania celownika laserowego (czerwony krzyż centralny i punkty określające obszar skanowania) oraz zielona plamka, informująca o poprawnym dokonaniu odczytu (https://bit.ly/3dmdp4X)



QR Code 2D Barcode | DataMatrix 2D Barcode | Maxicode 2D Barcode | Aztec 2D Barcode | PDF417 2D Barcode

Rysunek 10. Przykłady najczęściej spotykanych kodów kreskowych 2D (https://bit.ly/3A82nZT)

przez dystrybutorów komponentów elektronicznych na torebkach strunowych). W wielu urządzeniach występuje ponadto dodatkowy oświetlacz (zwykle w postaci zielonej diody LED), rzutujący na sczytywany kod plamkę światła, będącą potwierdzeniem poprawnego zeskanowania identyfikatora (**fotografia 25**).

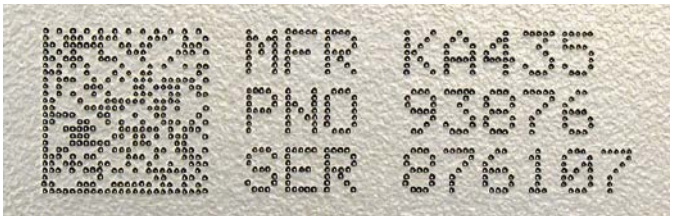
Fotografia 26. Poważnie uszkodzony kod QR, którego odczytanie wciąż jest możliwe dzięki zastosowanej korekcji błędów (https://bit.ly/3C4fWL8)

Rodzaje kodów 2D

W praktyce stosowanych jest najczęściej pięć głównych odmian kodów 2D, które pokrótce omówimy poniżej (**rysunek 10**).

- **QR Code** – zdecydowanie najczęściej spotykany w codziennym życiu standard identyfikacji optycznej, wynaleziony w 1994 roku przez japońskiego inżyniera Masahiro Hara z firmy Denso Wave. Można wyróżnić 40 wersji, różniących się rozmiarami – liczba modułów w każdej osi macierzy (czyli – najprościej rzecz ujmując – jednostkowych „pikseli" kodu) – wynosi N×4+17, gdzie N to numer wersji; przykładowo, kod w wersji 3 ma wymiary 29×29 modułów. Zastosowanie jednego z czterech poziomów korekcji błędów metodą Reeda–Solomona pozwala – kosztem nieco większych wymiarów – odtworzyć nawet poważnie uszkodzony kod. Zachęcamy naszych Czytelników do przetestowania kodu umieszczonego na **fotografii 26** za pomocą jednego z darmowych skanerów QR w postaci aplikacji mobilnych.
- **Data Matrix** – drugi spośród najczęściej stosowanych kodów 2D, szeroko wykorzystywany w zastosowaniach przemysłowych z uwagi na dużą gęstość upakowania danych – stąd też kod można spotkać na niewielkich opakowaniach leków (np. dozownikach), płytkach drukowanych (**fotografia 27**), małych urządzeniach, komponentach elektronicznych (warto zajrzeć do normy EIA 706 – *Component Marking*) czy też rozmaitych podzespołach samochodowych, a nawet kosmicznych (dociekliwym Czytelnikom zwracamy uwagę na standardy AS9132, NASA-STD-6002 oraz NASA-HDBK-6003). Z uwagi na szeroki zakres zastosowań, kody Data Matrix często wykonuje się za pomocą technik innych niż normalny wydruk – np. poprzez znakowanie laserowe (**fotografia 28**) lub mikroudarowe (**fotografia 29**).
- **PDF417** stanowi przykład kodu piętrowego, mającego charakterystyczne sekwencje startu i stopu oraz 1…30 modułów danych (określanych jako *codewords*), otoczonych przez dwa moduły informujące nt. liczby wierszy czy też poziomu zastosowanej korekcji błędów. W odróżnieniu od Data Matrix, PDF417 nie nadaje się do wytwarzania metodami mechanicznymi bezpośrednio na powierzchni znakowanych detali – stąd też najczęściej kody tego typu są drukowane konwencjonalnymi metodami.
- **MaxiCode** to standard opracowany i używany przez firmę kurierską UPS do znakowania paczek. Zawiera charakterystyczną sekwencję koncentrycznej „tarczy", stanowiącej centralny znacznik pozwalający na szybką lokalizację kodu na etykietach przesyłek transportowanych za pomocą przenośników. Strukturę kodu opisuje międzynarodowy standard ISO/IEC 16023:2000.

Fotografia 28. Element metalowy z kodem Data Matrix naniesionym metodą znakowania laserowego (https://bit.ly/3pech6a)



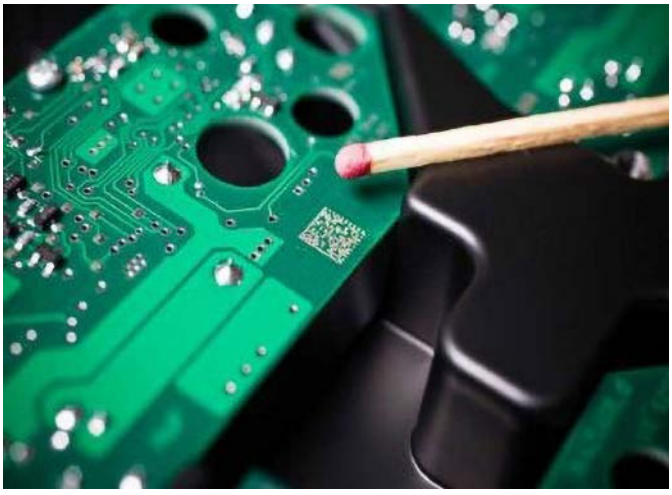
Fotografia 29. Kod Data Matrix wykonany metodą znakowania mikroudarowego (https://bit.ly/3BVMBmj)

- **Aztec** – główną zaletą tego rodzaju kodu 2D jest brak wymogów co do stosowania pustego otoczenia wokół symbolu (*quiet zone*). Także w tym przypadku (podobnie jak w standardzie MaxiCode) mamy do czynienia z centralnym znacznikiem, całość ma jednak formę ortogonalnej macierzy przypominającej strukturę kodów QR oraz Data Matrix. Kody Aztec są stosowane m.in. w polskich dowodach rejestracyjnych pojazdów.

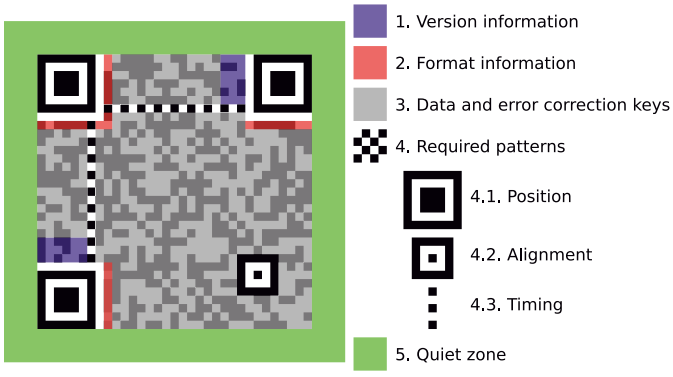
Anatomia kodu QR

Podobnie jak w przypadku kodów jednowymiarowych, teraz podamy skrót najważniejszych informacji o „anatomii" przykładowego standardu 2D – przyjrzymy się budowie kodu QR.

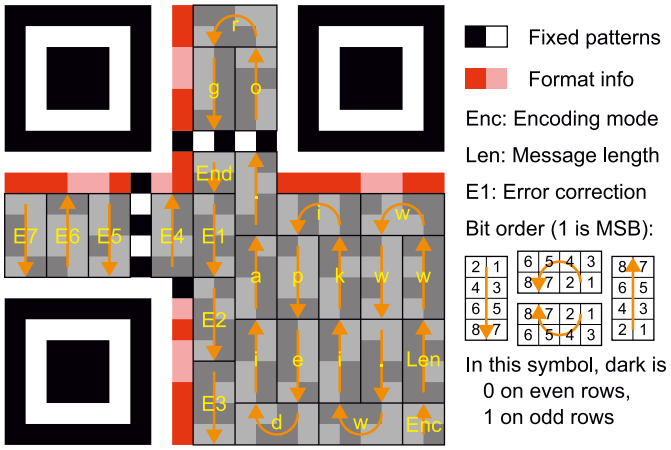
Na **rysunku 11** zaprezentowano najważniejsze strefy wymagane w kodzie QR w wersji 7 (45×45 modułów). Strefa „ciszy" (zielony obszar) powinna mieć szerokość przynajmniej 4 modułów z każdej strony kodu. Trzy kwadratowe znaczniki pozycji są umieszczone w rogach kodu, zaś dodatkowe markery wyrównujące – w zależności od rozmiaru (wersji) kodu – w równej macierzy „zsynchronizowanej" geometrycznie z wewnętrznymi krawędziami znaczników pozycyjnych.



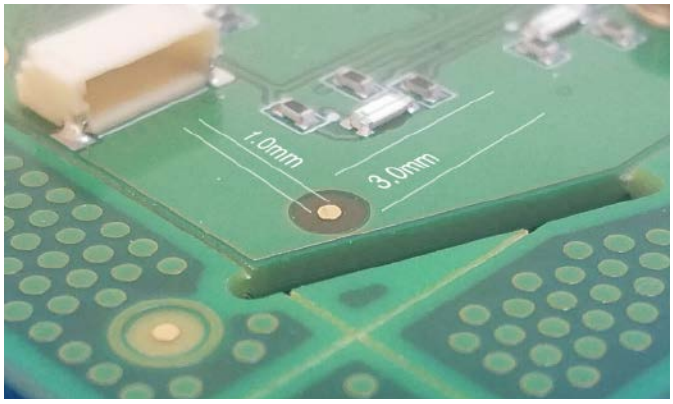
Fotografia 27. Mikroskopijny kod Data Matrix, umieszczony na powierzchni PCB (https://bit.ly/3bKA9v4)



Rysunek 11. Strefy specjalne w przykładowym kodzie QR (https://bit.ly/3puSNud)



Rysunek 12. Ułożenie elementów danych i kodów korekcji błędów w kodzie QR (https://bit.ly/3zN4yRe)



Fotografia 30. Prosty, koncentryczny marker optyczny zastosowany na PCB do automatycznego pozycjonowania dyspenserów pasty lutowniczej, maszyn pick & place oraz systemów kontroli wizyjnej (https://bit.ly/3BX5PYz)

Dodatkowo, w kodzie „zaszyte" są informacje o tzw. timingu (pozwalające oprogramowaniu wizyjnemu na narzucenie niezbędnego do dalszej analizy układu kartezjańskiego) oraz jego wersji (niebieskie pola obok leżących po przekątnej znaczników pozycyjnych) i formacie (czerwone obszary obok wszystkich markerów pozycji). Pozostały obszar kodu (zaznaczony kolorem szarym) mieści właściwe dane oraz kody korekcji błędów.

Ułożenie danych w obszarze poza opisanymi wcześniej strefami specjalnymi jest dość intuicyjne **(rysunek 12)**. Jak widać, każdy znak kodu jest zapisywany w formacie 8-bitowym według jednej z czterech możliwych konfiguracji, zależnych od położenia danego elementu na drodze wirtualnej „ścieżki odczytu". Dodatkowe pole (*Len*) pozwala na zakodowanie długości danych. Warto dodać, że w zależności od wybranego formatu kody QR mogą pracować także z danymi alfanumerycznymi, liczbowymi bądź ze znakami Kanji oraz Kana, przy czym w celu zapisu znaków o liczbie bitów różnej od 8 stosowane są odpowiednie metody konwersji i uzupełniania.

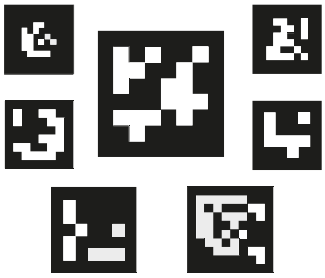
Kody trójwymiarowe, czyli dlaczego nie należy bezgranicznie ufać „internetom"

Zagłębiając się w tematykę kodów kreskowych, można zauważyć spore nieścisłości w opisie rzadziej spotykanych odmian kodów. Jak to zwykle bywa w przepastnych zasobach internetowych, niektóre źródła podają całkowicie sprzeczne informacje dotyczące kodów trójwymiarowych i – żeby było jeszcze ciekawiej – istnieją znaczne różnice pomiędzy sposobem zaliczania konkretnych metod identyfikacji do grupy kodów 3D. Wszystkie wspomniane problemy wynikają jednak z niedostatecznego zrozumienia tej tematyki.

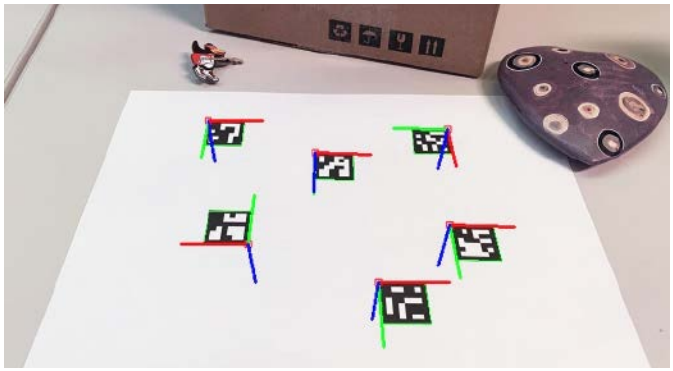
Dość powiedzieć, że niektórzy zaliczają do kodów 3D na przykład standard… QR Code (sic!). Inni tym samym mianem określają kody wielokolorowe, stanowiące np. złożenie trzech różnych, monochromatycznych kodów QR (np. czerwonego, zielonego i niebieskiego) w celu zwiększenia pojemności danych. Jeszcze inni do grupy kodów 3D zaliczają… opisane wcześniej wersje kodów 2D, ale utworzone za pomocą mechanicznych technik bezpośredniego znakowania (ang. DPM – *Direct Part Marking*), prowadzących do powstawania kodów o powierzchni nieznacznie wklęsłej (patrz fotografia 29). Wszystkie te próby klasyfikacji kodów kreskowych są rzecz jasna całkowicie błędne – jeszcze raz podkreślamy, że o wymiarowości kodu świadczy jego rzeczywista geometria, powiązana ze sposobem odczytu. Nawet jeżeli kod wykonany metodą mikroudarową faktycznie składa się z niewielkich zagłębień w powierzchni znakowanego detalu, to i tak odczytuje się go metodami optycznymi za pomocą kamer o dwuwymiarowych (X, Y) matrycach. O prawdziwych kodach 3D moglibyśmy zatem mówić jedynie w przypadku, gdyby dane były zapisywane w dwuwymiarowej macierzy (X, Y), wypełnionej modułami o zmiennej wysokości (Z), która to wysokość też sama w sobie niosłaby pewną ilość informacji – wymagałoby to jednak diametralnie innych metod odczytu. Na marginesie warto dodać, że w niektórych zaawansowanych aplikacjach stosuje się już kody korzystające z subtelnych różnic wysokości powierzchni – idea przyświecająca twórcom takich rozwiązań jest nieco zbliżona do budowy kluczy, współpracujących z zamkami antywłamaniowymi.

Kody 2D vs markery Aruco

Warto wspomnieć nieco o markerach optycznych, służących do automatycznej identyfikacji punktów odniesienia na obrazach obiektów (np. płytek drukowanych), przetwarzanych z użyciem systemów wizyjnych. O ile w prostszych przypadkach w zupełności wystarczające okazują się nieskomplikowane markery (przykład na **fotografii 30**), o tyle w bardziej zaawansowanych systemach konieczne okazuje się użycie markerów przypominających nieco opisane wcześniej kody 2D (np. QR czy Data Matrix). Jednymi z najpopularniejszych są markery z rodziny ArUco (**rysunek 13**). Ich niekwestionowaną zaletą jest fakt, że same w sobie – w przeciwieństwie np. do markerów koncentrycznych stosowanych na PCB – niosą binarną informację, pozwalającą jednoznacznie je zidentyfikować. Znaczniki takie ułatwiają zatem precyzyjne określenie np. orientacji obrazowanej sceny względem matrycy kamery – (**fotografia 31**). Cecha, która odróżnia je od wcześniej omówionych kodów 2D, leży jednak w zawartości danych – podczas gdy w niemal wszystkich wypadkach czytnik



Rysunek 13. Rodzina przykładowych markerów optycznych ArUco (https://bit.ly/3PrGaKY)



Fotografia 31. Efekt działania algorytmu określającego geometrię trójwymiarową sceny za pomocą zestawu markerów ArUco (https://bit.ly/3PrGaKY)

kodów 2D pracuje z oznakowaniem wcześniej mu nieznanym (a rozpoznaje go dzięki algorytmom ustalającym format zapisu), to systemy wizyjne korzystające z markerów ArUco (lub podobnych) szukają na obrazie symboli z predefiniowanego słownika.

Fotografia 32. Aplikator wraz z zestawem implantowalnych tagów RFID do znakowania zwierząt domowych (https://bit.ly/3PlvEEX)

Technologie radiowe – podstawy techniczne

Świat technologii RFID dzieli się na trzy główne obszary, zaś czynnikiem jednoznacznie je rozgraniczającym jest pasmo transmisji. Choć w sieci można natknąć się na informacje o tagach i czytnikach pracujących w mniej popularnych przedziałach widma częstotliwości, to zdecydowanie najczęściej mamy do czynienia z zakresami LF, HF oraz UHF. Ogólne założenia techniczne dotyczące identyfikacji radiowej obejmuje norma ISO/IEC 18000-1:2008 (*Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 1: Reference architecture and definition of parameters to be standardized*), zaś kolejne jej części traktują o komunikacji w poszczególnych pasmach częstotliwości.

LF (Low Frequency) RFID

Ta kategoria obejmuje przede wszystkim popularne karty, breloki, opaski zbliżeniowe i czytniki pracujące na częstotliwości 125 kHz, choć w handlu można (znacznie rzadziej) spotkać też urządzenia korzystające z częstotliwości 134,2 kHz lub nawet z obydwu wymienionych standardów. Tagi LF są także powszechnie spotykane w aplikacjach weterynaryjnych, zwłaszcza znakowaniu zwierząt domowych (psów i kotów) – niewielkie tagi w szklanych kapsułkach aplikuje weterynarz korzystając ze specjalnego narzędzia przypominającego strzykawkę (**fotografia 32**).

Wytyczne dotyczące technologii LF RFID są przedmiotem normy ISO/IEC 18000-2:2009 (*Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 2: Parameters for air interface communications below 135 kHz*), zaś w odniesieniu do znakowania zwierząt dostępne są także dodatkowe normy:

- ISO 14223-1:2011 – *Radiofrequency identification of animals – Advanced transponders – Part 1: Air interface*,
- ISO 14223-2:2010 – *Radiofrequency identification of animals – Advanced transponders – Part 2: Code and command structure*,
- ISO 14223-3:2018 – *Radiofrequency identification of animals – Advanced transponders – Part 3: Applications*,

przy czym wymienione dokumenty zostały opracowane w oparciu na znacznie wcześniejszych normach ISO 11784:1996 oraz ISO 11785:1996.

HF (High Frequency) RFID

Zdecydowanie najbardziej rozpowszechnione są tagi i urządzenia pracujące na częstotliwości nośnej 13,56 MHz. Tutaj zróżnicowanie aplikacji okazuje się naprawdę duże, a co za tym idzie – powstał także szereg standardów branżowych opisujących m.in. rozmaite protokoły transmisji. Oprócz zastosowań pokrywających się z tagami LF (karty, breloki i opaski, np. do kontroli dostępu czy obsługi legitymacji członkowskich), w tym samym paśmie HF pracują również karty płatnicze, bilety komunikacji miejskiej, tagi do znakowania palet (dostępne także w formie… gwoździ – **fotografia 33**) i wiele, wiele innych.

W anteny i współpracujące z nimi front-endy NFC wyposażane są obecnie niemal wszystkie produkowane w ostatnich latach urządzenia mobilne. Powszechnie używany skrót NFC (ang. *Near-Field Communication*) jest najczęściej utożsamiany z RFID 13,56 MHz, a wynika to z faktu, że właśnie w tym paśmie komunikują się urządzenia zdolne do realizacji jednego z trzech trybów pracy:

Fotografia 33. Tagi RFID w postaci gwoździ do znakowania palet, drzew i innych obiektów drewnianych (https://bit.ly/3zVQ8OG)

- **Emulacja karty NFC** – urządzenie pełni funkcję karty zbliżeniowej, korzystając np. z architektury HCE (ang. *Host Card Emulation*). W ten sposób dokonywane są płatności zbliżeniowe z użyciem smartfona zamiast klasycznej, plastikowej karty płatniczej.
- **Czytnik NFC** – urządzenie może odczytywać, a w niektórych przypadkach także zapisywać niewielkie ilości danych w pamięci tagów – tak działają m.in. aplikacje deweloperskie, dostarczane przez producentów układów NFC (np. ST Microelectronics) jako narzędzia do testowania znaczników RFID.
- **Komunikacja peer-to-peer** – dwa urządzenia aktywne (tj. wyposażone we własne zasilanie), mające moduł NFC, mogą wzajemnie wymieniać dane – przykładowo, istnieje możliwość transferu plików pomiędzy dwoma zbliżonymi do siebie smartfonami.

NFC jest zresztą ciekawym przykładem technologii, która – wyrastając „na ramionach" znanych wcześniej rozwiązań – stopniowo rozwijała się, obudowując kolejnymi normami międzynarodowymi i standardami opracowywanymi zarówno przez konkretnych producentów, jak i ogólnoświatowe organizacje. Oprócz „niskopoziomowego" dokumentu ISO/IEC 18000-3:2010 (*Information technology – Radio frequency identification for item management – Part 3: Parameters for air interface communications at 13,56 MHz*) mamy zatem szereg standardów obejmujących różne wersje protokołów, stosowanych zarówno w prostych tagach zbliżeniowych, jak i zaawansowanych systemach płatności, komunikacji peer-to-peer, etc. Przykładowo – karty identyfikacyjne pracujące w standardzie ISO/IEC 15693 mają zdecydowanie większy zasięg transmisji (różne źródła podają wartości od kilkudziesięciu centymetrów do 1,5 m) niż układy ISO/IEC 14443 typu A (max. 10 cm, zwykle do około 4 cm), stosowane m.in. w kartach płatniczych – rzecz jasna, celem ograniczenia zasięgu (choć to tylko jedna z wielu różnic) jest zwiększenie bezpieczeństwa transakcji bezgotówkowych.

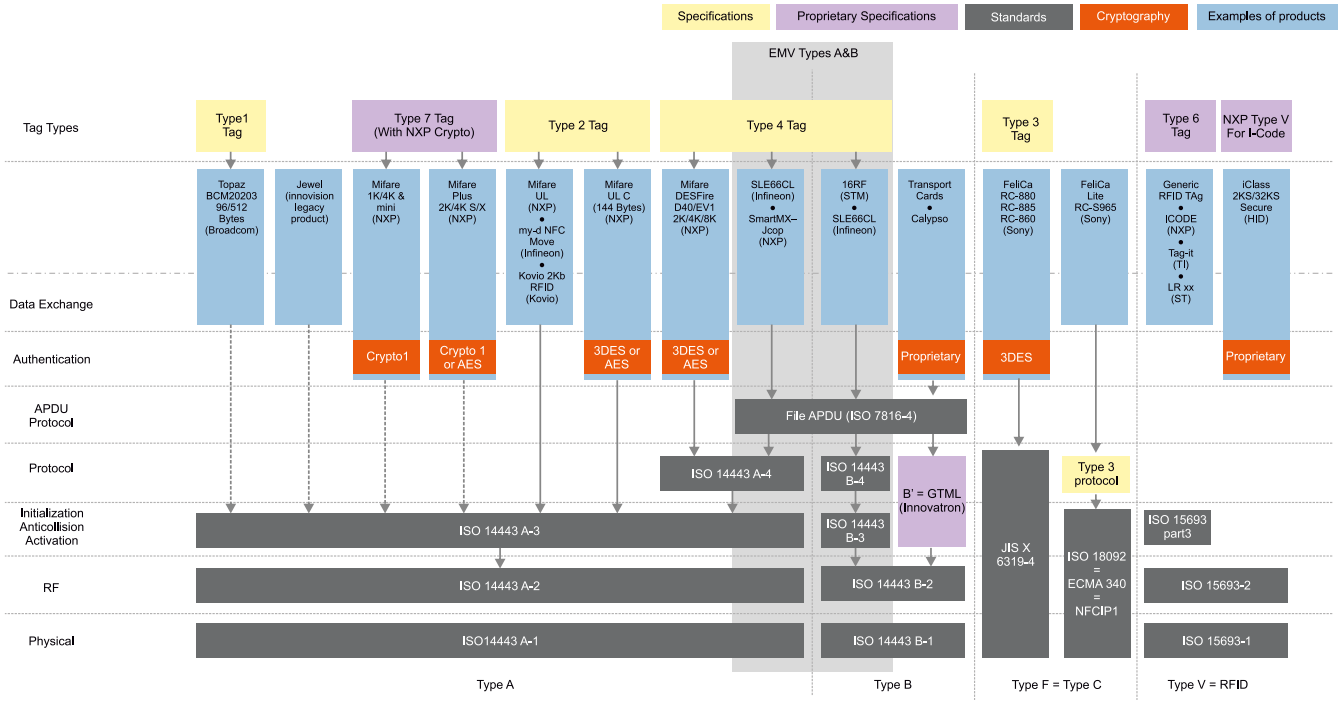
Wspomniana już rodzina standardów ISO/IEC 14443 (*Cards and security devices for personal identification – Contactless proximity objects*) obejmuje następujące dokumenty:

- ISO/IEC 14443-1:2018 – *Cards and security devices for personal identification – Contactless proximity objects – Part 1: Physical characteristics*,
- ISO/IEC 14443-2:2016 – *Cards and security devices for personal identification – Contactless proximity objects – Part 2: Radio frequency power and signal interface*,
- ISO/IEC 14443-3:2018 – *Identification cards – Contactless integrated circuit cards – Proximity cards – Part 3: Initialization and anticollision*,
- ISO/IEC 14443-4:2018 – *Cards and security devices for personal identification – Contactless proximity objects – Part 4: Transmission protocol*.

Norma ISO/IEC 14443 definiuje dwa typy tagów (A i B), różniące się parametrami transmisji na najniższym poziomie – sposobami modulacji fali nośnej, kodowania danych oraz inicjalizacji, przy czym protokół transmisji (opisany w części czwartej) pozostaje ten sam. Co więcej – rodzaje tagów określone przez międzynarodową organizację NFC Forum (Type 1…Type 4 – **tabela 2**) korzystają nie tylko z obydwu wersji 14443A/B, ale także z japońskiego standardu FeliCa (JIS X 6319-4 – *Specification of implementation for integrated circuit(s) cards – Part 4: High speed proximity cards*) – intensywnie eksploatowanego w Japonii i Singapurze.

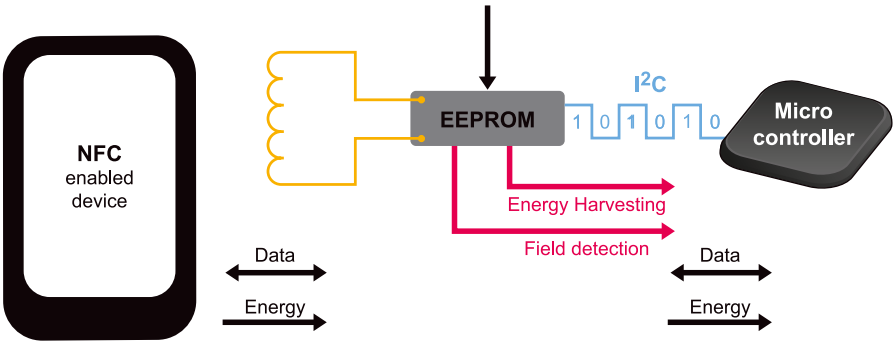
Tabela 2. Specyfikacja wersji tagów NFC wg NFC Forum i porównanie z NFC-V (typ 5, spoza specyfikacji NFC Forum). Źródło: https://bit.ly/3pfjN0j

	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Standard	ISO/IEC 14443A	ISO/IEC 14443A	ISO/IEC 18092 JIS X 6319-4 FELICA	ISO/IEC 14443A ISO/IEC 14443B	ISO/IEC 15693
Pamięć	96 B...2 kB	48 B...2 kB	2 kB	32 kB	64 kB
Prędkość transmisji	106 kbit/s	106 kbit/s	212 kbit/s, 424 kbit/s	106 kbit/s, 212 kbit/s, 424 kbit/s	26,48 kbit/s
Dostęp do pamięci	R/W/Ro	R/W/Ro	R/W/Ro	R/W/Ro/F	R/W/Ro
Antykolizyjność	Nie	Tak	Tak	Tak	Tak
(R – odczyt/W – zapis/Ro – tylko odczyt/F – wg konfiguracji fabrycznej)					



Rysunek 14. Stos protokołów NFC (https://bit.ly/3T0tGNp)

Do opisanych powyżej standardów dochodzą jeszcze kolejne, odpowiadające m.in. za specyfikację kwestii bezpieczeństwa (ISO/IEC 7816-4:2020 – *Identification cards – Integrated circuit cards – Part 4: Organization, security and commands for interchange*) czy nawiązywania połączeń P2P (ISO/IEC 18092:2013 – *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication – Interface and Protocol (NFCIP-1)*). Aby lepiej zrozumieć istotę terminologii stosowanej w świecie technologii NFC, warto uważnie przeanalizować schemat stosu protokołów, pokazany na **rysunku 14**.



Rysunek 15. Idea odzyskiwania energii przez nowoczesne tagi NFC (https://bit.ly/3phMxWh)

Energy harvesting i tagi dynamiczne

W odniesieniu do RFID 13,56 MHz często mamy do czynienia z zagadnieniem odzyskiwania energii (ang. *energy harvesting*, w skrócie EH). O ile cała technologia RFID bazuje na przekazie energii poprzez sprzężenie indukcyjne lub transmisję fal radiowych (wszak sposób zasilania tagu w celu jego odczytania to nic innego, jak właśnie przykład energy harvesting), o tyle w przypadku układów przeznaczonych do pracy z czytnikami NFC istnieje możliwość odzyskania części energii dostarczonej przez antenę czytnika do… zasilania zewnętrznych obwodów (**rysunek 15**). Rzecz jasna, nie ma tutaj mowy o zbyt dużej mocy, ale przy użyciu przemyślanych układów opartych na mikrokontrolerach ultra-low power (np. MSP430 czy STM32L0) jest to jak najbardziej możliwe.

Co więcej, nowsze układy scalone realizujące funkcję konwencjonalnych tagów NFC mogą być także znacznikami dynamicznymi. W tym przypadku pamięć nieulotna (EEPROM), której odczyt i/lub zapis realizuje zewnętrzne urządzenie (specjalizowany czytnik, smartfon, tablet, etc.) za pośrednictwem komunikacji zbliżeniowej, może być także obsługiwana „z drugiej strony", tj. za pośrednictwem interfejsu lokalnego (najczęściej I²C), przez mikrokontroler znajdujący się w urządzeniu pełniącym funkcję znacznika (**rysunek 16**). Takie rozwiązanie sprawdza się doskonale zarówno w **tagach aktywnych**, jak i **semi-aktywnych** (zwanych często mianem BAP – Battery-Assisted Passive), które – choć wyposażone w wewnętrzne źródło

energii – nie mają własnego nadajnika, ale stosują modulację obciążenia do komunikacji z czytnikiem (więcej informacji podamy w dalszej części artykułu), zaś bateria pełni funkcję pomocniczego źródła energii, np. do zasilania wbudowanych w urządzenie czujników. Jeżeli zastosowany front-end RFID zapewnia funkcjonalność EH, to tag dynamiczny może jednocześnie być… **tagiem pasywnym** (czyli pozbawionym własnego źródła energii, a zamiast niego zawiera najczęściej dość spory kondensator podtrzymujący).

UHF (Ultra-High Frequency) RFID

Choć teoretycznie pasmo rozpatrywane jako UHF obejmuje częstotliwości z zakresu od 300 do 1000 MHz, to w praktyce stosuje się podzakresy leżące w paśmie ISM: 433 MHz oraz 860–960 MHz. Jak widać, są to popularne zakresy częstotliwości stosowanych w rozmaitych systemach łączności radiowej, mamy zatem do czynienia z technologią diametralnie inną niż w przypadku omówionych wcześniej tagów LF i HF. Inne są nie tylko zasięgi transmisji (wielokrotnie większe niż dla technologii zbliżeniowych), ale także rozwiązania techniczne – zamiast anten spiralnych lub pętlowych, w czytnikach i tagach UHF występują najczęściej anteny ceramiczne lub mikropaskowe (**fotografia 34**).

Intensywny rozwój technologii UHF RFID w ostatnich latach jest możliwy dzięki upowszechnieniu standardu EPC Gen 2 (obecnie w wersji 2.1) – z dokumentem można zapoznać się za darmo w Internecie, na stronie wspomnianej wcześniej organizacji GS1 (https://bit.ly/3C0oF1b). Norma przewiduje rozmaite tryby pracy czytników, obejmując także sytuacje, w których w niewielkiej przestrzeni pracuje jednocześnie wiele takich urządzeń – wszak tutaj zasięg nie jest już ograniczony do pola bliskiego (jak w przypadku RFID LF i HF), gdyż wszystkie systemy UHF pracują w polu dalekim. Co więcej – standard EPC Gen 2 obejmuje także techniki pozwalające na odczyt wielu tagów w tym samym momencie, co umożliwia szybką inwentaryzację stanów magazynowych lub np. zestawów oznakowanych tagami narzędzi chirurgicznych. Dla zwiększonego bezpieczeństwa norma ustala także wytyczne dotyczące metod zabezpieczeń z użyciem haseł, kluczy szyfrujących, etc.

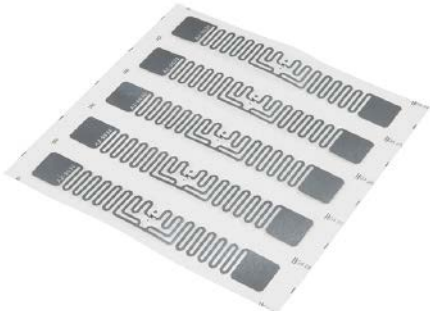
Od strony niskopoziomowej istotne dla branży UHF RFID są następujące dokumenty:

- ISO/IEC 18000-6:2013 – *Radio frequency identification for item management – Part 6: Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz General,*
- ISO/IEC 18000-61:2012 – (…) *Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type A,*
- ISO/IEC 18000-62:2012 – (…) *Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type B,*
- ISO/IEC 18000-63:2021 – (…) *Parameters for air interface communications at 860 MHz to 960 MHz Type C.*

Warto także zwrócić uwagę na nomy ISO/IEC 15961 i ISO/IEC 15962 (protokół wymiany danych), ISO/IEC 15963 (identyfikatory unikalne), ISO/IEC 18000-1 (o tym dokumencie pisaliśmy już wcześniej) oraz ISO/IEC 19762 (nomenklatura zharmonizowana) i ISO/IEC 29167-1 (bezpieczeństwo).

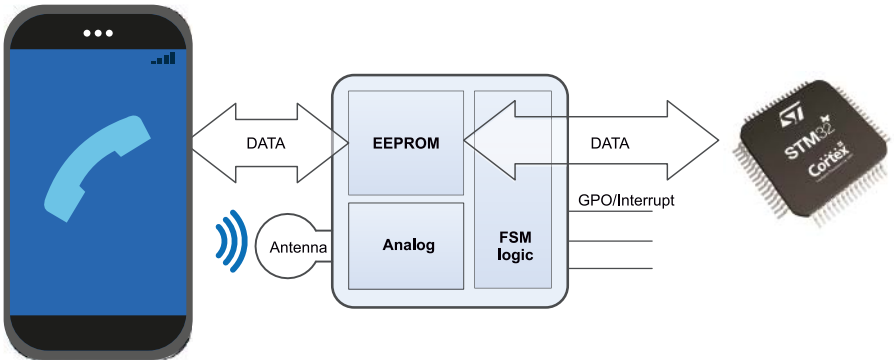
Technologie RFID LF i HF vs UHF – porównanie metod komunikacji tag

Jak wspomnieliśmy wcześniej, poszczególne techniki RFID różnią się pomiędzy sobą w kwestii metod przesyłania danych od tagu do czytnika, a najbardziej istotne różnice widać przy porównaniu urządzeń LF i HF z systemami UHF. W przypadku tych pierwszych mamy do czynienia ze sprzężeniem indukcyjnym (magnetycznym) pomiędzy antenami, tworzonymi przez jedno- lub wielozwojowe cewki (**rysunek 17**). Sygnał nadawany przez czytnik zasila tag aż do momentu jego „wybudzenia" (uruchomienia układu sterującego), po czym tag odbiera niezbędne dane z czytnika i przesyła informację zwrotną na drodze modulacji obciążenia swojej anteny (np. przez dołączanie i odłączanie rezystancji zwiększającej pobór prądu bądź pojemności, co skutkuje odstrojeniem układu rezonansowego). Te niewielkie zmiany obciążenia przekładają się na modulację napięcia zmiennego panującego na antenie czytnika, a to pozwala na odczytanie sygnału „nadanego" przez tag. Warto zwrócić uwagę, że nie mówimy tutaj o nadajniku jako takim – modulowane jest tylko obciążenie, widziane od strony front-endu czytnika.

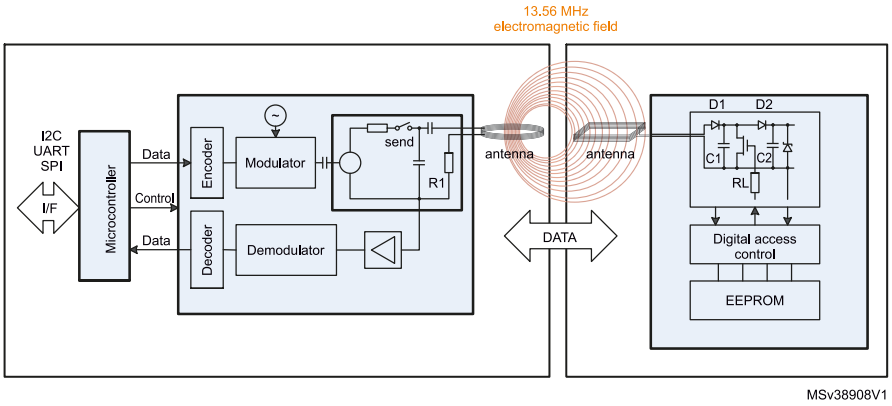


Fotografia 34. Przykładowe tagi UHF – widoczne charakterystyczne meandry tworzące anteny mikropaskowe (https://bit.ly/3QlNl8t)

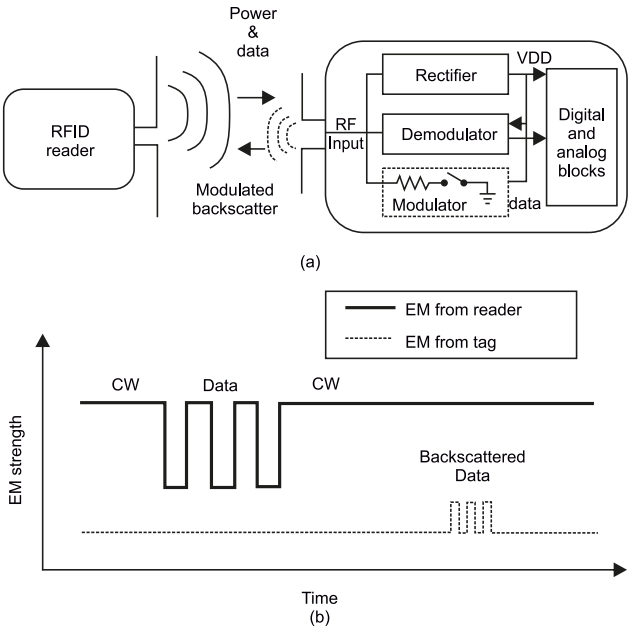
W przypadku systemów RFID pracujących w polu dalekim (głównie UHF, ale także rozwiązań mikrofalowych) antena czytnika nie może już bezpośrednio „odczuwać" zmian obciążenia, przenoszonych przez pole bliskie – fala radiowa wysłana przez nadajnik jest propagowana w otaczającą przestrzeń i nie powraca do nadajnika, jeżeli nie nastąpi silne jej odbicie lub… zjawisko rozpraszania wstecznego (ang. *backscatter*). To ostatnie zachodzi szczególnie skutecznie w sytuacji, gdy fala natrafi na układ z dobrze dopasowaną (do częstotliwości



Rysunek 16. Dynamiczny tag NFC – zasada działania (https://bit.ly/3pfjN0j)



Rysunek 17. Sprzężenie indukcyjne pomiędzy antenami czytnika i tagu RFID LF/HF. Na uproszczonym schemacie tagu zaznaczono tranzystor, pełniący funkcję elementu obciążającego antenę w rytm nadawanych danych (https://bit.ly/3pfjN0j)



Rysunek 18. Zasada działania modulowanego rozpraszania wstecznego: a) uproszczony schemat funkcjonalny tagu z zaznaczonym modulatorem w postaci obciążenia dołączanego do anteny, b) schematyczne przedstawienie przebiegu komunikacji (nie zachowano skali czasowej ani amplitudowej). Źródło: DOI: 10.1109/TMTT.2009.2029032

nośnej) anteną. Jeżeli jednak front-end RF zostanie odstrojony (np. przez dołączenie obciążenia rezystancyjnego), skuteczna powierzchnia odbicia (ang. RCS – *Reflection Cross-Section*) ulega zmianie, co wpływa na moc sygnału powracającego do czytnika – patrz **rysunek 18**. Praca w trybie modulowanego rozpraszania wstecznego umożliwia uzyskanie znacznie większego zasięgu w przypadku systemów UHF, w porównaniu do tagów i czytników LF oraz HF.

