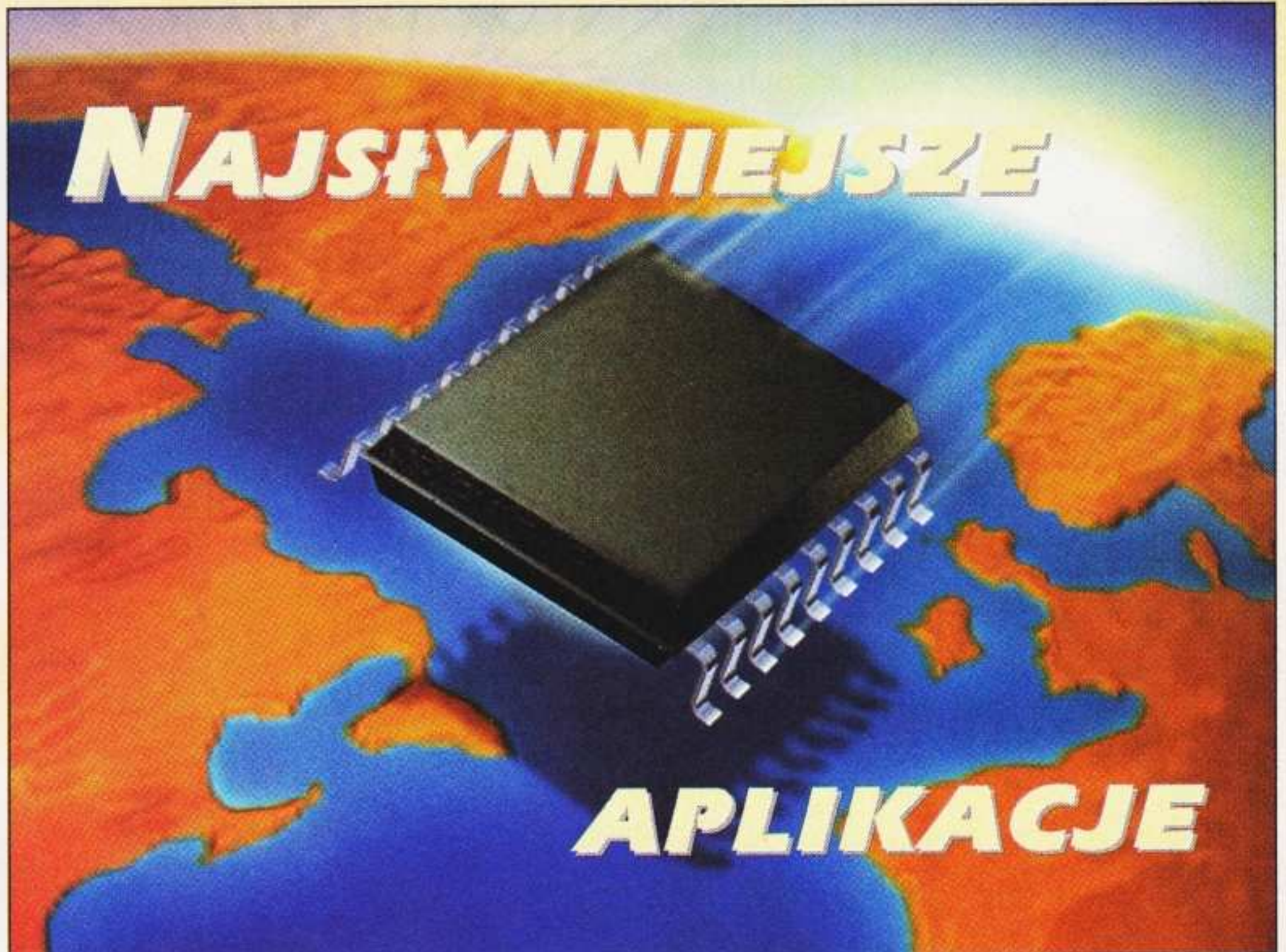


# ICL7106, ICL7107

Otwieramy nowy dział EdW. Tytuł: „Najstłynniejsze aplikacje” wyjaśnia, że będą w nim przedstawiane układy scalone, które stały się bardzo popularne i są szeroko wykorzystywane do dziś. Nie zawsze będą to układy nowe i najnowsze. Ciągły postęp w dziedzinie wytwarzania układów scalonych i konkurencja między twórcami powodują, że wiele, a może nawet większość reklamowanych przez producentów kostek, nie zyskuje większej popularności i nie gości na rynku dłużej niż kilka lat. W kilkudziesięcioletniej historii elektroniki mamy jednak do czynienia z nielicznymi układami, które utrzymują się na rynku przez długie lata. Można powiedzieć, iż życie pozytywnie zweryfikowało ich praktyczną przydatność.

W dziale „Najstłynniejsze aplikacje” zostaną dogłębnie i przystępnie opisane takie właśnie kostki. Z czasem przedstawimy także nowsze układy, które naszym zdaniem mają szansę długiego utrzymania się na rynku ze względu na swą przydatność.

Jednym z takich nieśmiertelnych układów jest „rodzeństwo” ICL7106, ICL7107 – przetworniki analogowo-cyfrowe, przeznaczone do wszelkiego typu woltomierzy i innych mierników cyfrowych. Kostki te już od dwudziestu lat cieszą się nieustannie popularnością. Każdy praktykujący elektronik powinien znać je i umieć sensownie wykorzystać.

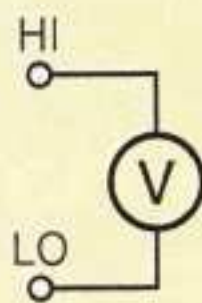


Układy ICL7106/07 umożliwiają zbudowanie prostego i taniego cyfrowego woltomierza napięć stałych, który uzupełniony odpowiednimi przystawkami i przetwornikami może pełnić rolę cyfrowego miernika różnych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Układ 7106 współpracuje z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym, a 7107 – z wyświetlaczem LED. Podstawowa aplikacja układu scalonego jest bardzo prosta. Praktyczne wykorzystanie układu jest naprawdę bardzo łatwe. Niestety, wielu elektroników nie znając dobrze zasad budowy i działania tej świetnej kostki, albo popełnia rażące błędy wręcz uniemożliwiające pracę układu, albo w najlepszym razie nie wykorzystuje w pełni możliwości kostki.

Dlatego w poniższym materiale szczególna uwaga zostanie zwrócona na zagadnienia słabo rozumiane lub niedoceniane.

## Ogólne zasady

Na rysunku 1 pokazano symbol woltomierza. Typowy miernik wskazówkowy ma dwa zaciski wejściowe, i zazwyczaj



Rys. 1. Symbol woltomierza.

oba zaciski są „równouprawnione”, to znaczy nie ma znaczenia, do jakich punktów układu zostaną podłączone, byleby tylko przy pomiarach napięć stałych zachowana była właściwa biegunowość. Inaczej jest w miernikach cyfrowych (a także w wielu innych przyrządach pomiarowych). Woltomierz cyfrowy prądu stałego może mierzyć zarówno napięcia dodatnie i ujemne – przy pomiarze napięć ujemnych pojawi się na wyświetlaczu znak minus. Już z tego względu trzeba jakoś rozróżnić zaciski wejściowe. Nie stosuje się jednak symboli +, – lub +, masa. Zagadnienie jest bowiem poważniejsze. Wydawałoby się, że przy pomiarze napięć zmiennych nie trzeba stosować takiego rozróżnienia, bo niezależnie od „biegunowości”, miernik zawsze pokaże właściwą wartość. Okazuje się jednak, że mierniki przebiegów zmiennych mają wyraźnie rozróżnione zaciski wejściowe. Jeden z zacisków jest określany jako „zimny”, drugi jako „gorący”. Ma to związek z fizyczną budową wejścia.

Najczęściej taki przyrząd zawiera układy elektroniczne: jakiś wzmacniacz, tłumik wejściowy, itp. Układy te są zasilane napięciem z zasilacza lub baterii. Jedna z szyn zasilających układy wewnętrzne miernika traktowana jest jako masa. „Zimny” zacisk wejściowy jest połączony z tą masą. Ma to duże znaczenie, ponieważ połączenie masy miernika z masą układu badanego pozwala zmniejszyć lub



wyeliminować wpływ ewentualnych zakłóceń. Właśnie ze względu na zakłócenia, sprawa „zimnego” i „gorącego” zacisku wejściowego ma niebagatelne znaczenie praktyczne. Najbardziej sprawa ta daje o sobie znać w dużych urządzeniach pomiarowych zasilanych z sieci. W przypadku małych mierników zasilanych z baterii nie jest taka ważna, ale też warto ją uwzględnić.

Z dwóch podanych właśnie względów, zaciski wejściowe przyrządów pomiarowych są wyraźnie rozróżnione. W przenośnych multimetrach „zimny” zacisk oznaczony jest zwykle COM (od angielskiego common – wspólny). W takich miernikach występuje kilka zacisków „gorących” – do pomiaru napięć, oporności i prądów.

W innych przyrządach często spotyka się określenia HI oraz LO. Określenia te pochodzą od angielskich słów High – wysoki i LOw – niski. Określenia wysoki, niski przede wszystkim związane są z opornościami (impedancjami) tych punktów względem masy miernika, ale też, niejako przy okazji, wskazują biegunowość przy prądzie stałym. Jeśli przy prądzie stałym punkt HI ma potencjał (napięcie) wyższy, niż punkt LO, wtedy wskaza-

nie będzie dodatnie; w przeciwnym razie wyświetlony zostanie znak minus.

Mamy więc dwie istotne informacje: zacisk wejściowy LO powinien mieć małą oporność (impedancję) względem masy, w mierniku napięć stałych, zacisk ten jest zaciskiem ujemnym.

Wydawałoby się, żeby spełnić te dwa warunki, wystarczyłoby wykonać układ wejściowy kostki według rysunku 2. Niestety, w przypadku kostek ICL7106/07 tak zrobić nie można. Kostki te mają dwa wejścia pomiarowe, oznaczane w katalogach IN HI oraz IN LO. Pokazano to na rysunku 3.

Niestety wejścia IN LO nie wolno łączyć do ujemnego napięcia zasilającego, dlatego nie uda się wykonać układu według rysunku 2 (i dlatego rysunek ten jest przekreślony). O tym trzeba zawsze pamiętać! Sprawa ta zostanie wyjaśniona szerzej w dalszej części artykułu.

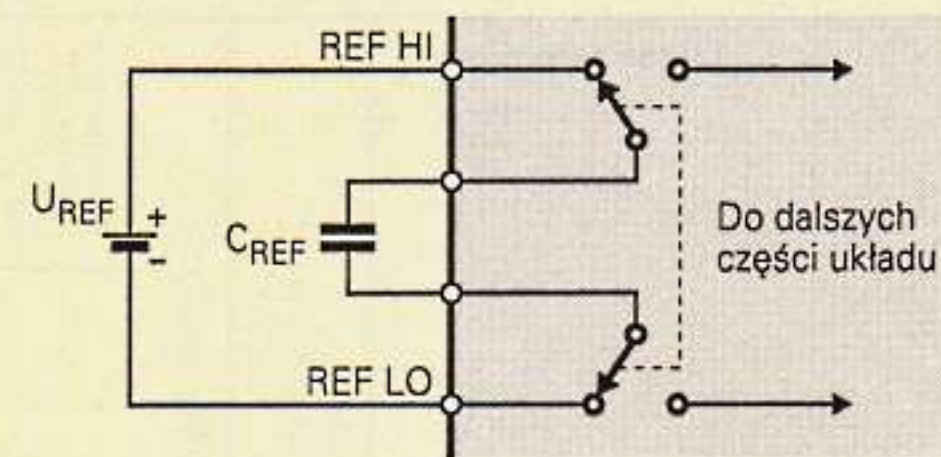
Przy budowie przyrządów zawierających mierniki wskazówkowe (magneto-elektryczne), nie zastanawiamy się nad kwestią, od czego zależy dokładność i stabilność w czasie wskazań takiego miernika. A zależą one między innymi od stabilności parametrów użytego magnesu trwałego, zmian wymiarów i oporności cewki pod wpływem temperatury, itp. O te sprawy zadbał producent danego miernika wskazówkowego. W przypadku wszelkich mierników cyfrowych sprawa ta wygląda zupełnie inaczej. W układzie miernika cyfrowego musi pojawić się jakiś wzorzec. W przypadku scalonych przetworników analogowo-cyfrowych jest to po prostu wzorcowe napięcie stałe, zwane też napięciem odniesienia lub napięciem referencyjnym (od angielskiego słowa reference).

W konsekwencji układ przetwornika analogowo-cyfrowego mierzy nie tyle napięcie wejściowe, a raczej stosunek napięcia wejściowego i napięcia odniesienia. Jest to bardzo ważna sprawa, pozwala bowiem wykorzystywać przetworniki w nietypowy sposób. Kwestia ta będzie wyjaśniona dalej.

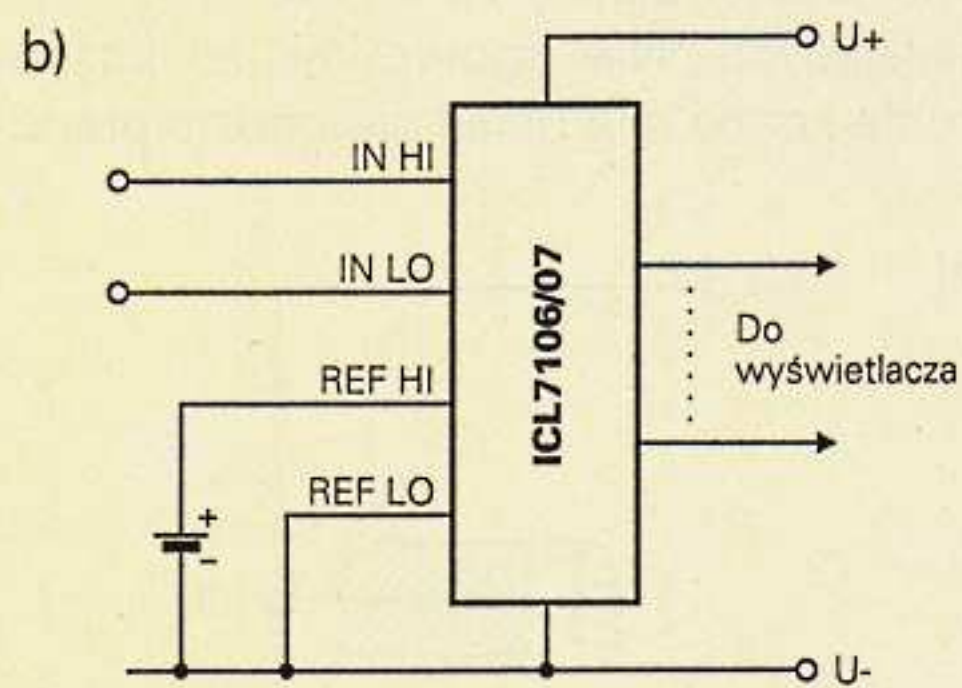
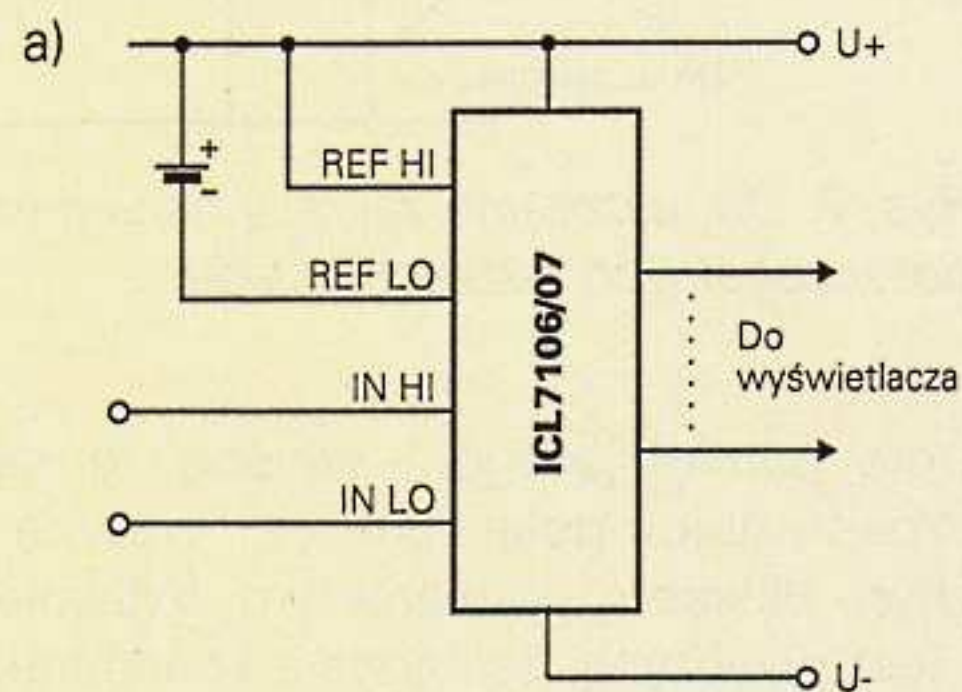
## Część analogowa

Układy scalone rodziny ICL710X mają po dwie końcówki wejścia pomiarowego i wejścia odniesienia. Pokazano to na rysunku 4.