Podsumowanie

Technologie identyfikacji radiowej i optycznej ulegają ciągłym przemianom – starsze, nieefektywne techniki są wypierane przez nowsze metody i urządzenia. Zarówno w przypadku kodów kreskowych, jak i znaczników RFID podstawowe założenia w obu grupach rozwiązań pozostają niezmienne od lat – kody 1D i 2D przechowują informacje w postaci kontrastowych, geometrycznych oznaczeń, zaś tagi RFID – w formie ciągu znaków zapisanych w pamięci półprzewodnikowej. W jednym i drugim przypadku – dzięki zastosowaniu automatycznych czytników – dostęp do informacji jest natychmiastowy i całkowicie odporny na błędy grube, których nie sposób uniknąć w przypadku przepisywania i/lub odczytywania identyfikatorów przez człowieka.

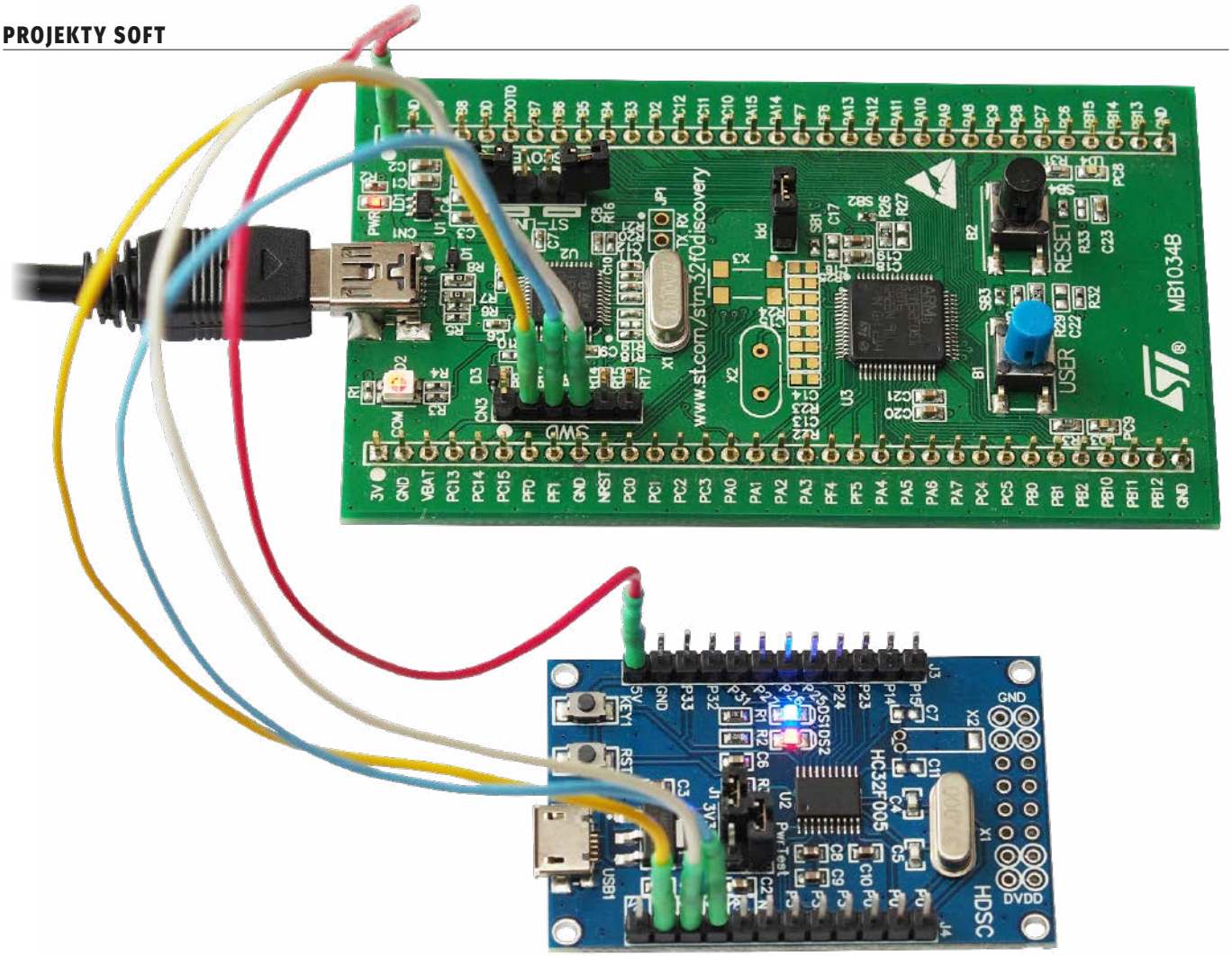
Na tych podstawowych założeniach kończy się zakres aspektów niezmiennych – modyfikacjom ulegały i w dalszym ciągu ulegają niemal wszystkie pozostałe zagadnienia metod sprzętowej identyfikacji osób i obiektów. W przypadku kodów kreskowych prawdziwą rewolucję stanowiło wprowadzenie kodów dwuwymiarowych, a wymyślne techniki zapisu danych i korekcji błędów pozwalają na znaczne zwiększenie niezawodności, nawet w sytuacjach, gdy etykieta z kodem jest uszkodzona, niekompletna lub mało kontrastowa. Trudno powiedzieć, co czeka nas w przyszłości – konwencjonalne kody kreskowe takie jak EAN-13 czy UPC-A mają się doskonale i nic nie wróży szybkiego wycofania ich z rynku na rzecz nowszych rozwiązań. Kody QR oraz Data Matrix także pozostają w ciągłym użyciu i coraz trudniej jest znaleźć opakowanie produktu (lub produkt sam w sobie), na którym nie ma choć jednego takiego oznaczenia. Próby wprowadzenia kodów wielokolorowych jak na razie spaliły na panewce, o czym przekonał się chociażby Microsoft na przykładzie kodu HCCB.

Największe zmiany zachodzą zatem w zakresie czytników – użytkownicy prywatni najczęściej stosują urządzenia mobilne (wyposażone w odpowiednie aplikacje) do obsługi wszechobecnych kodów QR, zaś zakłady przemysłowe (w których identyfikacja optyczna stanowi jeden z kluczowych elementów systemu kontroli jakości) decydują się na implementację zaawansowanych, bardzo szybkich czytników o wysokiej rozdzielczości i/lub dalekim zasięgu. Istnieją nawet doniesienia o stosowaniu… soczewek płynnych, umożliwiających automatyczne przestrajanie optyki w celu obsługi etykiet zarówno blisko, jak i daleko położonych od czytnika.

W świecie RFID zmiany zachodzą znacznie szybciej i są zakrojone na dalece szerszą skalę. Po etapie świetności systemów niskiej częstotliwości (głównie 125 kHz) popularność zyskały urządzenia i tagi NFC, a elektroniczne systemy płatności zbliżeniowych, bazujące na tej technologii, zaczęły sukcesywnie wypierać klasyczną gotówkę. Mało tego – techniki NFC zyskały nawet wsparcie legislacyjne poprzez ustanowienie obowiązku posiadania terminali płatniczych przez podmioty handlowe. Dziś moduł NFC jest wbudowany w niemal każdy nowy smartfon i wiele innych urządzeń mobilnych, słuchawek, gadżetów IoT, etc. Technologie UHF szturmem wdarły się w świat logistyki, a już zaczynają kolonizować sale operacyjne, szpitalne magazyny sprzętu medycznego, fabryki samochodów, hurtownie i niezliczoną ilość innych obszarów aplikacyjnych. A to dopiero początek rewolucji, gdyż to właśnie w tagach i czytnikach UHF upatruje się możliwości dokonania przełomu w automatycznej identyfikacji i śledzeniu obiektów. Równolegle trwają prace nad identyfikacją mikrofalową w paśmie S (2,45 GHz), która doczekała się już nawet dedykowanej normy (ISO/IEC 18000-4). A co jeszcze przyniesie przyszłość? Z pewnością udział RFID w naszym codziennym życiu będzie sukcesywnie rósł, coraz bardziej łącząc siły – podobnie jak większość współczesnych nam obszarów technologii – z rozwiązaniami IoT i IIoT.

inż. Przemysław Musz, EP

REKLAMA



Programowanie mikrokontrolerów HC32F003/ HC32F005 za pomocą programatora ST-Link

W artykule zaprezentowano sposób użycia programatora/ debuggera ST-Link do zapisu i odczytu pamięci Flash oraz SRAM mikrokontrolerów typu HC32F003 i HC32F005. Opisana metoda może być także zastosowana do programowania innych typów mikrokontrolerów z rdzeniem ARM Cortex-M i interfejsem SWD.

W praktyce każdego elektronika konstruktora zajmującego się mikrokontrolerami nadchodzi moment, gdy staje on przed problemem zaprogramowania układu, który nie jest obsługiwany przez używane środowisko IDE oraz programatory. O ile w przypadku bardziej popularnych mikrokontrolerów zdobycie odpowiedniego programatora nie stanowi większego problemu, o tyle w przypadku układów niszowych, ewentualnie używanych sporadycznie, inwestowanie w środowisko IDE i programator okazuje się trudne lub po prostu nie ma ekonomicznego uzasadnienia.

W takiej sytuacji można posłużyć się programem OpenOCD. Jednak, o ile obsługuje on dużą liczbę różnych typów programatorów JTAG i SWD, o tyle zbiór obsługiwanych przez ten program mikrokontrolerów jest ograniczony do bardziej popularnych układów. Niestety, nie zaliczają się do nich mikrokontrolery typu HC32F003 i HC32F005, z którymi przyszło pracować autorowi.

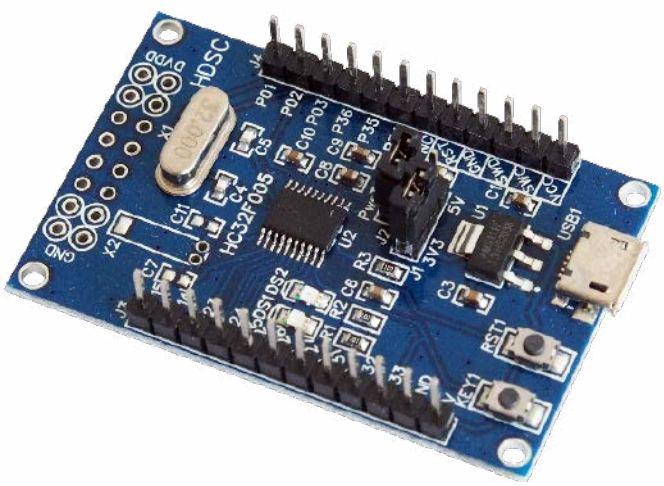
Mikrokontrolery HC32F003 i HC32F005

Układy te są produkowane przez firmę Huada Semiconductor. Należą one do bardzo szerokiej grupy układów scalonych wytwarzanych przez firmy dalekowschodnie, głównie chińskie, które są zgodne na poziomie wyprowadzeń z mikrokontrolerem typu STM8S003. Układy te są wyposażane w różne typy rdzeni, zarówno 8-bitowe, jak i 32-bitowe oraz

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

Tabela 1. Mikrokontrolery zgodne na poziomie wyprowadzeń z układem STM8S003

Lp.	Typ	Rdzeń	Maksymalna częstotliwość zegara	Pamięć	Producent
1	N76E003	8051 (1-taktowy)	16 MHz	Flash: 18 kB SRAM: 256 B+768 B	Nuvoton
2	EN8F5113	8051 (1-taktowy)	16 MHz	Flash: 8 kB SRAM: 256 B+1024 B EEPROM: 128 B	Enzhi Micro
3	SC92F8003	8051 (1-taktowy)	16 MHz	Flash: 16 kB SRAM: 256 B+256 B EEPROM: 128 B	SinOne Microelectronics
4	APT32F003	C-Sky (32-bitowy)	24 MHz	Flash: 32 kB SRAM: 2 kB	APTCHIP Microelectronics
5	APM32F003	ARM Cortex-M0+	48 MHz	Flash: 16 kB/32 kB SRAM: 2 kB/4 kB	Geehy Semiconductor
6	HC32F003/HC32F005	ARM Cortex-M0+	32 MHz	Flash: 16 kB/32 kB SRAM: 2 kB/4 kB	Huada Semiconductor
7	CX32L003	ARM Cortex-M0+	24 MHz	Flash: 32 kB/64 kB SRAM: 4 kB	Hefei Hengshuo
8	MM32F003	ARM Cortex-M0	48 MHz	Flash: 16 kB SRAM: 2 kB	Mind Motion



Fotografia 1. Płytka uruchomieniowa dla mikrokontrolera HC32F005

bogate zestawy peryferii. Układy te nie są więc zgodne na poziomie kodu programu z mikrokontrolerem STM8S003. Z powodu firmowych układów peryferyjnych nie są one również zgodne programowo między sobą, nawet jeśli mają taki sam rdzeń. Zestawienie przykładowych układów należących do tej grupy zawiera **tabela 1**.

Układy HC32F003 i HC32F005 są typowymi mikrokontrolerami z rdzeniem ARM Cortex-M0+ wyposażonymi w podstawowy zestaw układów peryferyjnych obejmujący: liczniki/timery, szeregowe układy komunikacyjne I²C, SPI i UART, 12-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy oraz komparatory analogowe. Na wyposażeniu tych mikrokontrolerów znajduje się też sprzętowy blok obliczania CRC. Cechą wyróżniającą omawiane układy na tle bardziej popularnych w naszym kraju rodzin mikrokontrolerów z rdzeniem Cortex-M0+ jest szeroki zakres napięć zasilania rozciągający się od 1,8 V do 5,5 V.

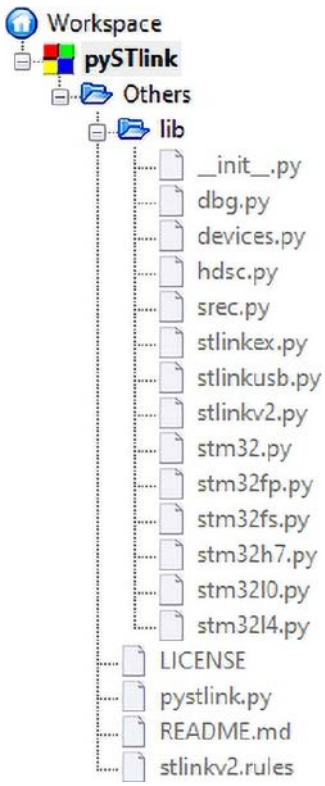
Oba układy zawierają ten sam zestaw identycznych peryferiów i różnią się jedynie rozmiarem zaimplementowanej pamięci. Układ HC32F003 jest wyposażony w 2 kB pamięci SRAM i 16 kB pamięci Flash, natomiast układ HC32F005 ma 4 kB pamięci SRAM i 32 kB pamięci Flash. Na portalach aukcyjnych dostępne są proste płytki uruchomieniowe do tych mikrokontrolerów (**fotografia 1**). Ich wyposażenie jest minimalistyczne. Poza mikrokontrolerem, stabilizatorem napięcia zasilania, rezonatorem kwarcowym i przyciskiem RESET płytki zawierają tylko jeden przycisk i jedną diodę LED, które są przeznaczone do użycia przez program użytkownika. Na płytce uruchomieniowej nie ma układu programatora. Co gorsza, układy HC32F003 i HC32F005 nie mają też fabrycznego bootloadera, przez co ich programowanie jest możliwe tylko przez interfejs SWD.

Projekt pySTlink

Producent oferuje oczywiście własny programator dla tych układów, jak również wtyczki dla środowisk IDE firm Keil i IAR, pozwalające na programowanie mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 za pomocą programatora J-Link. W przypadku używania innego środowiska IDE stanowi to dla konstruktora problem, ponieważ nie są dostępne wtyczki dla innych IDE. Co gorsza, używany zazwyczaj w takich przypadkach program OpenOCD nie obsługuje omawianych mikrokontrolerów. Implementacja w tym pakiecie obsługi innych typów mikrokontrolerów jest możliwa, jednak ze względu na złożoność oprogramowania OpenOCD nie jest to zadanie proste, nie wspominając już o konieczności późniejszej rekompilacji tak zmodyfikowanego programu.

Poszukiwania w Internecie alternatywy dla programu OpenOCD, najchętniej obsługującej popularny programator typu STLink, doprowadziły do projektu pySTlink, którego autorem jest Pavel Revak. Program ten jest dostępny na licencji MIT. Obsługuje on co prawda tylko wybrane typy mikrokontrolerów STM32, ale jest prosty i pozwala na stosunkowo łatwą implementację obsługi innych typów układów. Ponieważ program został napisany w języku Python, odpada konieczność rekompilacji zmodyfikowanego kodu.

Pomimo swej prostoty, program pySTlink na dość duże możliwości. Pozwala on nie tylko na programowanie pamięci Flash mikrokontrolera, lecz także na zapis i odczyt jego pamięci SRAM, rejestrów roboczych rdzenia oraz rejestrów układów peryferyjnych.



Rysunek 1. Struktura projektu pyStlink

Możliwe jest także zatrzymywanie wykonywania programu przez mikrokontroler oraz praca krokowa. Pozwala to w podstawowym zakresie na debugowanie działania kodu programu. Pełną listę komend programu pyStlink umieszczono w ramce.

Uruchomienie pySTlink

Projekt pyStlink jest dostępny do pobrania z repozytorium git znajdującego się pod adresem https://github.com/pavelrevak/pystlink. Strukturę projektu pokazuje **rysunek 1**. Do uruchomienia i prawidłowej pracy projekt pyStlink wymaga zainstalowanego środowiska języka Python w wersji 3.7 lub nowszej. Do prac nad programatorem mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 autor z powodzeniem używał środowiska Thonny IDE (https://thonny.org), które implementuje język Python w wersji 3.7.9. Oprócz interpretera języka Python konieczne jest też zainstalowanie modułu *pyusb*. Jest on dostępny do pobrania z repozytorium git pod adresem https://github.com/walac/pyusb. Ewentualnie pakiet ten może być pobrany z poziomu środowiska Python po wpisaniu komendy:

```
python -m pip install pyusb
```

Ostatnim elementem niezbędnym do uruchomienia projektu pyStlink jest sterownik *libusb*. Jest on dostępny do pobrania pod adresem https://github.com/libusb/libusb. Sterownik ten należy pobrać, rozpakować archiwum i w przypadku systemów Windows umieścić plik *libusb-1.0.dll* w folderze *Windows/System32*. Teraz można podłączyć do komputera programator STlink w wersji V2, V2-1 albo V3 i uruchomić program pyStlink komendą:

```
python pystlink.py -h
```

Jeżeli wszystko działa prawidłowo, powinna zostać wyświetlona lista dostępnych opcji i komend programu pyStlink (**rysunek 2**).

Praca pySTlink

Program pyStlink automatycznie identyfikuje typ podłączonego mikrokontrolera. Definicje obsługiwanych przez program układów znajdują się w pliku *devices.py* umieszczonym w folderze */lib* projektu (oryginalnie plik ten nosi nazwę *stm32devices.py*). Mają one postać listy słowników o nazwie DEVICES, z których każdy zawiera opisy mikrokontrolerów z tym samym typem rdzenia, poczynając od Cortex-M0 a kończąc na Cortex-M7. Łącznie lista ta liczy 5 pozycji.

Opcje i komendy programu pyStlink

Wywołanie programu z linii komend:

```
pystlink [-h] [-q | -i | -v | -d] [-V] [-c CPU] [-r] [-u] [-s SERIAL] [-n INDEX] [-H] [action [action…]]
```

Opcjonalne parametry:

`-h`, `--help`: wyświetlenie listy dostępnych parametrów i komend
`-q`, `--quiet`: wyłączenie komunikatów
`-i`, `--info`: podstawowy zestaw komunikatów (opcja domyślna)
`-v`, `--verbose`: rozszerzony zestaw komunikatów
`-d`, `--debug`: komunikaty debug pracy programu
`-V`, `--version`: wyświetlenie wersji programu
`-c CPU`, `--cpu CPU`: oczekiwany typ mikrokontrolera [np.: STM32F051, STM32L4]
`-r`, `--no-run`: pozostawienie rdzenia mikrokontrolera w stanie zatrzymania po zakończeniu działania programu
`-u`, `--no-unmount`: brak odmontowania funkcji DISCOVERY dla programatora ST-Link/V2-1 w systemie OS/X
`-s SERIAL`, `--serial SERIAL`: wybór programatora STLink o podanym numerze seryjnym
`-n INDEX`, `--num-index INDEX`: wybór programatora STLink o podanym indeksie
`-H`, `--hard`: sprzętowy reset mikrokontrolera linią NRST

Akcje:

`dump:core`: wyświetlenie zawartości wszystkich rejestrów roboczych rdzenia
`dump:{reg}`: wyświetlenie zawartości wybranego rejestru roboczego rdzenia
`dump:{addr}:{size}`: wyświetlenie zawartości pamięci, poczynając od podanego adresu
`dump:sram[:{size}]`: wyświetlenie zawartości pamięci SRAM
`dump:flash[:{size}]`: wyświetlenie zawartości pamięci Flash
`dump:{addr}`: wyświetlenie zawartości 32-bitowego rejestru o podanym adresie
`dump16:{addr}`: wyświetlenie zawartości 16-bitowego rejestru o podanym adresie
`dump8:{addr}`: wyświetlenie zawartości 8-bitowego rejestru o podanym adresie
`set:{reg}:{data}`: zapis podanej wartości do podanego rejestru roboczego rdzenia
`set:{addr}:{data}`: zapis podanej wartości do 32-bitowego rejestru o podanym adresie
`read:{addr}:{size}:{file}`: zapis do pliku zawartości pamięci, poczynając od podanego adresu
`read:sram[:{size}]:{file}`: zapis do pliku zawartości pamięci SRAM
`read:flash[:{size}]:{file}`: zapis do pliku zawartości pamięci Flash
`fill:{addr}:{size}:{pattern}`: wypełnienie pamięci SRAM podanym wzorem, poczynając od podanego adresu
`fill:sram[:{size}]:{pattern}`: wypełnienie pamięci SRAM podanym wzorem
`write:{file.srec}`: zapis danych z pliku w formacie SREC do pamięci SRAM
`write:{addr}:{file}`: zapis danych z pliku w formacie binarnym do pamięci SRAM, poczynając od podanego adresu
`write:sram:{file}`: zapis danych z pliku w formacie binarnym do pamięci SRAM
`flash:erase`: skasowanie zawartości całej pamięci Flash
`flash[:erase][:verify]:{file.srec}`: skasowanie wymaganej liczby sektorów pamięci Flash + zapis danych z pliku w formacie SREC do pamięci Flash + weryfikacja poprawności zapisu
`flash[:erase][:verify][:{addr}]:{file}`: skasowanie wymaganej liczby sektorów pamięci Flash + zapis danych z pliku w formacie binarnym do pamięci Flash, poczynając od podanego adresu + weryfikacja poprawności zapisu
`flash:check:{file.srec}`: weryfikacja zawartości pamięci Flash z danymi z pliku w formacie SREC
`flash:check[:{addr}]:{file}`: weryfikacja zawartości pamięci Flash z danymi z pliku w formacie binarnym, poczynając od podanego adresu
`reset`: reset rdzenia mikrokontrolera
`reset:halt`: reset i zatrzymanie rdzenia mikrokontrolera
`halt`: zatrzymanie rdzenia mikrokontrolera
`step`: wykonanie przez rdzeń jednego rozkazu
`run`: wznowienie wykonywania programu
`sleep:{seconds}`: wstawienie opóźnienia pomiędzy akcjami

```
C:\Users\Alek_B\Programy\ThonnyIDE>python C:\Users\Alek_B\Documents\Projekty\pystlink\pystlink.py -h
usage: pystlink [-h] [-q | -i | -v | -d] [-V] [-c CPU] [-r] [-u] [-s SERIAL]
                [-n INDEX] [-H]
                [action [action ...]]

pystlink v0.0.1 (ST-LinkV2)
(c)2015 by pavel.revak@gmail.com
https://github.com/pavelrevak/pystlink

optional arguments:
  -h, --help            show this help message and exit
  -V, --version         show program's version number and exit
  -c CPU, --cpu CPU     set expected CPU type [eg: STM32F051, STM32L4]
  -r, --no-run          do not run core when program end (if core was halted)
  -u, --no-unmount      do not unmount DISCOVERY from ST-Link/V2-1 on OS/X platform
  -s SERIAL, --serial SERIAL
                        Use Stlink with given serial number
  -n INDEX, --num-index INDEX
                        Use Stlink with given index
  -H, --hard            Reset device with NRST

set verbosity level:
  -q, --quiet
  -i, --info            default
  -v, --verbose
  -d, --debug

actions:
  action                actions will be processed sequentially

list of available actions:
  dump:core              print all core registers (halt core)
  dump:{reg}             print core register (halt core)
  dump:{addr}:{size}     print content of memory
```

Rysunek 2. Wywołanie opcji pomocy w programie pyStlink

```
Listing 1. Struktura słownika listy DEVICES z definicją rdzenia

    {
        'part_no': 0xc20,
        'core': 'CortexM0',
        'idcode_reg': 0x40015800,
        'devices': [
                ..................
         ]
    }
```

```
Listing 2. Struktura słownika listy devices z definicją grupy
mikrokontrolerów o tym samym identyfikatorze

    {
        'dev_id': 0x440,
        'flash_size_reg': 0x1FFFF7CC,
        'flash_driver': 'STM32FP',
        'erase_sizes': (1024, ),
        'devices': [
                ..................
         ]
    }
```

Każdy słownik listy DEVICES (**listing 1**) zawiera:

- kod identyfikatora rdzenia *part_no*,
- nazwę rdzenia *core*,
- listę adresów rejestrów *idcode_reg*, pod którymi należy poszukiwać rejestru z identyfikatorem mikrokontrolera,
- listę *devices* słowników zawierających definicje mikrokontrolerów o takim samym identyfikatorze mikrokontrolera.

Strukturę słownika listy *devices* z definicjami grup poszczególnych mikrokontrolerów o tym samym identyfikatorze pokazuje **listing 2**. Słownik ten zawiera:

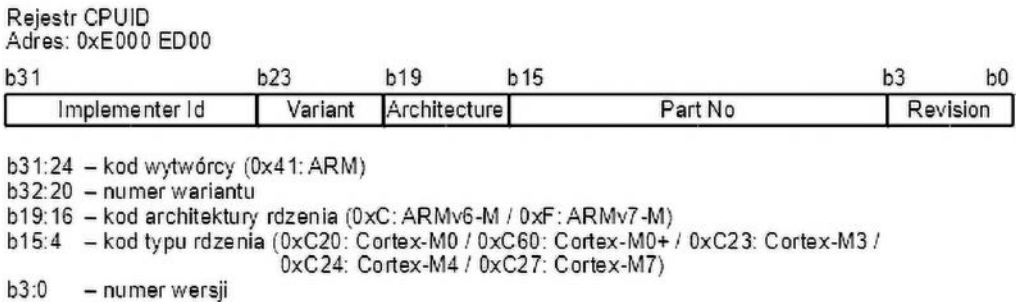
- kod identyfikatora układu *dev_id*,
- adres rejestru *flash_size_reg*, w którym zapisany jest rozmiar zaimplementowanej w mikrokontrolerze pamięci Flash,
- nazwę sterownika *flash_driver* z funkcjami obsługi pamięci Flash w danej grupie mikrokontrolerów,
- rozmiar sektorów pamięci Flash *erase_sizes*,
- listę *devices* definicji poszczególnych typów mikrokontrolerów, ponownie w postaci listy słowników.

Strukturę słownika z definicją typu mikrokontrolera pokazuje **listing 3**. Słownik ten zawiera:

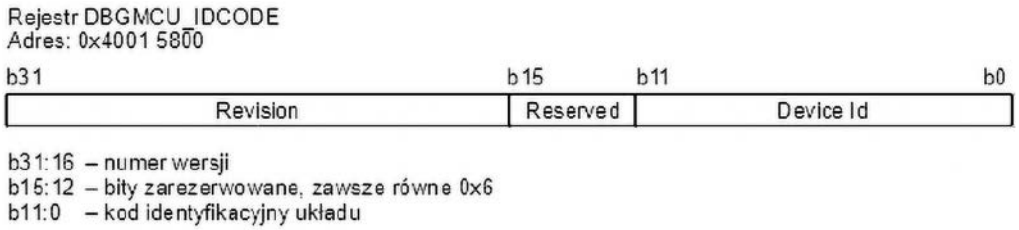
- nazwę układu *type*,
- rozmiar pamięci Flash *flash_size* w kB,
- rozmiar pamięci SRAM *sram_size* w kB,
- rozmiar pamięci EEPROM *eeprom_size* w kB,
- maksymalną częstotliwość *freq* taktowania rdzenia w MHz.

Po uruchomieniu program pyStlink w pierwszym kroku identyfikuje typ rdzenia podłączonego mikrokontrolera. W tym celu odczytuje z układu zawartość rejestru CPUID znajdującego się pod adresem 0xE000 ED00 i wydziela bity b15...b4 określające typ rdzenia (**rysunek 3**). Uzyskany identyfikator *part_no* służy do wyboru słownika z listy *DEVICES* obsługiwanych układów mających wykryty typ rdzenia. Następnie program pyStlink pobiera z wybranego słownika listę *idcore_reg* adresów, pod którymi należy poszukiwać rejestru zawierającego identyfikator *dev_id* układu. W przypadku mikrokontrolerów STM32 identyfikator układu zawarty jest w większości przypadków w rejestrze *DBGMCU_IDCODE* o adresie 0x4001 5800. Strukturę tego rejestru pokazuje **rysunek 4**. Bity b11... b0 zawierają poszukiwany identyfikator układu *dev_id*. Jest on używany przez program pyStlink do wyboru z listy *devices* słownika z definicjami typów mikrokontrolerów.

W kolejnym kroku program pyStlink pobiera z wybranego słownika nazwę sterownika pamięci Flash oraz odczytuje adres rejestru zawierającego rozmiar zaimplementowanej w mikrokontrolerze pamięci Flash. W przypadku mikrokontrolerów STM32 jest to *Flash Size Data Register*. Jego adres zależy od rodziny mikrokontrolerów i w przypadku układów STM32F0 jest równy 0x1FFF F7CC. Następnie program pyStlink odczytuje z układu rozmiar pamięci Flash i używa go do wyboru z listy *devices* słownika z opisem konkretnego typu mikrokontrolera. W sytuacji, gdy kilka typów mikrokontrolerów o tym samym identyfikatorze *dev_id* ma identyczny rozmiar pamięci Flash, program pyStlink posiłkuje się podaną przez użytkownika w linii komend nazwą podłączonego układu. Wybór słownika z opisem konkretnego typu mikrokontrolera kończy proces automatycznej identyfikacji. Program wyświetla dane zidentyfikowanego układu



Rysunek 3. Struktura rejestru identyfikacji architektury i typu rdzenia w mikrokontrolerach ARM Cortex-M



Rysunek 4. Struktura rejestru identyfikacji typu mikrokontrolera STM32

```
Listing 3. Struktura słownika listy devices z definicją typu mikrokontrolera

      {'type': 'STM32F030x8', 'flash_size':  64, 'sram_size':  8, 'eeprom_size':  0, 'freq':  48}
```

Listing 4. Definicje mikrokontrolerów HC32F003 i HC32F005 w liście DEVICES

```
    {
        'part_no': 0xc60,
        'core': 'CortexM0+',
        'idcode_reg': [0x40015800, 0x00100C60],
        'devices': [
            ……————————————————.

            {
                'dev_id': 0x348,  # Huada Semiconductor
                'flash_size_reg': 0x00100C70,
                'flash_size_units': 'Bytes',
                'flash_driver': 'HC32F0',
                'erase_sizes': (512, ),
                'devices': [
                    {'type': 'HC32F003', 'flash_size':   16, 'sram_size':   2, 'eeprom_size':  0, 'freq':  32},
                    {'type': 'HC32F005', 'flash_size':   32, 'sram_size':   4, 'eeprom_size':  0, 'freq':  32},
                ]
            }
        ]
    }
```

i przystępuje do wykonywania komend podanych przez użytkownika podczas uruchomienia programu.

Modyfikacja pySTlink

Rozbudowa programu pyStlink o obsługę mikrokontrolera nowego typu sprowadza się do dodania do listy *DEVICES* słownika z opisem mikrokontrolera oraz napisania sterownika pamięci Flash dla tego układu. W przypadku mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005, słownik z ich opisem powinien znaleźć się na liście *devices* w słowniku zawierającym definicje układów o identyfikatorze rdzenia *part_no* równym 0xC60, tj. grupującym układy wyposażone w rdzeń Cortex-M0+.

W przeciwieństwie do układów SMT32, kod identyfikacyjny w mikrokontrolerach HC32F003/HC32F005 ma postać łańcucha tekstowego znaków ASCII o maksymalnej długości 16 B. Znajduje się on w obszarze pamięci o adresie 0x0010 0C60 ~ 0x0010 0C6F. np. identyfikator mikrokontrolera zamontowanego w przedstawionej na fotografii 1 płytce uruchomieniowej jest równy '*HC32F005C6PA*'. Aby nie modyfikować sposobu identyfikacji układu przez program pyStlink, najprościej jest potraktować pierwsze cztery znaki łańcucha identyfikatora mikrokontrolera HC32F003/HF23F005 jakby były one 32-bitowym rejestrem *DBGMCU_IDCODE* w układzie STM32. Przy takim podejściu zawartość tego rejestru będzie równa 0x3233 4348 (odwrócenie kolejności znaków łańcucha identyfikatora układu wynika z faktu, że mikrokontrolery ARM z rdzeniem Cortex-M0+ stosują konwencję organizacji pamięci Little Endian). Kod identyfikacyjny układu rozpoznawany przez program pyStlink będzie więc równy 0x348.

Rozmiar pamięci Flash zaimplementowanej w mikrokontrolerze HC32F003/HC32F005 jest zawarty w rejestrze Flash o adresie 0x0010 0C70, a pamięci SRAM – w rejestrze RAM o adresie 0x0010 0C74. W przeciwieństwie do mikrokontrolerów STM32 rozmiar pamięci jest tutaj podawany w bajtach. Dodatkowo w 16-bitowym rejestrze PINCOUNT o adresie 0x0010 0C7A zawarta jest informacja o liczbie wyprowadzeń układu, np. w przypadku mikrokontrolera zamontowanego w przedstawionej na fotografii 1 płytce uruchomieniowej rejestr Flash zawiera liczbę 0x0000 8000 (tj. 32768B), rejestr RAM – liczbę 0x0000 1000 (tj. 4096B), a rejestr PINCOUNT – liczbę 0x0014 (tj. 20 pinów). Zdefiniowane na podstawie powyższych informacji opisy mikrokontrolerów HC32F003 i HC32F005 w liście DEVICES przedstawia **listing 4**. Ze względu na przyjęte w tych mikrokontrolerach podawanie rozmiaru pamięci w bajtach w opisie mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005 dodano dodatkową pozycję słownika flash_size_units, która będzie sterowała w programie pyStlink obliczaniem rozmiaru pamięci. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie ma konieczności modyfikowania jednostek rozmiaru pamięci w już zdefiniowanych w programie pyStlink opisach układów SMT32.

Jak wynika z podanego w listingu 4 opisu mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005, ich sterownik pamięci Flash będzie nosił nazwę '*HC32F0*'. Zgodnie ze strukturą projektu pyStlink (rysunek 1) będzie on znajdował się w dedykowanym pliku o nazwie h*dsc.py* w folderze /*lib*. Plik ten zawiera opisy dwóch klas: klasy *HC32F0*, która jest właściwym sterownikiem, oraz klasy *Flash* zawierającej metody obsługi pamięci Flash w mikrokontrolerze.

Klasa *HC32F0* została stworzona jako klasa pochodna klasy *Stm32*, dzięki czemu konieczne jest tylko dodanie do niej definicji dwóch nowych metod: metody *flash_erase_all* kasowania zawartości całej pamięci Flash mikrokontrolera HC32F003 i HC32F005 oraz metody *flash_write* zapisu pamięci Flash. Pozostałe metody odczytu i zapisu rejestrów mikrokontrolera, odczytu i zapisu pamięci SRAM, odczytu pamięci Flash itd. pochodzą z klasy *Stm32* i nie wymagają modyfikacji. Uproszczony kod klasy *HC32F0*, pozbawiony komunikatów debug i wizualizacji postępu zapisu pamięci Flash, przedstawia **listing 5**.

Działanie metody *flash_write* zapisu pamięci rozpoczyna się od skasowania zawartości pamięci Flash. Standardowo kasowane są tylko te sektory pamięci, które mają zostać zapisane (komenda *flash.erase_pages(addr, len(data))*), chyba że w wywołaniu programu pyStlink podano komendę kasowania całej pamięci Flash. W takim przypadku czyszczona jest cała pamięć (komenda *flash.erase_all()*). Następnie kontroler pamięci Flash w mikrokontrolerze jest przełączany w tryb programowania (komenda *set_nvm_mode(flash.Flash_CR_OP_PRG)*) i odblokowywany jest zapis do wszystkich sektorów pamięci Flash

Listing 5. Kod sterownika HC32F0 pamięci Flash

```
class HC32F0(lib.stm32.Stm32):

    Flash_START = 0x00000000
    Flash_PAGE_SIZE = 512

    SRAM_START = 0x20000000#
    # b0=1 for Thumb2 instruction set
    SRAM_CODE = SRAM_START | 0x00000001

    def flash_erase_all(self, flash_size):
        flash = Flash(self, self._stlink, self._dbg)
        flash.erase_all();

    def flash_write(self, addr, data, erase=False, erase_sizes=None):
        if addr is None:
            addr = self.Flash_START
        flash = Flash(self, self._stlink, self._dbg)
        if erase:
            if erase_sizes:
                flash.erase_pages(addr, len(data))
            else:
                flash.erase_all()
        flash.set_nvm_mode(flash.Flash_CR_OP_PRG)
        flash.unlock_all()
        self.set_reg('PC', self.SRAM_CODE)
        data_block = data
        data_addr = addr
        while len(data_block):
            if (data_addr % 4 == 0) & (len(data_block) >= 4):
                self._stlink.set_mem32(data_addr, data_block[:4])
                data_addr += 4
                data_block = data_block[4:]
            elif (data_addr % 2 == 0) & (len(data_block) >= 2):
                self._stlink.set_mem16(data_addr, data_block[:2])
                data_addr += 2
                data_block = data_block[2:]
            else :
                self._stlink.set_mem8(data_addr, data_block[:1])
                data_addr += 1
                data_block = data_block[1:]
            flash.wait_busy(0.005)
        flash.lock_all()
        flash.set_nvm_mode(flash.Flash_CR_OP_RD)
```

Tabela 2. Metody klasy Flash

Lp.	Nazwa	Argumenty	Realizowane funkcje
1	nvm_init	brak	Inicjalizacja mikrokontrolera: reset i zatrzymanie rdzenia, ustawienie źródła sygnału zegarowego SYSCLK na RCH=4MHz, konfiguracja kontrolera pamięci Flash.
2	set_sysctrl	data	Zapis słowa data do rejestru kontrolnego SYSCTRL0 kontrolera systemu SYSCTRL
3	set_nvm_bypass	brak	Odblokowanie zapisu do rejestru kontrolera pamięci Flash
4	set_nvm_mode	mode	Ustawienie trybu pracy mode kontrolera pamięci Flash: Flash_CR_OP_RD = 0: odczyt, Flash_CR_OP_PRG = 1: zapis, Flash_CR_OP_SECTOR_ERASE = 2: skasowanie sektora, Flash_CR_OP_CHIP_ERASE = 3: skasowanie pamięci.
5	unlock_all	brak	Odblokowanie wszystkich sektorów pamięci Flash dla operacji zapisu i kasowania
6	lock_all	brak	Zablokowanie wszystkich sektorów pamięci Flash dla operacji zapisu i kasowania
7	erase_all	brak	Skasowanie całej pamięci Flash
8	erase_pages	addr size	Skasowanie stron pamięci Flash wymaganych do zapisu size bajtów, poczynając od adresu addr
9	wait_busy	wait_time bargraph_msg check_eop	Oczekiwanie przez wait_time na zakończenie operacji przez kontroler pamięci Flash

Tabela 3. Mapa rejestrów kontrolera pamięci Flash (adres bazowy 0x4002 0000)

Lp.	Offset	Rejestr	Realizowana funkcja
1	0x00	Flash_TNVS	Ustawienie czasu Tnvs
2	0x04	Flash_TPGS	Ustawienie czasu Tpgs
3	0x08	Flash_TPROG	Ustawienie czasu Tprog
4	0x0C	Flash_TSERASE	Ustawienie czasu Tserase
5	0x10	Flash_TMERASE	Ustawienie czasu Tmerase
6	0x14	Flash_TPRCV	Ustawienie czasu Tprcv
7	0x18	Flash_TSRCV	Ustawienie czasu Tsrcv
8	0x1C	Flash_TMRCV	Ustawienie czasu Tmrcv
9	0x20	Flash_CR	Rejestr kontrolny
10	0x24	Flash_IFR	Odczyt flag zgłoszenia przerwania
11	0x28	Flash_ICLR	Kasowanie flag zgłoszenia przerwania
12	0x2C	Flash_BYPASS	Zezwolenie na modyfikację zawartości rejestru kontrolera pamięci Flash
13	0x30	Flash_SLOCK	Włączanie i wyłączanie ochrony przed kasowaniem i zapisem poszczególnych sektorów pamięci Flash

(komenda *flash.unlock_all()*). Dodatkowo licznik rozkazów w mikrokontrolerze jest ustawiany na początek pamięci SRAM (komenda *set_reg('PC', SRAM_CODE)*). Jest to konieczne, ponieważ mikrokontrolery HC32F003/HC32F005 mają dodatkowe zabezpieczenie przed kasowaniem i zapisem sektora pamięci Flash, z którego jest wykonywany program. Aby więc nie kontrolować położenia licznika rozkazów i nie przełączać go pomiędzy kolejnymi sektorami pamięci podczas jej zapisu, najprościej jest ustawić go na stałe na pobieranie kodu z pamięci SRAM.

Sam zapis pamięci Flash jest realizowany słowo po słowie. Aby odbywał się on z największą możliwą prędkością, sterownik *HC32F0*, w zależności od liczby zapisywanych danych i ich położenia, dokonuje zapisu pamięci Flash słowem o długości 32-bitów (komenda *_stlink.set_mem32(data_addr, data_block[:4])*), 16-bitów (komenda *_stlink.set_mem16(data_addr, data_block[:2])*) albo 8-bitów (komenda *_stlink.set_mem8(data_addr, data_block[:1])*). W zasadzie można byłoby poprzestać tylko na zapisie słów o długości 8-bitów, co uprościłoby kod metody *flash_write*, jednak wydłużyłoby to czterokrotnie czas programowania. Zapis pamięci kończy się włączeniem ochrony wszystkich sektorów (komenda *flash.lock_all()*) i przełączeniem kontrolera pamięci Flash w tryb odczytu (komenda *flash.set_nvm_mode(flash.Flash_CR_OP_RD)*). Wszystkie metody obsługi pamięci Flash w mikrokontrolerze HC32F003/HC32F005 są zgrupowane w klasie *Flash*. Zestawiono je w **tabeli 2**.

Sterownik *HC32F0* wykonuje operacje na pamięci Flash mikrokontrolera za pośrednictwem jego kontrolera pamięci Flash, dokonując zapisu i odczytu odpowiednich rejestrów w kontrolerze. Mapę rejestrów kontrolera pamięci Flash w mikrokontrolerach HC32F003/HC32F005 zestawiono w **tabeli 3**. Rejestry *Flash_Txxxx* określają parametry czasowe operacji zapisu i kasowania pamięci Flash. Są one ściśle powiązane z częstotliwością taktowania układu. Wymagane ustawienia tych rejestrów dla częstotliwości zegara systemowego równej 4 MHz, 8 MHz, 16 MHz, 24 MHz i 32 MHz są podane w dokumentacji mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005. Rejestr kontrolny *Flash_CR* (**rysunek 5**) zawiera z kolei stan kontrolera pamięci Flash oraz określa tryb jego pracy. Zawartość wszystkich rejestrów kontrolera jest chroniona przed niezamierzoną modyfikacją. Ochronę tę wyłącza rejestr *Flash_BYPASS*. Zapis do niego słowa 0x5A5A a następnie słowa 0xA5A5 zezwala na dokonanie jednej operacji zapisu do jednego rejestru kontrolera pamięci Flash.

Koncepcyjnie operacje wykonywane przez sterownik *HC32F0* nie różnią się niczym od operacji na pamięci Flash

Rysunek 5. Struktura rejestru kontrolnego w kontrolerze pamięci Flash mikrokontrolerów HC32F003/HC32F005

```
C:\Users\Alek_B\Documents\Projekty\pystlink>C:\Users\Alek_B\Programy\ThonnyIDE\python.exe pyStlink.py flash:erase:verify
:HC32F005_flsh.bin
DEVICE: ST-Link/V2 V2J38S0
SUPPLY: 2.92V
CORE:   CortexM0+
MCU:    HC32F005
FLASH:  32kB
SRAM:   4kB
Loaded 664 Bytes from HC32F005_flsh.bin file
Erasing Flash page No 0: [=====================================] done in 0.06s
Erasing Flash page No 1: [=====================================] done in 0.06s
Writing Flash: [=====================================] done in 1.20s
Verify FLASH : [=====================================] done in 0.00s
```

Rysunek 6. Proces zapisu pliku z kodem binarnym programu do pamięci Flash mikrokontrolera HC32F005 przez program pyStlink

wykonywanych przez np. program bootloader uruchomiony w pamięci mikrokontrolera. Jedyna różnica polega na tym, że zapis i odczyt rejestrów kontrolera pamięci Flash jest wykonywany nie bezpośrednio, lecz za pośrednictwem programatora ST-Link. Poszczególne operacje zostały zaimplementowane zgodnie z zaleceniami zawartymi w dokumentacji mikrokontrolera HC32F003/HC32F005. Obsługa pamięci Flash odbywa się przy zegarze systemowym skonfigurowanym do pracy z częstotliwością 4 MHz. Ponieważ sterownik *HC32F0* nie używa sygnału *nRST*, inicjalizacja mikrokontrolera i jego kontrolera pamięci Flash jest dość długa. Głównym ograniczeniem jest fakt, iż w mikrokontrolerze HC32F003/HC32F005 zmiana źródła i częstotliwości sygnału taktującego musi być wykonana ściśle według kroków opisanych w dokumentacji układu. Inaczej nie jest gwarantowana prawidłowa praca mikrokontrolera. Same operacje na kontrolerze pamięci Flash są już znacznie prostsze. **Listing 6** prezentuje przykładowy kod metody realizującej kasowanie zawartości całej pamięci Flash. Ze szczegółowym kodem pozostałych metod klasy *Flash* można zapoznać się, analizując kod źródłowy programu pyStlink znajdujący się w materiałach dodatkowych do artykułu.

Listing 6. Kod metody realizującej kasowanie całej pamięci Flash

```
def erase_all(self):
    self._dbg.verbose('Erase chip')
    self.set_nvm_mode(self.Flash_CR_OP_CHIP_ERASE)
    self.unlock_all()
    self._driver.set_reg('PC', self._driver.SRAM_CODE)
    self._stlink.set_mem8(self._driver.Flash_START, [0x00])
    self.wait_busy(5, 'Erasing Flash')
    self.lock_all()
    self.set_nvm_mode(self.Flash_CR_OP_RD)
```

Podsumowanie

Mikrokontrolery HC32F003/HC32F005 nie zostały wyposażone przez producenta w możliwość sprzętowej konfiguracji części parametrów ich pracy, znaną np. w mikrokontrolerach AVR pod postacią *Fuse Bits*, czy układach STM32 jako *Option Bytes*. Układy te nie mają też zaimplementowanych mechanizmów zabezpieczających kod w pamięci Flash przed nieautoryzowanym dostępem (tj. programowanych przez użytkownika bitów zabezpieczających). Implementacja w sterowniku *HC32F0* kasowania pamięci Flash oraz jej zapisu w całości wyczerpuje więc funkcjonalność układów HC32F003/HC32F005.

Użytkowanie programu pyStlink jest identyczne jak innych tego rodzaju narzędzi wywoływanych z linii komend. Większość środowisk IDE pozwala na integrację takich programów i uruchamianie ich z poziomu IDE przez wybranie odpowiedniej ikony. W najprostszej postaci wywołanie zapisu do pamięci Flash mikrokontrolera pliku z kodem programu w formacie binarnym będzie miało postać:

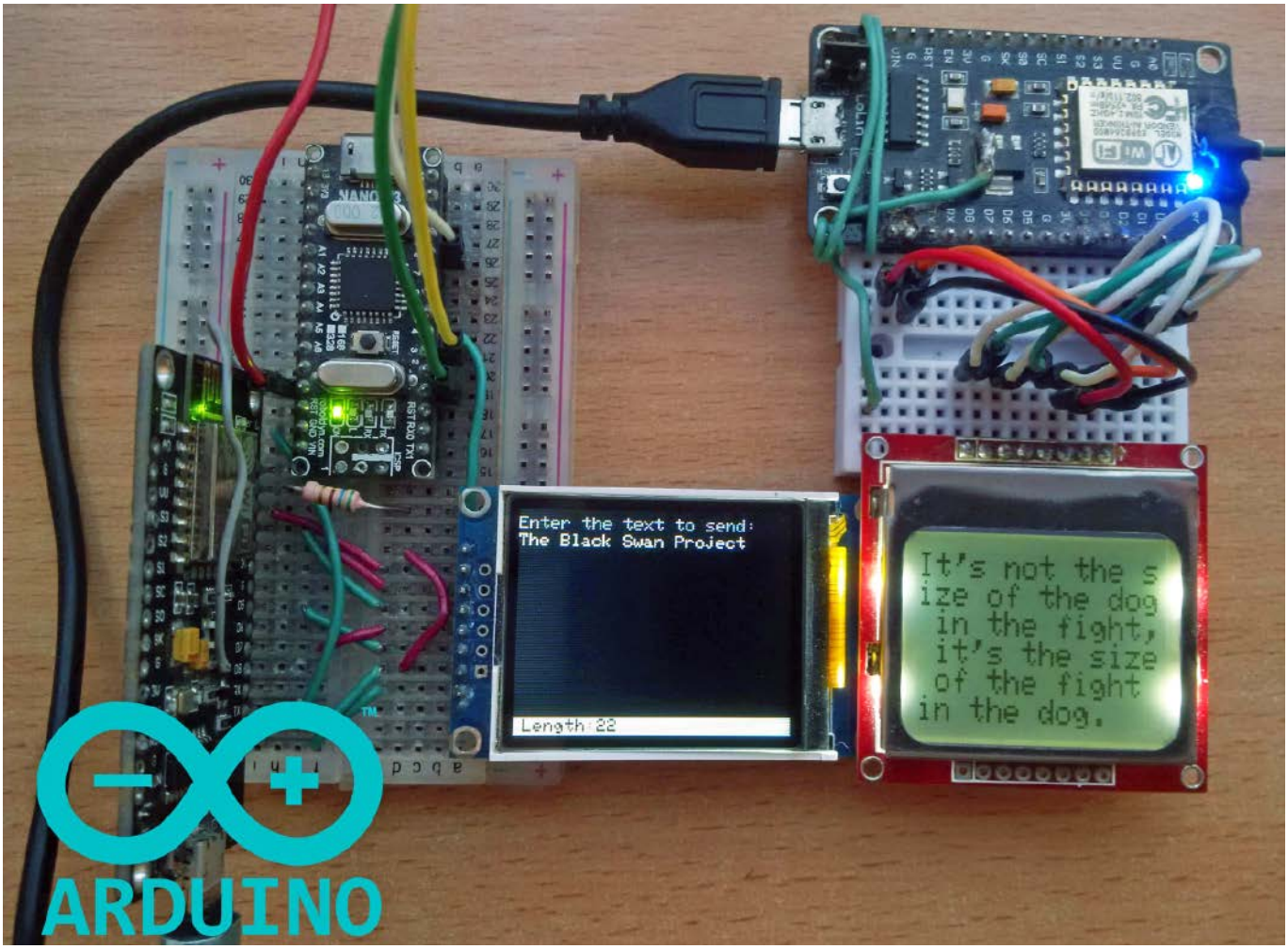
```
python pystlink.py flash:erase:veryfy:file_name.bin
```

Na **rysunku 6** pokazano zrzut ekranu z procesu zapisu za pomocą programatora/debuggera ST-Link V2, wchodzącego w skład płytki uruchomieniowej STMF0DISCOVERY, pamięci Flash mikrokontrolera HC32F005 na płytce uruchomieniowej z fotografii 1. Płytka uruchomieniowa była połączona z programatorem ST-Link dwoma liniami interfejsu SWD: *SWCLK* i *SWDIO* oraz przewodami zasilania i masy. Widok całego zmontowanego zestawu testowego prezentuje fotografia tytułowa.

Aleksander Borysiuk
alex_priv@wp.pl

Źródła:
1. Mikrokontrolery HC32F003/HC32F005: https://bit.ly/3pBtdDA
2. Program pyStlink: https://github.com/pavelrevak/pystlink
3. Moduł pyusb: https://github.com/walac/pyusb
4. Sterownik libusb: https://github.com/libusb/libusb
5. Thonny IDE: https://thonny.org

REKLAMA



Projekt Czarny Łabędź

Jednokierunkowy, bezpieczny komunikator bezprzewodowy

W dzisiejszych czasach może się to wydawać niemożliwe, jednak załóżmy, że doszło do zdarzenia, powodującego ogólnokrajowy blackout, całkowitą awarię sieci komórkowej i innych systemów komunikacji. Wtedy przestaną działać wszystkie elektroniczne środki komunikacji, może z wyjątkiem klasycznych systemów radiowych i Bluetooth… Jest jeszcze jedno rozwiązanie, które zaprezentowano w tym artykule.

Projekt Black Swan (Czarny Łabędź) to bezpieczny, jednokierunkowy kanał komunikacyjny zbudowany na module ESP8266. Nie jest tak, że to proste urządzenie natychmiast naprawi sytuację i rozwiąże wszystkie problemy blackoutu, ale przynajmniej pozwoli wysłać krótką wiadomość do rodziny lub sąsiada. Ponadto urządzenie ma zaimplementowane funkcje kryptograficzne – silny algorytm szyfrowania jest odporny zarówno na podsłuchiwanie, jak i manipulację danymi. To bardzo ciekawe zagadnienie, a implementacja takich rozwiązań w prostym urządzeniu jest idealną okazją do nauki tworzenia systemów szyfrujących tego rodzaju.

System ten składa się z dwóch modułów – nadajnika i odbiornika. Działają one w parze i pozwalają na zestawienie bezpiecznego kanału komunikacyjnego. Po skonfigurowaniu urządzenie może działać całkowicie autonomicznie, bez konieczności podłączania do komputera.

Potrzebne elementy

Do budowy nadajnika potrzebne są następujące elementy i moduły:

- mikrokontroler ESP8266,
- ekran LCD TFT o przekątnej 1,77” ze sterownikiem ST7735,
- płytka z mikrokontrolerem, kompatybilna z Arduino Nano lub Uno,
- klawiatura z interfejsem PS/2 oraz złącze PS/2 do podłączenia klawiatury,
- opornik 580 Ω.

Do budowy odbiornika potrzebne są natomiast:

- mikrokontroler ESP8266,
- wyświetlacz z telefonu Nokia 5110.

Oprócz wymienionych komponentów potrzebne będą elementy połączeniowe – przewody, płytka stykowa itp. do połączenia ze sobą wszystkich elementów.

Algorytm szyfrowania

W urządzeniu zastosowano algorytm symetryczny. Oznacza to, że ten sam klucz jest używany zarówno do szyfrowania, jak i odszyfrowywania danych. Dlatego ilekroć piszemy klucz, mamy na myśli zarówno klucz szyfrujący, jak i deszyfrujący. Autor konstrukcji dołożył wszelkich starań, aby dane przesyłane bezprzewodowo nie mogły zostać ani odszyfrowane, ani zmodyfikowane przez osoby trzecie, które mogłyby podsłuchiwać komunikację. Nawet jeśli osoba trzecia dostanie szansę przechwycenia paczki i wysłania jej ponownie (wykona tak zwany atak typu *replay*), mając jednocześnie możliwość patrzenia na ekran odbiornika, bez dostępu do pamięci urządzenia, urządzenie nie odszyfruje przesłanego pakietu, ponieważ zmienią się jego parametry, co system wykrywa.

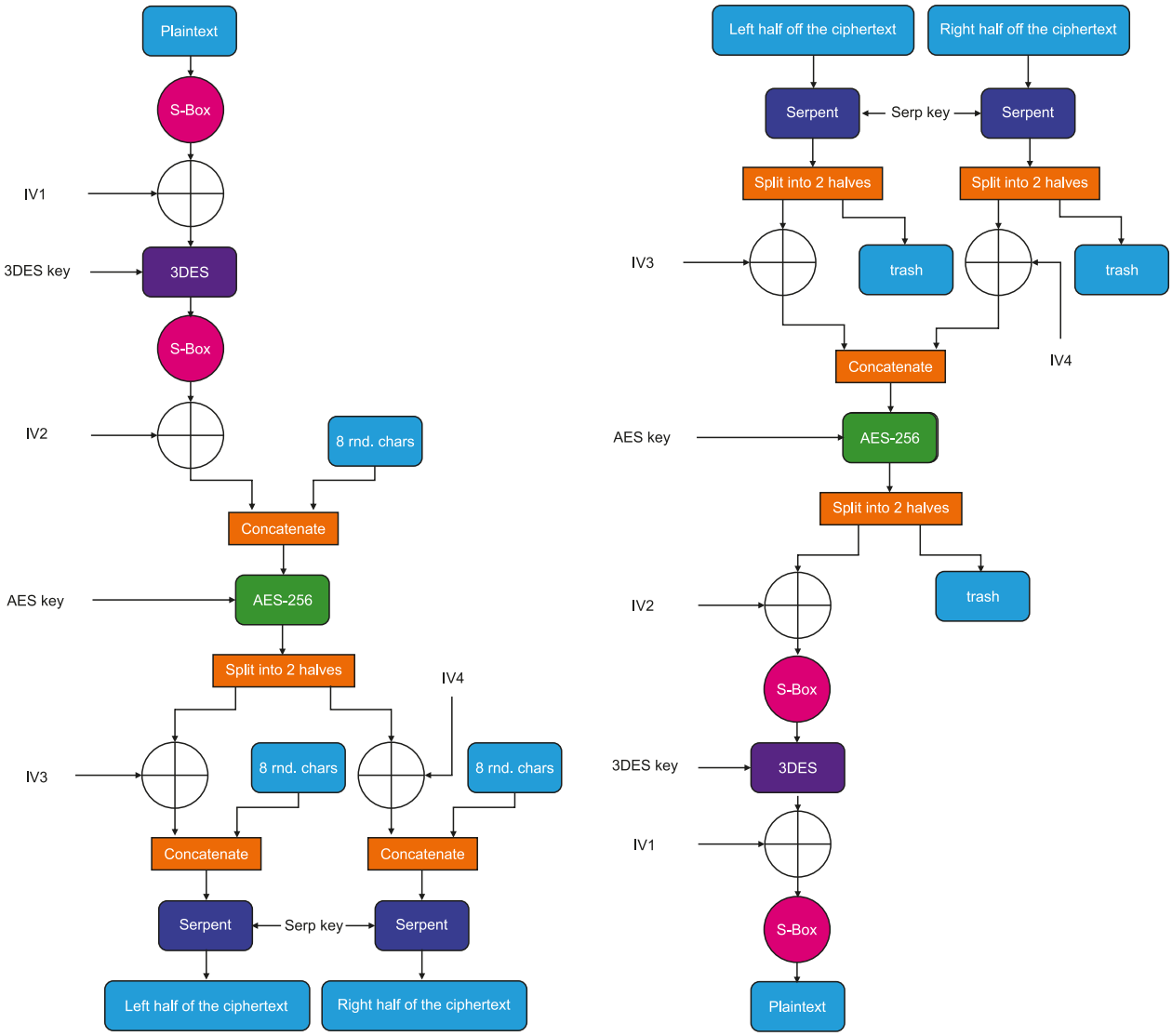
System jest odporny też przed atakami z wybranym tekstem jawnym. Nawet jeśli wielokrotnie zaszyfrujemy ten sam tekst jawny, za każdym razem otrzymamy inne szyfrogramy. Aby to osiągnąć, w systemie połączono trzy silne kryptograficznie algorytmy szyfrowania z tzw. S-boxami Rijndael i czterema wektorami inicjalizacji.

Aby lepiej zrozumieć algorytm szyfrowania, na czas jego omawiania możemy podzielić go na elementy składowe, które omówimy niezależnie:

- 3DES (który sam w sobie jest kaskadowym algorytmem szyfrowania) z AES-256 i szyfrowaniem za pomocą algorytmu Serpent. Są to dobrze znane algorytmy szyfrowania. Wystarczy wpisać w wyszukiwarce którykolwiek z nich, aby znaleźć komplet informacji na temat każdego z nich.
- Rijndael (AES) S-box jest częścią standardu AES. Zastosowano go jako osobny element. Jego celem jest zwiększenie entropii szyfrogramu.
- Wektor inicjujący (IV) – jest to liczba używana zarówno w procesie szyfrowania, jak i deszyfrowania. Jej podstawowym celem jest wyeliminowanie możliwości ataku replay. Poza tym IV służy w pewnym sensie jako część klucza.
- Operacja logiczna XOR. Nie wymaga raczej tłumaczenia, tym bardziej że w Internecie można bez problemu znaleźć jej kompletną definicję.

Proces szyfrowania przebiega następująco:

1. Zwykły tekst jest dzielony na 64-bitowe bloki (8 znaków). Jeśli długość bloku jest mniejsza niż 64 bity, stosowane jest dopełnienie. Bloki są następnie przekazywane do algorytmu szyfrowania, który rozpoczyna się w kroku N2 i szyfruje bloki jeden po drugim (od pierwszego nadesłanego).
2. Blok jest dzielony na osiem równych części.
3. Każda część bloku przechodzi przez Rijndael S-box „w przód".
4. Osiem wyjść z S-boxów jest sklejanych ze sobą (konkatenowanych) i wykonywana jest operacja XOR pomiędzy wynikiem konkatenacji a pierwszym IV.
5. 64-bitowa wartość pobrana z poprzedniego kroku jest szyfrowana za pomocą algorytmu 3DES.
6. Następnie wartość wygenerowana przez szyfrowanie 3DES jest dzielona na 8 równych części (po 8 bitów każda) i przechodzi przez osiem S-boxów.



Rysunek 1. Schemat blokowy algorytmu szyfrowania (po lewej) i deszyfrowania (po prawej)

7. Osiem wyjść z S-boxów z poprzedniego kroku ponownie podlega konkatenacji i działaniu XOR, tym razem z drugim IV.
8. 64 losowe bity są łączone z 64 bitami z poprzedniego kroku.
9. Otrzymana 128-bitowa wartość jest szyfrowana za pomocą algorytmu AES-256.
10. Wartość wygenerowana przez algorytm AES-256 jest dzielona na dwie równe, 64-bitowe części.
11. Lewa połowa wartości wygenerowanej przez AES-256 podlega działaniu XOR z trzecim IV, podczas gdy prawa połowa tej wartości podlega działaniu XOR z czwartym IV.
12. 64 losowe bity są łączone z każdą połową XOR z IV, tworząc w ten sposób dwie 128-bitowe wartości.
13. Każda 128-bitowa wartość jest szyfrowana algorytmem Serpent.
14. Wartości generowane przez algorytm Serpent są jednocześnie wysyłane do odbiorcy.
15. Po wysłaniu następuje inkrementacja kluczy AES i 3DES oraz inkrementacja IV. Jeśli nie jest to ostatni blok, następuje powrót do kroku N2 i do algorytmu podawany jest kolejny blok tekstu.

Diagramy pokazujące algorytm szyfrowania i deszyfrowania zamieszczono na **rysunku 1** w postaci schematu blokowego.

Biblioteki i drivery dla Arduino IDE

Jeśli to nasz pierwszy projekt na układzie ESP8266, to konieczne jest odpowiednie skonfigurowanie Arduino IDE oraz zainstalowanie potrzebnych sterowników. Jeśli nie mamy zainstalowanego środowiska programistycznego Arduino, to zacznijmy od jego zainstalowania, a następnie doinstalujmy na komputerze sterowniki do konwerterów USB-UART – na ogół jest to CH340 lub układ z rodziny CP210x. W zależności od tego, z jakim mamy do czynienia w zastosowanym przez nas module, zainstalujmy odpowiedni z nich.

Następnie konfigurujemy Arduino IDE do współpracy z naszym modułem ESP8266. Jeśli występuje taka konieczność, pobieramy z sieci odpowiednie pliki dla Arduino (poprzez wbudowany menedżer konfiguracji Arduino IDE). W zależności od zastosowanego modułu, instalujemy odpowiednią konfigurację. Z uwagi na ogromną liczbę modułów z tym mikrokontrolerem, jaka dostępna jest na rynku, w artykule nie opisujemy dokładniej konfiguracji IDE.

Finalnie musimy zainstalować wszystkie zewnętrzne biblioteki, jakie potrzebne są do działania programu. Da się je pobrać z GitHuba z ich repozytoriów (patrz linki poniżej). Proces rozpakowywania bibliotek jest bardzo prosty. Zawartość archiwum pobranego z repozytorium można rozpakować do folderu: *...\Arduino\libraries* lub można otworzyć Arduino IDE, kliknąć *Sketch* → *Include Library* → *Add .ZIP Library* i wybrać każde archiwum z bibliotekami. Projekt Black Swan do działania będzie potrzebował:

- ESP8266TrueRandom (*https://github.com/marvinroger/ESP8266TrueRandom*),
- Adafruit-ST7735-Library (*https://github.com/adafruit/Adafruit-ST7735-Library*),
- Adafruit-GFX-Library (*https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library*),
- Adafruit_BusIO (*https://github.com/adafruit/Adafruit_BusIO*),
- DES_Library (*https://github.com/fcgdam/DES_Library*),
- nokia-5110-lcd-library (*https://github.com/platisd/nokia-5110-lcd-library*),
- PS2Keyboard (*https://github.com/PaulStoffregen/PS2Keyboard*).

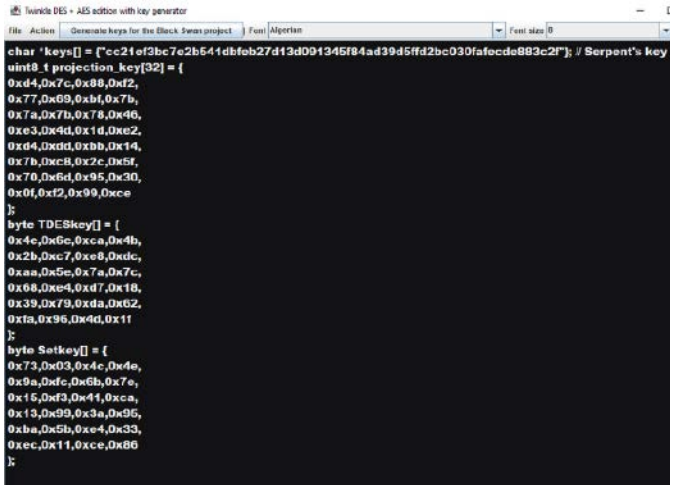
Inne wymagane biblioteki są już obecne w Arduino IDE, więc nie ma potrzeby ich instalowania.

Generowanie kluczy

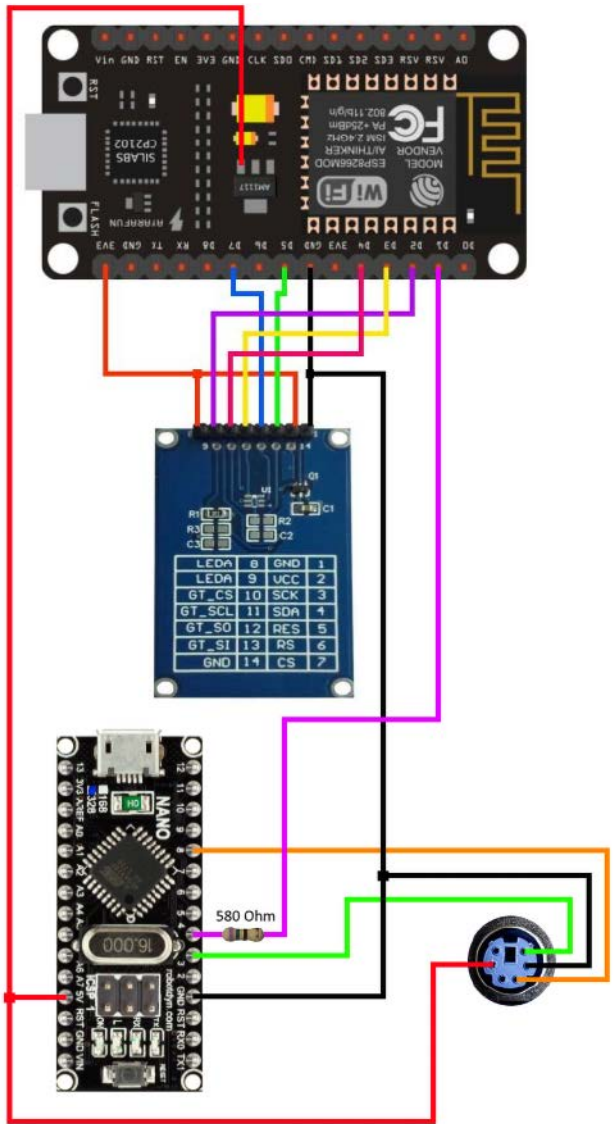
Losowanie wartości IV

Urządzenie wymaga do działania pięciu 8-cyfrowych liczb – czterech IV i jednego numeru inicjującego. Liczby te można generować w dowolny możliwy sposób. Autor konstrukcji postanowił rzucić kostką 20-ścienną. Algorytm, jaki zastosował, jest prosty: po rzuceniu kostką zapisujemy ostatnią cyfrę wylosowanej liczby, jeśli jest ona liczbą dwucyfrową lub zapisujemy wylosowaną liczbę jednocyfrową. Powtarzamy to osiem razy, aby uzyskać całą liczbę. Takie losowanie powtarzamy osiem razy. Rzucanie kością jest całkiem dobrym rozwiązaniem, jako że rzut kością jest rzeczywiście losowy.

Ostatecznie autor wylosował następujące 8-cyfrowe liczby: 46201651, 60523847, 13453694, 31216946, 40282533. Maksymalna wartość liczby to 99999999. Jeśli podczas generowania (dowolną metodą)



Rysunek 2. Aplikacja do generowania kluczy z losowymi danymi



Rysunek 3. Schemat modułu nadajnika

wylosowaliśmy coś większego niż 92 000 000, autor radzi zmienić pierwszą cyfrę lub wygenerować nowy IV. Również doradza, aby unikać używania zera jako pierwszej cyfry tych liczb.

Generowanie kluczy na komputerze

Rzucanie kostką, jakkolwiek czasochłonne, jest jedną z najlepszych opcji generowania kluczy. Jednak autor zapewnia również szybszą opcję w postaci użycia aplikacji z generatorem liczb losowych. W repozytorium na GitHubie znajduje się prosty program, który generuje klucze, używane w tym systemie (**rysunek 2**). Wynikowe klucze wydają się dostatecznie dobre do tego rodzaju zastosowania, jednak jak zaznacza sam autor – nie przeprowadził on żadnych testów, więc nie można zagwarantować, że wynik jest dostatecznie losowy. Problem z losowością w komputerze jest w ogólności taki, że typowo generowane liczby są pseudolosowe, co zmniejsza siłę tego rodzaju zabezpieczenia. Oczywiście, do większości aplikacji tego rodzaju generatory są dostateczne. Samo zagadnienie losowości i tego, jak zbliżyć można się do niej w systemach komputerowych, wykracza jednak poza ramy tego artykułu.

Aby wygenerować klucze, należy uruchomić program *gen.exe* z folderu *Untested RNG* pobranego z repozytorium, a następnie kliknąć przycisk *Generuj klucze dla projektu Black Swan*.

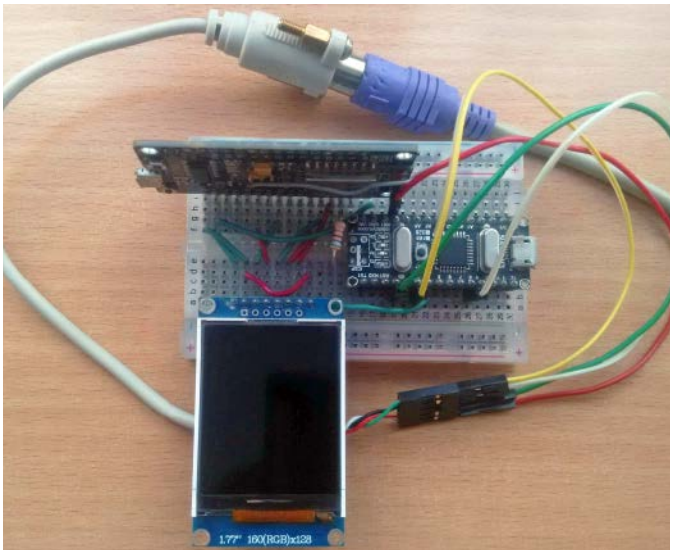
Budowa urządzenia

Nadajnik

Montaż nadajnika nie powinien być trudnym zadaniem. Najtrudniejszym elementem wydaje się podłączenie w odpowiedni sposób interfejsu PS/2 do mikrokontrolera. Na **rysunku 3** zaprezentowano schemat ideowy modułu nadajnika, sporządzony we Fritzing, dzięki czemu jest czytelny nie tylko dla elektroników, ale także hobbystów i amatorów. Połączenia na płytce stykowej najlepiej wykonać jest gotowymi przewodami, zakończonymi goldpinami lub gniazdami goldpin. Przykład realizacji projektu dokładnie w taki sposób pokazano na **fotografii 1**. Jakkolwiek obudowa jest ważnym elementem urządzenia elektronicznego, tak tutaj nie jest ona krytyczna, dlatego też autor systemu pominął w projekcie ten element.

Odbiornik

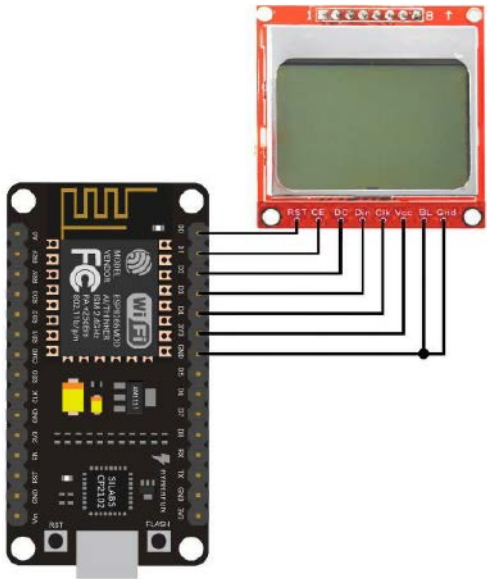
Montaż odbiornika jest jeszcze prostszy. Wystarczy podłączyć wyświetlacz z Nokii 5110 do modułu ESP8266, tak jak pokazano to na **rysunku 4**. Podczas montażu warto zwrócić uwagę na pin BL wyświetlacza. W niektórych egzemplarzach musi być on podciągnięty do zasilania (3,3 V) systemu, aby wyświetlacz się uruchomił. Odbiornik można złożyć na płytce stykowej, jak pokazano na **fotografii 2** lub łącząc przewodami płytkę z mikrokontrolerem i moduł wyświetlacza.



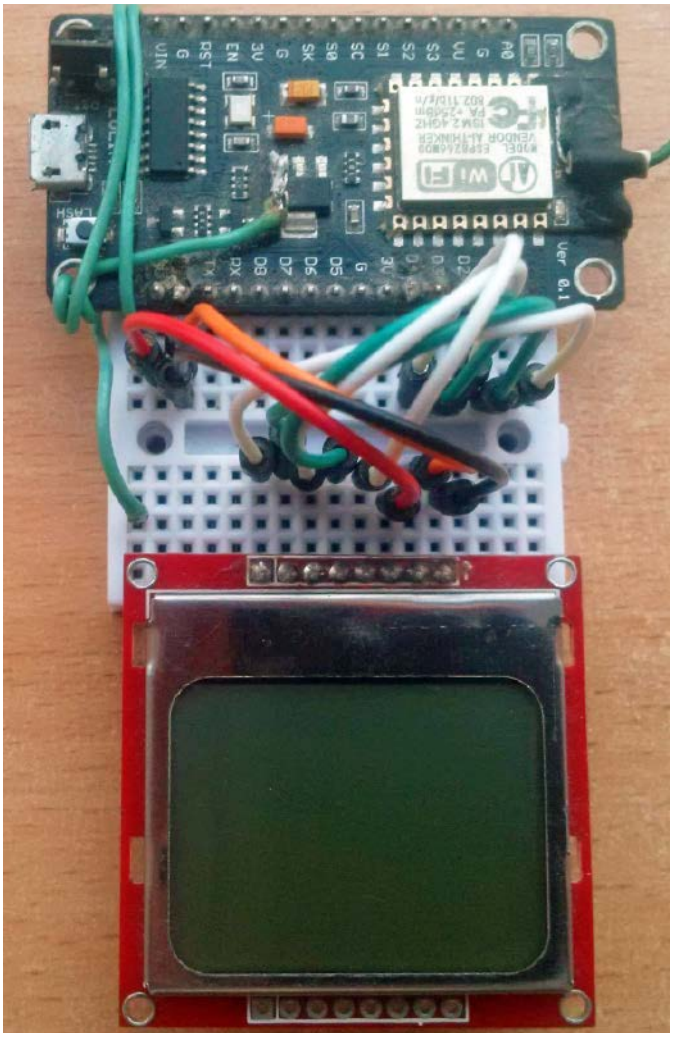
Fotografia 1. Moduł nadajnika zestawiony na płytce stykowej

Oprogramowanie

Szkice Arduino dla nadajnika i odbiornika sygnału pobieramy z repozytorium na GitHubie. Przed załadowaniem do układów musimy jednak wprowadzić w nich kilka danych. Poszczególne, opisane poniżej elementy wpisujemy w oznaczonych miejscach szkiców dla obu modułów – odbiornika i nadajnika.



Rysunek 4. Schemat ideowy modułu odbiornika



Fotografia 2. Moduł odbiornika zestawiony na płytce stykowej

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

```
Listing 1. Prosty program, który wyśle przez port szeregowy adres
MAC układu ESP8266

#include <ESP8266WiFi.h>

void setup(){
    Serial.begin(115200);
    Serial.println();
    Serial.println(WiFi.macAddress());
}

void loop(){
}
```

Adres MAC odbiornika

Aby uzyskać adres MAC odbiornika, najprościej jest wgrać do ESP8266 prosty program (**listing 1**), który zwróci nam przez port szeregowy adres MAC układu. Następnie należy otworzyć monitor portu szeregowego w Arduino i zresetować płytkę. Jeśli program został załadowany poprawnie, mikrokontroler zwróci adres fizyczny karty sieciowej przez interfejs UART do komputera. W przypadku modułu autora adres ten to 5C:CF:7F:FD:85:1D.

Wygenerowane klucze

Otwieramy i edytujemy pliki *Firmware_for_the_transmitter.ino* i *Firmware_for_the_receiver.ino*. W pierwszej kolejności musimy zastąpić już znajdujące się tam klucze tymi wartościami, jakie sami wygenerowaliśmy. Należy upewnić się również, że klucze są takie same w obu szkicach. Następnie zmienić musimy adres MAC odbiornika w szkicu dla nadajnika. Wpisujemy go w linii:

```
// Receiver's MAC address w pliku: Firmware_for_the_transmitter.ino
uint8_t broadcastAddress[] = {0x5C, 0xCF, 0x7F, 0xFD, 0x85, 0x1D};
```

Programowanie urządzeń

Finalnie ładujemy oprogramowanie do obu modułów, pamiętając, aby do nadajnika i odbiornika wgrać odpowiednie szkice, uzupełnione danymi – kluczami i adresem MAC. Urządzenia programujemy za pomocą środowiska Arduino IDE.

Uruchomienie układu

Finalnie, po złożeniu systemu i wgraniu do niego oprogramowania, nadchodzi czas, aby przetestować urządzenie. W pierwszej kolejności należy włączyć odbiornik – to ważne. Odbiornik wymaga konfiguracji klucza i dodania IV przy każdym włączeniu. Został on zaprojektowany w ten sposób, aby zwiększyć bezpieczeństwo i aby żadne dwa bloki nigdy nie były szyfrowane tym samym kluczem (jeśli założy się, że IV jest częścią klucza). Po włączeniu odbiornik czeka na pakiet inicjujący zawierający tzw. numer inicjujący. Po włączeniu nadajnik wysyła pakiet inicjujący do odbiornika. Odbiornik następnie odszyfrowuje pakiet inicjujący i wyodrębnia z niego wartość numeru inicjującego. Jeżeli wartość odebranego numeru inicjującego jest większa niż wartość numeru inicjującego przechowywanego w pamięci odbiornika, ale nie większa niż wartość numeru inicjującego + 5000, to ten numer jest akceptowany i używany w kluczowych procesach konfiguracji i regulacji IV, w przeciwnym razie odbiornik zgłosi błąd.

Po włączeniu odbiornika powinien pojawić się na jego ekranie napis o oczekiwaniu na przybycie pakietu inicjującego. Teraz można włączyć nadajnik. Poinformuje on o pomyślnej konfiguracji kluczy i IV.

Aby wysłać tekst do odbiornika, należy wpisać go na klawiaturze komputerowej podłączonej do nadajnika i nacisnąć przycisk Enter. Aby wysłać tekst z poziomu portu szeregowego, należy nacisnąć przycisk Tab na klawiaturze podłączonej do nadajnika. Odbiornik drukuje wszystkie odebrane dane do monitora szeregowego.

Podsumowanie

Jak pisze autor, wykonał on wszystko, co w jego mocy, aby Black Swan był jak najbardziej odporny na hakowanie. Wykonanie ataku *brute force* na to urządzenie jest niewykonalne, ponieważ istnieje 2936 możliwych kombinacji klawiszy (może trochę mniej, jeśli weźmie się pod uwagę, że IV mają tylko cyfry od 0 do 9), a jeśli chodzi o niezbyt barbarzyńskie ataki, takie jak wybrany tekst jawny i ataki typu *replay*, też nie ma co się nimi martwić, ponieważ algorytm szyfrowania jest odporny na tego typu działania.