Obwody wejścia odniesienia mają bardzo ciekawą budowę i właściwości. W uproszczeniu pokazano to na rysunku 5. Dołączone z zewnątrz napięcie  $U_{REF}$  ładuje kondensator  $C_{REF}$ . W pozycji wewnętrznego przełącznika, jak na rysunku 5, kondensator ten naładuje się dokładnie do napięcia  $U_{REF}$ . Gdy przełącznik zostanie przełączony, poda napięcie odniesienia do dalszych części układu. Takie roz-



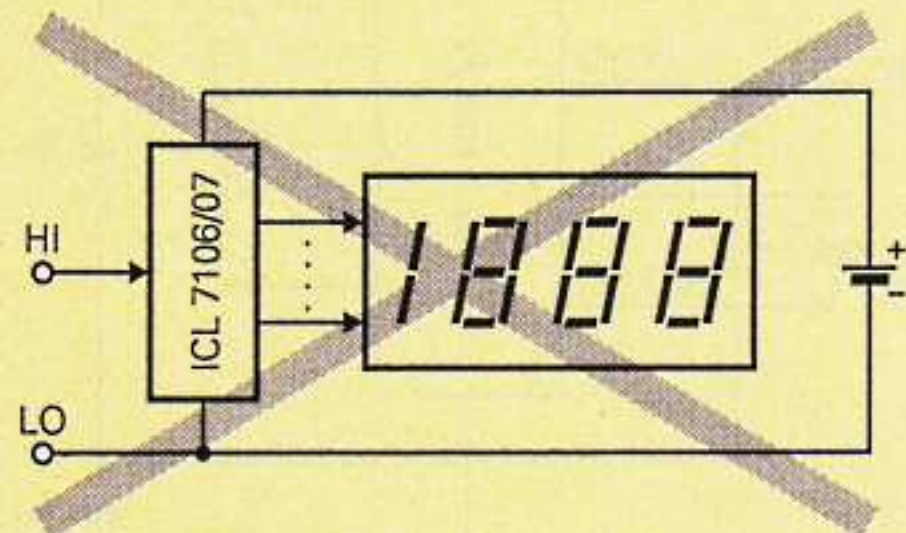
Rys. 5. Uproszczona budowa obwodu napięcia odniesienia.



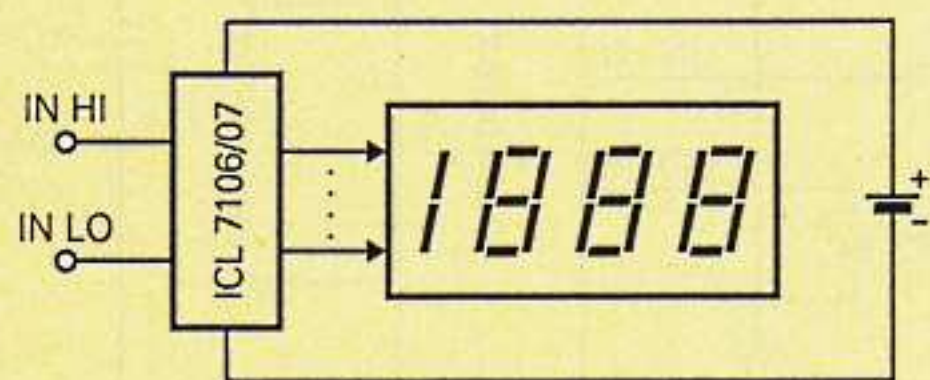
Rys. 6. Przykład połączenia wejść odniesienia.

wiązanie z przełącznikiem i kondensatorem pamiętającym wartość napięcia odniesienia jest wręcz genialnym pomysłem. Umożliwia bowiem dowolne dołączenie napięcia odniesienia do końcówek REF HI, REF LO. O ile wcześniej wspomniano, że nie można dołączać końcówki IN LO (a także końcówki IN HI) do ujemnego napięcia zasilającego, o tyle dzięki kondensatorowi pamiętającemu, takich ograniczeń nie ma, jeśli chodzi o końcówki odniesienia. Rysunek 6 pokazuje dwie skrajne możliwości: dołączenie napięcia odniesienia do jednej z szyn zasilających. W praktyce źródłem napięcia odniesienia jest stabilizator w postaci układu scalonego oraz potencjometr umożliwiający precyzyjne ustalenie tego napięcia. Stosuje się różne sposoby podłączenia takiego stabilizatora, trzeba tylko spełnić jeden warunek: napięcie odniesienia musi „mieścić się” w zakresie napięć zasilających kostkę.

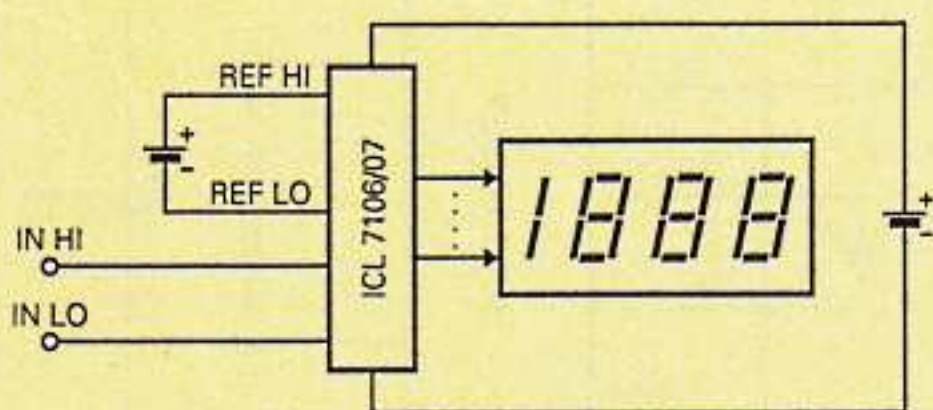
Wejście napięcia odniesienia pracuje poprawnie w całym zakresie napięć zasilania kostki. Niestety, nie można tego powiedzieć o wejściu pomiarowym IN LO, IN HI. Nie zastosowano tu konden-



Rys. 2. Koncepcja budowy woltomierza.