System ma jednak pewne ograniczenia. Po pierwsze, odległość między obydwoma ESP może sięgać do około 200 metrów, a odporność algorytmu szyfrowania na hakowanie nie oznacza, że nigdy nie zostanie złamany. Jeśli osoba trzecia wejdzie w posiadanie jednego z urządzeń lub uzyska oprogramowanie układowe jednego z ESP, może być w stanie podsłuchiwać komunikację, a nawet manipulować wysyłanymi danymi. Podczas gdy pierwszy przypadek jest oczywisty, drugi wymaga lepszego wyjaśnienia. Jeśli komputer, którego użyto do modyfikacji oprogramowania układowego i/lub wgrania oprogramowania układowego do ESP jest w jakikolwiek sposób zagrożony, ktoś z drugiej strony ekranu może uzyskać klucze i IV, które wgrane zostały do ESP i później użyć tego przeciwko nam, podsłuchując transmisję.

Urządzenie to, mimo swoich wad, może znaleźć szereg ciekawych i wartościowych zastosowań w zakresie komunikacji na niewielkie odległości. Dodatkowo, wiedza zdobyta przy implementacji tego rodzaju rozwiązań z pewnością przyda się do rozwijania innych aplikacji kryptograficznych, nie tylko na mikrokontrolerach z rodziny ESP.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:

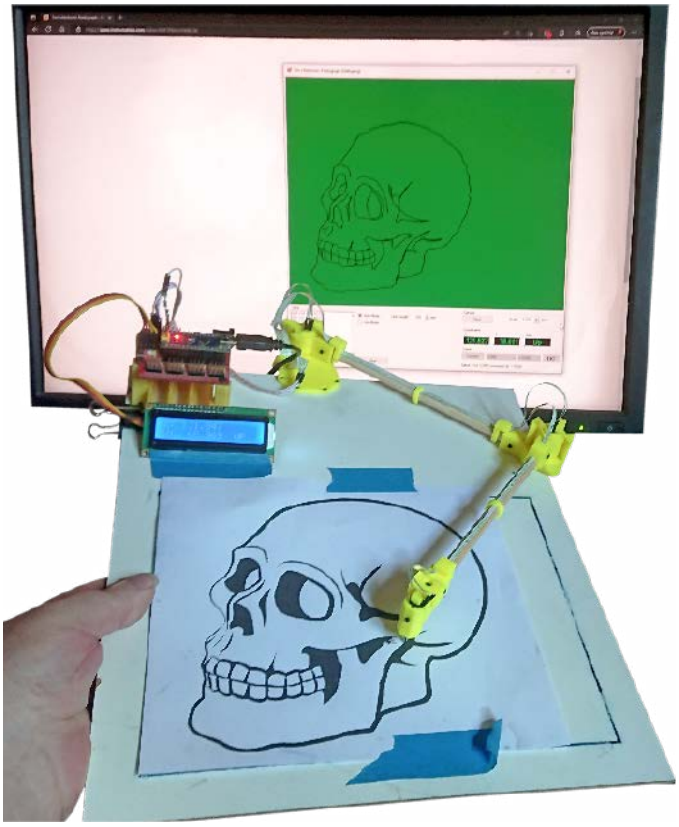
- https://www.instructables.com/The-Black-Swan-Project/
- https://github.com/Northstrix/Black_Swan

REKLAMA

O projektach, miniprojektach, projektach soft i na wiele innych tematów dyskutuj na forum.ep.com.pl

Elektroniczny pantograf

Pantograf to prosty przyrząd kreślarski, znany ludzkości od XVII wieku. Może się wydawać, że po 400 latach istnienia nie da się go już udoskonalić… nic bardziej mylnego. Zaprezentowany projekt to pantograf sterowany elektronicznie przez moduł Arduino.



Autor tego urządzenia nazwał je elektronicznym pantografem nie bez powodu, działa ono analogicznie, do klasycznego pantografu używanego do kreślenia w skali (nie, nie chodzi o taki pantograf, jak na pociągu czy tramwaju). Pantograf to urządzenie do kopiowania linii na płaskiej powierzchni za pomocą równoległych prętów obracających się względem ustalonych wspólnych osi. Regulując odległości, gdzie pręty te się obracają, zmienia się skale kopiowania linii. Zasada działania pantografu zilustrowana jest schematycznie na **rysunku 1**. Ponieważ pantograf jest elektroniczny, potrzebuje tylko dwóch drążków i zapisuje pozycję elektronicznie. Zarejestrowane pozycje mogą następnie posłużyć do narysowania skopiowanych linii w dowolnej skali w komputerze.

Pomiar pozycji drążków – kąta skrętu pomiędzy nimi – bazuje na sensorze Halla, umieszczonym w pobliżu magnesu. Elementy te obracają się względem siebie, co zmienia rzut pola magnetycznego na sensor. Dokładny opis działania tego sensora zawarto w dalszej części artykułu.

Do konstrukcji zaprezentowanego pantografu potrzebna jest precyzyjnie skalibrowana drukarka 3D, ponieważ dokładność konstrukcji jest zdecydowanie kluczowym elementem jej powodzenia. Systemem steruje moduł Arduino NANO z wyświetlaczem LCD do wyświetlania współrzędnych, ale aby zrobić coś praktycznego z zebranymi danymi wyjściowymi, wymagana jest aplikacja na komputer PC, która da graficzną reprezentację danych. Aby zrealizować projekt, należy mieć podstawowe doświadczenie z platformą Arduino. Ponadto przyda się elementarna wiedza na temat składni mechanizmów zapisu za pomocą tzw. G-Code (jest to znormalizowany język zapisu poleceń dla urządzeń sterowanych numerycznie).

Potrzebne elementy

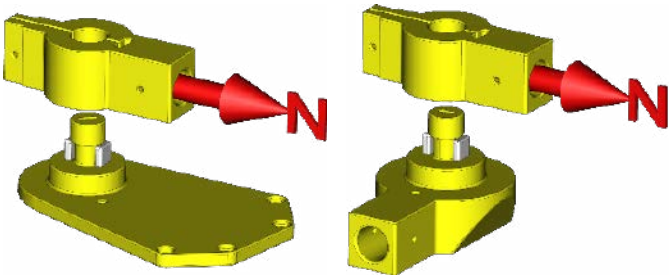
Do budowy prezentowanego urządzenia potrzebne będą:

- dwa sensory Halla typu 49E,
- cztery magnesy neodymowe 5×5×2 mm, gdzie bieguny północny/południowy ulokowane są na osi wyznaczanej przez długość 2 mm,
- narzędzie do wykrywania lokalizacji biegunów magnesów (można użyć smartfona z odpowiednią aplikacją),
- moduł Arduino NANO,
- wyświetlacz LCD 2×16 pozwalający na podłączenie go przez I²C (z układem PCF8575).
- przewody do podłączenia modułów itp. Autor zastosował przewody FFC, jakie pozyskał ze starych drukarek. Dodatkowo, serwa należy podłączyć grubszym przewodem, więc autor rekomenduje przewód 32 AWG,
- złącza i wtyczki,
- przycisk,
- dwa pręty o średnicy 8 mm i długości 171 mm, autor zastosował pręty z bambusa,
- pręt o średnicy 8 mm i długości 30 mm,
- wkręty samogwintujące M1,7×6 mm,
- stalowy/mosiężny/aluminiowy pręt do wykonania rysika,
- arkusz 3 mm sztywnego materiału – sklejka, MDF itp. – o wymiarach 285×380 mm,
- klej,
- drukarka 3D do wyprodukowania elementów (pliki *.stl* znaleźć można na stronie z projektem).

Układ mechaniczny

Montaż urządzenia należy rozpocząć od wydrukowania elementów. Następnie, przed instalacją komponentów elektronicznych, należy zmontować układ mechaniczny pantografu.

Rysunek 1. Schematyczny rysunek budowy pantografu, pokazujący jego zasadę działania



Rysunek 2. Orientacja magnesów w elementach

Orientacja magnesów

Przy montażu skrętnych osi, w których zamontowane są sensory Halla, ważna jest orientacja magnesów, jakie tam są umieszczone. Co do zasady, biegun północny magnesów powinien wskazywać kierunek pręta przymocowanego do uchwytu. Orientacja magnesu jest taka, jak pokazano na **rysunku 2**. Autor, do odnalezienia biegunów magnesu, skorzystał z aplikacji na telefonie.

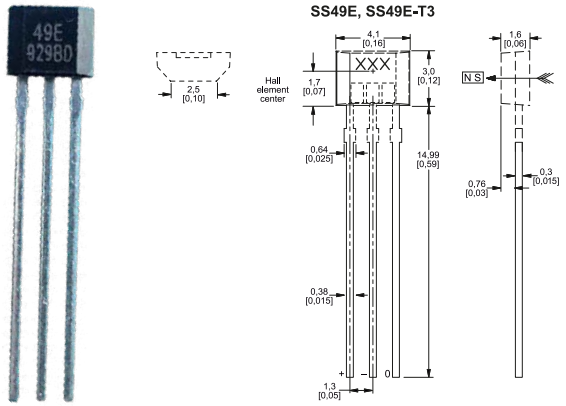
Przed montażem należy sprawdzić, czy magnesy pasują do przygotowanych otworów. Z uwagi na to, że druk 3D nie należy do najbardziej precyzyjnych metod wytwarzania elementów mechanicznych, tolerancje mogą sprawić, że otwory na magnesy będzie trzeba np. delikatnie przeszlifować, by spasować całość.

Gdy uchwyty magnesów znajdą się na miejscu nad elementem obrotowym, luźne końce uchwytów magnetycznych są zaciskane razem za pomocą małej śrubki. Jeśli po zaciśnięciu elementy nie chcą się swobodnie obracać, należy je kilkakrotnie obrócić na siłę, co powinno spowodować, że tarcie dopasuje je do siebie.

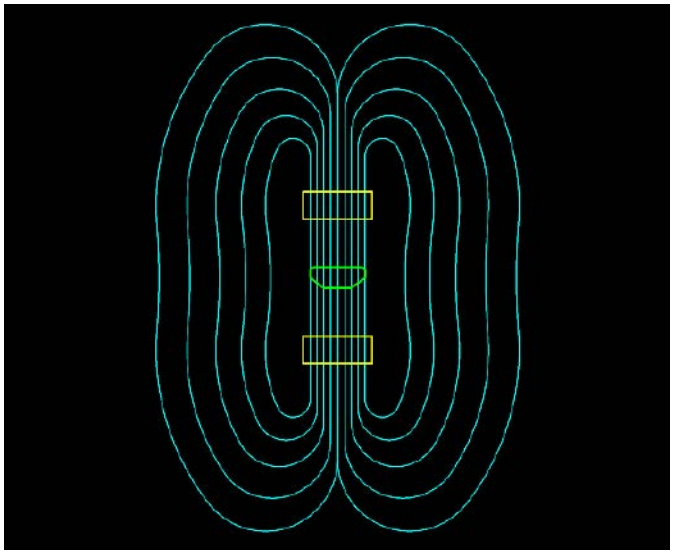
Zasada działania sensorów magnetycznych

Hallotron to sensor magnetyczny – element elektroniczny, który korzysta z efektu Halla i mierzy siłę pola magnetycznego. Jest to element liniowy (wyjście sygnału z tego sensora jest proporcjonalne do natężenia pola magnetycznego) i czuły na pole w konkretnej osi. Oznacza to, że sensor mierzy rzut pola na konkretną oś, która pokazana jest na **rysunku 3**, gdzie zamieszczono również element zastosowany w konstrukcji tego układu – sensor Halla 49E firmy Honeywell.

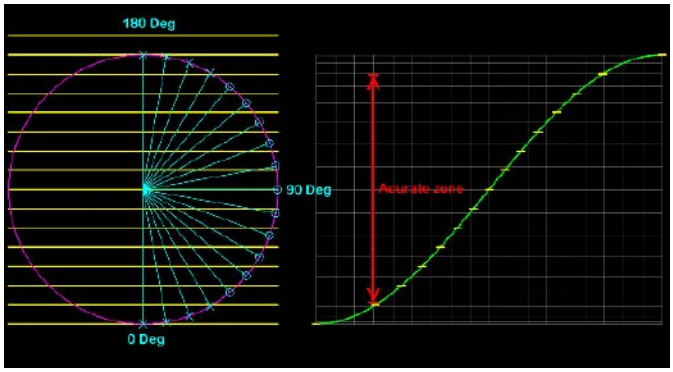
Jeśli teraz umieścimy dwa magnesy w jednej osi, w tym samym kierunku, jak pokazano na **rysunku 4**, możemy założyć, że pole magnetyczne pomiędzy nimi będzie biegło po liniach prostych, równolegle do osi magnesów. Jeśli teraz w równolegle przebiegającej części pola magnetycznego umieścimy sensor Halla, tak jak pokazano na rysunku 4, to pole ułoży się dokładnie w osi sensora. Jeśli natomiast obrócimy teraz sensor wokół własnej osi, to efektywne pole magnetyczne, mierzone przez sensor, będzie niższe. Ilościowo, rzut pola na oś sensora opisane może być funkcjami trygonometrycznymi – sinusem bądź cosinusem, zależnie, w jakim miejscu założymy sobie zero stopni. Jeśli dla pozycji maksymalnego mierzonego natężenia pola magnetycznego przyjmiemy kąt 90°, to kąt z mierzonym polem



Rysunek 3. a) Sensor Halla; b) Rysunek sensora Halla wraz z oznaczeniem osi, w której sensor czuły jest na pole magnetyczne



Rysunek 4. Układ magnesów (żółte kształty) i sensora Halla (zielony kształt) w omawianym urządzeniu



Rysunek 5. Zasada działania pomiaru kąta poprzez pomiar natężenia rzutu pola magnetycznego i ograniczenie zakresu stosowania, wynikające z liniowej aproksymacji funkcji

zwiąże funkcja sinus. Jak widać na **rysunku 5**, zależność mierzonego sygnału od kąta nie jest liniowa. Z uwagi na fakt, że obliczanie arcusa sinusa jest kosztowne obliczeniowo – na ogół realizowane za pomocą stabelaryzowanych wartości (które z kolei zajmują pamięć programu mikrokontrolera), autor zdecydował się na liniowe uproszczenie zależności, co oznacza, że użyteczna jest tylko część pełnego zakresu pomiarowego.

Algorytm ten można by ulepszyć, stosując aproksymację Bhaskara I, której matematyczny zapis pokazano na równaniu 1.

$$sin(x) \approx \frac{4x(180-x)}{40500-x(180-x)} \quad (1)$$

gdzie x to wartość kąta podana w stopniach.

Jeśli teraz przekształcimy równanie, otrzymamy zapis:

$$x = 90(1-2\sqrt{\frac{1-sin(x)}{4+sin(x)}}) \quad (2)$$

A jeśli równanie 2 nadal jest zbyt złożone obliczeniowo (na przykład z uwagi na konieczność wyliczenia pierwiastka kwadratowego), skorzystać możemy z aproksymacji wielomianem, pokazanym na równaniu 3.

$$x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \times \frac{sin^{2n+1}(x)}{2n+1} \quad (3)$$

Jeżeli ograniczymy się tylko do kilku pierwszych wyrazów wielomianu, da nam wyrażenie:

$$x = sin(x) + \frac{1}{6}sin^3(x) + \frac{1}{40}sin^5(x) + \frac{5}{112}sin^7(x) + \ldots \quad (4)$$

gdzie kąt podawany jest w radianach.

Daje to całkiem dobrą aproksymację w zakresie od –60° do 60°. W literaturze można znaleźć więcej metod aproksymacji funkcji odwrotnej do sinusa.

Ograniczniki ruchu

Obrotowe złącza wymagają ograniczników ruchu, które nie pozwolą na przyjmowanie przez nie dowolnych pozycji – ograniczają one kąt ich obrotu. Oba ograniczniki ruchu ramion, wydrukowane w 3D, są takie same. Każdy jest utrzymywany na miejscu za pomocą dwóch śrub. Na **rysunku 6** pokazano sposób ich montażu.

Ograniczniki mają zakręcony kształt na górze. Podczas montażu należy zwrócić uwagę, w jaki sposób narysowane są na rysunkach. Ograniczniki muszą być zamontowane we właściwy sposób.

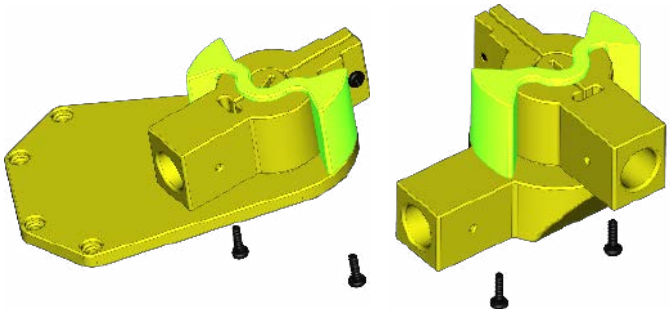
Ramiona

Autor do wykonania ramion pantografu zastosował bambusowe pręty o średnicy 8 mm. Do tego celu nadają się dowolne pręty o średnicy ok. 6 mm, w które da się wkręcić wkręty mocujące. Autor użył tutaj malutkich wkrętów samogwintujących M1,7×6 mm. Pod wkręty te należy wykonać otwory o średnicy 1,2 mm, szczególnie jeżeli pręt jest wykonany z drewna, jak w tym przypadku. Pręty muszą mieć długość równo 171 mm. Trzeba je precyzyjnie zamocować w elementach z magnetycznymi sensorami obrotu.

Podstawa

Na **rysunku 7** pokazano wymiary podstawy pantografu. Całkowity rozmiar może wydawać się dziwny, ale wynika to po prostu z posiadanego przez autora fragmentu płyty pilśniowej. Na **rysunku 7** zaznaczono również obszar roboczy pantografu. Otwory na trójkątny wspornik mogą być nieco trudne do zaznaczenia do wiercenia. Najlepiej jest wykonać je po zamontowaniu górnej części pierwszego wspornika ramienia. Wtedy można wywiercić otwory w miejscu, w którym wypadnie ten element.

Wszystkie otwory mają średnicę 1,2 mm, co umożliwia montaż wkrętów samogwintujących M1,7×6 mm. Całkowity rozmiar podstawy nie musi oczywiście być taki sam, o ile wszystkie otwory i obszar roboczy są ze sobą powiązane wymiarowo. Krzyż kalibracyjny, pokazany na **rysunku 8**, potrzebny będzie w dalszej części uruchamiania konstrukcji. Wszystkie wymiary, wraz z lokalizacją tego krzyża, znajdują się w pliku DXF, jaki pobrać można ze strony z projektem.



Rysunek 6. Sposób montażu ograniczników ruchu ramion pantografu

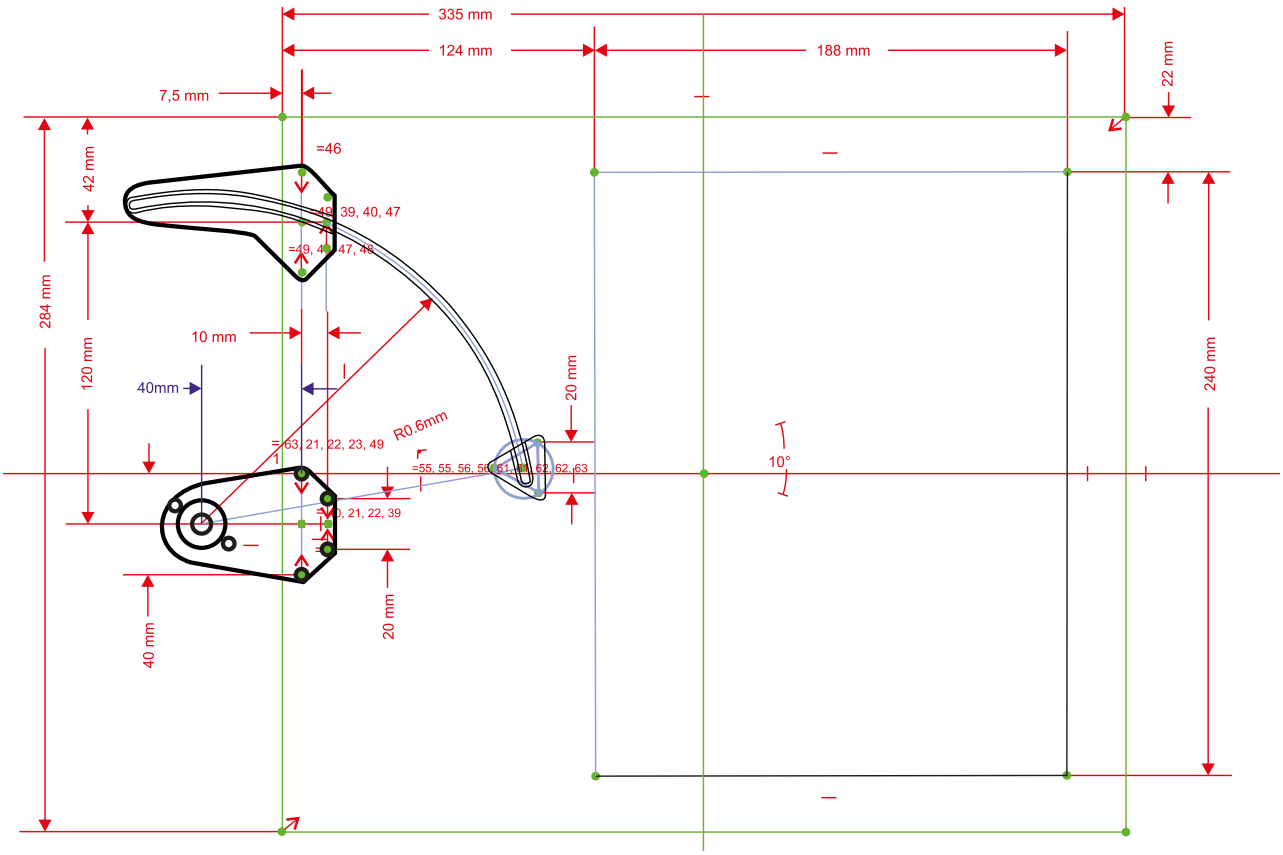
Pierwsze ramię i jego wspornik

W pierwszej kolejności montujemy uchwyt pierwszego ramienia (**rysunek 9a**). Ramię na obrotowej podstawie mocują do podstawy cztery śruby. Następnie instalujemy podstawkę pod ramię (**rysunek 9b**).

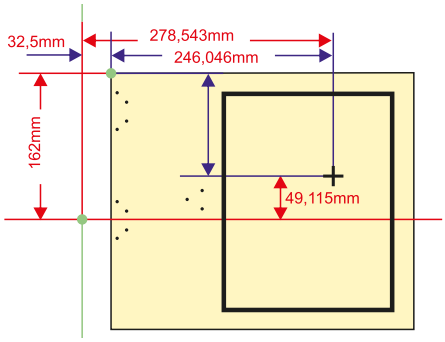
Jeśli mamy problem z instalacją podstawki, możemy przymocować najpierw górny uchwyt, który również przytrzyma w miejscu podstawkę i pozwoli wygodnie oznaczyć miejsce, gdzie wykonane zostaną otwory pod wkręty mocujące podstawkę.

Drugie ramię

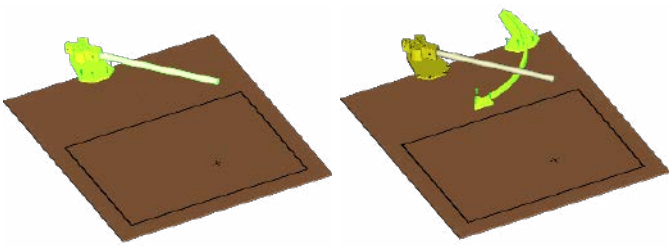
Drugie ramię musi być mocno osadzone na pręcie pierwszego ramienia, a następnie zamocowane za pomocą dwóch śrub. Po umieszczeniu drugiego ramienia na miejscu, można wywiercić otwory prowadzące na śruby montażowe (**rysunek 10**). Podczas montażu ramion najlepiej ustawić je pod kątem 90° między sobą. Autor wykonał dodatkowo mały element do precyzyjnego ustawienia wysokości pręta, co pozwala ustawić drugie ramię na odpowiedniej wysokości na czas montażu.



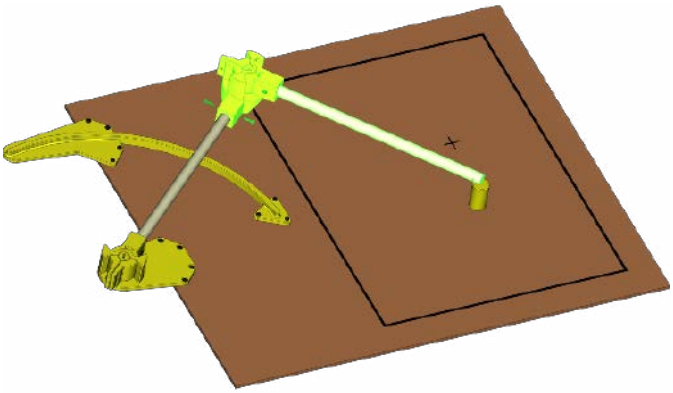
Rysunek 7. Zwymiarowany rysunek podstawy pantografu



Rysunek 8. Lokalizacja krzyża kalibracyjnego



Rysunek 9. Montaż pierwszego ramienia i jego podstawy

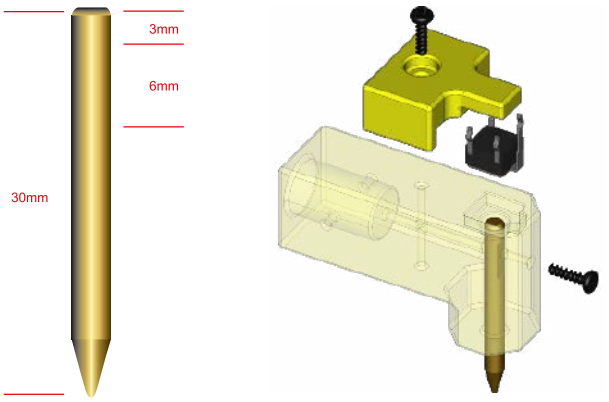


Rysunek 10. Montaż drugiego ramienia

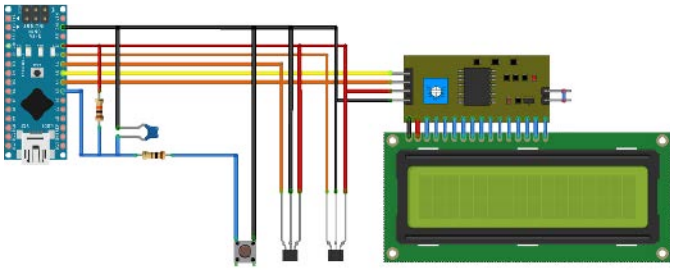
Rysik

Stylus (**rysunek 11a**) wykonany jest z metalowego okrągłego pręta. Nie ma znaczenia, jakiego metalu użyje się do jego wykonania. Średnica pręta musi wynosić 3 mm, a całkowita długość 30 mm. Rysik ma wypiłowany płaski fragment na boku, bliżej górnej części. Wymiary tego wypłaszczenia nie są krytyczne. Jest tam, aby można było ustawić śrubę, która będzie zapobiegała wypadaniu rysika i umożliwi mu poruszanie się lekko w górę i w dół. Rysik porusza się w górę i w dół, umożliwiając wciśnięcie przycisku.

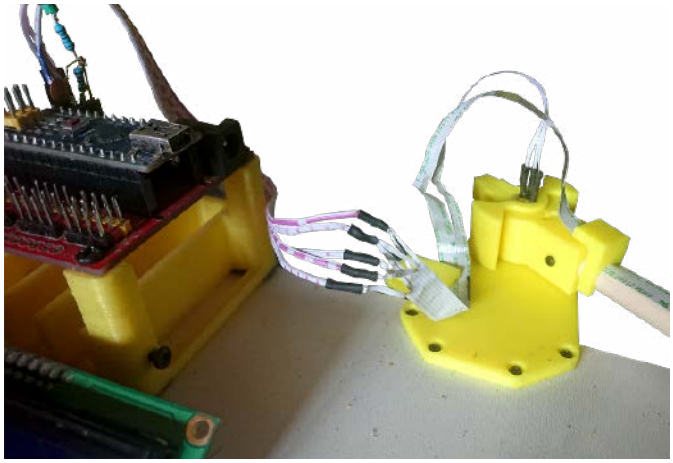
Rysik należy wsunąć do uchwytu płaską stroną skierowaną do przodu. Można wtedy zamontować go na miejscu za pomocą śruby na przedzie uchwytu. Nie należy jej dokręcać zbyt mocno,



Rysunek 11. Stylus i jego uchwyt



Rysunek 12. Schemat ideowy kontrolera pantografu



Fotografia 1. Wiązka łącząca ramię z płytką i modułem Arduino

wystarczy, że śruba znajdzie się na tyle głęboko, aby zapobiec wypadnięciu rysika. W górnej części uchwytu umieszczamy, jak pokazano na **rysunku 11b**, przycisk, mocowany na miejscu za pomocą przykręconej śrubą nakładki.

Uchwyt rysika musi być mocno osadzony na pręcie drugiego ramienia, a następnie zamocowany za pomocą dwóch śrub. Otwory pod wkręty mocujące ten element do pręta pantografu najlepiej jest wywiercić po pionowym osadzeniu tego elementu.

Układ sterujący

Elektronika

Schemat ideowy kontrolera pantografu, narysowany we Fritzing, jest pokazany na **rysunku 12**. Do wykonania dłuższych połączeń (zwłaszcza do sensorów Halla i przycisku) autor rekomenduje zastosowanie płaskich taśm FFC. Dzięki temu, że są one tak cienkie, dobrze układają się w systemie i są na tyle giętkie, by nie utrudniać ruchów pantografu. Dodatkowo przewody takie łatwo pozyskać można ze starych drukarek czy skanerów. Oprócz przewodów FFC autor stosuje normalne przewody taśmowe z żyłami 32 AWG do ich przedłużenia.

W przypadku kabli FFC nie należy lutować niczego bezpośrednio do końcówek. Najlepiej odciąć je i rozciąć przewody nożyczkami i dopiero wtedy lutować do przewodów po ich odizolowaniu. Jeśli tak nie zrobimy, to niemal od razu po dotknięciu końców przewodów przez lutownicę plastikowa izolacja się spali. FFC nie są tak delikatne, jak mogłoby się wydawać. Do ich lutowania najlepiej jednak używać dużo topnika i ograniczyć czas grzania przewodów do minimum.

Przycisk wyposażony jest w elektroniczny układ de-bounce, bazujący na układzie RC. Zastosowanie sprzętowego filtrowania, zamiast analogicznego rozwiązania w oprogramowaniu, zapewnia szybsze działanie systemu. Autor swoją konstrukcję z filtrem RC umieścił na kompaktowej płytce uniwersalnej, wpinanej pomiędzy przycisk a moduł Arduino (**fotografia 1**). Przycisk podłączony jest do wejścia A3. Na przyszłość, wejścia A0, A1 oraz A2 także zostały skonfigurowane do obsługi w przerwaniu, dzięki czemu do nich również można dołączyć przyciski.

Sensory Halla, jakie zastosowano w tym projekcie, na swoim wyjściu podają wynik analogowy, w postaci napięcia

proporcjonalnego do natężenia pola magnetycznego. Dlatego muszą być one podłączone do wejść wyposażonych w przetwornik analogowo-cyfrowy, który zdigitalizuje wartość napięcia. Autor użył w tym celu wejścia A6 i A7.

Wyświetlacz jest dołączony do modułu poprzez interfejs I²C i moduł ekspandera I²C, który konwertuje szeregowy interfejs na równoległą szynę danych i sterowania, typową dla kontrolera LCD.

Dopasowanie pozycji sensorów

Po przylutowaniu sensory magnetyczne instalowane są w przygotowanych wcześniej miejscach w wydrukowanym w 3D elemencie. Aby sensor poprawnie pracował, musi znaleźć się na właściwej pozycji po zamontowaniu. Otwory w złączach pantografu są ukształtowane tak, aby pokazać orientację czujników. Trzeba jednak osadzić sensor na odpowiedniej głębokości. W tym celu autor wydrukował specjalny przymiar do ustalenia głębokości sensora na czas jego klejenia. Przymiar głębokości ma wycięcie na podstawę czujnika obrotu. Wsuwa się go po samą górę do czujnika. Wtedy można nałożyć klej w miejsce, w którym piny sensora przechodzą przez plastikowe elementy.

Montaż modułu Arduino

Moduł Arduino i LCD zamontowane są na podstawie w niewielkiej, drukowanej w 3D ramce. Autor dopasował ją do Arduino z dopiętym shieldem NANO UNO Breakout Shield, więc mocowanie jest dostosowane do tego typu. Niektóre płytki mogą być nieco różne, ale tak długo, jak mają otwory w rozstawie Arduino UNO, powinny pasować do znajdującej się na stronie z projektem ramki.

Śruby służące do zamontowania ramki do podstawy mają wymiary M1,7×6 mm, jak wszystkie inne śruby używane w projekcie do montażu elementów. Pliki STL ramki, jak i podkładek dla śrub, znajdują się na stronie z projektem.

Firmware

Przystępując do tego projektu, dobrze jest mieć już jakieś doświadczenie z ekosystemem Arduino. Jeśli to nasza pierwsza styczność z Arduino IDE, dobrze jest przejść najpierw kilka samouczków i przyswoić sobie jakieś poradniki, dotyczące podstaw działania tego ekosystemu.

Szkic oprogramowania pantografu znajduje się w pliku *Tims_Electronic_Pantograph.ino*, jaki można pobrać ze strony z projektem. Po pobraniu szkicu trzeba umieścić go w folderze o tej samej nazwie, ale bez rozszerzenia *.ino*. Szkic ten należy załadować do mikrokontrolera w systemie, korzystając z Arduino IDE. Szkic (fragmenty) zaprezentowano na **listingu 1**, pełna wersja szkicu jest do pobrania na stronie z projektem.

Listing 1. Kod oprogramowania w środowisku Arduino (fragmenty)

```
void  loop() {
  NowTime = millis();
  Read_Sensor_Values();
  //  Funkcja do wyznaczania kąta pierwszego ramienia
  Calc_Angle_Hall_01();
  //  Funkcja do wyznaczania kąta drugiego ramienia
  Calc_Angle_Hall_02();
  //  Funkcja do wyznaczania pierwszej współrzędnej
  Calc_XY_Hall_01();
  //  Funkcja do wyznaczania drugiej współrzędnej
  Calc_XY_Hall_02();
  Calculate_Coordinates();
}

void Read_Sensor_Values() {
  Sensor_Value_01 = 0;
  Sensor_Value_02 = 0;
  for (size_t i = 0; i < 10; i++) {
    //  Odczytuje wartość sensora z wejścia analogowego
    Sensor_Value_01 += analogRead(Hall_49R_Pin_01);
    //  Odczytuje wartość sensora z wejścia analogowego
    Sensor_Value_02 += analogRead(Hall_49R_Pin_02);
  }
  //  Oblicza średnią z 10 pomiarów
  Sensor_Value_01 = Sensor_Value_01 / 10;
  //  Oblicza średnią z 10 pomiarów
  Sensor_Value_02 = Sensor_Value_02 / 10;

#ifdef DEBUG
  //  Send a new line to serial to seperate values.
  Serial.println();
  Serial.println(Sensor_Value_01);
  Serial.println(Sensor_Value_02);
  //  Wait a little for things to happen and be able to read results.
  delay(1000);
#endif // DEBUG

}

void Calc_Angle_Hall_01() {
  double O = (double)Sensor_Value_01 - CAL_HALL_0D_01 - CAL_HALL_RAD_01;
  double H = (double)O / CAL_HALL_RAD_01;
  Hall_Angle_01 = 90.0 + (asin(H) * 180.0 / PI);
}

void Calc_Angle_Hall_02() {
  double O = (double)Sensor_Value_02 - CAL_HALL_0D_02 - CAL_HALL_RAD_02;
  double H = (double)O / CAL_HALL_RAD_02;
  Hall_Angle_02 = 90.0 + (asin(H) * 180.0 / PI);
}

void Calc_XY_Hall_01() {
  Hall_X_01 = cos((Hall_Angle_01 + ANGLE_BIOS_01 - 55)
    * (PI / 180)) * ARM_LENGTH;
  Hall_Y_01 = sin((Hall_Angle_01 + ANGLE_BIOS_01 - 55.0)
    * (PI / 180)) * ARM_LENGTH;
}

void Calc_XY_Hall_02() {
  Hall_X_02 = cos((Hall_Angle_02 + ANGLE_BIOS_02
    + Hall_Angle_01 + ANGLE_BIOS_01 - 55)
    * (PI / 180)) * ARM_LENGTH;
  Hall_Y_02 = sin((Hall_Angle_02 + ANGLE_BIOS_02
    + Hall_Angle_01 + ANGLE_BIOS_01 - 55.0)
    * (PI / 180)) * ARM_LENGTH;
}

void Calculate_Coordinates() {
  Sylus_X = 100.0 + Hall_X_01 + Hall_X_02;
  Sylus_Y = 345.0 - Hall_Y_01 - Hall_Y_02;
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print("  ");
  lcd.setCursor(Xpos(3, Sylus_X), 0);
  lcd.print(Sylus_X, 3);
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print("  ");
  lcd.setCursor(Xpos(3, Sylus_Y), 1);
  lcd.print(Sylus_Y, 3);
}

void Send_Data() {
  byte _switch = 0;
  if (Pen_Down) { bitSet(_switch, 0); }
  if (Sylus_X < 0) { bitSet(_switch, 1); }
  if (Sylus_Y < 0) { bitSet(_switch, 2); }
  unsigned long _sylus_X = abs(Sylus_X * 1000);
  unsigned long _sylus_Y = abs(Sylus_Y * 1000);
  byte _buff[7];
  _buff[0] = _switch;          //  0 0 0 0 0 -X -Y PenDown
  _buff[1] = (byte)(_sylus_X >> 0); //  X LSB
  _buff[2] = (byte)(_sylus_X >> 8); //
  _buff[3] = (byte)(_sylus_X >> 16);  //  X MSB
  _buff[4] = (byte)(_sylus_Y >> 0); //  Y LSB
  _buff[5] = (byte)(_sylus_Y >> 8); //
  _buff[6] = (byte)(_sylus_Y >> 16);  //  Y MSM
}
```

Kalibracja

Po przygotowaniu oprogramowania można przystąpić do kalibracji pantografu. Wymaga ona kilku kroków. Pierwszym krokiem jest załadowanie do mikrokontrolera kodu w trybie DEBUG. W tym celu trzeba odkomentować wiersz z dyrektywą:

```
#define DEBUG
```

Również w tym momencie musimy upewnić się, że parametr Bios dla obu kątów jest ustawiony na 0:

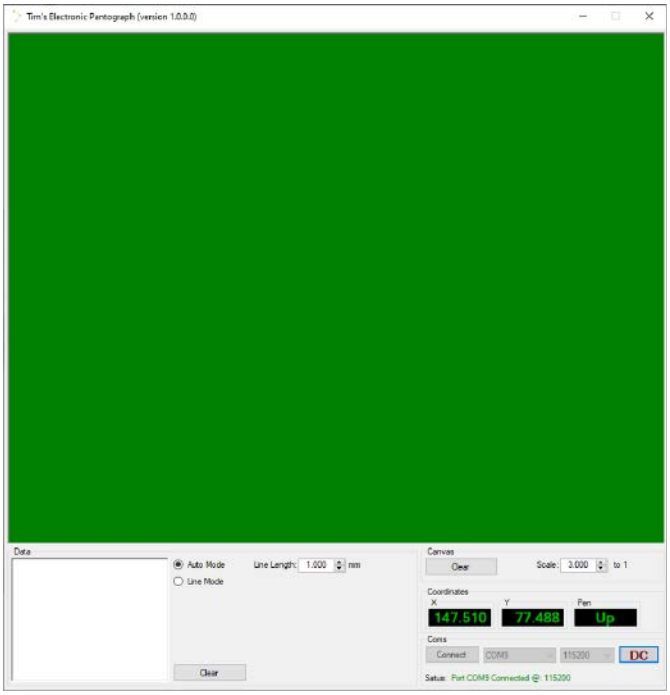
```
#define ANGLE_BIOS_01 0
#define ANGLE_BIOS_02 0
```

Po upewnieniu się, że kod jest poprawny, można przesłać go do układu. Następnie należy uruchomić monitor portu szeregowego w Arduino IDE. Wartości z czujników będą przesyłane do komputera przez ten port. Na LCD powinien również być widoczny napis DEBUG w prawym górnym rogu wyświetlacza. Wykonując odczyty, należy przesunąć ramiona do końca zakresu ich ruchu. Jeśli wartości czujników narastają/opadają niewłaściwie oznacza to, że orientacja danego magnesu jest niewłaściwa. Następnie wykonujemy następujące ruchy ramionami i notujemy je w szkicu Arduino w wymienionych linijkach kodu:

Mniejsza z wartości mierzonych przez czujnik Halla 1 pod kątem 45°. Należy dosunąć ramię do prawego ogranicznika ruchu. Zmierzoną wartość wpisujemy w (zamieniając wartość 232):

```
#define CAL_HALL_45D_01 232
```

Większa z wartości czujnika Halla 1, gdy jest on umieszczony pod kątem 135°. Należy dosunąć pierwsze ramię do dołu w lewo



Rysunek 13. Interfejs graficzny programu do obsługi elektronicznego pantografu

aż do ogranicznika ruchu. Wartość z pomiaru wpisywana jest w (zamieniając wartość 835):

```
#define CAL_HALL_135D_01 835
```

Mniejsza z wartości mierzonych przez czujnik Halla 2 pod kątem 45°. Należy dosunąć ramię do prawego ogranicznika ruchu, poruszając się od pierwszego ramienia. Zmierzoną wartość wpisujemy w (zamieniając wartość 258):

```
#define CAL_HALL_45D_02 258
```

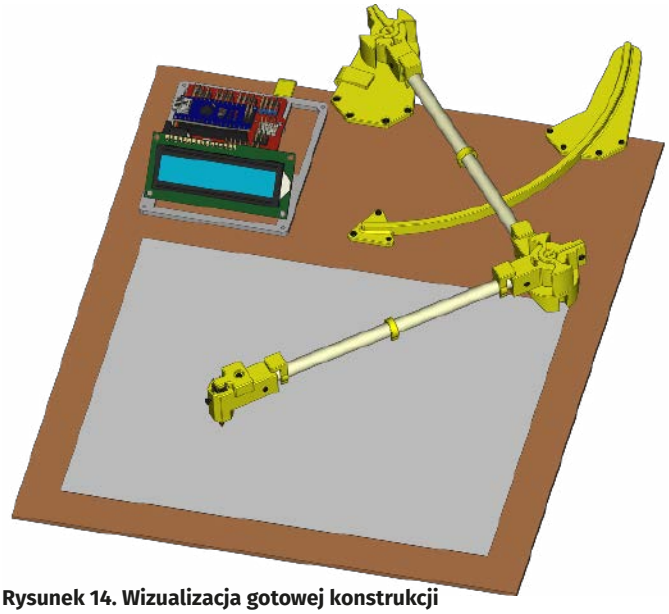
Większa z wartości czujnika Halla 2, gdy jest on umieszczony pod kątem 135°. Należy dosunąć pierwsze ramię w dół w lewo aż do ogranicznika ruchu, poruszając się do pierwszego ramienia. Wartość z pomiaru wpisywana jest w (zamieniając wartość 825):

```
#define CAL_HALL_135D_02 825
```

Po zmianie wartości w kodzie należy go skompilować i wgrać do Arduino przed kolejnym krokiem kalibracji. W drugim kroku wykorzystujemy już wyliczone przez mikrokontroler wartości, mierząc wartości dla obu sensorów dla pozycji 0° oraz 180° i wpisując je w następujących stałych w kodzie szkicu Arduino:

```
#define CAL_HALL_0D_01 107
// Wartość dla 0° dla sensora 1
#define CAL_HALL_180D_01 690
// Wartość dla 180° dla sensora 1
#define CAL_HALL_0D_02 140
// Wartość dla 0° dla sensora 2
#define CAL_HALL_180D_02 942
// Wartość dla 180° dla sensora 2
```

Po zmianie tych wartości w kodzie należy go ponownie skalibrować i wgrać do Arduino. Możemy teraz przystąpić do ostatniego, trzeciego kroku kalibracji. W tym celu ustawiamy rysik pantografu na krzyżu kalibracyjnym (rysunek 8). Powinno to ustawić oba ramiona w pozycji 90°. Obliczone wartości kąta raportowane są przez port szeregowy. W monitorze szeregowym obie wartości kąta: *Hall_Angle_01* i *Hall_Angle_02* powinny mieć wartości 90°. Jeśli tak nie jest, to parametry *ANGLE_BIOS_01* i *ANGLE_BIOS_02* muszą zostać zmienione na wartość, które po dodaniu do tego, co jest wyświetlane w monitorze szeregowym, daje wartość 90°. Jeśli jest to wartość ujemna, to w kodzie umieszczana jest wartość ujemna. Na przykład, jeżeli monitor szeregowy pokazuje wartość 90,245 dla pierwszego kąta, to wpisujemy 90–90,245=–0,245:



Rysunek 14. Wizualizacja gotowej konstrukcji

```
#define ANGLE_BIOS_01 -0.245
```

Analogiczną korekcję wprowadzamy dla drugiego kąta. Kończy to etap kalibracji. Teraz wystarczy tylko przestawić Arduino NANO w tryb użytkowania. Oznacza to, że zakomentować trzeba flagę DEBUG:

```
// #define DEBUG
```

Finalnie, można wgrać kod do mikrokontrolera w Arduino. W prawym górnym rogu wyświetlacza LCD nie powinno już być słowa BEBUG. Monitor szeregowy będzie otrzymywać coś, co wygląda na pierwszy rzut oka, jak śmieci.