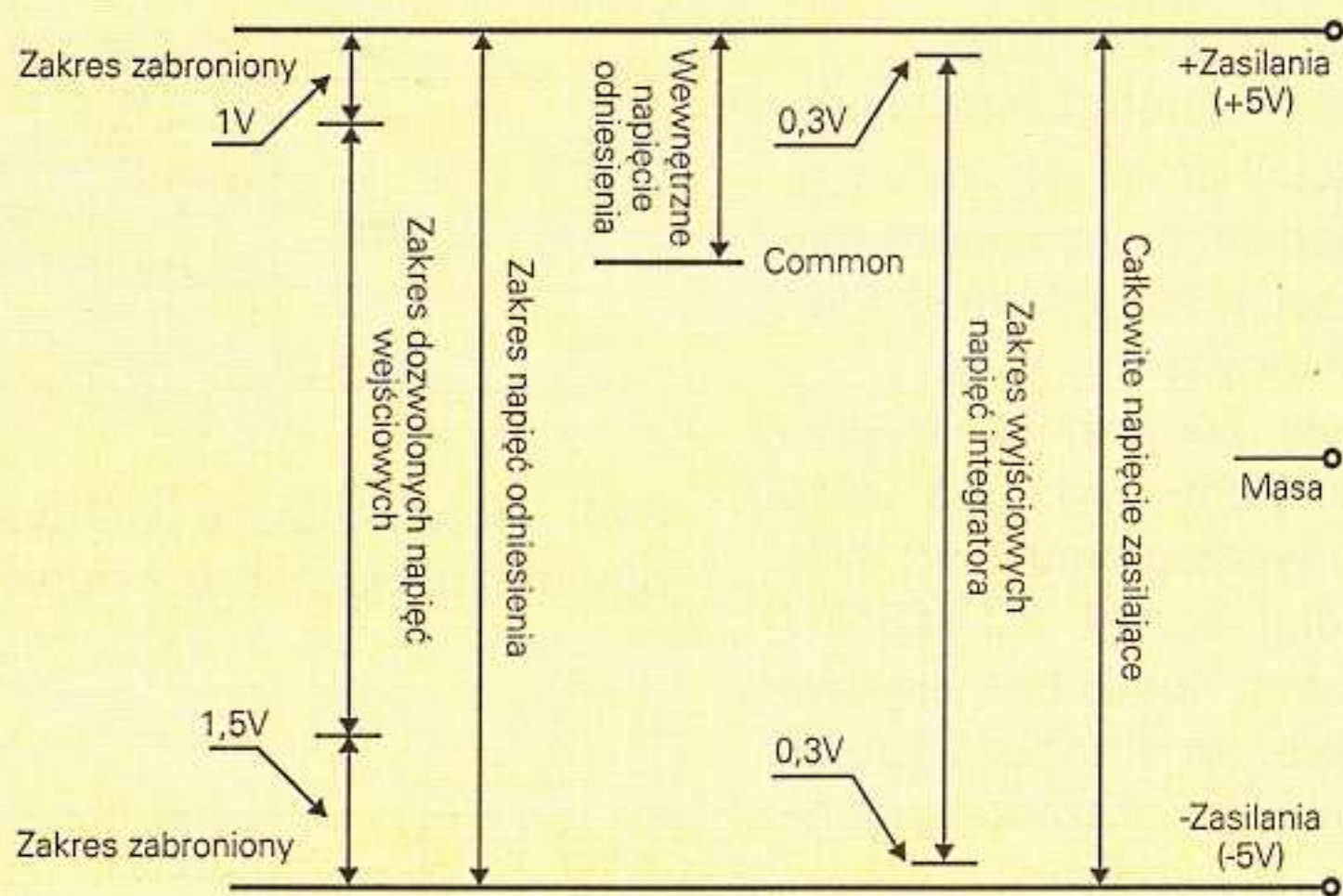


Rys. 3. Obwody wejściowe układu ICL 7106/07.



Rys. 4. Końcówki wejściowe kostek ICL 7106/07.





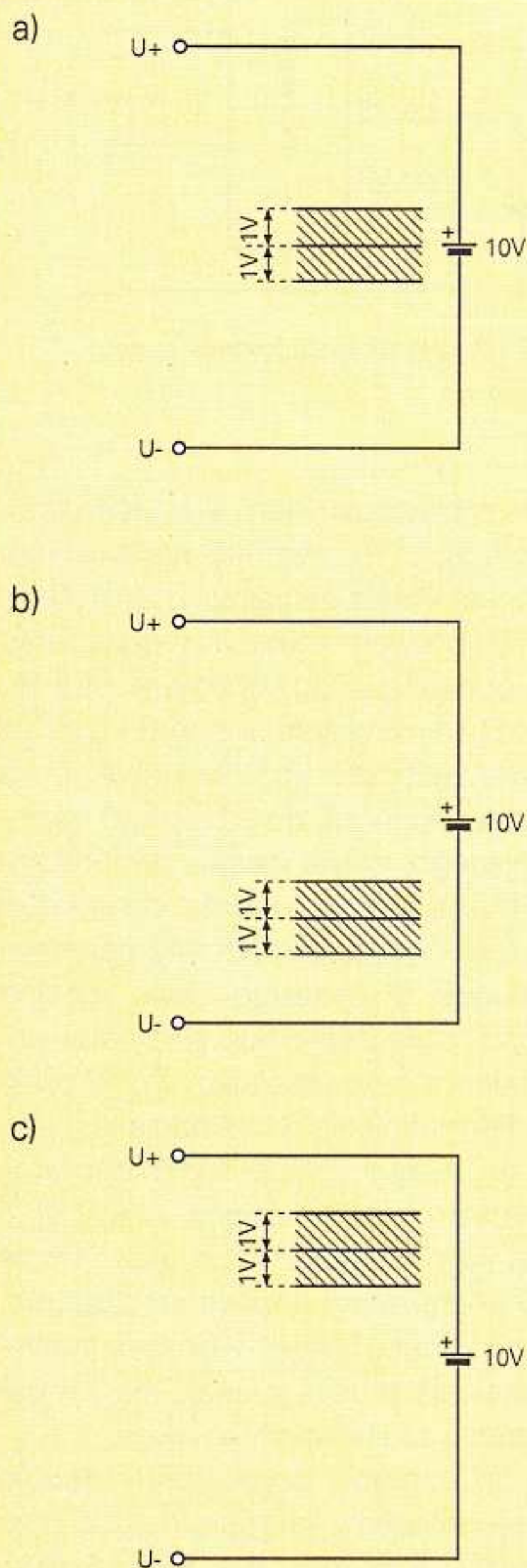
Rys. 7. Dopuszczalne zakresy napięć (wejściowych i wyjściowych) na poszczególnych nóżkach układu.

satora pamiętającego i wejścia te są bezpośrednio połączone z wewnętrznym układem pomiarowym. Właśnie to jest przyczyną, że żadna z końcówek IN LO, IN HI nie będzie pracować poprawnie przy podłączeniu do którejś z szyn zasilających. Nie spowoduje to uszkodzenia kostki, ale układ nie będzie praco-

wał. Po prostu wewnętrzne tranzystory polowe (kostka wykonana jest w technologii CMOS) wejdą wtedy w zakres nasycenia. Na rysunku 7 pokazano dopuszczalne zakresy napięć na poszczególnych końcówkach układów ICL710X. Aby zapewnić poprawną pracę kostki, napięcia podawane na końcówki wejściowe muszą zawsze być wyższe od ujemnego napięcia zasilającego o co najmniej 1,5V, i niższe od dodatniego napięcia zasilającego o co najmniej 1V.

Rysunek 8 obrazowo pokazuje trzy przypadki. Zakres mierzonych napięć wynosi w każdym przypadku  $\pm 1V$ . Młodzi i początkujący Czytelnicy mogą mieć trudności ze zrozumieniem, o co tu naprawdę chodzi. Pomocą w wyjaśnieniu będzie rysunek 9. Na rysunku 9a pokazano przypadek, gdy układ zasilany jest napięciem symetrycznym  $\pm 5V$  (jest to typowy sposób zasilania kostki ICL7107). Wtedy środkowy punkt połączenia źródeł napięcia zasilającego połączony jest z końcówką IN LO. Przy symetrycznym zasilaniu wspomniany punkt środkowy jest traktowany jako masa. Końcówka IN LO „umieszczona” jest tym samym „w połowie całkowitego napięcia zasilającego”, czyli dokładnie tak, jak pokazano na rysunku 8a.

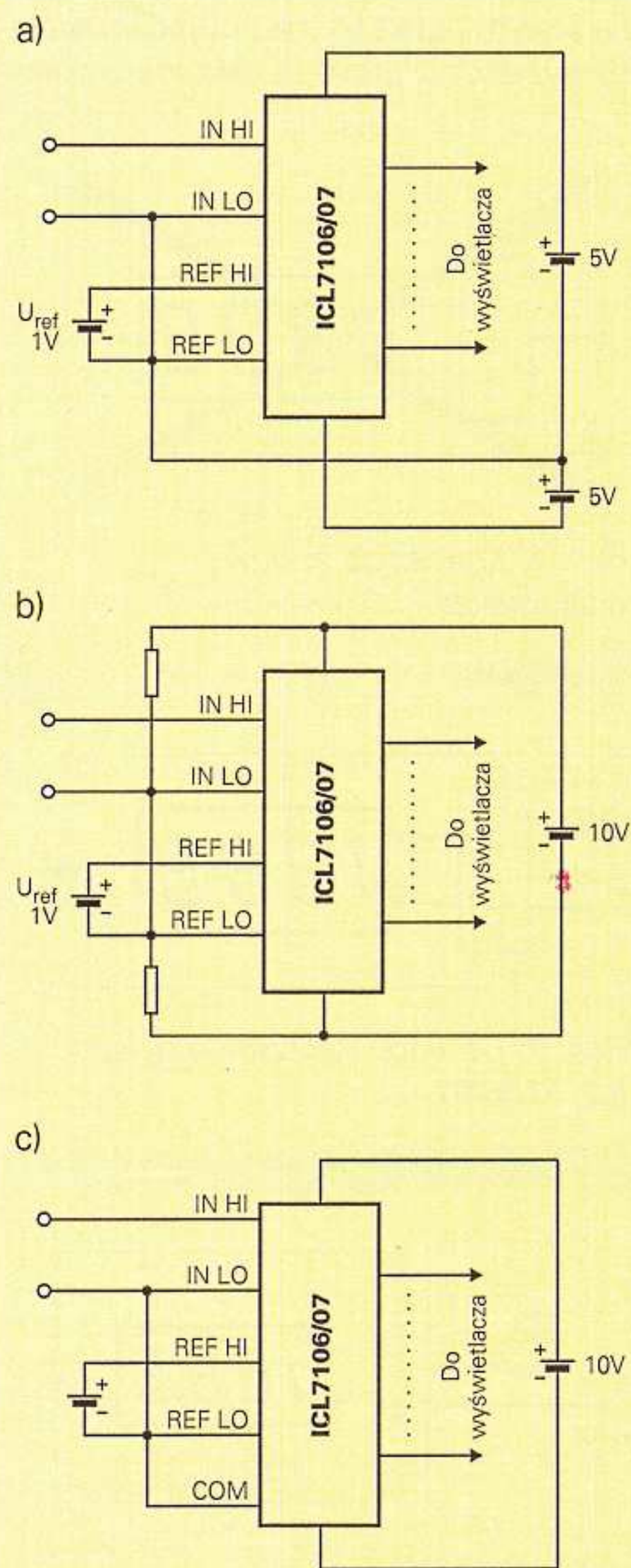
Układ z symetrycznym napięciem zasilania (rysunek 9a) stosowany jest często z kostką ICL7107. Natomiast kostka ICL7106 zazwyczaj zasilana jest pojedynczym napięciem. W takim przypadku trzeba jedną z końcówek wejściowych „zacześcić” gdzieś w zakresie dozwolonych napięć wejściowych. Można to zrobić za pomocą dwóch rezystorów, jak pokazano na rysunku 9b. Gdy rezystory będą mieć jednakowe wartości, końcówka IN LO będzie „zaczeńczona” dokładnie w połowie napięcia zasilającego (jak na rysunku 8a). Ale rezystory te wcale nie muszą mieć jednakowych wartości. Jeśli nie będą jednakowe, wtedy sytuacja będzie wyglądać, jak na rysunku 8b lub 8c.



Rys. 8.

W tym miejscu należy wyraźnie powiedzieć, że końcówka IN LO (z rzadkimi wyjątkami) nie może być „zaczeńczona na napięciu”  $(U+)-1V$  lub  $(U-)+1,5V$ , jak na pierwszy rzut oka wynikałoby z rysunku 7. Należy bowiem pamiętać, iż kostka mierzy zarówno napięcia dodatnie jak i ujemne i należy zostawić zapas równy zakresowi mierzonych napięć – porównaj rysunek 8. Powyższe uwagi dotyczą nietypowych zastosowań. Natomiast w aplikacjach typowych sprawa jest bardzo prosta. Dzięki pomysłowości projektantów układu scalonego, nie stosuje się rezystorów z rysunku 9b, wykorzystuje się natomiast specjalną końcówkę, oznaczoną COM. Pokazano to na rysunku 9c.

Końcówka COM (common – wspólny) pełni dwie ważne role. Wewnątrz kostki umieszczono źródło napięcia odniesienia, które na rysunku 10 zaznaczono w uproszczeniu jako diodę Zenera. W rzeczywistości jest to układ diod i tranzystorów wytwarzający napięcie około 3V, mający specyficzne właściwości. Ta „dioda Zenera” umieszczona jest pomiędzy dodatnią szyną zasilania i końcówką COM.



Rys. 9.



Po pierwsze wytwarza się w ten sposób napięcie potrzebne do „zaczepienia” wejścia IN LO (uwzględniając zapas potrzebny dla zakresu napięć IN HI, równy 2V). Przy połączeniu końcówki IN LO do końcówki COM sytuacja wygląda mniej więcej tak, jak na rysunku 8c.

Po drugie, napięcie „diody Zenera” jest bardzo stabilne – bardzo niewiele zmienia się ze zmianą temperatury i ze zmianą napięcia zasilającego. Napięcie to może pełnić i bardzo często pełni rolę napięcia odniesienia, czyli napięcia wzorcowego. Rysunki 10a i 10b pokazują najczęściej stosowany w praktyce sposób połączenia obwodów wejściowych i odniesienia. Potencjometr pozwala ustawić potrzebne napięcie odniesienia.

## Napięcie odniesienia

Jakie to ma być napięcie?

Jak wspomniano na wstępie, kostka w rzeczywistości mierzy stosunek napięcia wejściowego i napięcia odniesienia. Zakres wyników pokazywanych na wyświetlaczu wynosi -1999...0...1999.

To należy zapamiętać: gdy napięcie wejściowe jest równe napięciu odniesienia, wyświetlacz pokazuje liczbę 1000.

W typowych zastosowaniach stosuje się jeden z dwóch wymienionych niżej zakresów pomiarowych.

Aby wykonać woltomierz o zakresie pomiarowym -1,999...1,999, należy ustawić napięcie odniesienia  $U_{ref}$  równe 1,000V. Analogicznie dla uzyskania zakresu pomiarowego -199,9mV...199,9mV, należy ustawić napięcie  $U_{ref}$  równe 100,0mV. Oczywiście na wyświetlaczu trzeba zapalić w odpowiednim miejscu punkt dziesiętny (przecinek).

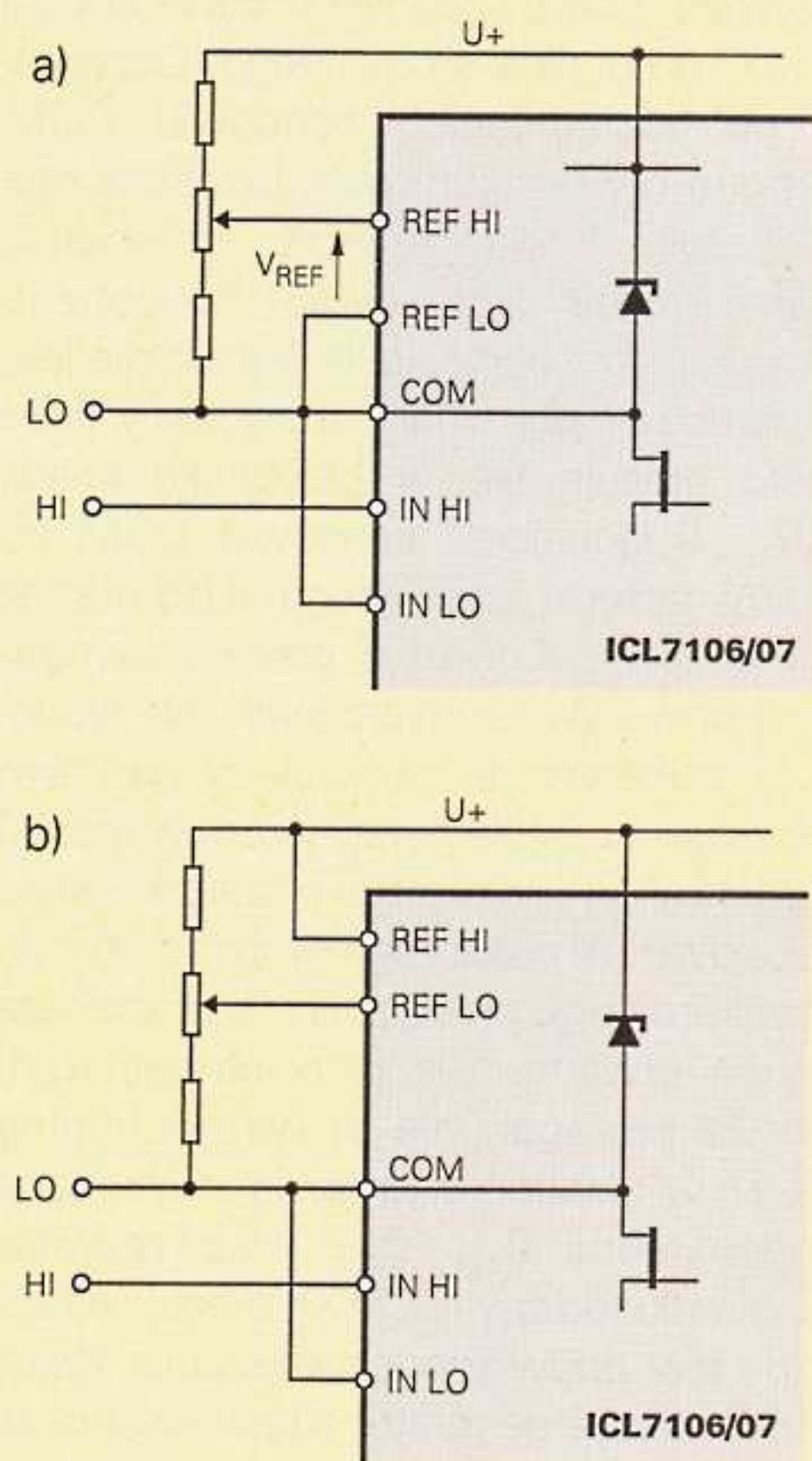
Jak z tego widać, wybór zakresu pomiarowego jest bardzo prosty – trzeba tylko ustawić odpowiednie napięcie  $U_{ref}$ .