Oprogramowanie komputera PC

Protokół komunikacyjny, stosowany przez układ, opisany jest dokładnie na stronie z projektem. Z uwagi na już i tak dużą objętość tego artykułu opis ten zostanie pominięty. Aplikacja (**rysunek 13**), która pozwala na stworzenie wizualnej reprezentacji danych zebranych przez pantograf jest do pobrania na stronie z projektem. Po ściągnięciu paczki *.zip* należy ją rozpakować do wybranego miejsca i uruchomić plik *setup.exe* z rozpakowanej lokalizacji.

Podsumowanie

Wygląd gotowej konstrukcji pokazuje **rysunek 14**, natomiast działanie programu pokazane jest na fotografii tytułowej, ale lepiej widoczne jest to na filmie, jaki można obejrzeć na stronie z projektem. Wystarczy uruchomić program i podłączyć pantograf do komputera przez interfejs USB. W oprogramowaniu wybieramy port USB, do którego jest podłączony pantograf i ustawiamy szybkość transmisji na 115200 i można rysować.

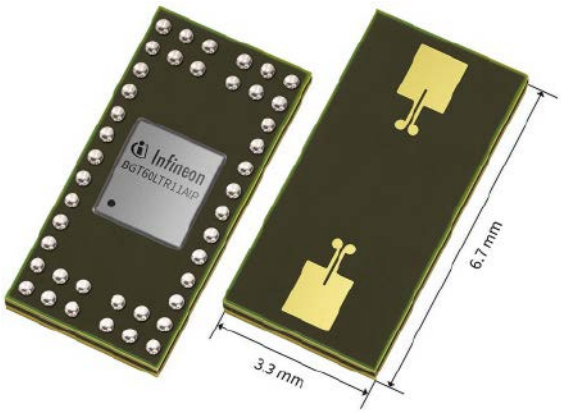
Obrazek lub cokolwiek, co chcemy skopiować, umieszczamy w obszarze roboczym i mocujemy go, aby się nie ruszał. Naciskamy rysik, aby program rozpoczął śledzenie ruchu i zapisywanie jego pozycji. Oprogramowanie najlepiej jest ustawić w trybie automatycznym. Wystarczy skonfigurować skalę (3:1 domyślnie) oraz częstotliwość rysowania linii. Program, oprócz obrazu, generuje również w oknie Data kod G, który może być używany np. z ploterem, dzięki czemu można odtworzyć to, co jest na ekranie.

Nikodem Czechowski, EP

Źródła:
- https://www.instructables.com/Tims-Electronic-Pantograph-2D/
- https://www.instructables.com/Tims-Electronic-Dividers-1D/
- https://bit.ly/3pMzTyN
- Milton Abramowitz, Irene A. Stegun (red.), „Handbook of Mathematical Functions", Courier Corporation, 1965.

Czujniki radarowe jako potężne narzędzia do inteligentnych aplikacji IoT

Minęło nieco ponad dwadzieścia lat od wprowadzenia terminu Internet Rzeczy (IoT). To wystarczyło, aby miliony czujników i urządzeń na całym świecie zostały połączone poprzez globalną sieć. Urządzenia IoT są stosowane dla polepszenia i usprawnienia wielu aspektów naszego życia oraz przyczyniają się do wielu oszczędności, dlatego zapotrzebowanie rynku na inteligentne urządzenia i ich aplikacje nie maleje. Jednym z czynników takiego zainteresowania jest fala rozwiązań z intuicyjnym sterowaniem, które umożliwiają ludziom interakcję z urządzeniami w bardziej naturalny i bezproblemowy sposób niż kiedykolwiek wcześniej.



Wdrożenie intuicyjnego sterowania bazuje na szeregu nieinwazyjnych systemów czujnikowych, które zapewniają aplikacjom IoT nowe zdolności percepcyjne. Intuicyjne systemy wykrywania pozwalają urządzeniom widzieć, słyszeć, postrzegać i rozumieć otaczające środowisko. W ten sposób otwierają nowe horyzonty dla technologii IoT w takich obszarach, jak inteligentne domy, bezpieczeństwo i przemysł.

Czujniki radarowe

W zakresie aplikacji IoT czujnik radarowy to urządzenie, które jest zdolne do wykrywania i potencjalnego śledzenia jednego lub więcej obiektów. W przeciwieństwie do wielu innych czujników bezprzewodowych radary są czujnikami aktywnymi, czyli generują impulsy sygnału, a następnie nasłuchują jego echa. Technologia radarowa korzysta z sygnałów o częstotliwości radiowej (RF) i umożliwia oszacowanie prędkości, kierunku i odległości od celu do nadajnika/odbiornika radaru. Czujniki radarowe mogą mieć dużą czułość i mogą wykryć nawet bardzo małe ruchy związane z samą obecnością człowieka.

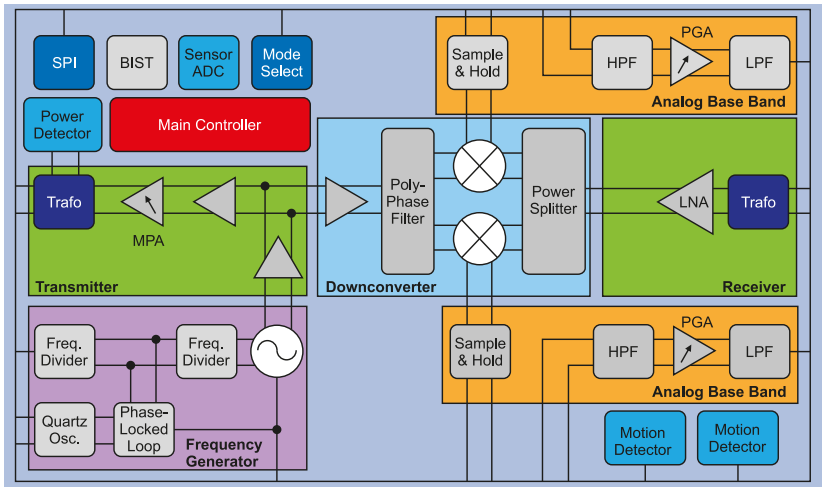
Kluczowe zalety wysoce czułej technologii radarowej w zastosowaniach IoT to:

- **Mały rozmiar** – czujniki radarowe zajmują niewiele miejsca w całym systemie, dzięki czemu umożliwiają rozwój aplikacji IoT o stosunkowo niewielkich rozmiarach. Niewielkie gabaryty sprawiają, że ich działanie jest dyskretne i nie będzie przeszkadzać ani rozpraszać użytkowników;
- **Wytrzymałość** – czujniki radarowe działają bardzo dobrze w różnych warunkach środowiskowych i klimatycznych. Na ich działanie nie mają istotnego wpływu zmiany temperatury lub warunków oświetleniowych.
- **Elastyczność w projektowaniu produktu** – jedną z kluczowych cech czujników radarowych jest to, że można je ukryć pod osłonami produktów, co zwiększa estetykę i elastyczność wdrażania produktów. Radary emitują sygnały RF o wysokim paśmie częstotliwości, np. 24 GHz, które mogą przenikać przez większość materiałów (np. plastik, szkło i drewno). W związku z tym mogą zapewnić dokładne odczyty obiektów znajdujących się za ścianami lub przeszkodami.
- **Czułość** – czujniki radarowe mogą wykrywać bardzo małe ruchy (np. ruchy wywoływane oddychaniem), co umożliwia wiele interesujących zastosowań IoT, takich jak wykrywanie obecności człowieka a nawet wykrywanie oznak życia, takich jak bicie serca.
- **Wydajność energetyczna** – czujniki radarowe zużywają stosunkowo mało energii, a zatem pozwalają na długą żywotność baterii. W związku z tym zapewniają aplikacjom IoT znaczną autonomię i efektywność energetyczną.

Powyższe właściwości czujników radarowych powodują, że znajdują one różnorodne zastosowania, jednak ich najczęstszym zastosowaniem jest wykrywanie ruchów i obecności (lub ich brak) celów, takich jak ludzie, pojazdy i zwierzęta.

Autonomiczny czujnik radarowy od Infineon

Czujnik radarowy typu BGT60LTR11AIP wykorzystuje zjawisko Dopplera i działa w paśmie ISM 60 GHz. Dostarczany jako pojedynczy moduł radarowy, który może pracować w trybie autonomicznym. Może wykryć



Rysunek 1. Schemat blokowy radaru BGT60LTR11AIP

człowieka z odległości do 5 m, zużywając mniej niż 5 mW energii. Rozwiązanie od Infineon integruje w sobie złożoną konstrukcję anten RF oraz moc obliczeniową potrzebną do przetwarzania sygnałów radarowych. Czujnik radarowy może być ukryty wewnątrz obudowy produktu, ponieważ transmituje i odbiera przez materiały niemetaliczne. Można go zintegrować z systemami takimi jak laptopy, tablety, telewizory i głośniki, budząc je po wykryciu ruchu.

Na **rysunku 1** został pokazany schemat blokowy radaru BGT60LTR11AIP. Zintegrowany oscylator VCO generuje sygnał o częstotliwości 60 GHz, którego częstotliwość jest stabilizowana za pomocą pętli PLL. Nadajnik zawiera wzmacniacz mocy w.cz. z konfigurowalną programowo przez SPI mocą wyjściową. W odbiorniku pracuje niskoszumowy detektor kwadraturowy, wspomagany wzmacniaczem LNA i mieszaczem homodynowym zapewniającym znakomitą czułość. Sygnały kwadraturowe IQ niezbędne do działania są wytwarzane z użyciem VCO i wielofazowego przesuwnika fazy na drabince RC.

Jednostka przetwarzania sygnału analogowego zawiera układ próbkowania z pamięcią (*sample-and-hold circuit*), zapewniający mały pobór mocy oraz możliwość ograniczania poboru poprzez modulację czasu aktywności i uśpienia. Dalej w torze przetwarzania sygnału jest konfigurowalny filtr górnoprzepustowy, wzmacniacz o zmiennym wzmocnieniu i filtr dolnoprzepustowy. Za tymi blokami znajdują się detektory, które generują impulsy w chwili wykrycia obiektu. Dla zapewnienia maksymalnej elastyczności i wytrzymałości przed fałszywymi alarmami obwody te pozwalają na ustalenie przez użytkownika czasu zwłoki, licznika trafień i progu wykrywania.

Cały układ czujnika ma wymiary 3,3×6,7×0,56 mm i ta obudowa zawiera chip półprzewodnikowy zintegrowany na laminacie razem z antenami, dzięki czemu jego użycie w aplikacji użytkownika nie wymaga użycia płytki drukowanej ze specjalnego laminatu mikrofalowego. Doskonale sprawdzi się zwykły FR-4, dzięki czemu nie trzeba obawiać się kosztów.

Rysunek 2. Płytka prototypowego czujnika ruchu z detektorem BGT60LTR11AIP

Na **rysunku 2** pokazano płytkę prototypowego czujnika ruchu z detektorem BGT60LTR11AIP. Poza nim jest tam stabilizator niskoszumowy, oscylator kwarcowy dla zegara referencyjnego i kondensatory odsprzęgające. Do wyjścia dołączone są dwie diody LED. Zielona zapala się po wykryciu celu, a czerwona LED świeci się, gdy cel się oddala od czujnika. Płytka ta nie tylko obrazuje działanie detektora BGT60LTR11AIP MMIC, ale też jest kompletnym rozwiązaniem czujnika radarowego, bo została wykonana w formie nakładki (*shield*), czyli tak, aby można było ją zamontować na większym obwodzie głównym aplikacji. W ten sposób można szybko prototypować urządzenia i wytwarzać rozwiązania małoseryjne. Z użyciem czterech linii interfejsu SPI można przełączać czujnik, wybierając pracę autonomiczną lub kontrolowaną.

Bogata dokumentacja czujnika oraz wiele dodatkowych materiałów dostępne są na stronie:

https://www.infineon.com/cms/en/product/sensor/radar-sensors/radar-sensors-for-iot/60ghz-radar/bgt60ltr11aip/, natomiast narzędzia programowe oraz przykłady programów dostępne są poprzez Infineon Developer Center:

https://www.infineon.com/cms/en/design-support/tools/utilities/infineon-developer-center-idc-launcher/?redirId=160101

Infineon
www.infineon.com

REKLAMA

Produkty Infineon i Cypress dostępne w Arrow Electronics

Infineon + CYPRESS EMBEDDED IN TOMORROW

Arrow Electronics
Warszawa, ul. W. Rzymowskiego 53, tel. +48 22 55 88 28 2
www.arrow.com

Komunikacja bezprzewodowa w systemach IoT z zastosowaniem modułów Arduino MKR

Jednym z największych problemów, z którymi zmaga się aktualnie rynek urządzeń Internetu Rzeczy (IoT), jest jego duża fragmentacja. Mnogość urządzeń oraz protokołów komunikacji znacznie utrudnia zbudowanie jednolitego i funkcjonalnego systemu, jeśli zdecydujemy się na użycie elementów pochodzących od różnych producentów. Przyczyn tego podziału jest wiele i nie zawsze są one związane wyłącznie z chęcią przeforsowania przez projektantów własnych, licencjonowanych rozwiązań.

Więcej informacji:
Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.
93-350 Łódź
ul. Ustronna 41
tel. +48 42 645 55 55
dso@tme.pl
www.tme.eu/pl

Zakres pojęcia IoT obejmuje wiele typów urządzeń. Mogą to być np. niewielkie czujniki pomiarowe zasilane z alternatywnych źródeł energii i wymagające wymiany niewielkiej ilości danych na duże odległości, ale też zdalne kamery przesyłające obraz o dużej rozdzielczości w czasie rzeczywistym. Tym samym to specyfika projektowanego urządzenia wymusza na konstruktorach dobór odpowiedniej technologii komunikacji bezprzewodowej, adekwatnej do wymagań stawianych projektowanemu urządzeniu. Pod uwagę trzeba wziąć m.in. czas życia baterii, zasięg komunikacji czy ilości przesyłanych danych. Odpowiadając na potrzeby rynku, producenci zestawów deweloperskich (w tym platformy Arduino) zadbali o to, aby ich portfolio w możliwie pełnym zakresie pokrywało zapotrzebowania konstruktorów urządzeń IoT.

W artykule prezentujemy krótką charakterystykę wybranych zestawów rozwojowych Arduino z rodziny MKR, przygotowanych z myślą o szybkim prototypowaniu urządzeń IoT, wykorzystujących komunikację bezprzewodową w takich standardach jak Wi-Fi/Bluetooth, LoRaWAN/Sigfox, GSM/3G czy NB-IoT.

Komunikacja Wi-Fi/Bluetooth z Arduino MKR 1000/1010

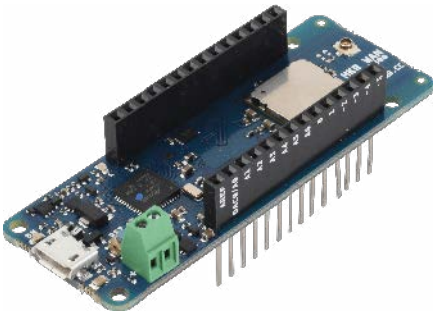
Komunikacja w paśmie częstotliwości ISM 2,4 GHz z użyciem standardów Wi-Fi oraz Bluetooth już od kilku lat funkcjonuje na rynku urządzeń IoT. Na potrzeby szybkiej realizacji prototypów sprzętowo-programowych, realizujących komunikację Wi-Fi, firma Arduino opracowała zestawy rozwojowe Arduino MKR Wi-Fi 1000 (**fotografia 1**) oraz MKR Wi-Fi 1010 (**fotografia 2**). Pierwszy z wymienionych zestawów bazuje na module ATSAMW25, zawierającym mikrokontroler SAMD21, tor radiowy WINC1500 oraz układ autoryzujący ECC508. Zestaw w wersji MKR 1010 został wyposażony w moduł radiowy NINA-W102 firmy u-blox, który oferuje komunikację Bluetooth/BLE.

Od strony oprogramowania firma Arduino udostępnia bibliotekę WiFi101 dla modułów MKR Wi-Fi 1000, wspierającą szyfrowanie WEP oraz WPA2 Personal. Dla modułu MKR Wi-Fi 1010 (oraz innych zestawów bazujących na module u-blox NINA-W102, w tym Arduino NANO 33 IoT) producent przygotował bibliotekę Wi-FiNINA, a także szereg przykładowych aplikacji prezentujących integrację z chmurą Android IoT Cloud oraz Azure, AWS IoT Core, Google Firebase czy Blynk.

Fotografia 1. Moduł Arduino MKR WAN 1000 do realizacji komunikacji Wi-Fi

Fotografia 2. Moduł Arduino MKR WAN 1010 do realizacji komunikacji Wi-Fi

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)



Fotografia 3. Moduł Arduino MKR WAN 1300 do realizacji komunikacji LoRa/LoRaWAN

Fotografia 5. Moduł Arduino MKR FOX 1200 do realizacji komunikacji w sieci Sigfox

Fotografia 7. Moduł Arduino MKR NB 1500 do realizacji komunikacji w sieciach Narrowband IoT

Komunikacja LoRaWAN oraz Sigfox

Dynamiczny rozwój systemów IoT zaowocował wzrostem zainteresowania tematyką inteligentnych miast. Niestety łączność z użyciem standardów Wi-Fi/Bluetooth/BLE ma charakter lokalny i nie spełnia wszystkich wymagań stawianych przed projektami z grupy Smart City (do których zaliczamy m.in. rozległe sieci czujników zanieczyszczenia, monitoringu poziomu wód czy zajętości miejsc parkingowych). Rozwiązaniem problemów może być zastosowanie jednego z dwóch najpopularniejszych obecnie standardów komunikacji w obszarze sieci LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) – LoRaWAN lub Sigfox, umożliwiających przesyłanie niewielkiej ilości danych na duże odległości.

Na potrzeby szybkiego prototypowania urządzeń wykorzystujących komunikację LoRa/LoRaWAN projektanci Arduino przygotowali zestawy rozwojowe MKR WAN 1300 (**fotografia 3**) oraz jego następcę MKR WAN 1310 (**fotografia 4**). Obydwa moduły bazują na mikrokontrolerze Atmel SAMD21, stosowanym w innych modułach serii Arduino MKR, a także na module radiowym Murata CMWX1ZZABZ. Nowsza wersja modułu została wyposażona dodatkowo w 2 MB pamięci Flash, nowy układ ładowania baterii oraz układy zasilania zoptymalizowane pod kątem niskiego poboru mocy.

Moduły MKR WAN 13x0 współpracują z udostępnioną przez producenta chmurą Arduino IoT Cloud. Kompleksowość dostarczanych rozwiązań uzupełnia zoptymalizowana pod kątem modułów MKR WAN 1310 brama dostępowa Arduino Pro Gateway LoRa Connectivity.

Ciekawą alternatywę dla komunikacji LoRa/LoRaWAN stanowi standard Sigfox, kładący szczególny nacisk na komunikację od węzłów do bramy dostępowej. Z oferty firmy Arduino do dyspozycji konstruktorów oddany został moduł MKR FOX 1200 (**fotografia 5**), zbudowany na bazie mikrokontrolera Atmel SAMD21. Za komunikację radiową odpowiada układ Microchip Smart RF ATA8520, którego tor radiowy został dostrojony do obowiązującej w Europie częstotliwości ISM 868 MHz.

Fotografia 4. Moduł Arduino MKR WAN 1310 do realizacji komunikacji LoRa/LoRaWAN

Komunikacja GSM/3G – Arduino MKR GSM 1400

Nawet rozbudowana sieć kratowa (Mesh), pracująca w standardzie LoRa/LoRaWAN, nie jest obecnie w stanie zapewnić globalnego zasięgu. W przypadku projektów IoT wymagających niemal nieograniczonej obszarowo komunikacji, najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie standardu GSM/3G. Na potrzeby komunikacji GSM/3G firma Arduino przygotowała moduł MKR GSM 1400 (**fotografia 6**), wyposażony w modem SARA-U210 firmy u-blox oraz układ autoryzujący Microchip ECC508 do realizacji mechanizmów bezpieczeństwa komunikacji. Wbudowany w zestaw modem GSM zapewnia pokrycie komunikacji w pasmach GSM 850 MHz, E-GSM 1900 MHz, DCS 1800 MHz oraz PCS 1900 MHz.

Fotografia 6. Moduł Arduino MKR GSM 1400 do realizacji komunikacji w sieci GSM/3G

Dla usprawnienia procesu przygotowania oprogramowania, producent udostępnia bibliotekę MKRGSM (zwalniającą programistę z obsługi modułu za pomocą niskopoziomowych komend AT), wraz z bogatym zestawem przykładów (w tym m.in.: łączność GPRS, odbieranie/nadawanie wiadomości tekstowych, obsługa połączeń głosowych). Moduł MKR GSM 1400 może współpracować zarówno z oprogramowaniem Arduino IoT Cloud, jak z alternatywnymi rozwiązaniami chmurowymi: Google IoT Cloud, Blynk czy SORACOM Air IoT, dla których producent przygotował zestaw przykładowych implementacji.

Komunikacja w sieci Narrowband IoT – Arduino MKR NB 1500

Dokonując krótkiej charakterystyki wybranych standardów komunikacji w ramach urządzeń Internetu Rzeczy, nie sposób pominąć rozwiązania bazujące na standardzie Narrowband IoT (NB-IoT), które wykorzystują do komunikacji licencjonowane pasmo LTE 800 MHz. Podobnie jak rozwiązania LoRaWAN i Sigfox, NB-IoT wpisuje się w grupę sieci LPWAN, a więc zapewnia stabilną komunikację na dużych obszarach, przy użyciu energooszczędnych modułów radiowych, zapewniających wieloletnią pracę urządzenia przy zasilaniu bateryjnym. Tym samym stanowi kolejną alternatywę dla komunikacji LoRaWAN i Sigfox w rozwiązaniach z segmentu Smart City.

Do szybkiego prototypowania węzłów końcowych, pracujących w standardzie NB-IoT, firma Arduino przygotowała zestaw MKR NB 1500 (**fotografia 7**), wyposażony w moduł u-blox SARA-R410M-02B, umożliwiający uzyskanie łączności LTE Cat M1/NB1 w pasmach 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 13, 18, 19, 20, 25, 26 oraz 28. Dodatkowo zestaw MKR NB 1500 został wyposażony w układ autoryzujący ECC508 firmy Microchip, złącze karty MicroSIM, kontroler ładowania baterii Li-Po oraz złącze anteny zewnętrznej.

Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o.
www.tme.eu/pl

Internet Wszechrzeczy

Ewolucja globalnej sieci doprowadziła do tego, że stała się ona dostępna nie tylko dla urządzeń, które podlegają szeroko rozumianej definicji komputera. Łączność i wymiana danych jest aktywnie realizowana przez wiele obiektów świata rzeczywistego oraz wirtualnego. Te wszystkie połączenia tworzą nowy, rozproszony ekosystem, który wykracza poza koncepcję Internetu działającego tylko w obszarze Rzeczy (Internet of Things). W artykule omówimy definicję Internetu Wszechrzeczy – Internet of Everything (IoE), opiszemy, czym różni się od Internetu Rzeczy oraz jakie znajduje zastosowania w dzisiejszym świecie.

Standardową technologią telemetrii, jeszcze przed wynalezieniem Internetu, była komunikacja M2M (*Machine-to-Machine*), która oznacza interakcję między dwoma lub więcej urządzeniami bez udziału człowieka. Nowa generacja technologii M2M została wprowadzona w 1995 roku wraz z wprowadzeniem przesyłania danych poprzez sieci GSM. Komunikacja bezprzewodowa znalazła niezliczone zastosowania, od automatów do telemedycyny.

Rozwój rozwiązań M2M bazujących na połączeniach analogowych trwał do ok. 2010 roku, potem technologia rozpoczęła cyfrową rewolucję. Najnowszy rozdział w historii systemów M2M to Internet Rzeczy (IoT). Zachowano podstawy połączeń sprzętowych, ale technologia jest bardziej zaawansowana. Zestawienie struktury obu technologi pokazane na **rysunku 1** doskonale obrazuje różnice oraz ich możliwości.

Kolejnym etapem rozwoju było dołączenie technologii chmurowych, które stało się popularne w 2012 r. Wkład takich gigantów jak Apple, Google czy Microsoft w znacznym stopniu przyczynił się do rozwoju rozwiązań IoT i określił jego miejsce na rynku. Dzisiaj jesteśmy świadkami przechodzenia do kolejnego etapu określanego jako Internet wszystkiego lub Internet Wszechrzeczy (IoE).

Koncepcja Internetu Wszechrzeczy bazuje na idei wszechstronnej łączności, w której wymiana informacji nie jest ograniczana do komputerów i smartfonów oraz urządzeń, którymi możemy sterować lub z których możemy pobierać dane. Każdy obiekt można wyposażyć w funkcje cyfrowe i połączyć ze wspólną siecią innych obiektów, osób i procesów w celu generowania istotnych informacji i ich wymiany. Połączenia mogą obejmować urządzenia, bazy danych, a także ludzi i procesy wirtualne (**rysunek 2**). Dodatkowo celem technologii IoE jest też przekształcanie zebranych informacji w uporządkowane struktury, prezentowanie tych danych w sposób łatwy do interpretowania oraz podejmowanie działań w odniesieniu do nich.

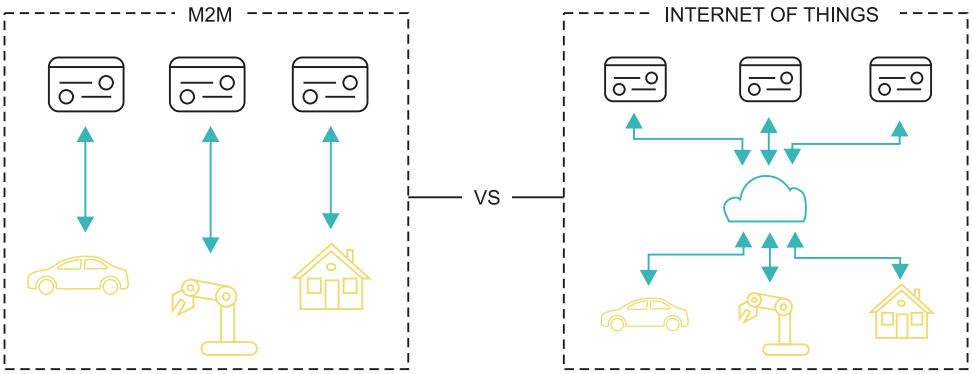
Elementy składowe Internetu Wszechrzeczy

Systemy Internetu Wszechrzeczy tworzą cztery kluczowe elementy: sprzęt, oprogramowanie, ludzie i procesy, wszystkie zestawione we wzajemnie powiązany system pokazany na **rysunku 3.**

- **Sprzęt** odzwierciedla niemal czystą koncepcję IoT. Różne urządzenia fizyczne z wbudowanymi czujnikami i elementami wykonawczymi generują dane o swoim stanie i wysyłają je do określonego miejsca docelowego w sieci. Komunikacja odbywa się na poziomie M2M (*Machine to Machine*);
- **Oprogramowanie** jest odpowiedzialne za przeanalizowanie, sklasyfikowanie i podsumowanie informacji, które będą bazą do dalszych działań. Surowe dane generowane przez urządzenia nie mają dużej wartości. Jest to element o dużym znaczeniu biznesowym;
- **Ludzie** są najważniejszym elementem IoE – korzystają z wyników działania sprzętu i oprogramowania, co pomaga im szybko rozwiązywać problemy i podejmować decyzje. Dostosowują oprogramowanie do swoich wymagań i decydują o zadaniach wykonywanych

przez sprzęt. Jednocześnie udostępniają swoje spostrzeżenia i potrzeby za pośrednictwem stron internetowych i aplikacji. Dodatkowo urządzenia, z których korzystają (np. smartfony lub urządzenia do monitorowania kondycji i zdrowia), dostarczają wielu danych o ich sposobie życia.

- Elementem który uzupełnia całą powyższą strukturę, są **procesy**, umieszczone w centralnym punkcie grafu. Są to przede wszystkim działania sterowane inteligentnymi technologiami, które analizują wszystkie dane, aby zrozumieć ludzkie problemy i dostarczają rozwiązania zgodne z osobistymi lub biznesowymi potrzebami. Dbają o to, aby właściwe informacje trafiły do właściwej osoby we właściwym czasie.



Rysunek 1. Zestawienie struktury technologi M2M i IoT

Połączone, inteligentne i autonomiczne

Urządzenia IoE powinny mieć te trzy cechy. Kiedy wysyłają i odbierają informacje pomiędzy sobą – mówimy, że są połączone. Umożliwia to na przykład wysyłanie zebranych danych z czujników i otrzymywanie instrukcji, jak zareagować na takie parametry. System monitorowania może wykryć, że ktoś jest przy drzwiach i przesłać obraz tej osoby. Użytkownik systemu może zdecydować, co dalej i wysłać instrukcje, aby nie aktywować alarmu, a zamiast tego otworzyć drzwi, ponieważ przy drzwiach czeka krewny itp.

Bez łączności, która może odbywać się za pośrednictwem sieci komórkowej, sieci Wi-Fi itd., przesyłanie danych z czujnika (w tym przypadku danych wideo) i odpowiednich instrukcji (czyli anulowanie alarmu i otworzenie drzwi) może być trudne. Oprócz tego, że urządzenia IoE są połączone, mogą zbierać informacje o swoim otoczeniu i przetwarzać je (np. wykonywać obliczenia), to odznaczają się pewnym stopniem inteligencji rozumianej jako zdolność do analizowania danych i podejmowania działań. Jednak nie można powiedzieć, że na przykład klimatyzator jest inteligentny, ponieważ potrafi mierzyć temperaturę w pomieszczeniu i dostosować swoją moc wyjściową tak, aby zapewnić w pomieszczeniu komfortową temperaturę. W tym przypadku system nazwiemy inteligentnym, jeśli będzie w stanie trafnie prognozować swoją wydajność. Prognozowanie może bazować na zapamiętanych wcześniejszych ustawieniach wprowadzanych przez użytkownika (np. temperatura zwiększana zwykle ok. godz. 16). System może też szacować swoją wydajność np. na bazie prognoz pogody. Rozwiązań jest wiele, im więcej informacji zostanie uwzględnionych, tym trafniejsze będą prognozowania, komfort będzie zapewniony w najwłaściwszym momencie, a zużycie energii będzie zoptymalizowane.

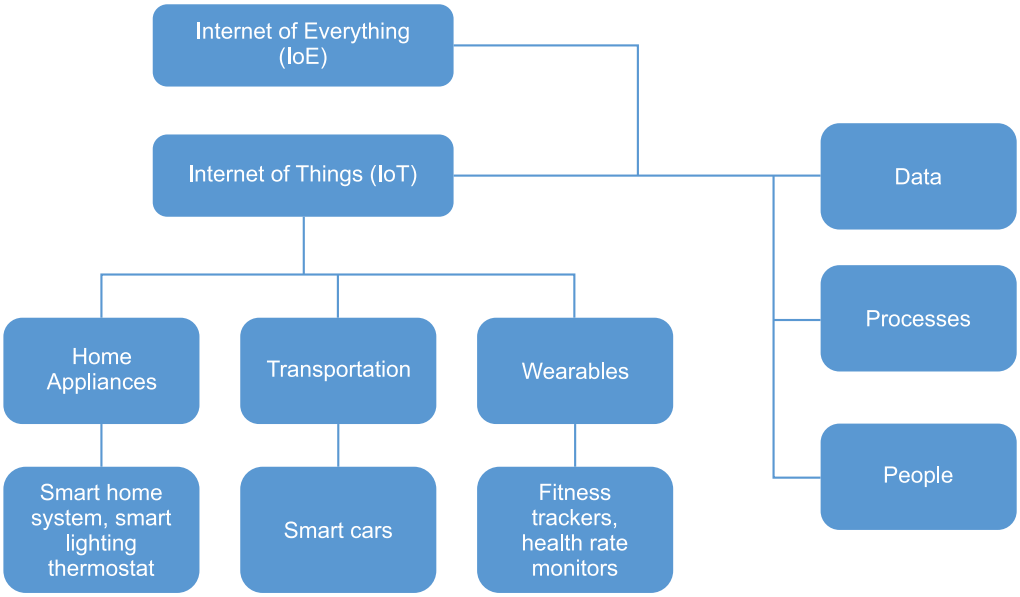
Urządzenie IoE powinno być w dużym stopniu autonomiczne. Badanie otoczenia pozwala w dużym stopniu rozumieć i odpowiednio reagować na zachodzące zmiany, eliminując w ten sposób lub przynajmniej minimalizując potrzebę interwencji człowieka. Na przykład inteligentna lodówka może mieć kilka stopni autonomii. Może przygotowywać zamówienie w sklepie, śledząc na bieżąco produkty, które są zużywane. Może również badać otoczenie i jeśli wychwyci (usłyszy), że planowane jest zaproszenie gości, to zleci odpowiednio duże zamówienie.

Funkcjonalności odpowiadające terminom: połączone, inteligentne i autonomiczne, trudno jednoznacznie wydzielić. Realizacja dowolnej funkcjonalności wymaga użycia elementów z każdej kategorii.

Wyzwania stawiane IoT i IoE

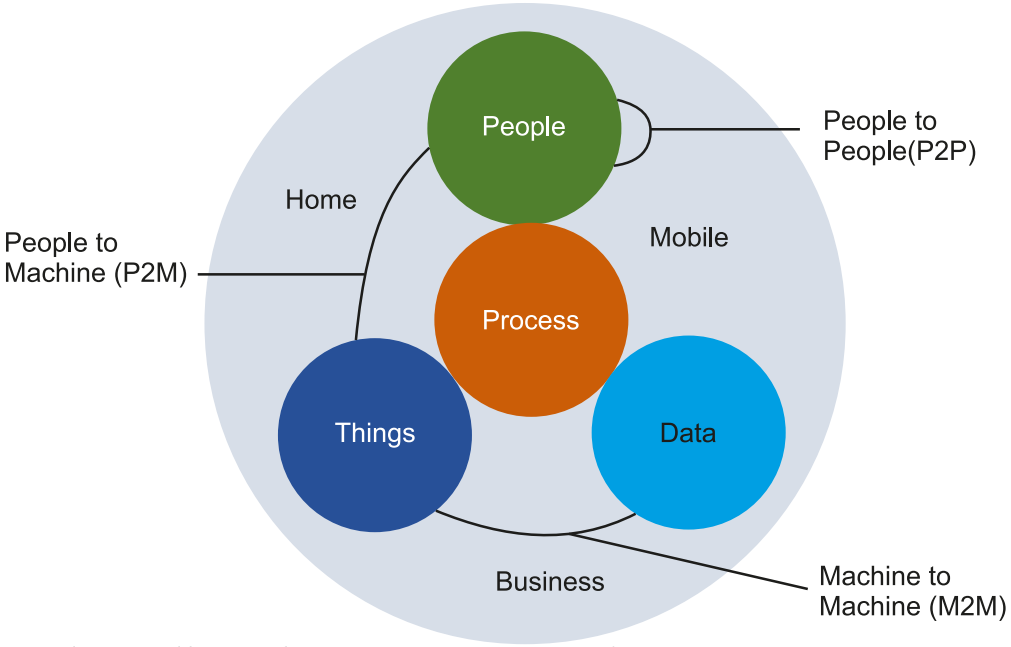
Urządzenia IoE stają się kluczową częścią rynku. Usprawniają nasze funkcjonowanie, ułatwiają nam podejmowanie decyzji i wykonują za nas część czynności. Takie zadania wymagają dobrze zaprojektowanych i bezpiecznych aplikacji, zarówno pod względem sprzętu, jak i oprogramowania. Elementem IoE są ludzie, dlatego wiele przetwarzanych i przesyłanych informacji będzie zawierało dane użytkowników, zarówno biznesowe, jak i prywatne. Aby zezwolić aplikacji na dostęp do tych danych, musimy mieć pewność, że będą właściwie chronione.

Bezpieczeństwo jest najważniejszym aspektem, na jaki zwracają uwagę deweloperzy podczas prac nad nowymi projektami. Jest to także ich główna obawa przed implementowaniem rozwiązań IoE. Zagadnienia bezpieczeństwa i prywatności danych w IoE są brane pod uwagę już na etapie koncepcji i projektu (*secure by design*). Standardem jest ochrona haseł poprzez szyfrowanie komunikacji np. za pomocą TLS 1.2 (*Transport Layer Security*), poza tym do standardów przemysłowych możemy zaliczyć takie funkcjonalności jak:



Rysunek 2. IoE określa połączenia, które mogą obejmować urządzenia, bazy danych, a także ludzi i procesy wirtualne

- autoryzowana aktualizacja oprogramowania urządzenia – wymaga funkcji zwanej *secure boot*. Jej zadaniem jest blokowanie nieautoryzowanego dostępu do pamięci programu;
- obszary pamięci o specjalnym przeznaczeniu – niektóre dane, takie jak numer seryjny, numer id urządzenia, mac adres, powinny być przechowywane w pamięci tylko do odczytu bez możliwości zmiany;
- zabezpieczenia przed modyfikacjami urządzenia – dotyczy to zarówno modyfikacji fizycznych, jak i programowych oraz szeroko rozumianych działań z zakresu *reverse enginering*;
- chroniony obszar pamięci (*secure storage*) – pamięć tego typu jest przeznaczona do przechowywania zaszyfrowanych informacji, np. kluczy kryptograficznych i haseł. Zabezpieczenie może polegać na blokowaniu dostępu do tego obszaru pamięci przy próbie odczytu za pomocą programatora/debuggera. Tylko działająca aplikacja ma do nich dostęp;
- blokowanie cofania wersji firmware (*anti roll back protection*) – niektóre próby złamania zabezpieczeń mogą polegać na symulowanym autoryzowanym załadowaniu starego oprogramowania, które zawiera luki w zakresie bezpieczeństwa danych.