Warto zwrócić uwagę, że na rysunku 9a do środkowego punktu (masy) dołączona jest nie tylko końcówka IN LO, ale też końcówka REF LO. Jak podano wcześniej, wcale nie jest konieczne takie łączenie końcówki REF LO, bowiem końcówki REF LO i REF HI mogą być dołączone gdziekolwiek w zakresie napięć zasilających, jak pokazano na rysunku 6. Przy stosowaniu kostki ICL7107 można na przykład połączyć końcówkę IN LO nie do końcówki COM (jak pokazano na rysunku 10b), ale do masy, natomiast końcówkę COM można wykorzystać w roli źródła napięcia odniesienia, zgodnie z rysunkiem 10b.

## Tylko dla zaawansowanych

Ten fragment przeznaczony jest dla bardziej zaawansowanych i dociekliwych.

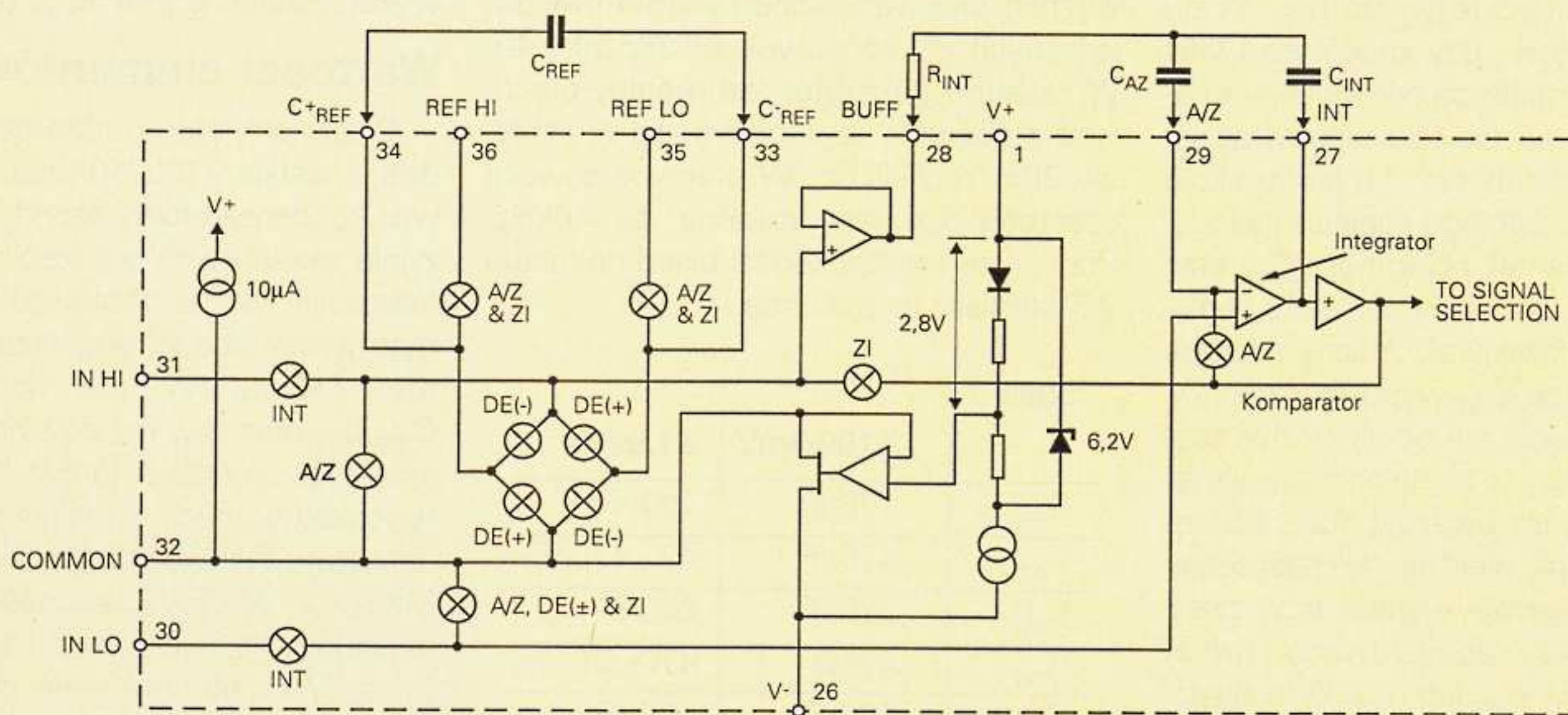
W typowych zastosowaniach wystarczy bez większego namysłu zastosować jeden z układów według rysunku 10. Ale końcówka COM może być podłączona inaczej. Trzeba wyraźnie podkreślić, że układ zaznaczony na rysunku 10 jako „dioda Zenera” wcale taką diodą nie jest i ma nietypowe właściwości. Przez prawdziwą diodę Zenera w czasie pracy może płynąć znaczny prąd. Natomiast układ napięcia odniesienia w kostce ICL710X pracuje na zupełnie innej zasadzie. Rysunek 11 pokazuje w uproszczeniu budowę części pomiarowej kostek rodziny ICL71XX, w tym obwód napięcia odniesienia. Rysunek ten wyjaśnia, dlaczego z „diody Zenera”, a właściwie z końcówki COM(MON), nie można pobrać prądu większego niż  $10\mu A$ . Zastosowano tam po prostu źródło prądowe o wydajności tylko  $10\mu A$ . Do końcówki COM może natomiast wpływać znaczny prąd, o wartości nawet 30mA. Prąd ten popłynie przez tranzystor polowy (zaznaczony też



Rys. 10b. Przykład wykorzystania wewnętrznego napięcia odniesienia.

na rysunku 10) do ujemnego bieguna zasilania. Ma to duże znaczenie praktyczne.