Rysunek 3. Cztery kluczowe elementy systemu Internetu Wszechrzeczy

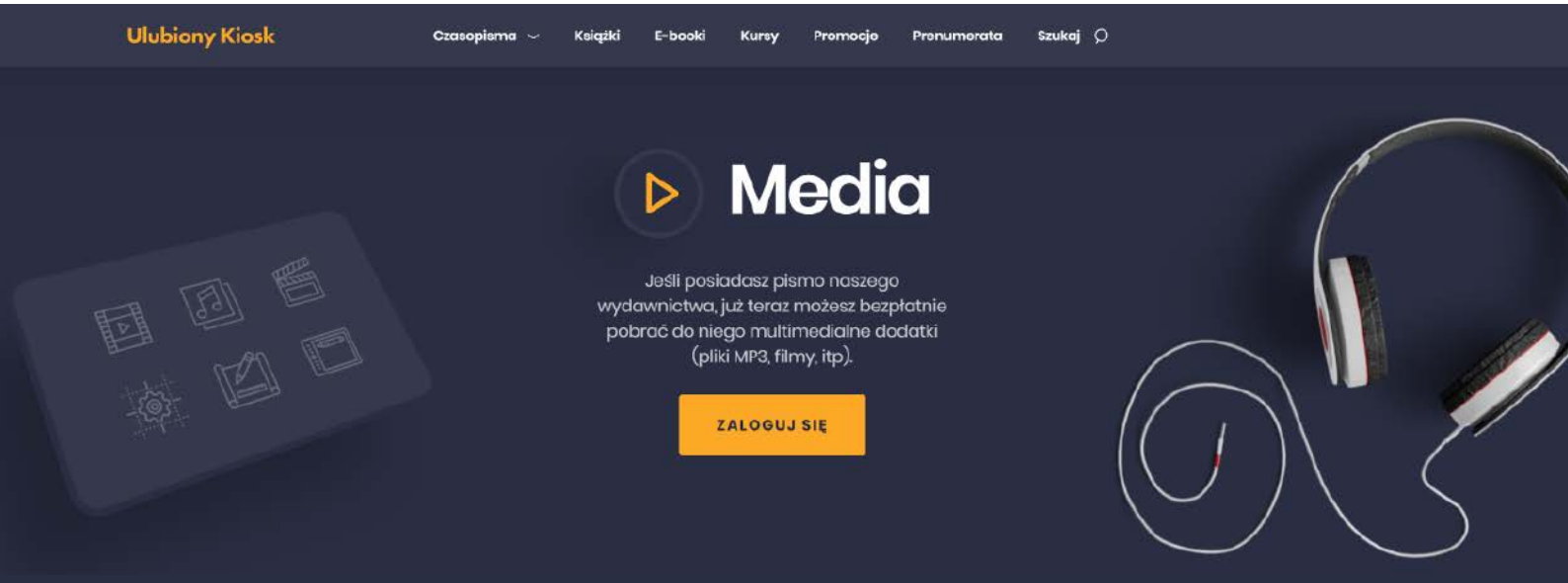
Co z IIoT?

Przemysłowy Internet Rzeczy – IIoT odnosi się do zastosowania technologii IoT w produkcji i branżach pokrewnych, takich jak rolnictwo, gaz i ropa naftowa, usługi komunalne i transport, w celu tworzenia inteligentnych, samoregulujących się systemów. Przemysłowy Internet Rzeczy otwiera nową erę wzrostu gospodarczego i konkurencyjności, która zmieni firmy i kraje. Podstawową ideą IIoT jest zapewnienie maszynom systemu wymiany danych i zdalnego ich sterowania i konfigurowania. Kolejnym etapem jest zapewnienie pewnego rodzaju inteligencji, która na podstawie zebranych i przeanalizowanych danych w czasie rzeczywistym będzie podejmowała odpowiednie działania produkcyjne. Dotyczy to również identyfikowania, kiedy wymagają konserwacji i czynności serwisowych. Ma to wpływ na zapobieganie awariom i skrócenie przestojów, zwiększając ogólną zdolność produkcyjną i przepustowość. Jednak dopiero aktywne połączenie inteligentnych maszyn, danych i ludzi będzie miało duży wpływ na produktywność i wydajność w szerokiej perspektywie czasu oraz dopasowanie produktów do wymagań użytkowników.

Przechwytywanie większej ilości danych na temat produktów i procesów oraz ich odpowiednie przetwarzanie pozwala na zmianę praktyk biznesowych i podejmowanie decyzji. Umożliwia automatyzację niektórych procesów i może skrócić czas wprowadzania produktów na rynek. Dodanie człowieka do systemu IIoT umożliwi obserwowanie funkcjonowania produktu i analizę jego cyklu życia. W efekcie produkty będą na bieżąco udoskonalane w odpowiedzi na potrzeby klientów. Ewolucja IoT do IoE wskazała kierunek rozwoju technologii internetowych, IIoE wydaje się być tylko kwestią czasu.

Damian Sosnowski, EP

REKLAMA



Wszystkie materiały dodatkowe do wydania znajdziesz w jednym miejscu
ulubionykiosk.pl/media

By Paul Anderson, CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5125761

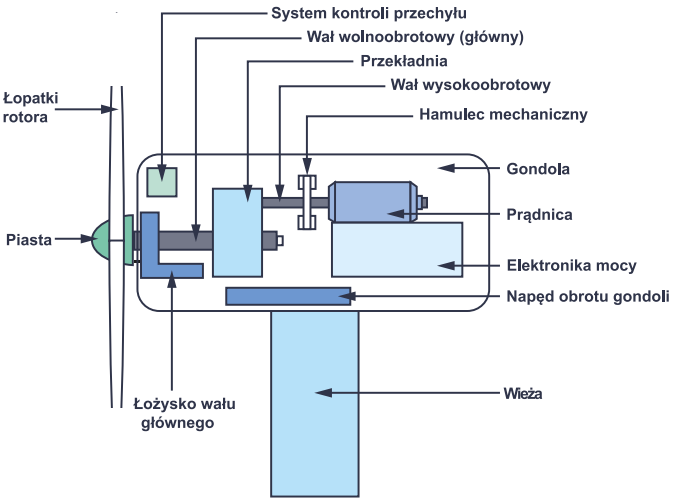
Systemy monitorowania stanu turbin wiatrowych

Systemy monitorowania warunkowego (CbM) to instalacje przemysłowe, które śledzą zachowanie urządzeń i na podstawie różnych parametrów pracy przewidują wystąpienie awarii, zanim do niej rzeczywiście dojdzie. Stosowanie tego rodzaju rozwiązań jest kluczowe, zwłaszcza w systemach, gdzie nawet krótki przestój generuje spore koszty. Przykładem takiego systemu mogą być turbiny wiatrowe.

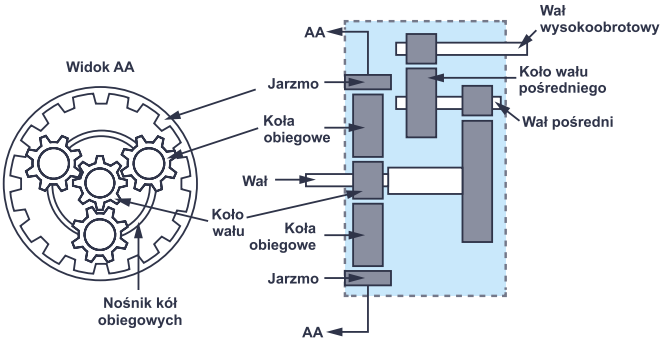
Szacuje się, że na świecie jest obecnie zainstalowanych co najmniej ćwierć miliona turbin wiatrowych. Oczekuje się, że w ciągu najbliższych czterech lat światowy rynek turbin wiatrowych wzrośnie o 278 GW mocy na lądzie i 44,3 GW na morzu. Odpowiada to co najmniej stu tysiącom nowych turbin wiatrowych o mocy 3 MW. Wraz ze wzrostem ilości produkowanej energii odnawialnej, niezawodne działanie turbin wiatrowych jest przedmiotem intensywnych badań prowadzonych przez przemysł i organy rządowe.

Badania ilościowe niezawodności turbin wykazały, że niezawodność z czasem wzrasta. Na przykład w raporcie amerykańskiego krajowego laboratorium energii odnawialnej z 2016 roku wykazano, że niezawodność większości podsystemów, w tym przekładni, poprawiła się w latach 2007...2013, dając siedmiokrotne skrócenie czasu przestoju maszyn. Jednak nadal przekładnie pozostają jednym z trzech najbardziej prawdopodobnych miejsc wystąpienia awarii, szczególnie tych o najwyższych kosztach naprawy. Oprócz samej przekładni, łopaty wirnika i generator elektryczny również są elementami o wysokim wskaźniku awaryjności.

Stosunkowo duża zawodność elementów przekładni doprowadziła do położenia największego nacisku na monitorowanie stanu elementów przekładni oraz jej łożysk i wałów. Na rynku dostępnych jest wiele systemów monitorowania stanu turbin wiatrowych, z których większość jest ukierunkowana na analizę stanu przekładni za pomocą pomiaru ich drgań. Natomiast systemów monitorowania łopat wirnika istnieje niewiele, ale jest to obszar ciągłych eksperymentów. Wiele badań popiera stosowanie systemów monitorowania drgań w turbinach wiatrowych, są to m.in. szczegółowe pomiary i analizy korzyści płynących z implementacji różnych systemów. Mniej szczegółowo omówiono wymagania dotyczące czujników drgań w zastosowaniach do innych elementów turbin wiatrowych. Poniższy artykuł zawiera informacje o systemie monitorowania komponentów turbin wiatrowych, statystyki awarii, typowe rodzaje awarii i metody gromadzenia



Rysunek 1. Elementy systemu turbiny wiatrowej



Rysunek 2. Budowa przekładni turbiny wiatrowej

danych o tych awariach. Wymagania dotyczące czujników drgań, takie jak szerokość pasma, zakres pomiarowy i gęstość szumów, zostały omówione w dalszej części tekstu w odniesieniu do typowych elementów turbin wiatrowych, ale wiedzę tę można przenieść na inne rodzaje układów mechanicznych.

Komponenty systemu, awarie i wymagania dotyczące czujników

Główne elementy turbiny wiatrowej, ze szczegółową strukturą przekładni turbiny wiatrowej, zostały pokazane na **rysunkach 1** i **2**. Poniższe sekcje koncentrują się na wymaganiach dotyczących monitorowania pracy skrzyni biegów, łopatek i gondoli, ze szczególnym uwzględnieniem czujników drgań. Inne systemy, takie jak napęd odchylający, hamulec mechaniczny i generator elektryczny, nie są zazwyczaj monitorowane za pomocą czujników drgań. Zwykle monitorowane są parametry, takie jak moment obrotowy generatora, temperatura poszczególnych elementów, parametry oleju chłodzącego i smarującego komponenty oraz sygnały elektryczne na wyjściu generatora.

Przekładnia

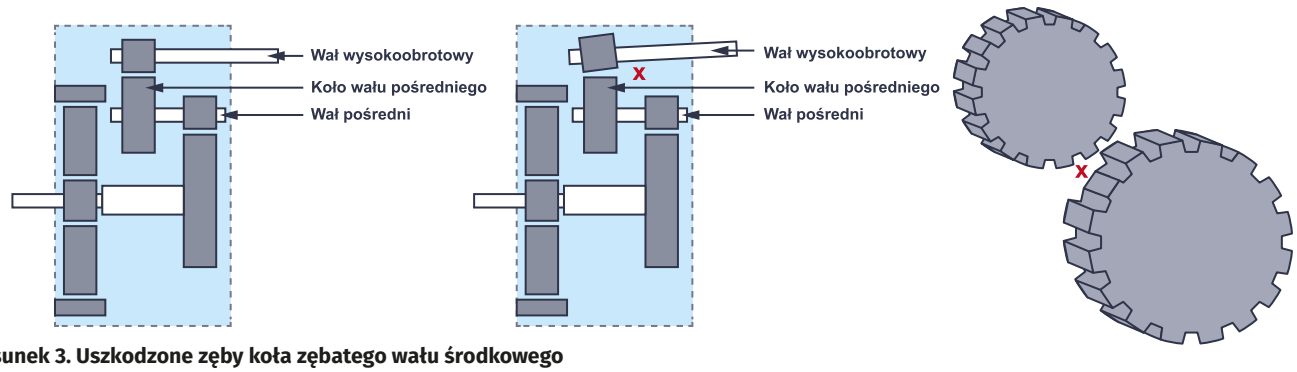
Przekładnia turbiny wiatrowej przenosi energię mechaniczną z piasty wirnika, obracającej się z niewielką prędkością obrotową, do generatora, gdzie wymagana prędkość musi być znacznie wyższa. Element ten jest poddawany zmiennym obciążeniom z powodu zmiennej prędkości wiatru i impulsów częstych hamowań. Skrzynia biegów składa się z wolnoobrotowego wału i łożyska głównego, pracujących w zakresie prędkości obrotowych od 0 do 20 RPM (poniżej 0,3 Hz). Wychwytywanie zwiększonych drgań wymaga czujników zdolnych do pracy przy ekstremalnie niskich częstotliwościach. Wytyczne branżowe wskazują, że od czujników drgań dla tych sekcji wymagana jest czułość w zakresie od 0,1 Hz. Wał szybkoobrotowy skrzyni biegów zwykle pracuje z prędkością 3200 RPM (53 Hz). Aby zapewnić wystarczające pasmo do wychwytywania harmonicznych przy awarii łożysk i przekładni, zaleca się działanie czujnika drgań w zakresie do 10 kHz lub więcej zarówno dla wałów o małej, jak i dużej prędkości. Dzieje się tak, ponieważ rezonans łożysk występuje zwykle w zakresie wielu kiloherców, niezależnie od ich prędkości obrotowej.

Awaria łożysk jest zdecydowanie najczęstszym czynnikiem przyczyniającym się do awarii przekładni. Niektóre badania wskazują na katastrofalne awarie kół zębatych, których główną przyczyną jest uszkodzenie łożyska. Gdy tylne łożysko w wale wysokiej prędkości ulegnie awarii, wał ten przechyla się, powodując nierówny nacisk na koło zębate wału pośredniego (środkowego). W tym scenariuszu stykające się zęby są podatne na uszkodzenia, jak pokazano na **rysunku 3**.

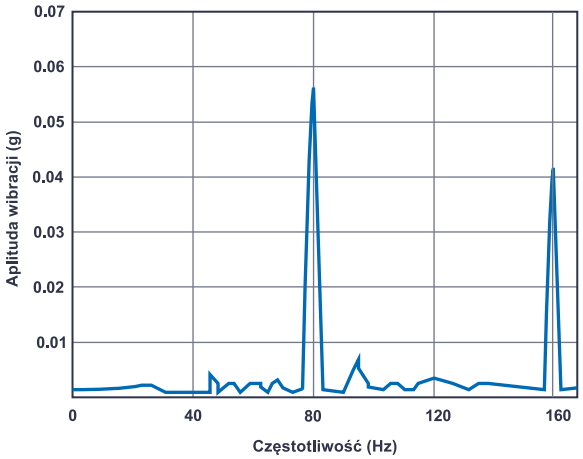
Problem smarowania łożysk ma duży wpływ na ich awarię, szczególnie na wale głównym. Rozwiązania, takie jak SKF NoWear, obejmują specjalną powłokę łożysk, która pozwala nawet sześciokrotnie wydłużyć okresy pomiędzy smarowaniami tych elementów. Jednak, nawet przy specjalnych powłokach łożysk i innych metodach ulepszania przekładni, nadal istnieje potrzeba monitorowania wszystkich łożysk skrzyni biegów za pomocą odpowiednich czujników drgań. Sensory te muszą mieć wystarczająco niski poziom szumów, aby można było wykryć wczesne objawy usterek łożysk o niskiej amplitudzie drgań.

Starsze technologie MEMS, takie jak w ADXL001 z poziomem szumów na poziomie 4 mg/√Hz pozwalają wychwycić usterki zewnętrznej bieżni łożyska. Na **rysunku 4** pokazano, że wady bieżni zewnętrznej występują najpierw przy szczytach częstotliwości – około 0,055 g, a poprawne zachowanie łożyska to mniej niż 2 mg/√Hz. Wzmocnienie układu akwizycji danych skutkuje dużą redukcją szumów, co umożliwia pomiar z poziomem szumów na poziomie 2 mg/√Hz. Użycie czujnika z poziomem szumu 4 mg/√Hz będzie odpowiednie tylko wtedy, gdy w systemie pomiarowym zostanie osiągnięte wystarczające wzmocnienie, a obserwowany szum jest sygnałem stacjonarnym. W ogólności lepiej jest użyć czujnika drgań z poziomem szumu od 100…200 µg/√Hz niż elementu zależnego od wzmocnienia toru pomiarowego, które działa tylko wtedy, gdy szum jest losowy i nieskorelowany.

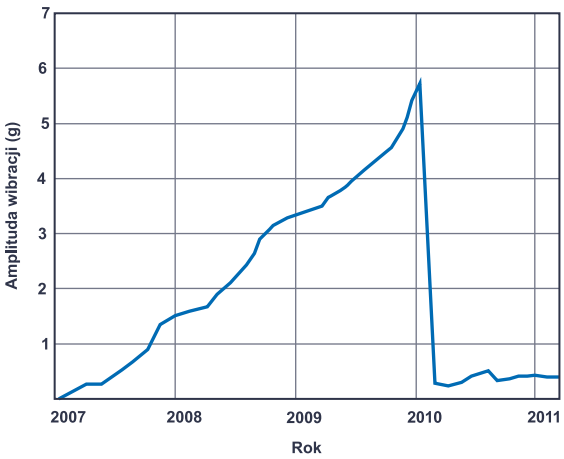
Czujnik o poziomie szumów od 100..200 µg/√Hz ma wystarczające parametry do rejestrowania normalnych warunków pracy łożyska, a także doskonale nadaje się do pomiaru objawów awarii na wczesnym ich etapie w zakresie mg/√Hz. W rzeczywistości zastosowanie czujnika MEMS z poziomem szumu 100 µg/√Hz umożliwia



Rysunek 3. Uszkodzone zęby koła zębatego wału środkowego



Rysunek 4. Błędy bieżni zewnętrznej łożyska mierzone za pomocą akcelerometru MEMS ADXL001



Rysunek 5. Wymiana łożyska przy amplitudzie drgań ok. 6 g

jeszcze wcześniejsze wykrywanie uszkodzeń łożysk. Podczas gdy początkowe uszkodzenie łożyska występuje przy wartości mniejszej niż 0,1 g, zaawansowane sygnatury uszkodzenia łożyska zwykle pojawiają się przy wartościach około 1 g, co powinno już oznaczać konieczność przeprowadzenia serwisu systemu. Na **rysunku 5** pokazano, że konserwacja przekładni i wymiana łożyska może nastąpić, gdy amplituda drgań przekracza 6 g. Jak wspomniano wcześniej, harmoniczne uszkodzeń łożysk występują przy wyższych częstotliwościach. Pomiary o wyższej częstotliwości wymagają czujnika o większym zakresie przyspieszeń. Dzieje się tak, ponieważ zmierzona siła przyspieszenia g jest proporcjonalna do kwadratu częstotliwości. Tak więc małe przemieszczenie przy wyższej częstotliwości skutkuje szerszym zakresem g w porównaniu z tym samym przemieszczeniem przy niskiej częstotliwości. Czujniki o większej szerokości pasma, z zakresem pomiarowym do 10 kHz, są zazwyczaj specyfikowane dla zakresu od 50 g do 200 g – idealnie do zastosowań w turbinach wiatrowych. Czujnik drgań musi również uwzględniać warunki obciążenia udarowego spowodowane uderzeniem lub nagłym pęknięciem elementów. W rezultacie typowe komercyjne systemy monitorowania drgań są przeznaczone do pracy z przyspieszeniem do co najmniej 50 g lub nawet 100 g. W przypadku głównego łożyska turbiny wiatrowej wymagany jest co najmniej jeden jednoosiowy sensor drgań, a rekomendowane są dwa, do pomiaru w dwóch osiach – zgodnie z kierunkiem osi oraz promieniowo do osi. Pęknięcia osiowe w bieżniach łożysk mogą skrócić żywotność łożyska do zaledwie jednego lub dwóch lat, więc ich szybkie wykrywanie pozwala na szybki serwis systemu i uniknięcie dalszych, większych kosztów.

Ze względu na złożoność przekładni (jak pokazano na rysunku 2), do monitorowania stanu zaleca się co najmniej sześć czujników drgań. Liczbę czujników i ich położenie należy dobrać w taki sposób, aby można było wiarygodnie wszystko zmierzyć. W przypadku stopnia małej prędkości wymagany jest jeden czujnik jednoosiowy, umieszczony jak najbliżej koła koronowego. W przypadku stopni pośrednich i dużych prędkości wymagany jest jeden czujnik jednoosiowy w położeniu koła słonecznego, wału środkowego i wału dużej prędkości. Pęknięcia osiowe na pierścieniach wewnętrznych łożysk o dużej i średniej prędkości obrotowej stały się główną przyczyną problemów z żywotnością przekładni turbiny wiatrowej.

Jeśli chodzi o monitorowanie przekładni, przyszłe obszary ulepszeń w zakresie monitorowania stanu obejmują zastosowanie bezprzewodowych systemów do monitorowania drgań i zrównoważone systemy zasilania tych rozwiązań.

Łopaty wirnika

Łopaty wirnika turbiny wiatrowej i zespół piasty wychwytują wiatr i przenoszą moment obrotowy na oś małej prędkości. Głównymi przyczynami awarii łopaty są ekstremalne obciążenia wiatrem, wpływy środowiska, takie jak oblodzenie lub wyładowania atmosferyczne, a także brak odpowiedniego wyważenia. Powodują one pęknięcia oraz awarie systemu. Istnieje ograniczona liczba komercyjnych systemów monitorowania drgań, zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych, stosowanych do łopat. Przeprowadzono liczne badania z wykorzystaniem czujników MEMS umieszczonych na łopatach, które obejmują również żyroskopy i magnetometry. Połączone dane wyjściowe z tych czujników są stosowane do określania orientacji i deformacji segmentów łopat turbiny wiatrowej. Mimo to, jest niewiele komercyjnie dostępnych systemów monitorowania drgań, takich jak Weidmüller BLADEcontrol, który używa czujników drgań wewnątrz każdej łopaty wirnika do pomiaru zmian w naturalnym układzie drgań każdej łopaty wirnika. System ten koncentruje się na wykrywaniu ekstremalnych warunków oblodzenia łopat, powodujących nadmierne wibracje.

Łopaty dużych turbin wiatrowych (tj. o średnicy 40 metrów i więcej) mają swoje naturalne częstotliwości rezonansowe w zakresie od 0,5 Hz do 15 Hz. Badania pokazują, że typowe drgania tych elementów znacznie wykraczają poza podstawową. Inne badania pokazują, że częstotliwości drgań spowodowane odkształceniem krawędzi łopat i odkształceniami skrętnymi są znacząco różne. Częstotliwości własne odkształcenia krawędzi łopatki występują w zakresie od 0,5 Hz do 30 Hz, przy czym częstotliwości własne odkształcenia skrętnego łopatki występują przy częstotliwościach do 700 Hz. Pomiar poza podstawową częstotliwością za pomocą czujnika drgań wymaga szerszego pasma. Zaleca się stosowanie czujników drgań zdolnych do pomiaru w zakresie częstotliwości od 0,1 Hz do co najmniej 10 kHz, z jednym czujnikiem w osi wirnika i jednym czujnikiem w kierunku poprzecznym. Ze względu na możliwe zakresy pomiaru wysokiej częstotliwości na łopatach wirnika, czujnik drgań musi mieć również duży zakres amplitudy wynoszący, co najmniej 50 g, podobnie jak w przypadku łożysk przekładni.

Wieża z gondolą

Wieża turbiny wiatrowej zapewnia wsparcie obudowy gondoli i zespołu łopat wirnika. Wieża może ucierpieć od uderzeń, które mogą spowodować nawet np. przechylenie wieży. Pochylona wieża spowoduje nieoptymalny kąt pracy łopat w stosunku do kierunku wiatru. Pomiar pochylenia wymaga czujnika, który może działać aż do 0 Hz, np. w warunkach zerowego wiatru, dzięki czemu przechylenie może być nadal mierzone, mimo że wieża się nie rusza.

Uszkodzenie konstrukcji fundamentu może prowadzić do kołysania się wieży. Monitorowanie kołysania się wieży jest wbudowane w niektóre systemy monitorowania stanu turbiny, ale dostępnych na rynku jest niewiele opcji w porównaniu z monitorowaniem drgań przekładni. System monitorowania stanu Scaime20 monitoruje łopaty, wieżę i fundament za pomocą akcelerometrów, czujników przemieszczenia, czujników naprężeń i temperatury. Pełny zakres akcelerometru

Tabela 1. Wymagania sensorów wibracji, jakich używa się do monitorowania warunków pracy turbin wiatrowych

Komponent	Liczba sensorów	Kierunek pomiarów	Zakres częstotliwości	Zakres przyspieszeń	Gęstość szumu
Łopatki rotora	Dwie osobne osie	Wzdłuż i w poprzek osi	0,1 Hz do ≥10 kHz	±50...100 g	≤1 mg/√(Hz) potrzebne do wykrywania ogólnego rodzaju awarii
Główne łożysko	Dwie osobne osie	Osiowo i promieniowo	0,1 Hz do ≥10 kHz	±50...100 g	≤1 mg/√(Hz) potrzebne do wykrywania ogólnego rodzaju awarii
Przekładnia (część wolnoobrotowa)	Jedna oś	Promieniowo	0,1 Hz do ≥10 kHz	±50...100 g	≤100 µg/√(Hz) do wykrywania początków zużycia łożysk
Przekładnia (część szybkoobrotowa)	Trzy osobne osie	Osiowo i promieniowo	0,1 Hz do ≥10 kHz	±50...100 g	≤100 µg/√(Hz) do wykrywania początków zużycia łożysk
Zębatka generatora	Dwie osobne osie	Promieniowo	0,1 Hz do ≥10 kHz	±50...100 g	≤100 µg/√(Hz) do wykrywania odchyłu od normalnych warunków pracy
Wieża i gondola	Dwie osobne osie	Wzdłuż i w poprzek osi	0 Hz do ≥100 kHz	±2 g	≤100 µg/√(Hz) do wykrywania odchyłu od normalnych warunków pracy

Scaime wynosi ±2 g, a monitorowane częstotliwości muszą mieścić się w zakresie od 0,1 Hz do 100 Hz, zgodnie ze specyfikacją. Jak wcześniej wspomniano, dolna granica częstotliwości schodzi aż do 0 Hz w przypadku uszkodzenia konstrukcji wieży, powodującego przechylenie, w warunkach statycznych (brak wiatru). Do pomiaru pochylenia wymagany jest czujnik o doskonałej stabilności stałoprądowej. Czujniki MEMS, takie jak ADXL355, dostępne w hermetycznie zamkniętych opakowaniach, zapewniają wiodącą w branży stabilność offsetu 0 g.

Do monitorowania samej wieży dostateczny jest czujnik drgań o minimalnym zakresie ±2 g. Maksymalne prędkości wiatru równe 25 m/s dają poziomy przyspieszenia mniejsze niż 1 g dla wież w normalnym trybie pracy.

Podsumowanie wymagań dotyczących sensorów

Podsumowanie wymagań dotyczących sensorów drgań w oparciu na wymaganiach poszczególnych aplikacji turbin wiatrowych zestawiono w **tabeli 1**. Liczba czujników, kierunek pomiaru i zakres częstotliwości są podane w specyfikacji certyfikacji monitorowania stanu DNVGL. Jak wspomniano wcześniej, pomiar od 0 Hz jest ważny w przypadku problemów konstrukcyjnych wieży monitorującej. W tabeli 1 podsumowano również zakres amplitudy i gęstości szumu, na podstawie badań terenowych i pomiarów zaprezentowanych w tym artykule.

Metoda zbierania danych o błędach

Wszystkie duże instalacje wiatrowe wyposażone są w standardowy system nadzoru i akwizycji danych (SCADA), używany głównie do monitorowania parametrów pracy systemu. Przykładami monitorowanych parametrów są np. temperatura i poziom smarowania łożysk przekładni, moc czynna i prądy fazowe generatora. Niektóre systemy wykorzystują dane z systemów SCADA do monitorowania stanu turbin wiatrowych w celu wykrywania pojawiających się trendów, mogących zapowiadać wystąpienie awarii.

Na rynku dostępnych jest około 10 systemów monitorowania stanu, które można zaadaptować i w pełni zintegrować z istniejącymi systemami SCADA przy użyciu standardowych protokołów. Jednym z przykładów jest GE Energy ADAPT.Wind. Badania przyszłych trendów technologicznych wskazują na wyraźny ruch w kierunku instalacji systemów monitorowania drgań na turbinach wiatrowych.

Odpowiednie czujniki drgań do monitorowania stanu turbin wiatrowych

Przy częstotliwości 0,3 Hz i niżej, technologie wibracyjne oparte na piezoelektryce mają problemy z rejestrowaniem sygnatur wibracji. Oznacza to, że komponenty systemu o małej prędkości, takie jak łopaty wirnika, łożysko główne, przekładnia wolnoobrotowa i wieża, nie mogą być właściwie monitorowane. Czujniki bazujące na MEMS, o pasmie sięgającym 0 Hz, mogą rejestrować oznaki krytycznych awarii we wszystkich głównych elementach turbiny wiatrowej. Zapewnia to jedno rozwiązanie czujnika drgań dla turbin wiatrowych, zawierające tylko elementy MEMS do pomiaru w zakresie od 0 Hz do 10 kHz i więcej.

Oprócz możliwości wychwycenia wszystkich krytycznych błędów, sensory MEMS zapewniają następujące korzyści:

- Szeroki zakres pomiarowy przeciążeń i ultramała gęstość szumów w zakresie µg/√Hz, z łatwością spełniająca wymagania podane w **tabeli 1**.
- Sensory MEMS mają wbudowaną m.in. funkcję autotestu (BIST). Operator systemu nie musi mieć dostępu do systemu, aby przetestować czujniki, co pozwala zaoszczędzić koszty. Dla porównania, technologie bazujące na piezoelektrykach nie mają takiej zdolności.
- Interfejs elementów MEMS jest bardziej elastyczny zarówno pod względem interfejsu danych, jak i zasilania w porównaniu z rozwiązaniami bazującymi na piezoelektryce. Istnieją ograniczone możliwości przekształcenia sygnału wyjściowego czujnika piezoelektrycznego o wysokiej impedancji do sygnału, umożliwiającego przesył długimi przewodami. Najpopularniejszą implementacją jest 2-przewodowy interfejs IEPE, który zasila czujnik piezoelektryczny na wspólnej linii zasilania/danych z drugim przewodem masy. IEPE wykorzystuje wzmacniacz dopasowany do układu piezoelektrycznego, aby zapewnić rozwiązanie drivera kablowego o niskiej impedancji. Rozwiązania interfejsu IEPE są możliwe z czujnikami MEMS, ale czujniki MEMS umożliwiają również łatwiejszą integrację z istniejącymi systemami, które działają przy użyciu magistrali cyfrowej (RS-485, CAN) lub sieciach Ethernet. Jest tak, ponieważ czujniki MEMS są dostępne z wyjściem analogowym lub cyfrowym (SPI, I²C), które można łatwo dołączyć do innych protokołów.
- Odporność na parametry otoczenia – turbiny wiatrowe powinny działać w szerokim zakresie temperatur, typowo od –40 do 55°C. Urządzenia MEMS z łatwością spełniają to wymaganie.
- Sensory MEMS mają również wyższą czułość i lepszą liniowość oraz stabilność w czasie w porównaniu z czujnikami piezoelektrycznymi. Nieliniowość akcelerometrów Analog Devices jest na tyle niska, że najczęściej można ją zignorować. Na przykład akcelerometr ADXL1001 MEMS ma nieliniowość poniżej 0,025% w pełnym zakresie pomiarowym.

Czujniki drgań i rozwiązania oparte na MEMS dostępne obecnie

Spełnienie wszystkich wymagań dotyczących parametrów, zasięgu i gęstości spektralnej szumu dla monitorowania drgań w zastosowaniach turbin wiatrowych można łatwo osiągnąć za pomocą czujników MEMS takich jak ADXL1002, ADXL1003, ADXL1005 czy ADcmXL3021 (**tabela 2**). Sensory ADXL355 i ADXL357 nadają się do monitorowania wieży turbin wiatrowych, w aplikacjach, gdzie mniejsze są wymagania dotyczące szerokości pasma i zasięgu

Tabela 2. Technologie sensorów wibracji i miejsca ich stosowania

Technologia dobra do monitorowania:	Łopatki rotora	Główne łożysko	Przekładnia (część wolnoobrotowa)	Przekładnia (część szybkoobrotowa)	Zębatka generatora	Wieża i gondola
MEMS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Piezoelektryczne	×	×	×	✓	✓	×

komunikacji. Układy te charakteryzują się doskonałą stabilnością stałoprądową, co jest ważne np. przy pomiarach nachylenia wieży turbiny wiatrowej. Hermetyczne opakowanie tych elementów zapewnia doskonałą długoterminową stabilność. Przez 10 lat powtarzalność np. ADXL355 mieści się w zakresie ±3,5 mg, zapewniając bardzo dokładny czujnik do pomiaru przechyłu.

Rozwiązania do monitorowania stanu turbin wiatrowych

Systemy bezprzewodowe

Na rynku dostępne są kompletne zestawy zweryfikowanych projektów referencyjnych, systemów oceny oraz modułów czujników stanu maszyny typu „plug and play", które przyspieszają prace projektowe. **Fotografia 1** pokazuje platformę oceny bezprzewodowego monitorowania drgań firmy Analog Devices. To rozwiązanie systemowe łączy w sobie elementy mechaniczne, sprzęt, oprogramowanie sprzętowe i oprogramowanie komputerowe, które pozwala na szybkie wdrożenie i ocenę jednoosiowego rozwiązania do monitorowania drgań. Moduł można przymocować bezpośrednio np. do silnika lub uchwytu magnetycznie lub za pomocą innego systemu montażu. Można go również łączyć z innymi modułami w tej samej bezprzewodowej sieci kratowej, aby zapewnić szerszy obraz z wieloma węzłami czujników w ramach systemu monitorowania opartego na stanie.

Sprzętowy łańcuch sygnałowy systemu do monitorowania stanu turbiny składa się z jednoosiowego akcelerometru ADXL1002. Wyjście tego układu jest odczytywane przez mikrokontroler ADuCM4050 o zmniejszonym poborze mocy, gdzie pomiary są buforowane, przekształcane do domeny częstotliwości i przesyłane strumieniowo do SmartMesh IP. Z chipu SmartMesh dane wyjściowe ADXL1002 są przesyłane bezprzewodowo do menedżera SmartMesh. Menedżer ten łączy się z komputerem, który może wizualizować i/lub zapisywać dane.

Dane w tym systemie są wyświetlane jako surowe – w dziedzinie czasu – jak i jako przekształcone do domeny częstotliwości – FFT. Dostępne są dodatkowe informacje statystyczne podsumowujące dane uporządkowane czasowo. Pełny kod napisany w Pythonie dla interfejsu graficznego po stronie komputera PC, a także oprogramowanie układowe w języku C zaimplementowane w samym module jest udostępniane i może być dostosowane przez klienta.

Fotografia 1. Platforma oceny bezprzewodowego monitoringu drgań

Systemy przewodowe

Przewodowa platforma ewaluacyjna CbM Pioneer firmy Analog Devices zapewnia przemysłowe rozwiązanie z wykorzystaniem standardowego łącza przewodowego dla trójosiowego czujnika drgań ADcmXL3021 (**fotografia 2**). Sprzętowy łańcuch sygnałowy składa się z trójosiowego akcelerometru ADcmXL3021 na flex-PCB ze złączem Hirose. Złącze to ma wyprowadzony interfejs SPI i linię przerwania. Moduł ten jest następnie podłączone do płytek drukowanych interfejsu, które tłumaczą SPI na fizyczną warstwę RS-485, co pozwala na przesłanie sygnału cyfrowego dalej, przez metry okablowania do nadrzędnego kontrolera systemu. Translacja SPI na RS-485 uzyskiwana jest za pomocą izolowanych lub nieizolowanych interfejsów, które zawierają układy z rodziny iCoupler (ADuM5401/ADuM110N) i transceivery RS-485/RS-422 (ADM4168E/ADM3066E). To rozwiązanie łączy zasilanie i dane w jednym, standardowym przewodzie, co zmniejsza koszty kabli i złączy w zdalnych czujnikach MEMS. Graficzny interfejs użytkownika umożliwia prostą konfigurację urządzenia ADcmXL3021 i przechwytywanie danych o wibracjach z dużej odległości, dzięki zastosowaniu odpowiedniego interfejsu do przesyłania danych. Oprogramowanie z GUI umożliwia wizualizację pomiarów w postaci surowych danych w domenie czasu lub widm FFT.

Tabela 3. Przykładowe czujniki MEMS nadające się do monitorowania stanu turbin wiatrowych

Sensor MEMS	Liczba osi	Zakres (±g)	Pasmo (kHz)	Gęstość szumu (µg/√Hz)
ADXL355	3	2, 4, 8	0 do 1	25
ADXL357	3	10, 20, 40	0 do 1	80
ADXL1005	1	100	0 do 23	75
ADXL1003	1	200	0 do 15	45
ADXL1002	1	50	0 do 11	25
ADcmXL3021	3	50	0 do 10	26

Fotografia 2. Platforma oceny przewodowego monitoringu drgań

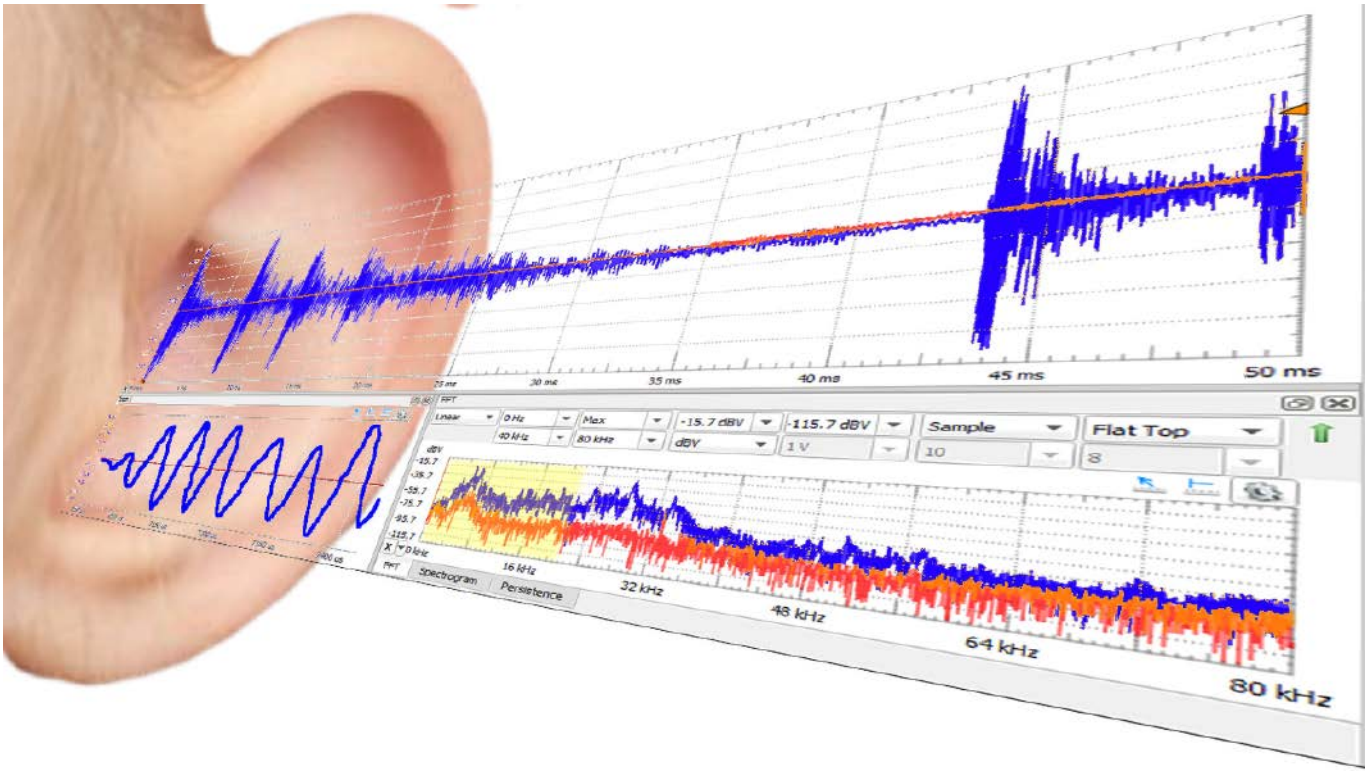
Podsumowanie

W powyższym artykule wykazano, że czujniki MEMS mogą mierzyć wszystkie krytyczne parametry, pozwalające wykrywać usterki krytycznych elementów systemów, takich jak turbiny wiatrowe. Pasmo czujnika MEMS, jego zakres pomiarowy, stabilność prądu i gęstość szumów stoją na dostatecznie wysokim poziomie, aby sprostać wymaganiom tego rodzaju systemów.

Dodatkowo, wbudowane procedury autotestowania MEMS (BIST), elastyczne interfejsy analogowe i cyfrowe oraz doskonała czułość i liniowość tych systemów, jak i ich stabilność w czasie to dodatkowe powody, dla których czujniki MEMS są najlepszym rozwiązaniem do monitorowania stanu systemów przemysłowych. Konserwacja systemów i wczesne wykrywanie awarii, oparte na wibracjach, to nowoczesna technologia zapobiegająca kosztownym przestojom całej turbiny wiatrowej czy innego systemu.

Nikodem Czechowski, EP

Źródło:
Richard Anslow, Dara O'Sullivan, „Choosing the Best Vibration Sensor for Wind Turbine Condition Monitoring", Analog Dialogue 54, wrzesień 2020 (https://bit.ly/3Ag8Ctu)



Może lepiej, że tego nie słyszymy

Statystyczny Polak twierdzi, że nie śpiewa, bo nie ma słuchu. Chodzi oczywiście o słuch muzyczny, a nie o wadę słuchu. No cóż, uczestnicząc w ogródkowych imprezach, grillach i ogniskach, rzeczywiście można odnieść wrażenie, że nie wszyscy powinni podejmować się tego trudnego zadania. To, dlaczego nie wydobywamy czystych dźwięków, może zależeć od tego, że nie rozróżniamy pewnych akustycznych subtelności, albo odpowiednich dźwięków po prostu nie potrafimy wydobyć.

Jak mawia mój przyjaciel, dźwięki (szczególnie te o wysokich częstotliwościach) słyszymy tym lepiej, im „bardziej jesteśmy młodzi i im bardziej jesteśmy dziewczynkami". Dla muzyków, instrumentalistów, wokalistów może to być istotna uciążliwość, przeciętny człowiek nawet nie zdaje sobie sprawy z ułomności własnego słuchu. Osoba z dobrym słuchem muzycznym zgrzyta zębami, słuchając fałszującego piosenkarza, podczas gdy duża część ludzi w ogóle tego fałszowania nie odczuwa.

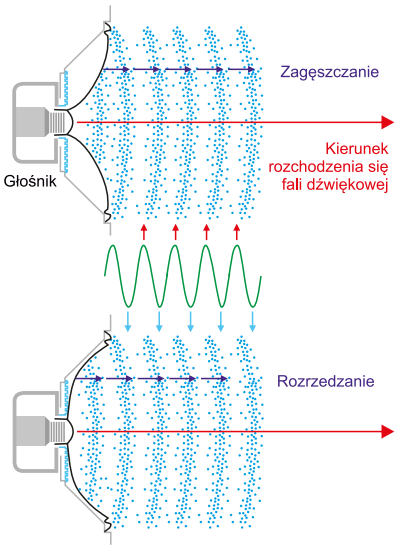
Czym właściwie jest dźwięk?

Wszyscy doskonale pamiętamy różne sceny batalistyczne z filmów science fiction. Turbolasery i działa jonowe instalowane m.in. na Drednot Core Galaxy Systems z *Wojen Gwiezdnych* wydawały podczas bitew w przestrzeni kosmicznej charakterystyczne dźwięki przyprawiające ludzi „wysokosłyszących" o ból głowy. Problem polega jednak na tym, że batalistyczne fragmenty filmu mieszczą się całkowicie w części fiction tego gatunku filmowego. Dźwięk może rozchodzić się tylko w jakimś medium, np. w ośrodku sprężystym, gazowym, ciekłym lub stałym. W przestrzeni kosmicznej jest próżnia, nie ma żadnego medium, dźwięki więc nie mogą się rozchodzić.

Dźwięk jest naszym subiektywnym odczuciem fali dźwiękowej, czyli zaburzenia rozchodzącego się w ośrodku sprężystym. Zaburzenie takie może być generowane na przykład przez głośnik, słuchawkę, tubę itp. Dźwięk rozchodzi się w kierunku od źródła, stopniowo wytracając amplitudę. I całe szczęście, że tak się dzieje, w przeciwnym razie utonęlibyśmy w uciążliwej kakofonii dźwięków. Jak na ironię korzyścią dla człowieka jest też... niedoskonałość naszego własnego słuchu powodująca odbieranie dźwięków tylko w ograniczonym zakresie częstotliwości. Przeglądając literaturę fachową, możemy natrafić na różne definicje zakresu dźwięków słyszalnych. Dość powszechnie przyjmuje się, że zakres słyszalnych częstotliwości zawiera się między 20 Hz a 20 kHz. Pamiętają te liczby audiofile słuchający niegdyś muzyki ze sprzętu Hi-Fi. Ale spotykamy też definicję: od 20 Hz do 16 kHz. Określenie takiego zakresu jest oczywiście umowne, gdyż jak już było powiedziane, każdy człowiek odbiera dźwięki inaczej. Kompromisem byłoby ustalenie tych parametrów na podstawie szerokiego badania populacji i przyjęcie wartości skrajnych. Z tego względu spotykamy również niekiedy definicję ustalającą minimalną słyszalną częstotliwość na 16 Hz. Z moich obserwacji wynika, że duża część ludzi nie słyszy dźwięków powyżej 12 kHz, a nawet niższych.

Należy wspomnieć o jeszcze jednym parametrze dźwięku, jakim jest jego natężenie. Przyjmijmy, że dźwięk jest generowany przez membranę głośnika wprawianą w drgania. Drgania te powstają na skutek doprowadzenia do uzwojenia głośnika elektrycznego sygnału

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

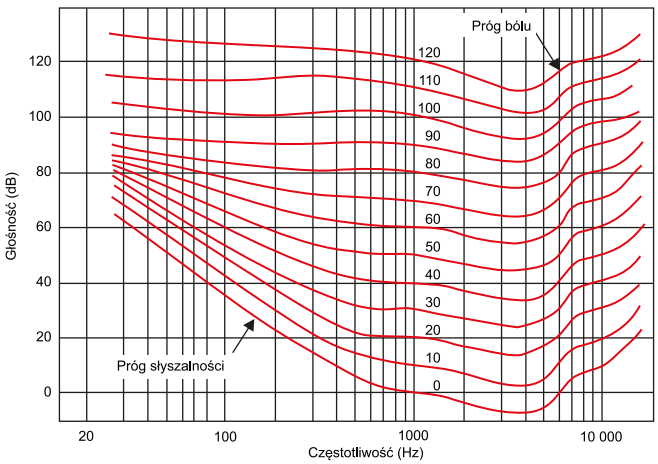


Rysunek 1. Ilustracja zasady wytwarzania dźwięku przez głośnik

sinusoidalnego uzyskiwanego z generatora (**rysunek 1**). Poruszająca się membrana okresowo zagęszcza i rozrzedza powietrze. Jak wiemy, zaburzenia te rozchodzą się w kierunku od głośnika. Należy zwrócić uwagę na to, że amplituda zaburzeń maleje wraz z kwadratem odległości od źródła. Zagęszczenie lub rozrzedzenie powietrza oznacza, że lokalnie wzrasta i maleje jego ciśnienie w odniesieniu do statycznego ciśnienia otoczenia. Nie spodziewajmy się jednak spektakularnych efektów. Przyjmuje się, że minimalne zmiany ciśnienia, które ludzkie ucho jest w stanie rozpoznać, tzw. próg słyszalności, to $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (20 μPa). Normalne statyczne ciśnienie atmosferyczne jest równe 1013,25 hPa = 101325 Pa. Oznacza to, że zmiany ciśnienia dla progu słyszalności są 5066250000 razy mniejsze od ciśnienia otoczenia (sic!). Jest to aż 9 rzędów wielkości. Chyba trzeba zweryfikować pogląd o niedoskonałości naszego ucha. No dobrze, ale to jest przypadek skrajny. Sprawdźmy, jak będą wyglądały powyższe zależności dla bardziej naturalnych warunków. Okazuje się, że normalnie mówiący człowiek, nie polityk na wiecu wyborczym, wywołuje w odległości 1 metra od siebie zmiany ciśnienia na poziomie 0,1 Pa. W tym przypadku nadal jest to stosunek ok. 6 rzędów wielkości (milion razy).

Ciekawa jest też analiza tych zależności z drugiej strony zakresu, to znaczy dla dźwięków powodujących ból, a nawet utratę słuchu. Ciśnienie akustyczne jest wówczas równe ok. 20 Pa, a więc ok. 5 tysięcy razy mniejsze od ciśnienia otoczenia.

Jeszcze raz należy podkreślić, że podanych wartości liczbowych nie należy traktować jako bezwzględnie obowiązujących, gdyż wrażenia słuchowe są bardzo indywidualne dla każdego człowieka i między poszczególnymi osobami mogą się znacznie różnić.



Autor Oarih, źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Izofona

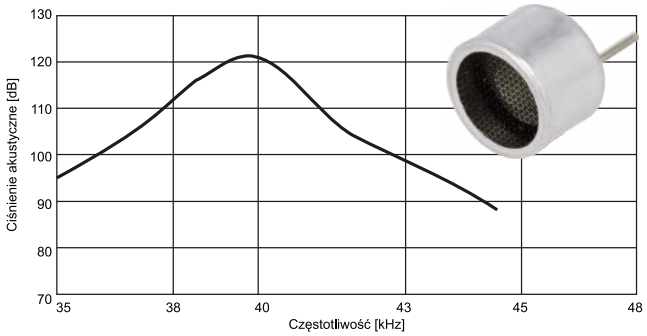
Rysunek 2. Krzywe Fletchera-Munsona

Jest jeszcze jeden aspekt sprawy, na który należy zwrócić uwagę. Intuicyjnie możemy sądzić, że natężenie dźwięku jest tożsame z subiektywnym odczuciem głośności. Oznaczałoby to, że jeśli słuchamy dwóch dźwięków, z których jeden ma dwa razy większe natężenie od drugiego, tzn. powoduje dwukrotnie większe zmiany ciśnienia, to odczujemy również wrażenie dwukrotnej różnicy subiektywnie odbieranej głośności. Tak jednak nie jest. Natężenie dźwięku to mierzalny specjalnymi przyrządami parametr, a głośność to tylko nasze subiektywne odczucie. Co więcej, okazuje się, że głośność zależy nie tylko od natężenia dźwięku, ale też od jego częstotliwości. Bardzo dobrze ilustrują to krzywe izofoniczne, znane również jako krzywe Fletchera-Munsona (**rysunek 2**). Każda z krzywych obrazuje, jaki powinien być poziom dźwięków o różnych częstotliwościach, aby słuchacz odczuwał je jako dźwięki o jednakowej głośności. Jak widać, nasze ucho ma największą czułość dla dźwięków o częstotliwości między 3 kHz a 4 kHz. Charakterystyczne jest też znaczne zmniejszenie czułości słuchu dla niskich częstotliwości (poniżej 500 Hz) i częstotliwości wysokich, powyżej 5 kHz. Z krzywych izofonicznych wynika ponadto wniosek, że subiektywnie odczuwana głośność zależy również od poziomu dźwięku. Efekt ten jest widoczny szczególnie wyraźnie dla niskich częstotliwości – krzywe izofonicznie w tym zakresie znacznie nachylają się. Zatem słuchając na przykład muzyki bardzo cicho, możemy w ogóle nie słyszeć tonów niskich, gdy zwiększymy głośność, będą ona słyszane coraz lepiej. Swego czasu w sprzęcie audio były nawet instalowane filtry „loudness", w polskim sprzęcie znane jako „kontur". Miały one niwelować różnice w różnym odbiorze dźwięków niskich i wysokich w zależności od ustawionej we wzmacniaczu głośności. Rozwiązanie to miało tylu zwolenników, co przeciwników. Szczęśliwi byli ci, którzy korzystali ze sprzętu wyposażonego w wyłącznik filtru pozwalający ominąć go podczas odsłuchu.

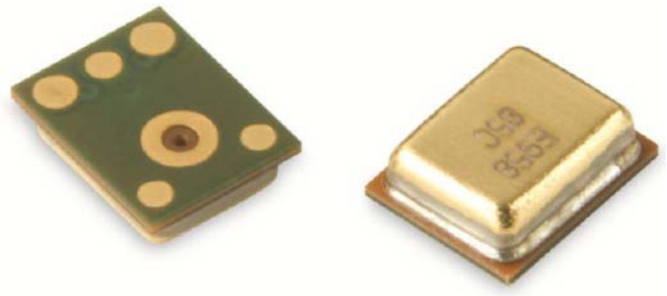
A co powyżej 20 kHz?

Wydaje się, że nasza czujność w zakresie postrzegania dźwięków jest mocno usypiana przez sprzedawców sprzętu grającego. Podkreślanie, że zestawy audio wysokiej jakości odtwarzają muzykę w paśmie 20 Hz...20 kHz, wyrabia u laików pojęcie, że wszystkie otaczające dźwięki mieszczą się tylko w tym zakresie częstotliwości. Oczywiście pamiętamy ze szkoły, że istnieją jeszcze ultradźwięki, ale kto korzysta na co dzień z myjek ultradźwiękowych czy robi badania USG? Wiemy natomiast, że znaczna część zwierząt słyszy dźwięki o dużo wyższych częstotliwościach niż człowiek: nietoperze nawet do 200 kHz, psy 40 kHz, koty 45 kHz, jest też pewien gatunek motyla, który słyszy ultradźwięki aż do 300 kHz. Nie może więc dziwić fakt, że pies oczekuje nas pod drzwiami, zanim się do nich zbliżymy, nawet nim wejdziemy na piętro. Można sądzić, że ciekawe by było poznanie, jakie dźwięki w rzeczywistości nas na co dzień otaczają?

Problem jeszcze do niedawna był dość trudny do zbadania ze względu na ograniczony dostęp do mikrofonów ultradźwiękowych. Nawet jeśli można było znaleźć ofertę na odpowiedni przetwornik, to jego cena zwalała z nóg przeciętnego amatora. Są wprawdzie



Rysunek 3. Charakterystyka częstotliwościowa popularnego przetwornika ultradźwiękowego BPU-1640IOAH12

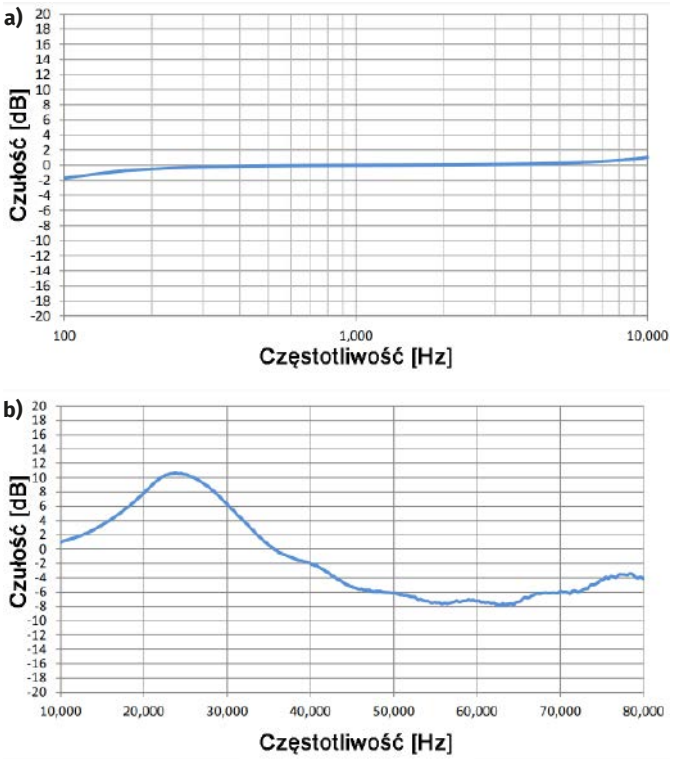


Fotografia 1. Mikrofon MEMS SPH0641LU4H-1

tanie i popularne przetworniki ultradźwiękowe, jak na przykład BPU-1640IOAH12, ale mają one dość wąskie pasmo. W zasadzie można nawet mówić, że działają selektywnie na częstotliwości 40 kHz (**rysunek 3**), spotykane są też przetworniki na 25 kHz.

Zbawienny stał się dynamiczny rozwój elementów MEMS. Na rynku pojawił się szereg miniaturowych mikrofonów wykonanych w tej technologii. Są to elementy bardzo małe, przeznaczone do montażu powierzchniowego. Występują zarówno w wersji cyfrowej, jak i analogowej. Mikrofony cyfrowe muszą współpracować z jakimś mikrokontrolerem, który odbiera i dekoduje zmodulowany sygnał z mikrofonu. Powszechnie stosowana jest modulacja PDM (*Pulse Density Modulation*). Niektóre takie mikrofony mają wydzielony tryb pracy umożliwiający odsłuchiwanie dźwięków w zakresie do ponad 80 kHz, przy względnie płaskiej charakterystyce częstotliwościowej. Dużo wygodniejsze będą jednak mikrofony analogowe ze względu na bezpośredni dostęp do sygnału analogowego, który można analizować np. za pomocą oscyloskopu.

Do eksperymentów został zastosowany mikrofon SPH0641LU4H-1 (**fotografia 1**). Charakteryzuje się on niską ceną, ale co najważniejsze, rejestruje dźwięki do ponad 80 kHz. Charakterystyki częstotliwościowe mikrofonu zostały pokazane na **rysunku 4**. Charakterystyka jest niemal idealnie płaska do 10 kHz. W okolicach 25 kHz widoczne jest wyraźne 10-decybelowe podbicie czułości, ale nie będzie ono stanowiło problemu.

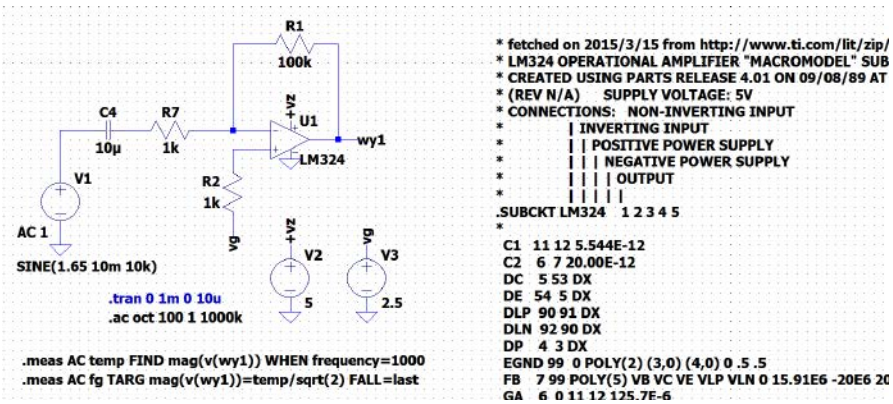


Rysunek 4. Charakterystyka częstotliwościowa mikrofonu SPH0641LU4H-1: a) zakres akustyczny, b) zakres ultradźwiękowy

Układ pomiarowy

Naszym zadaniem jest jedynie obserwacja na oscyloskopie dźwięków w pełnym paśmie mikrofonu. Niestety, charakterystyka podawana w dokumentacji producenta urywa się na częstotliwości 80 kHz, nie wiadomo więc, czy mikrofon rejestruje jeszcze wyższe częstotliwości, czy nie. Na wszelki wypadek należy założyć, że wzmacniacz powinien pracować co najmniej do 100 kHz. Takie założenie może mieć pewne znaczenie dla doboru elementów wzmacniacza. Idziemy po linii najmniejszego oporu, zastosujemy wzmacniacz operacyjny, pytanie tylko jaki? Spodziewając się niewielkiego sygnału z mikrofonu, musimy przyjąć stosunkowo duże wzmocnienie wzmacniacza. Załóżmy, że powinno być ono równe 100 V/V (40 dB). Istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że przy tak dużym wzmocnieniu nie wszystkie wzmacniacze operacyjne poradzą sobie z przeniesieniem sygnału w paśmie do 100 kHz. Upewnijmy się o tym, zanim wyciągniemy elementy z szuflady. Zobaczmy w symulatorze LTspice, czy popularny i tani wzmacniacz LM324 sprawdzi się w takiej aplikacji. Rysujemy prosty wzmacniacz o wzmocnieniu 100 V/V (**rysunek 5**). Standardowa biblioteka symulatora LTspice nie zawiera modelu tego układu, ale bez trudu można go znaleźć w Internecie. W symulacji zastosowano dwie komendy obliczające górną częstotliwość przy spadku wzmocnienia o 3 decybele w stosunku do wzmocnienia dla 1 kHz.

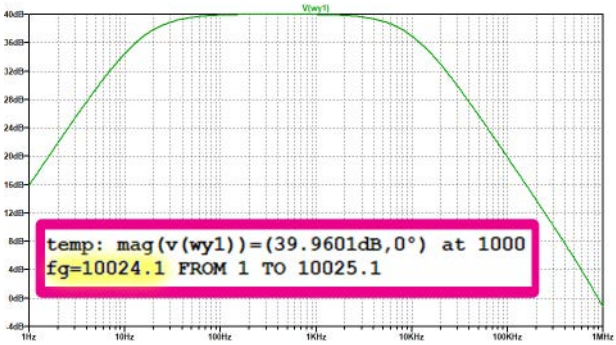
```
.meas AC temp FIND mag(v(wy1)) WHEN frequency=1000
```



Rysunek 5. Wzmacniacz mikrofonowy na układzie LM324

```
.meas AC fg TARG mag(v(wy1))=temp/sqrt(2) FALL=last
```

Wynik symulacji AC został pokazany na **rysunku 6**. Tragedia. Górna częstotliwość to zaledwie ok. 10 kHz. Taki układ nie nadawałby się nawet do zastosowań stricte akustycznych, a co dopiero do badań ultradźwięków. Sięgamy zatem o kilka poziomów wyżej. Do badań zastosujemy układ ADA4896 firmy Analog Devices. Wyniki symulacji są nad wyraz optymistyczne (**rysunek 7**). Górna częstotliwość jest równa aż 1,28 MHz. Trudno spodziewać się uzyskania



Rysunek 6. Symulowana charakterystyka częstotliwościowa wzmacniacza LM324

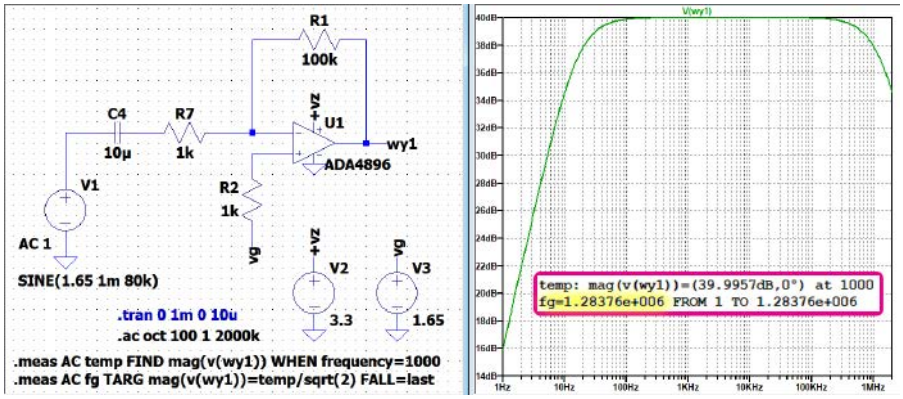
takich parametrów w układzie zmontowanym na breadboardzie, ale z dużym prawdopodobieństwem układ powinien sprawdzić się w praktyce. Przystępujemy więc do pomiarów. Może być ciekawie.

Oglądamy dźwięki, których nie słyszymy

Pora na prezentację wyników. Przykłady potwierdzają, że otaczająca nas rzeczywistość jest zgoła odmienna od naszych wyobrażeń. Do eksperymentów został użyty zestaw Analog Discovery 2. Dostępny w nim zasilacz zasila nasz wzmacniacz, a także mikrofon. Ze względu na ograniczenia narzucone przez mikrofon cały układ jest zasilany napięciem 3,3 V. Przebiegi czasowe są oglądane na oscyloskopie, ale nie będą nas interesować. Dużo więcej informacji dostarczą wykresy w dziedzinie częstotliwości uzyskane w oknie FFT.

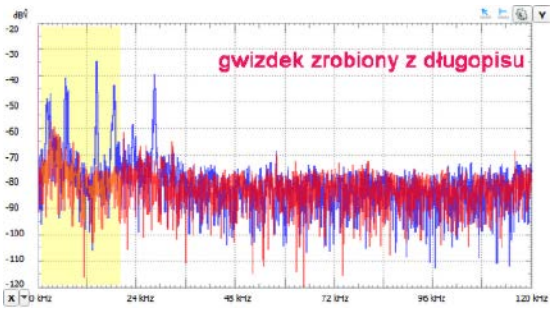
Dla lepszego zobrazowania widma sygnału na wykresach został nałożony kolorem czerwonym szum otoczenia. W trakcie pomiarów nie dało się całkowicie wyeliminować wszystkich niepożądanych dźwięków. Dla lepszego uwypuklenia sygnałów rejestrowanych w paśmie akustycznym i ultradźwiękowym pasmo akustyczne (do 20 kHz) zostało zaznaczone na wykresach żółtym podkładem.

Na początek gwizdek zrobiony z długopisu. Długopis ze schowanym wkładem przytykamy do ust i delikatnie w niego dmuchamy. Trzeba pewnej wprawy, aby wydobyć w miarę czysty dźwięk, ale po kilku próbach można tę umiejętność nabyć. Tu dużego zaskoczenia nie ma (**rysunek 8**). Widzimy 4 wyraźne prążki widma w zakresie słyszalnym i jakąś harmoniczną w paśmie ultradźwiękowym (ok. 24,4 kHz). Wrażenia subiektywne potwierdzają te wyniki. Słyszymy w miarę czysty dźwięk, którego na pewno nie można nazwać szumem. Na koniec zabawy z długopisem typu Zenith kilka razy jeszcze pstryknąłem przyciskiem do chowania wkładu. Okazuje się, że wydobywany przy tej operacji dźwięk już bardziej przypomina szum o paśmie dochodzącym do 36 kHz (**rysunek 9**).

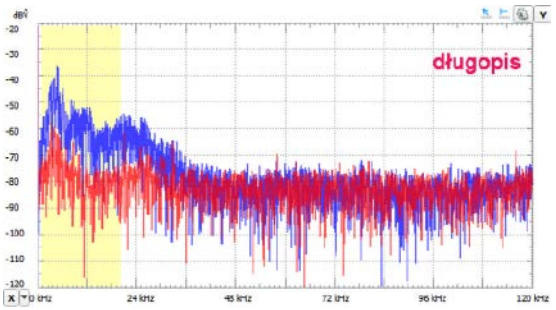


Rysunek 7. Schemat i charakterystyka częstotliwościowa wzmacniacza mikrofonowego na układzie ADA4896

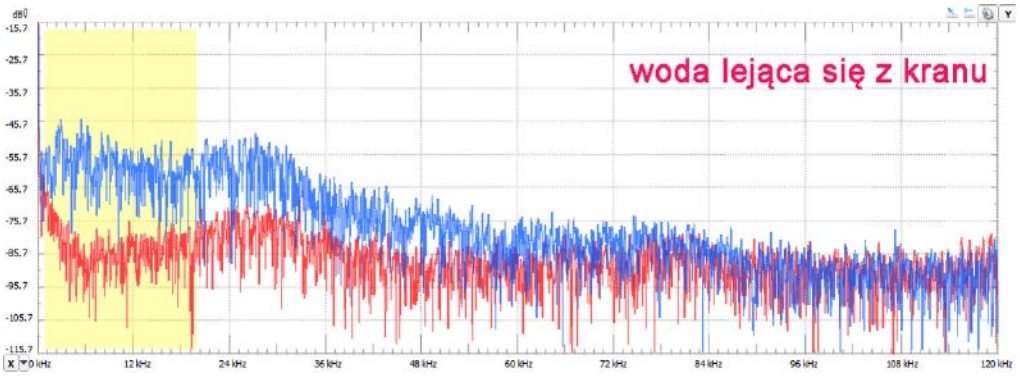
Czas na kawę. Przechodzimy do kuchni. Nalewamy wodę do czajnika. Woda lejąca się z kranu generuje dźwięki do ponad 60 kHz, chociaż przy końcu pasma są one już na bardzo obniżonym poziomie. Poziom w zakresie do 30 kHz jest natomiast w przybliżeniu równy poziomowi z pasma słyszalnego (**rysunek 10**). Woda już nalana do czajnika. Zapalamy gaz w kuchence. I tu się zaczyna. Okazuje się, że charakterystyczny syk palnika, który słyszymy, to dopiero początek jego aktywności. Najwięcej „hałasu" palnik robi w zakresie



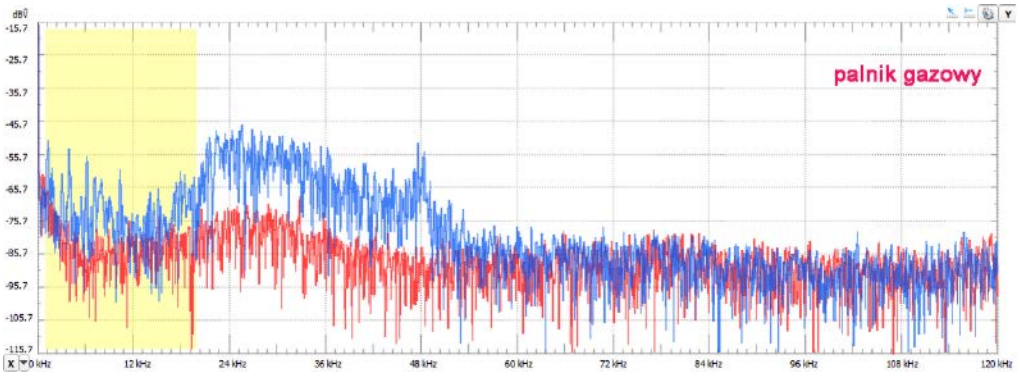
Rysunek 8. Dźwięk gwizdka zrobionego z długopisu



Rysunek 9. Dźwięk wydobywany podczas chowania wkładu w długopisie



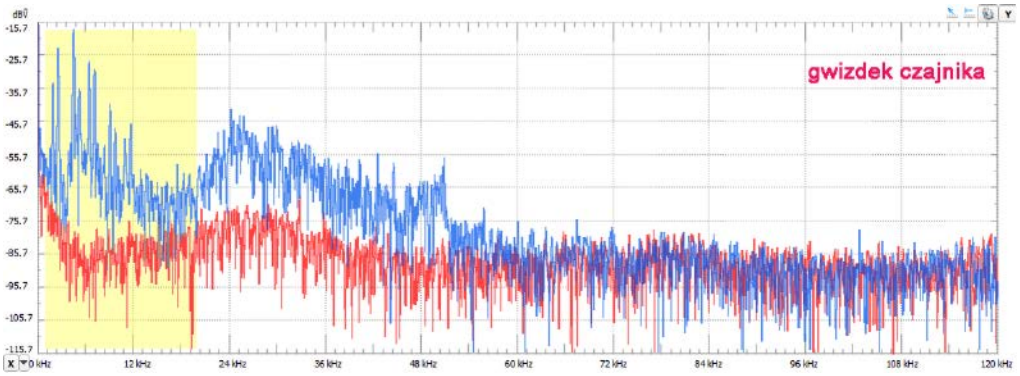
Rysunek 10. Dźwięk lejącej się wody z kranu



Rysunek 11. Dźwięk palnika gazowego

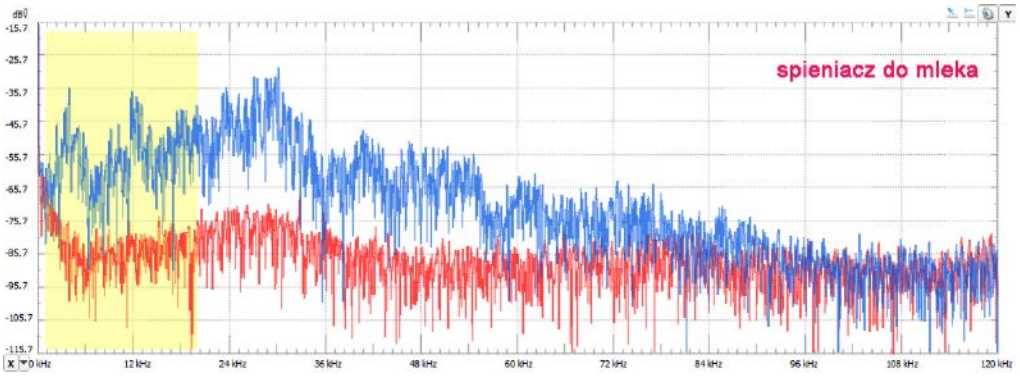
od 20 kHz do ok. 54 kHz (**rysunek 11**). Co na to koty i psy? Ciekawe, czy te zwierzęta tak jak ludzie cierpią również na szumy w uszach?

Tymczasem woda już się zagotowała. Odezwał się gwizdek czajnika (**rysunek 12**). Jak można się było spodziewać, na widmo palnika nałożyły się składowe z pasma akustycznego, które doskonale słyszymy. Dźwięki te mają przecież nakłonić nas do wyłączenia gazu.



Rysunek 12. Dźwięk gwizdka czajnika

Kawa już zaparzona, pozostaje jeszcze spienić mleczko. Zastosujemy popularny ręczny spieniacz. To małe, niepozorne urządzenie generuje niezły hałas, a to, co słyszymy, to zaledwie niewielki fragment jego możliwości. Maksimum szumu wypada na około 30 kHz, ale sygnał maleje do poziomu szumów otoczenia dopiero w okolicach 93 kHz.



Rysunek 13. Dźwięk spinacza do mleka

Podobnych eksperymentów można wykonać jeszcze dziesiątki, ale prezentowanie wszystkich nie miałoby większego sensu. Jeśli ktoś z Czytelników ma możliwość wykonania podobnych badań, zachęcam do tego. Niektóre mogą być naprawdę zaskakujące. Do klasycznych przykładów należy: odgłos drapania się po brodzie, szeleszczenia cukierkowym sreberkiem czy odbijaniem pęku kluczy.

Lepiej być człowiekiem czy psem?

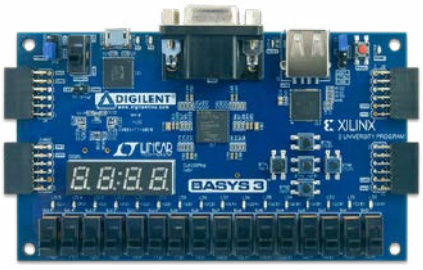
Nasze zmysły zostały ukształtowane przez tysiące lat na drodze ewolucji. Żaby są dlatego na ogół zielone, bo gdyby były na przykład czerwone, byłyby lepiej widoczne, a więc bardziej podatne na zjedzenie przez gatunki żywiące się nimi. W ten sposób liczność czerwonych żab byłaby mniejsza w ogólnej populacji w porównaniu z żabami zielonymi. W kolejnych cyklach ewolucji liczba osobników przekazujących gen odpowiedzialny za czerwony kolor ubarwienia byłaby coraz mniejsza, aż do całkowitego wyeliminowania. Ostatecznie pozostałyby tylko żaby zielone, co mniej więcej obserwujemy w przyrodzie. Podobnie jest ze słuchem. Ewolucja wyposażyła poszczególne gatunki żywych istot w słuch, który ułatwiałby ich egzystencję, a może nawet umożliwiał przetrwanie. My, ludzie nie mamy potrzeby słyszenia dźwięków w paśmie ultradźwiękowym, dlatego mamy taki słuch, jaki mamy. Koty, jako zwierzęta z natury łowne, prawdopodobnie potrafią korzystać z faktu, że słyszą do 45 kHz. Pytanie, czy taka cecha jest niezbędna psom, które są gatunkiem niemal całkowicie udomowionym? Nasuwa się również pytanie: po co ludziom zdolność słyszenia dźwięków powyżej 3, 4 kiloherców, skoro sami porozumiewają się w tym zakresie częstotliwości, a polować z maczugą przestali już bardzo, bardzo dawno temu. Audiofile odpowiedzą: taki słuch jest oczywiście potrzebny do słuchania muzyki wysokiej jakości. Trudno się z taką tezą nie zgodzić.

Jarosław Doliński, EP

REKLAMA

Zestawy uruchomieniowe FPGA

Zestaw Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board http://bit.ly/2MW1wFS



Kod handlowy: FPGA0001 • Producent: Digilent

Zestaw Basys 3 jest w szczególności polecany hobbystom i organizatorom kursów poświęconych układom programowalnym, oraz uczestnikom tych kursów. Oryginalny Basys 3 to zestaw do projektowania układów/systemów cyfrowych w środowisku Vivado Design Suite, z układem FPGA w wersji 35-T rodziny Artix 7 firmy Xilinx pozwalającym je praktycznie wdrożyć. Zestaw ten to najnowsza odsłona linii produktów Basys powstała specjalnie z myślą o osobach początkujących i studentach kierunków elektronicznych. W ich ręce producent oddaje gotowy do użycia produkt o dużej liczby peryferii zawierający niezbędne obwody. Tym samym nie ma potrzeby dołączania odrębnych komponentów, by stworzyć określone rozwiązanie. Ostatnie może być przy tym proste (np. bramki logiczne) lub bardziej złożone (np. namiastka domu inteligentnego). Zatem to sprzęt do zastosowań domowych oraz profesjonalnych, w tym do układów czasu rzeczywistego (RTOS).

AVT sklep

http://sklep.avt.pl

AVT SPV Sp. z o.o. 03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Sklep stacjonarny czynny jest od poniedziałku do piątku w godzinach: 8.00–16.00, tel. 22 257 84 66
e-mail: handlowy@avt.pl, tel. 22 257 84 51 (w godzinach: 9.00–15.00)

Moduły czytników kodów kreskowych i RFID

W artykule poświęconym identyfikacji radiowej i optycznej zamieściliśmy najważniejsze informacje na temat rodzajów kodów kreskowych oraz tagów RFID, a także metod ich odczytywania. Znaczna część urządzeń dostępnych na rynku ma postać gotowych czytników ręcznych lub stacjonarnych, ale na szczęście producenci systemów wbudowanych (np. infokiosków, komputerów mobilnych czy automatów paczkowych) nie muszą konstruować czytników od zera. Mogą bowiem skorzystać z szerokiej gamy kompaktowych modułów OEM, które – dzięki silnej integracji wszystkich niezbędnych komponentów – umożliwiają prostą i skuteczną implementację funkcjonalności odczytu tagów i/lub kodów kreskowych w dowolnym urządzeniu. W artykule omówimy wybrane, godne uwagi przykłady tego typu rozwiązań.

Modularne podejście do projektowania urządzeń i systemów elektronicznych ma niewątpliwe zalety – łatwość integracji rozmaitych funkcjonalności, skrócenie czasu opracowania produktu i wprowadzenia go na ścieżkę produkcji, uproszczenie pracy projektantów sprzętu i programistów to tylko niektóre z dobrodziejstw stosowania modułów OEM. Podobnie jak w przypadku wszechobecnych modułów komunikacyjnych (np. GSM, Bluetooth czy Wi-Fi), także w świecie identyfikacji radiowej i optycznej mamy do wyboru rozmaite modele gotowych do użycia bloków funkcjonalnych, wspierających szerokie spektrum protokołów transmisji (w przypadku RFID) lub kodów kreskowych 1D i 2D.

Optyczne czytniki kodów

W pierwszej kolejności zaprezentujemy kilka interesujących modułów optycznych silników skanujących OEM, potem natomiast zajmiemy się czytnikami tagów.

EM1300 – podstawowy model czytnika kodów 1D marki Newland

Moduł EM1300 (**fotografia 1**) stanowi doskonały przykład niewielkiego, ale bardzo wydajnego zastosowania technologii skanowania statycznego, zawierającego matrycę CCD i oświetlacz LED. W obudowie o wymiarach 28,2×23,4×11,2 mm znalazł się – oprócz matrycy i diod elektroluminescencyjnych z odpowiednimi kolimatorami – także szybki procesor, umożliwiający uzyskanie prędkości aż 300 skanów i 200 dekodowań na sekundę (!). Tak duże osiągi pozwalają na wygodną obsługę czytnika z praktycznie niewyczuwalnymi przez użytkownika opóźnieniami – a to doskonale wpływa na wynikową efektywność pracy. Moduł komunikuje się z procesorem nadrzędnym za pomocą dwuliniowego interfejsu UART, jest zasilany napięciem 3,3 V, przy którym pobiera prąd o natężeniu nieprzekraczającym 150 mA. Urządzenie – z uwagi na konstrukcję pozbawioną lasera i wyposażoną w liniał CCD – może pracować zarówno z kodami kreskowymi wydrukowanymi na papierze (bądź innym nośniku), jak i wyświetlanymi na ekranach urządzeń mobilnych.

N1 – ultrakompaktowy moduł czytnika 1D/2D

Moduł N1 (**fotografia 2**) to kolejna propozycja firmy Newland, skierowana przede wszystkim do producentów urządzeń przenośnych. Dzięki niezwykle małym wymiarom (21,5×9×7 mm) możliwa jest integracja czytnika w komputerach mobilnych (stosowanych m.in. jako terminale kurierskie), czytnikach naręcznych czy kompaktowych, przemysłowych instalacjach stacjonarnych.