Taka budowa umożliwi zastosowanie w obwodzie ustalania napięcia odniesienia rezystorów i potencjometrów o dowolnej wartości (patrz rysunek 10a i 10b) – końcówka COM w każdych warunkach przyjmie prąd, płynący przez ten obwód. Z drugiej strony, tak mała wydajność końcówki COM dla prądów wypływających ( $10\mu A$ ) pozwala „ściągnąć” tę końcówkę w stronę napięć ujemnych. Może to w pierwszej chwili być zaskoczeniem, ale w układzie z rysunku 9a końcówka COM może być



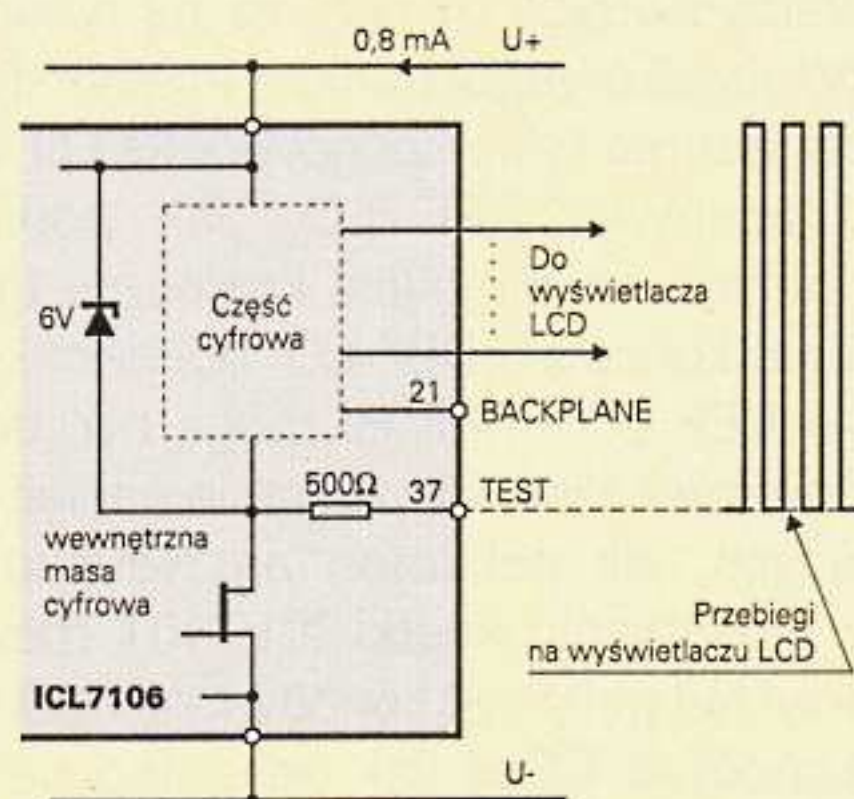
Rys. 11. Uproszczony schemat wewnętrzny części analogowej.



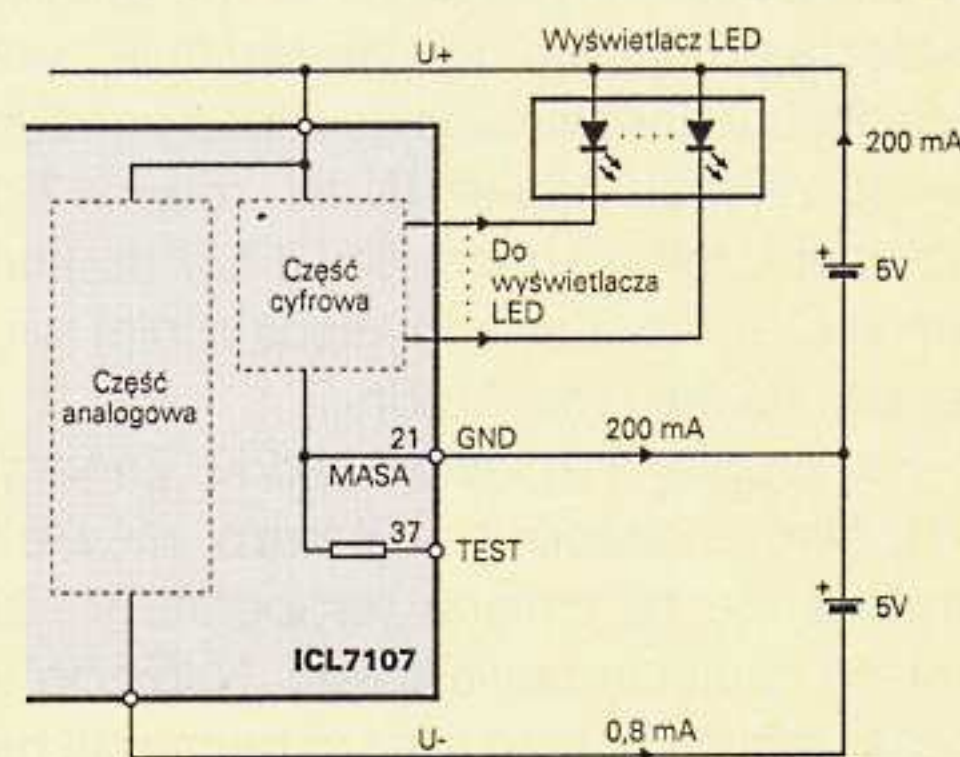
połączona wraz z końcówkami IN LO oraz REF LO do punktu środkowego. Oczywiście po „ściągnięciu” końcówki COM w stronę napięć ujemnych, przestaje ona pełnić rolę źródła napięcia odniesienia. Wtedy trzeba zastosować zewnętrzne źródło napięcia odniesienia. Wcale nie jest to marnotrawstwo. Taki układ pracy dość często stosuje się w przypadku kostki 7107. „Ściągnięcie” końcówki COM do połowy napięcia zasilającego układ ma też pewne zalety. Chodzi o pracę wewnętrznych obwodów pomiarowych. Na rysunku 11 pokazano te obwody w pewnym uproszczeniu. Kółka z krzyżykiem w środku przedstawiają przełączniki, inaczej styki analogowe. W poszczególnych fazach cyklu pomiarowego przełączniki te przewodzą albo są otwarte. Dla przeciętnego użytkownika szczegóły nie są ważne. Istotne jest, że w układzie występują zewnętrzne kondensatory  $C_{AZ}$ ,  $C_{INT}$  oraz rezystor  $R_{INT}$ . Kostki rodziny ICL71XX pracują na zasadzie tzw. podwójnego całkowania. Pracą całości steruje generator zegarowy pracujący z częstotliwością rzędu kilkudziesięciu kiloherców. W każdym cyklu pomiarowym najpierw przeprowadzany test cykl autozerowania. Pozwala to wyeliminować niedokładności i pewne stałe błędy związane z niedoskonałością wykonania układu scalonego. W uproszczeniu można powiedzieć, że kondensator  $C_{AZ}$  zapamiętuje napięcie błędu. Następnie przez określony czas, mierzone napięcie wejściowe ładuje kondensator  $C_{INT}$  przez rezystor  $R_{INT}$ . W trzeciej fazie kondensator  $C_{INT}$  rozładowuje się do zera z prędkością wyznaczoną przez rezystor  $R_{INT}$  oraz napięcie  $U_{ref}$ . W tej fazie zliczane są impulsy zegara sterującego. Ilość zliczonych impulsów jest proporcjonalna do mierzonego napięcia.

Dla konstruktora ważne jest, że w poszczególnych fazach pomiaru napięcie na kondensatorze  $C_{INT}$  zmienia się. Wielkość tych zmian zależy od napięcia wejściowego oraz od wartości rezystora  $R_{INT}$ . W typowych aplikacjach, gdy końcówka COM pełni rolę źródła napięcia odniesienia, a napięcia na niej i na wejściu nieodwracającym integratora (zob. rys. 11) jest o około 3V niższe od dodatniego napięcia zasilającego, dobiera się tak pojemność  $C_{INT}$  oraz rezystancję  $R_{INT}$ , aby przy pomiarze napięcia równego  $1,999 \times U_{ref}$ , zmiany napięcia na kondensatorze  $C_{INT}$  wynosiły około 2V. Te zmiany napięcia nie powinny być zbyt małe, bo zwiększy to błędy pomiaru. Zmiany te nie mogą też być zbyt duże, bo wyjście integratora wejdzie w nasycenie. Z tego jednoznacznie wynika, iż w zależności od zakresu pomiarowego, należy zmienić wartości  $C_{INT}$  lub  $R_{INT}$ . W praktyce zmienia się wartość rezystancji  $R_{INT}$ .

Na rysunku 7 pokazano, że zakres napięć wyjściowych integratora (końcówki



Rys. 12a. Zasilanie części cyfrowej kostki ICL 7106.



Rys. 12b. Zasilanie części cyfrowej kostki ICL 7107.