Fotografia 2. Czytnik N1 marki Newland (https://bit.ly/3cc0SRj)

Czytnik komunikuje się poprzez UART lub USB – obydwa interfejsy są dostępne na 13-wyprowadzeniowym złączu FPC. W obudowie modułu znalazła się kamera CMOS z matrycą o rozdzielczości 640×480 px i obiektywem o kącie widzenia 42° (H)×31,5° (V), oświetlacz w postaci białej diody LED oraz czerwony celownik, także bazujący na konwencjonalnej diodzie (zamiast lasera półprzewodnikowego). W typowych warunkach pracy moduł pobiera prąd zasilania o wartości około 138 mA (przy napięciu 3,3 V), zaś w trybie standby natężenie spada do niecałych 12 mA.

CR8000 – zaawansowany czytnik z podwójną optyką

Moduł CR8000 marki Code Corporation (**fotografia 3**) korzysta z opatentowanej technologii podwójnego pola widzenia – dzięki zdublowanemu obiektywowi może z równą skutecznością obsługiwać

Fotografia 1. Czytnik kodów kreskowych 1D – EM1300 marki Newland (https://bit.ly/3AcAw9L)

Fotografia 3. Czytnik CR8000 marki Code Corporation, wyposażony w podwójną optykę (https://bit.ly/3wm0Tcp)

Fotografia 4. Czytnik CR8200 – nowsza wersja modelu CR8000 (https://bit.ly/3wonogB)

zarówno niewielkie kody o gęstym upakowaniu linii lub punktów, jak i obszerne oznakowania o dużej długości. Podczas gdy pierwsze z nich są odczytywane z użyciem obiektywu o polu widzenia 30° (H)×20° (V), to w przypadku drugich zastosowanie znajduje optyka szerokokątna 50° (H)×33,5° (V). Do konstrukcji czytnika producent wykorzystał monochromatyczną matrycę CMOS o rozdzielczości aż 1280×960 px. Warto dodać, że istotną zaletą prezentowanego modułu okazuje się odporność na silne odblaski, zapewniana przez zastosowanie (także opatentowanej przez producenta) technologii, korzystającej z adaptacyjnego sterowania poszczególnymi diodami LED oświetlacza. Model CR8000 doczekał się zresztą swojego godnego następcy – CR8200 (**fotografia 4**). Oprócz ulepszonej konstrukcji oferuje on także nieznacznie mniejsze wymiary (20,50×13,39×11,90 mm w porównaniu do 20,58×13,46×11,94 mm).

EM20-85 – zintegrowany czytnik 1D/2D z opcją NFC

Silnik skanujący EM20-85 to rozwiązanie idealne do wszystkich aplikacji stacjonarnych, w których – oprócz możliwości samodzielnego odczytu kodów kreskowych przez użytkowników – wymagana jest także współpraca z tagami HF RFID bądź urządzeniami mobilnymi pracującymi w trybie emulacji karty NFC. Dzięki zwiększonej powierzchni oświetlacza umieszczonego dookólnie wobec kamery oraz wyposażeniu go w matówkę rozpraszającą (**fotografia 5**) moduł generuje miękkie światło, które nie tylko zwiększa komfort użytkownika, ale ułatwia także redukcję odblasków. Niskoprofilowa konstrukcja (moduł ma głębokość 18,3 mm i wymiary czoła 61,5×65,5 mm) ułatwia instalację w kompaktowych obudowach urządzeń, np. nowoczesnych infokioskach, bramkach biletowych, automatach parkingowych, itd. Czytnik jest dostosowany do pracy z kodami prezentowanymi na stosunkowo niewielkiej odległości (od 15 do 85 mm, w zależności od rodzaju i rozdzielczości kodu).

Fotografia 5. Moduł silnika skanującego EM20-85 – widok z przodu (https://bit.ly/3CMIx8v)

Fotografia 6. Moduł silnika skanującego EM20-85 – widok z tyłu (https://bit.ly/3CMIx8v)

Moduł został wyposażony w trzy interfejsy komunikacyjne (UART, RS-232 oraz USB), dostępne na dwóch złączach systemowych – 12-pinowym FPC (USB, UART) oraz 8-pinowym rastrowym (USB, RS-232) – **fotografia 6**.

Moduły RFID

Drugą część artykułu poświęcimy wybranym modułom OEM czytników RFID 125 kHz i 13,56 MHz (NFC) – tym razem przyjrzymy się produktom z oferty firmy Netronix.

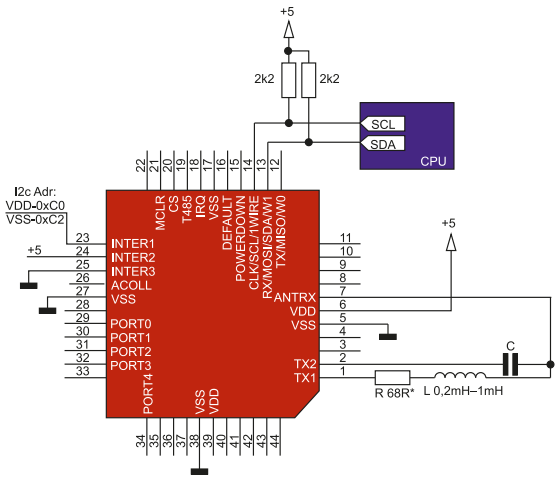
NANO-US – miniaturowy czytnik transponderów 125 kHz

Moduły NANO-US (**fotografia 7**) z serii NANO marki Netronix są przeznaczone do integracji bezpośrednio na płycie drukowanej docelowego urządzenia – dzięki krawędziowym padom lutowniczym pozwalają na montaż rozpływowy (dotyczy to także innych modeli z końcówką S w oznaczeniu). Z oczywistych przyczyn produkty nie są wyposażone we wbudowaną antenę (wymiary całości to zaledwie 17,5×17,5×3,0 mm), bez problemu jednak współpracują z antenami zewnętrznymi – w przypadku NANO-US zalecane są cewki o indukcyjności 500...1000 μH, wyposażone w zaledwie dwa dodatkowe elementy pasywne: kondensator (obliczony na częstotliwość rezonansową 125 kHz) oraz rezystor redukujący dobroć anteny (o wartości ok. 100 Ω). Przykładowy schemat aplikacyjny w konfiguracji dla interfejsu I²C został pokazany na **rysunku 1**. Warto dodać, że oprócz I²C moduł wspiera także dwukierunkową komunikację poprzez SPI i UART – ten ostatni może pracować w trybie RS232 (TTL) oraz RS485 (poprzez zastosowanie zewnętrznego nadajnika/odbiornika linii o kierunku transmisji sterowanym za pomocą wyprowadzenia T485), a także jednokierunkową transmisję 1-Wire (emulacja DS1990) oraz WIEGAND. Moduł obsługuje transpondery w standardach HID, HITAG 1, HITAG 2 (w ograniczonym zakresie), HITAG S, Q5 oraz Unique.

Fotografia 7. Moduł LF RFID (125 kHz) – model NANO-US marki Netronix (https://bit.ly/3wwrcfP)

NANO-RS – kompaktowy moduł HF RFID do montażu SMT

Moduł NANO-RS (**fotografia 8**) jest swego rodzaju odpowiednikiem opisanego wcześniej NANO-US, przystosowanym jednak do pracy z tagami MIFARE Classic, MIFARE DESFire, MIFARE Plus oraz



Rysunek 1. Schemat aplikacyjny modułu NANO-US marki Netronix (https://bit.ly/3wwrcfP)

MIFARE® Ultralight. W przypadku tych pierwszych zasięg odczytu dochodzi do 6 cm, zaś dla MIFARE Plus – do około 4 cm. Warto także dodać, że moduł obsługuje odczyt i zapis szyfrowanych obszarów pamięci transponderów MIFARE DESFire oraz MIFARE Plus. Wymiary płytki są identyczne, jak w przypadku NANO-US, ta sama jest także filozofia konstrukcji – moduł został przystosowany do montażu powierzchniowego i współpracuje z zewnętrzną anteną, co pozwala na zastosowanie produktu zarówno w aplikacjach silnie zintegrowanych (np. przenośnych), jak i urządzeniach stacjonarnych. Napięcie zasilania modułu to 3,3 V, zaś zakres temperatur pracy – od –20°C do +70°C.

Fotografia 8. Moduł NANO-RS marki Netronix (https://bit.ly/3CyFRew)

CTU-R5RM – czytnik OEM dla transponderów na pasmo 13,56 MHz

Seria CTU obejmuje moduły zintegrowane z anteną spiralną umieszczoną na obwodzie płytki PCB, oferujące wiele interfejsów komunikacyjnych, wbudowany przekaźnik elektromagnetyczny oraz pamięć zdarzeń. Moduły mogą pracować autonomicznie w rozmaitych systemach kontroli dostępu, a to dzięki wbudowanej pamięci tagów. CTU-R5RM (**fotografia 9**) obsługuje tagi HF RFID typu ICODE SLI, MIFARE Classic/DESFire/Plus/Ultralight, a także iCLASS. Urządzenie współpracuje z układami nadrzędnymi za pośrednictwem interfejsów 1-Wire, I²C, RS485, SPI, UART oraz WIEGAND, oferuje zasięg odczytu do 10 cm i może być zasilane napięciem od 5 do 16 V. Wbudowany buzzer ułatwia integrację w systemach autonomicznych, zwalniając użytkownika z konieczności podłączania zewnętrznego sygnalizatora akustycznego. Wymiary modułu to 79,5×79,5×12 mm.

Fotografia 9. Moduł CTU-R5RM marki Netronix (https://bit.ly/3Ak0s3n)

NP11 – czytnik RFID 13,56 MHz do aplikacji o najwyższych wymogach bezpieczeństwa

Moduł NP11 (**fotografia 10**) został zaprojektowany z myślą o najbardziej zaawansowanych aplikacjach kontroli dostępu oraz identyfikacji. Obsługuje do 4 kart SAM (*Secure Access Module*), których celem jest przechowywanie kluczy szyfrujących oraz algorytmów transmisji danych – dla kart przewidziane zostały sloty, znajdujące się na dolnej stronie płytki drukowanej. Moduł korzysta z klasycznego interfejsu RS232, jest zasilany napięciem od 7 do 16 V i pobiera prąd o natężeniu nie większym, niż 200 mA. Urządzenie współpracuje z tagami MIFARE DESFire oraz MIFARE Plus.

Podsumowanie

Zaprezentowany ekspresowy przegląd wybranych rozwiązań z zakresu modułów OEM, przeznaczonych do pracy w roli czytników RFID oraz kodów kreskowych, doskonale pokazuje różnorodność gotowych rozwiązań w branży identyfikacji radiowej i optycznej. Nie da się ukryć, że nawet w przypadku najprostszych czytników projektant zawsze musi zmierzyć się z szeregiem niełatwych zadań konstrukcyjnych – widać to szczególnie w świecie kodów kreskowych, które wymagają zastosowania precyzyjnie ustawionej optyki, niewielkich kamer oraz bardzo wydajnych procesorów wizyjnych, zwłaszcza w przypadku czytników 2D. Projektowanie zespołu optoelektronicznego od początku do końca nie ma jednak większego sensu podczas opracowywania urządzeń, dla których identyfikacja optyczna kodów prezentowanych np. na opakowaniu, etykiecie czy też ekranie urządzenia mobilnego jest zaledwie jedną z wielu różnych funkcjonalności. Zastosowanie gotowego, doskonale przetestowanego i silnie zminiaturyzowanego modułu wydaje się zatem rozwiązaniem optymalnym, znacznie zmniejszającym nakład pracy i skracającym czas wdrożenia produktu.

Fotografia 10. Moduł RFID typu NP11 marki Netronix (https://bit.ly/3CC3Fy9)

Z podobną sytuacją mamy do czynienia w kwestii czytników RFID. Choć istnieją wysoce zaawansowane, scalone transceivery pozwalające na integrację funkcji odczytu tagów RFID w niemal dowolnym urządzeniu, to w codziennej praktyce zdecydowanie łatwiej jest sięgnąć po rozwiązanie modułowe, zwalniające konstruktora z konieczności precyzyjnego strojenia obwodu dopasowania anteny, testowania zasięgu odczytu i optymalizacji projektu anteny. A to dopiero początek wyzwań projektowych, z jakimi zmierzyli się już twórcy czytników modułowych – ważne jest przecież także zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa czy też sporej uniwersalności w doborze najkorzystniejszego do danej aplikacji interfejsu lokalnego (RS232, RS485, UART, SPI, itd.). Jak zwykle wybór odpowiedniego rozwiązania modułowego może znacząco skrócić czas opracowania finalnego produktu, co bezpośrednio przekłada się na istotne oszczędności finansowe.

inż. Przemysław Musz, EP

Autor pragnie podziękować p. Michałowi Przybylskiemu z firmy Netronix oraz p. Michałowi Hopferowi z firmy CompArt International za przekazanie materiałów, na bazie których powstał niniejszy artykuł.

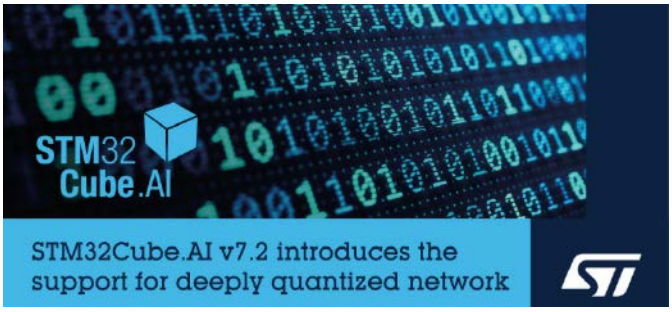
REKLAMA

koktajl niusów

10. rocznica otwarcia biura firmy Farnell w Krakowie

Krakowskie biuro firmy Farnell aktywnie wspiera klientów od dziesięciu lat. Okrągłą rocznicę powstania świętuje projektem „Poznaj nasz zespół" – dostępnymi online prezentacjami pracowników, którzy stoją za sukcesem firmy. Prezes firmy Farnell, Chris Breslin, zaszczycił swoją obecnością w Krakowie i spędził czas z zespołem biura. Biuro początkowo zatrudniało 30 osób. W ciągu dziesięciu lat zespół biura zwiększył się ponadtrzykrotnie. Jest to niepowtarzalne centrum kreatywności i wysokiej jakości obsługi oraz wsparcia klienta. Członkowie krakowskiego biura zostali pokazani na stronie internetowej firmy Farnell. Przedstawiono osoby, które kryją się za sukcesem firmy. Wielu z nich dostało wyróżnienia. Jak wyjaśnia dyrektor krakowskiego biura firmy Farnell, Sabina Rozlach: „W firmie Farnell ludzie stanowią najsilniejszy zasób. Od dziesięciu lat pracownicy naszego biura świadczą wysokiej jakości usługi dystrybucji, zapewniając wsparcie różnym klientom (...). Z geograficznego punktu widzenia, Kraków jest w sercu Europy, a nasz zespół to tutejsze serce działań firmy Farnell. Razem wspieramy tysiące klientów z 28 państw, pracując aż w 20 językach (...). Dotychczas mogliśmy się cieszyć ponad 3600 dniami spędzonymi w tej pięknej lokalizacji. Nasze działania napędziło 800 tysięcy kubków kawy! Obecnie mamy ponad 100 pracowników w krakowskim biurze i planujemy w najbliższym czasie powiększyć zespół o 20% (...). Cieszymy się z tego, co przyniesie dla nas przyszłość (...). Poszukujemy utalentowanych osób, które chciałyby dołączyć do naszego, szybko rosnącego zespołu".

https://pl.farnell.com/meet-farnell-team-krakow



Obsługa sieci neuronowych DQNN w środowisku STM32Cube.AI firmy STMicroelectronics

Firma STMicroelectronics zaprezentowała najnowszą wersję środowiska STM32Cube.AI (7.2.0). Lista zmian tej wersji obejmuje m.in. wprowadzenie obsługi sieci neuronowych o głębokiej kwantyzacji (*Deeply Quantized Neural Network* – DQNN). Dzięki środowisku STM32Cube.AI możliwa stała się implementacja sieci neuronowych DQNN w mikrokontrolerach STM32. W tym celu środowisko generuje zoptymalizowany kod języka C. Obecna wersja stanowi wsparcie dla bibliotek qKeras i Larq oraz uwzględnia modele TensorFlow 2.9, nowe algorytmy uczenia maszynowego i nowe operatory Open Neural Network eXchange (ONNX). Korzystając z STM32Cube.AI 7.2.0, można tworzyć różnorodne rozwiązania. Wymagana dla nich moc obliczeniowa, zajętość pamięci oraz opóźnienia są bardzo małe. Jest to zauważalne szczególnie w przypadku rdzeni: Cortex M7-M33 i Cortex-A7 firmy ARM.

https://bit.ly/3PKpM8r

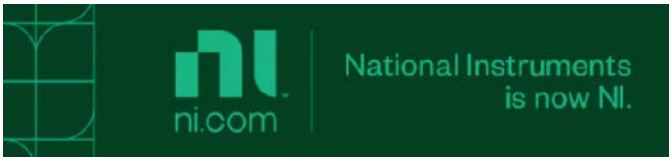
Zaproszenie na wydarzenie FPGA Conference & Hackathon 2022

W dniach: 25...27 listopada 2022 r. odbędzie się wydarzenie FPGA Conference & Hackathon 2022. Będzie to jednodniowa konferencja oraz trwający 24 godziny hackathon dla entuzjastów układów programowalnych z Polski oraz ze świata. Dwuczęściowy event zostanie zorganizowany w formie hybrydowej po raz trzeci. Jego motyw przewodni to rozwój cywilizacji ziemskiej na Marsie. Wszyscy chętni są mile widziani. Udział w wydarzeniu jest bezpłatny. Na wydarzenie obowiązuje internetowa rejestracja, która rozpocznie się w październiku 2022 r. Uczestnikami wydarzenia będą zespoły 2...3-osobowe – nie dopuszcza się udziałów indywidualnych. Podczas eventu zawodnicy z zespołów będą musieli rozwiązać określone zadanie. W tym celu przewidziano zestawy Cyclone V GX Starter Kit firmy Terasic. Konferencja będzie miła formę online. Wydarzenie rozegra się w Krakowskim Parku Technologicznym oraz online. Organizatorem FPGA Conference & Hackathon 2022 jest Nokia. Patronami wydarzenia są: Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH) i Politechnika Śląska.

https://fpgahackathon.com

Bazujący na układzie FPGA emulator łączności satelitarnej firmy National Instruments

Do najważniejszych osiągnięć firmy National Instruments należy sprzętowy emulator łączności satelitarnej (*Satellite Link Emulator* – SLE). Istotą tego emulatora jest technika symulacji HIL (*Hardware-In-the-Loop*). Opracowany emulator korzysta z oprogramowania Systems Tool Kit (STK). Oprogramowanie przygotowała firma Ansys Government Initiatives (AGI). Emulator nie jest skomplikowany, korzysta z platformy testowej PXI wspomnianej firmy. Sercem platformy



jest transceiver VST (*Vector Signal Transceiver*). Celem VST jest generowanie i odbiór sygnałów łączności satelitarnej. Parametry tych sygnałów są określane na bieżąco (np. poziom mocy). W skład transceivera VST wchodzi modułowy koprocesor FlexRIO (od NI). FlexRIO wykorzystuje m.in. układ FPGA z rodziny Kintex UltraScale (firmy Xilinx). Jest to szybki modelator łączy satelitarnych. Jak wyjaśnia starszy wiceprezes i dyrektor generalny Aerospace and Defense Business Unit w firmie National Instruments, Luke Schreier: „Czas wprowadzania na rynek i redukcja ryzyka są ważne w przypadku łączności satelitarnej (...). Połączenie symulacji ze sprzętem w czasie rzeczywistym daje lepsze projekty, szybsze cykle oraz więcej możliwości”.

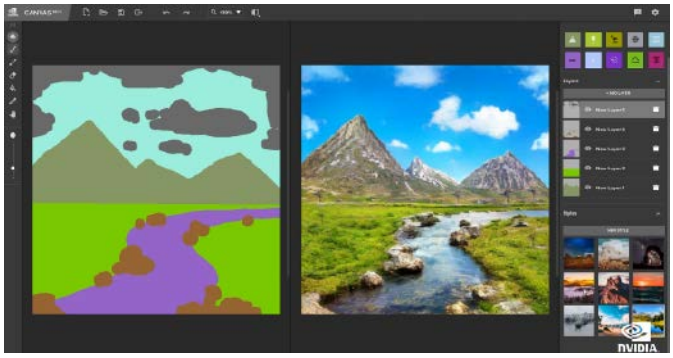
https://bit.ly/3dOkbk2

Usługa SmartThings Cooking firmy Samsung do inteligentnych urządzeń kuchennych

Oferowana przez firmę Samsung usługa SmartThings Cooking pozwala znacząco zwiększyć komfort przygotowywania potraw. Usługa ta stanowi praktyczne rozwiązanie. Jest ona dostępna z poziomu mobilnej aplikacji SmartThings. Połączenie inteligentnych urządzeń kuchennych z usługą SmartThings Cooking całościowo wspomaga proces gotowania. Usługa komunikuje się m.in. z płytami indukcyjnymi i lodówkami. Można liczyć na jej pomoc na każdym etapie przyrządzania posiłków. Usługa wyszukuje i rekomenduje przepisy zgodnie z sekcjami (np. zdrowie czy przekąski). W tym celu wskazuje niezbędne składniki. Na podstawie preferencji żywieniowych, diety, jak również umiejętności gotowania, SmartThings Cooking tworzy dopasowane plany żywienia. Usługa przygotowuje plan posiłków na cały tydzień – pozwala to uniknąć dylematów, co danego dnia przygotować (oraz dla których osób to zrobić).

Usługa SmartThings Cooking automatycznie dobiera nastawy (ustawienia) piekarników. Za pomocą smartfona można kontrolować temperaturę oraz czas pieczenia. Dzięki inteligentnej kamerze AI Pro Cooking (w najnowszych urządzeniach) możliwy jest zdalny podgląd wnętrza piekarników. Podgląd ten można zarejestrować – jest to film o długości do 10 s. Kamera AI Pro Cooking w samoczynny sposób rozpoznaje produkty włożone do piekarnika. Na tej podstawie usługa dostosowuje piekarnik. W przypadku płyt indukcyjnych, za pośrednictwem SmartThings Cooking można sprawdzić, które jej pola są włączone, a także ustawiać timer oraz otrzymywać powiadomienia o stanie urządzenia. Dla lodówek przewidziano z kolei możliwość fotografowania wnętrz i wysyłania powiadomień o otwartych drzwiach. Dzięki usłudze SmartThings Cooking z całego procesu gotowania pozostaje tylko to, co naprawdę przyjemne.

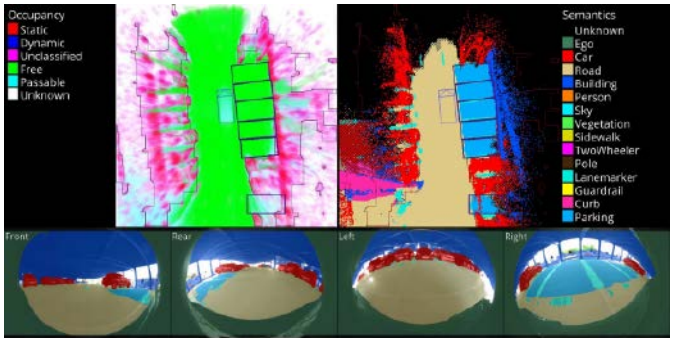
https://bit.ly/3wns4DC



Bazująca na sztucznej inteligencji aplikacja graficzna Canvas firmy NVIDIA

Często doświadczeni twórcy potrzebują mnóstwo czasu na dopracowywanie bądź zmiany w swoich koncepcjach. W tym względzie świetnie się sprawdza bezpłatna aplikacja Canvas firmy NVIDIA. Z aplikacją tą każdy twórca może przekształcić pociągnięcia pędzla w realistyczne pejzaże na potrzeby poszukiwania koncepcji lub dopracowania swojej wizji. Aplikacja korzysta ze sztucznej inteligencji. Sztuczna inteligencja w pełni automatycznie uzupełnia wybrane fragmenty o dowolne elementy krajobrazu. Wystarczy wybrać scenerię z palety gotowych materiałów (np. trawa czy chmury), namalować proste kształty i linie, by natychmiast powstał realistyczny obraz zgodny z wyobrażeniem autora. Aplikacja Canvas oferuje 9 stylów do wyboru, które modyfikują wygląd i specyfikę obrazu, a także 20 różnych materiałów do wykorzystania: od powietrza i gór po morze, rzeki, kamień czy trawiastą nawierzchnię. Można malować na różnych warstwach obrazu. Tym sposobem łatwo zacząć od zera lub zainspirować się jedną z przykładowych scen z załączonej galerii. Canvas umożliwia eksportowanie projektu w formacie PSD, co pozwala na dalszą pracę nad nim lub łączenie z innymi obrazami w kolaż.

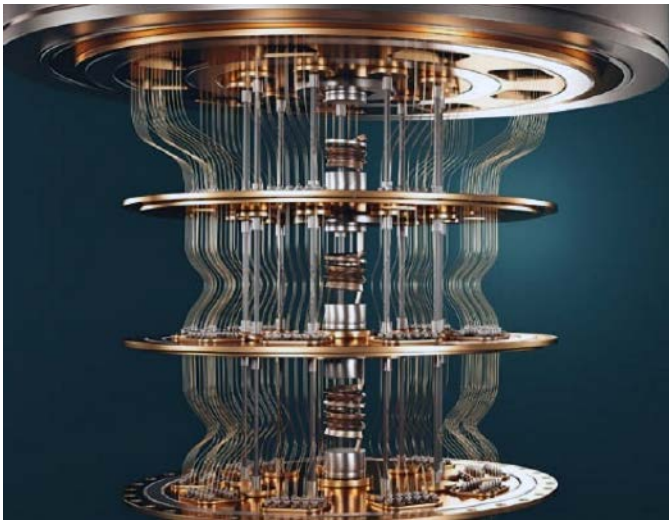
https://bit.ly/3AGHWDO



Prosta sztuka automatycznego parkowania z rozwiązaniem Dynamic Grid od firmy BASELABS

Korzystanie z funkcji automatycznego parkowania narzuca różne, surowe wymagania, które dotyczą percepcji otoczenia. Współczesne pojazdy muszą nieustannie zważać na ruchome i statyczne obiekty. Należą do nich m.in. krawężniki oraz piesi. Opracowane przez BASELABS rozwiązanie umożliwia obserwację obiektów o dowolnych kształtach. Ich położenie, prędkość oraz kierunek ruchu są szybko wyznaczane. Dzieje się to na bazie danych pochodzących z lidarów, radarów i kamer dla semantycznej segmentacji obrazu. Dane te są na bieżąco przetwarzane. Rozwiązanie Dynamic Grid nie wymaga uczenia. Działa ono na procesorach z branży motoryzacji i jest zgodne z normą ISO 26262. Jak wyjaśnia szef działu rozwoju produktu w firmie BASELABS, Norman Mattern: „Rozwiązanie Dynamic Grid ma trzy zalety (...) w przypadku automatycznego parkowania: wysoki wskaźnik wykrywalności obiektów, niski wskaźnik fałszywych alarmów i działanie na procesorach z branży motoryzacji”.

https://bit.ly/3T7t3BB



Rozwój kryptografii postkwantowej dzięki NXP Semiconductors

Amerykański Instytut Standardów i Technologii (National Institute of Standards and Technology – NIST) zdecydował o wyborze innowacyjnego algorytmu kryptograficznego CRYSTAL-Kyber dla potrzeb nowego standardu bezpieczeństwa kwantowego. Algorytm ten został opracowany m.in. przez NXP Semiconductors. Zdaniem ekspertów ds. bezpieczeństwa po wprowadzeniu komputerów kwantowych nastąpi błyskawiczne złamanie znanych systemów szyfrowania. Jest to zagrożenie w szczególności dla transakcji finansowych online. Aby temu przeciwdziałać, NIST podjął się standaryzacji kryptografii postkwantowej. W tym celu przyjrzano się algorytmowi szyfrowania CRYSTAL-Kyber. Algorytm ten stanie się podstawą przyszłego standardu bezpieczeństwa kwantowego. Jak wyjaśnia Senior Principal Cryptographer w firmie NXP Semiconductors, Joppe Bos: „W miarę jak świat staje się skomunikowany (...) dane muszą pozostać bezpieczne (...). Firma NXP Semiconductors oferuje szeroką wiedzę w zakresie bezpieczeństwa, a w szczególności ekspertyzę algorytmiczną (...). Naszym celem jest wniesienie wkładu do nowego standardu, by nasi klienci mogli osiągnąć długoterminowe bezpieczeństwo w swoich rozwiązaniach”.

https://bit.ly/3dR9VaP

Roboty z najnowszym certyfikatem kontroli bezpieczeństwa od Det Norske Veritas

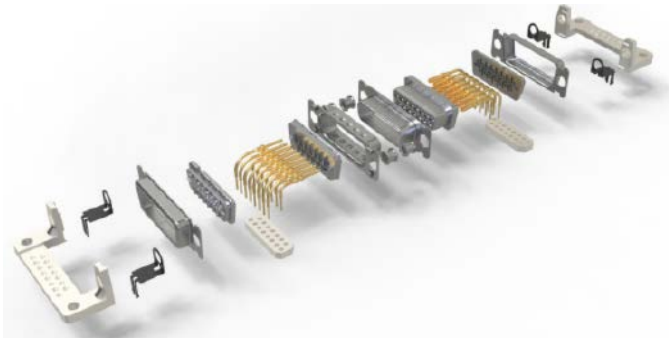
Firma LG Electronics po raz kolejny zaprezentowała swoje możliwości technologiczne i zaangażowanie w tworzenie bezpiecznych innowacji. Jako pierwsza firma na świecie otrzymała certyfikat ISO 13849-1 dla kontrolera bezpieczeństwa w mobilnych robotach usługowych. Certyfikat został przyznany przez Det Norske Veritas (DNV) – akredytowaną instytucję międzynarodową z siedzibą w Norwegii. Opracowany przez LG Electronics kontroler oferuje najwyższy poziom niezawodności oraz bezpieczeństwa operacyjnego. Kontroler aktywnie zarządza robotami, monitorując sygnały z ich czujników. W sytuacji zagrożenia roboty są spowalniane lub zatrzymywane. Producenci nie muszą analizować i oceniać aspektów bezpieczeństwa robotów. Zaletą kontrolera jest współpraca z różnymi robotami. Jak wyjaśnia szef laboratorium zaawansowanej robotyki w firmie LG Electronics, Baek Seung-min: „Ponieważ autonomiczne roboty do zastosowań przemysłowych i konsumenckich stają się coraz bardziej powszechne, rośnie znaczenie technologii ich bezpieczeństwa. W tej ważnej dziedzinie jesteśmy liderem: bazujemy na naszych możliwościach technologicznych oraz praktycznym doświadczeniu w robotyce stosowanej, by móc zapewnić najwyższy poziom bezpieczeństwa funkcjonalnego nowej generacji robotów autonomicznych”.

https://bit.ly/3ccqD3Q

Funkcjonalny mikrokontroler NAC1080 z obsługą standardu NFC od Infineon Technologies

Firma Infineon Technologies zaprezentowała układ NAC1080 – innowacyjny mikrokontroler z 32-bitowym rdzeniem Cortex-M0 firmy ARM. Mikrokontroler ten obsługuje standard NFC stosowany m.in. w pasywnych zamkach. Za sterowanie silnikami elektrycznymi odpowiada wbudowany mostek H. Układ obejmuje pamięci: Flash (60 kB), ROM (16 kB) i SRAM (16 kB). Jest w nim dostępny interfejs SPI. Dzięki standardowi NFC mikrokontroler NAC1080 może bezpośrednio współpracować m.in. ze smartfonami. Mikrokontroler wspiera różne tryby pracy. Domyślna częstotliwość jego taktowania wynosi 28 MHz. Zasilanie NAC1080 odbywa się z baterii lub pola NFC mobilnego urządzenia. Wszystko to przy standardzie szyfrowania AES128 – dla jego potrzeb NAC1080 używa generatora TRNG (*True Random Number Generator*). Zastosowania mikrokontrolera obejmują zamki pasywne NFC i zasilanie awaryjne aplikacji – w ostatnim przypadku istnieje możliwość podtrzymania tego zasilania dzięki polu NFC (mikrokontroler staje się źródłem zasilania).

https://bit.ly/3Te49QD



Specjalistyczne złącza D-Sub niemieckiej firmy PROVERTHA

Od ponad 25 lat firma PROVERTHA produkuje specjalistyczne złącza D-Sub. Oferta tych złączy jest nieustannie rozwijana. Każde złącze jest dostosowane do potrzeb klienta. Złącza D-Sub są odpowiednio dobierane. Dla znanego producenta systemów manipulacyjnych firma PROVERTHA udoskonaliła korpus izolacyjny złączy D-Sub. Efektem jest zwiększony prześwit i droga upływu (*creepage distance*) złączy. W przypadku łączności szpitalnej firma wytwarza złącza D-Sub typu *press-fit*. Wysokość montażowa tych złączy to 5,7 mm. Złącza są malowane specjalnym kolorem. Dzieje się to przy innowacyjnym systemie Quick Lock (dla złączy D-Sub). System umożliwia wykonanie samoblokujących się połączeń kablowych. Ich zabezpieczanie i odbezpieczanie trwa ułamki sekund. Jest to rozwiązanie zwłaszcza do systemów magazynowania energii.

https://www.provertha.de

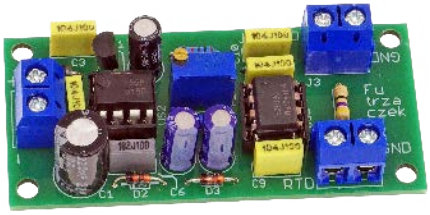
Jakub Tyburski
jakub.tyburski@elportal.pl

Rozpowszechnianie bez zgody wydawnictwa AVT jest zabronione
E-wydanie do użytku własnego (ba.krzysztof1982@o2.pl)

Hity następnego numeru • „Elektronika Praktyczna” 10/2022

Warsztatowy multi tester z modułem ESP32 i zdalnym wyświetlaniem

Miejsce pracy elektronika zwykle kojarzy się z płytkami elektronicznymi, narzędziami i przyrządem pomiarowym, najczęściej multimetrem. Pomiarów dokonuje się już na etapie montażu, sprawdzając niektóre z elementów, a potem gdy uruchamiane urządzenie złośliwie nie chce działać, miernik jest używany coraz częściej. I tak jak trzeciej ręki, często brakuje kolejnego przyrządu do kontroli parametrów w istotnych punktach układu. Każdy, kto zna takie przypadki, powinien się zainteresować prostym testerem, którym można zbadać poziom napięcia, zmierzyć parametry elementów dyskretnych i który prześle wyniki na ekran smartfona.

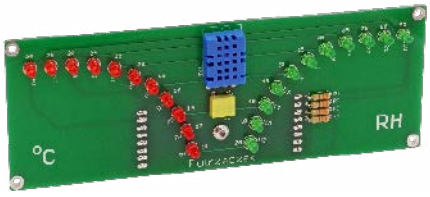


Termo-higrometr LED

Od utrzymywania prawidłowej temperatury oraz wilgotności powietrza w pomieszczeniach zależy nasze dobre samopoczucie. Na te parametry mamy relatywnie duży wpływ, większy niż np. na ciśnienie. Jednak nasze wysiłki na nic się nie zdadzą bez odpowiedniego przyrządu pomiarowego. Zaprezentujemy przyrząd, który w prosty i czytelny, a zarazem efektowny sposób wskazuje nam bieżącą temperaturę oraz wilgotność względną powietrza. Te parametry są kluczowe z punktu widzenia wielu osób – astmatyków, alergików albo małych dzieci. Utrzymując je na odpowiednim poziomie, można zapobiec wielu schorzeniom lub chociaż osłabić objawy tych już występujących.

Prosty wzmacniacz do czujnika PT1000

Platynowe czujniki temperatury, takie jak znany PT1000, umożliwiają dokładny pomiar w bardzo szerokim zakresie, nieosiągalnym dla typowych czujników termistorowych lub cyfrowych. Jednak kłopoty może sprawiać sprzęgnięcie takiego czujnika z nowoczesnym systemem mikroprocesorowym. Zaprezentujemy prosty i niedrogi układ, który pomoże rozwiązać ten problem.



Zasilacz buforowy 5 V z uniwersalną ładowarką

W artykule zostanie zaprezentowany zasilacz buforowy 5 V, 1 A, zbudowany na bazie specjalizowanego układu LTC4040, który zapewnia podtrzymanie zasilania na czas od kilku minut do kilku godzin, w zależności od obciążenia. Wbudowany układ ładowarki umożliwia współpracę z akumulatorem 1S Li-Ion lub $LiFePo_4$. Konfigurowane napięcie ładowania 3,5/3,6 V dla $LiFePO_4$ lub 4,0/4,1 V dla Li-Ion umożliwia zwiększenie trwałości akumulatorów kosztem niewielkiego obniżenia zgromadzonej w nich energii.

Ponadto tematy wiodące EP 10/2022:

- Komputery SBC
- Podzespoły mocy

Wykaz firm ogłaszających się w tym numerze „Elektroniki Praktycznej”

AKSOTRONIK 107
ARMEL 11
ARROW 88, 89
BORNICO 17
COMPUTER CONTROLS 13
ELECTRO-WELLE 112
ELMAX 19
FARNELL 7, 50
FERYSTER 11
GAMMA 11
HAMMOND 15
MICROCHIP 5, 52
PIEKARZ 11
SYSTEM7 69
TME 9, 90

Miesięcznik **„Elektronika Praktyczna”** (12 numerów w roku) jest wydawany przez AVT-Korporacja Sp. z o.o. we współpracy z wieloma redakcjami zagranicznymi.

Wydawnictwo:
AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
tel. 22 257 84 99, e-mail: avt@avt.pl

Wydawca:
Wiesław Marciniak

Adres redakcji:
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
e-mail: redakcja@ep.com.pl, www.ep.com.pl

Redaktor Naczelny:
Damian Sosnowski

Redaktor Programowy, Przewodniczący Rady Programowej:
Piotr Zbysiński

Menedżer Magazynu:
Katarzyna Gugała

Szef Pracowni Konstrukcyjnej:
Jakub Sobański

Zespół marketingu i reklamy:
Katarzyna Gugała, tel. 22 257 84 64
Bożena Krzykawska, tel. 22 257 84 42
Grzegorz Krzykawski, tel. 22 257 84 60

Stali współpracownicy:
Lucjan Bryndza, Nikodem Czechowski, Jarosław Doliński, Andrzej Gawryluk, Krzysztof Górski, Tomasz Jabłoński, Henryk Kowalski, Rafał Kozik, Michał Kurzela, Przemysław Musz, Szymon Panecki, Sławomir Skrzyński, Ryszard Szymaniak, Adam Tatuś, Jakub Tyburski, Robert Wołgajew

Uwaga!
Kontakt z wymienionymi osobami jest możliwy via e-mail, według schematu: imię.nazwisko@ep.com.pl

DTP i okładka:
MAD Sp. z o.o.

Redakcja strony internetowej www.ep.com.pl
MAD Sp. z o.o.

Prenumerata w Wydawnictwie AVT
www.ulubionykiosk.pl lub tel. 22 257 84 22 (godz. 10:00–14:00)
e-mail: prenumerata@avt.pl

Prenumerata w RUCH S.A.
www.prenumerata.ruch.com.pl
lub tel. 801 800 803, 22 717 59 59
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl

Wydawnictwo AVT-Korporacja Sp. z o.o. należy do **Izby Wydawców Prasy**

Copyright AVT-Korporacja Sp. z o.o.
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11
Projekty publikowane w „Elektronice Praktycznej” mogą być wykorzystywane wyłącznie do własnych potrzeb. Korzystanie z tych projektów do innych celów, zwłaszcza do działalności zarobkowej, wymaga zgody redakcji „Elektroniki Praktycznej”. Przedruk oraz umieszczanie na stronach internetowych całości lub fragmentów publikacji zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej” jest dozwolone wyłącznie po uzyskaniu zgody redakcji. Redakcja nie odpowiada za treść reklam i ogłoszeń zamieszczanych w „Elektronice Praktycznej”.

ELECTRO WELLE

Robimy to kontraktowo Produkcja i montaż elektroniki

Działamy w obszarach:

- Dostawa obwodów drukowanych PCB
- Montaż automatyczny SMD
- Montaż THT (ręczny lub na fali)
- Montaż zgodnie z normą IPC-A-610-E
- Kontrola AOI, test X-ray
- Kompletacja podzespołów elektronicznych
- Montaż końcowy, testy funkcjonalne
- Lakierowanie obwodów drukowanych
- Kompleksowa obróbka przewodów (cięcie, odizolowywanie, zakuwanie)
- Produkcja szaf i obudów metalowych
- Prowadzenie magazynu \ logistyka

Bazując na wieloletnim doświadczeniu cały czas zwiększamy ilość usług z zakresu produkcji kontraktowej elektroniki. Realizujemy zamówienia od prototypów po produkcje wielkoseryjną. Cechuje nas elastyczność produkcji oraz terminowość realizacji zleceń.

Kontrola każdego etapu prac zwiększa jakość wykonywanych zadań. Współpracujemy z klientami z różnych branż rynku i regionów Polski i świata. Wspieramy wiedzą i pomagamy skutecznie ograniczyć koszty produkcji.

Zainteresowany? Sprawdź nas!
Napisz na: montaz@electro-welle.pl
i dowiedź się więcej
lub zadzwoń - 538 239 729

Znajdziesz nas pod adresem:
Electro-Welle
Marcinkowice 440 \ 33-393 Marcinkowice
www.electro-welle.pl