INT) jest niewiele mniejszy od napięcia zasilającego (jest mniejszy o  $2 \times 0,3V$ ). Przy typowym wykorzystaniu końcówki COM, optymalny zakres zmian napięcia na kondensatorze  $C_{INT}$  wynosi około 2V. Natomiast przy „ściągnięciu” końcówki COM do połowy napięcia zasilającego, można ten zakres zwiększyć, zmniejszając wartość  $R_{INT}$ . Zazwyczaj nie jest to potrzebne i stosuje się typowe wartości zalecane w katalogach. Zmiana wartości  $R_{INT}$  może być natomiast uzasadniona przy zasilaniu kostki pojedynczym napięciem o wartości 5V (jest to możliwe pod pewnymi warunkami).

O ile wartości elementów  $C_{INT}$  oraz  $R_{INT}$  mają znaczenie dla pracy układu, o tyle pojemność kondensatorów  $C_{REF}$  oraz  $C_{AZ}$  nie gra większej roli. Elementy te mają za zadanie zapamiętać napięcia (odniesienia i błędu).

Pojemność kondensatora  $C_{REF}$  w typowych aplikacjach wynosi 100nF, a w nietypowych należy ją dla bezpieczeństwa zwiększyć do 470nF...1μF.

W różnych katalogach można znaleźć odmienne zalecane wartości  $C_{AZ}$ . Dobrą, bezpieczną wartością jest 470nF.

Pracą całości steruje generator zegarowy. Częstotliwość tego generatora jest wyznaczona wartościami elementów dołączonych do końcówek nr 38, 39 i 40. W zasadzie generator ten mógłby pracować z dowolną częstotliwością w zakresie 20kHz...200kHz. W praktyce zawsze częstotliwość jest zbliżona do 40kHz. Przy takiej częstotliwości układ dokonuje 2,5 pomiaru na sekundę.

Tabela 1

	$\pm 199,9mV$	$\pm 1,999V$
$C_{REF}$	100nF	100nF
$C_{AZ}$	470nF	47...470nF
$C_{INT}$	220nF	220nF
$R_{INT}$	47kΩ	470kΩ
$C_{OSC}$	120pF	120pF
$R_{OSC}$	100kΩ	100kΩ

Trzeba wiedzieć, że częstotliwość generatora taktującego ma wpływ na zakres zmian napięcia na wyjściu integratora. Jeśli ktoś koniecznie chciałby znacznie zmienić częstotliwość taktującą, powinien odpowiednio zmienić pojemności kondensatorów  $C_{REF}$ ,  $C_{AZ}$  a zwłaszcza  $C_{INT}$  (lub  $R_{INT}$ ).

Z zasady działania przetwornika z podwójnym całkowaniem wynika także zalecenie, by częstotliwość generatora była wielokrotnością częstotliwości sieci energetycznej. Wyeliminuje to wpływ ewentualnych zakłóceń mających źródło w sieci. W praktyce nie trzeba specjalnie dobierać elementów w obwodzie generatora (oscylatora), wystarczy stosować typowe wartości zalecane w katalogu.

Układ ICL może być również synchronizowany zewnętrznym przebiegiem (podawanym na nóżkę 40) lub kwarcem (dołączonym między nóżki 39 i 40). Przy podawaniu zewnętrznego sygnału zegarowego należy uwzględnić napięcie zasilania części cyfrowej – zobacz rysunek 12.

Powyższe wiadomości przeznaczone są dla zaawansowanych i w typowych zastosowaniach kostki nie są potrzebne. Zrozumienie podanych właśnie zasad pozwoli natomiast uniknąć błędów, jakie często popełniane są przy nietypowym wykorzystaniu kostek ICL710X.

## Wartości elementów

Dzięki przyjętemu rozwiązaniu, w układzie z kostkami ICL710X nie trzeba stosować kondensatorów i rezystorów o precyzyjnie określonych wartościach i wąskiej tolerancji. Można stosować typowe elementy, bez obawy pogorszenia parametrów układu. W roli kondensatorów  $C_{REF}$ ,  $C_{AZ}$  oraz  $C_{INT}$  nie powinno się jednak stosować kondensatorów ceramicznych ferroelektrycznych. Powinny to być kondensatory foliowe, na przykład popularne MKSE czy MKT. W zależności od zakresu mierzonych napięć, zmienia się wartość  $R_{INT}$ . Wartości zalecane dla zakresów  $\pm 199,9 mV$  oraz  $\pm 1,999$  podaje tabela 1.



## Część cyfrowa

Jak wynika z wcześniejszych rozważań, część analogowa zasilana jest pełnym napięciem. Natomiast część cyfrowa nie musi, a nawet nie powinna być zasilana tak dużym napięciem.

Układ 7106 przeznaczony jest do współpracy z wyświetlaczem LCD (ciekłokrystalicznym). Wyświetlacze tego typu nie powinny być sterowane napięciami większymi niż 6...9V. Z kolei wyświetlacze LED pobierają znaczny prąd, i przy większych napięciach zasilania w układzie scalonym wydzielałyby się nadmierna moc strat.

Dlatego choć część analogowa jest identyczna w obu kostkach, część cyfrowa różni się zasadniczo. Jednakowe są tylko liczniki, natomiast układy sterujące wyświetlaczem i obwody zasilania są zupełnie inne.

Na rysunku 12a (w poprzednim numerze EdW) pokazano w uproszczeniu budowę części cyfrowej kostki 7106. Zastosowano tu wewnętrzny stabilizator, który na rysunku jest przedstawiony w postaci diody Zenera. Choć w rzeczywistości nie jest to zwykła dioda Zenera, tylko scalony stabilizator, w efekcie uzyskuje się napięcie rzędu 5...6V do zasilania części cyfrowej. Na rysunku pokazano, że na wyjściach występują przebiegi prostokątne. Zupełnie początkującym trzeba tu wyjaśnić zasadę pracy najprostszego wyświetlacza LCD. Wyświetlacz taki ma elektrodę wspólną – jest to jakby tylna płytka wyświetlacza – stąd angielska nazwa BACKPLANE (w skrócie BP). Na tę wspólną elektrodę przez cały czas podawany jest przebieg prostokątny. W układach 710X przy częstotliwości oscylatora równej 40kHz ma on częstotliwość 50Hz (40kHz : 800).

Na poszczególne segmenty wyświetlacza również podawane są przebiegi prostokątne o tej częstotliwości. Jeśli dany przebieg ma taką samą fazę, jak przebieg podawany na elektrodę BP, wtedy odpowiedni segment wyświetlacza jest wygaszony. Jeśli natomiast przebieg na danym segmencie jest w przeciwfazie (czyli jest niejako odwrócony), wtedy dany segment jest widoczny (staje się ciemny).

W kostce 7106 końcówka 21 pełni więc rolę wyjścia sygnału dla elektrody wspólnej.

Końcówka TEST (nóżka 37) pełni dwie role: po jej zwarceniu do plusa zasilania na wyświetlaczu powinny się wyświetlić wszystkie podłączone segmenty. W praktyce tej funkcji testowej się nie wykorzystuje, bowiem powoduje ona podanie na



wyświetlacz napięć stałych, co w ciągu kilku minut doprowadziłoby do jego nieodwracalnego zniszczenia. Końcówka TEST jest natomiast wykorzystywana do zasilania zewnętrznych układów (przykład pokazano na rysunku 17c).

Układ 7107 przeznaczony jest do sterowania wyświetlaczy LED (ze wspólną anodą), które z natury pobierają znaczną ilość prądu. Wyjścia kostki połączone są wprost z segmentami wyświetlacza, bez jakichkolwiek rezystorów ograniczających prąd. Dla zmniejszenia mocy strat, część cyfrowa zasilana jest napięciem około 5V, i końcówka nr 21 pełni tym razem rolę masy. Układy 7107 są bowiem w większości zastosowań zasilane napięciem podwójnym. Na końcówkach wyjściowych nie występują przebiegi prostokątne, zastosowano tam tranzystory MOSFET, zwierające poszczególne wyjścia do masy. Tranzystory są tak wykonane, że w typowych warunkach zapewniają prąd jednego segmentu równy 8mA (wyjątkiem jest końcówka nr 19, mająca podwójną wydajność).

Źródło napięcia dodatniego (z zasady jest to napięcie 5V) z konieczności musi mieć dużą wydajność prądową. Przy zapaleniu wszystkich segmentów (wskazanie -1888, oraz jeden punkt dziesiętny), potrzebny prąd wynosi 200mA. Natomiast wystarczy, gdy źródło napięcia ujemnego ma wydajność rzędu 2mA.

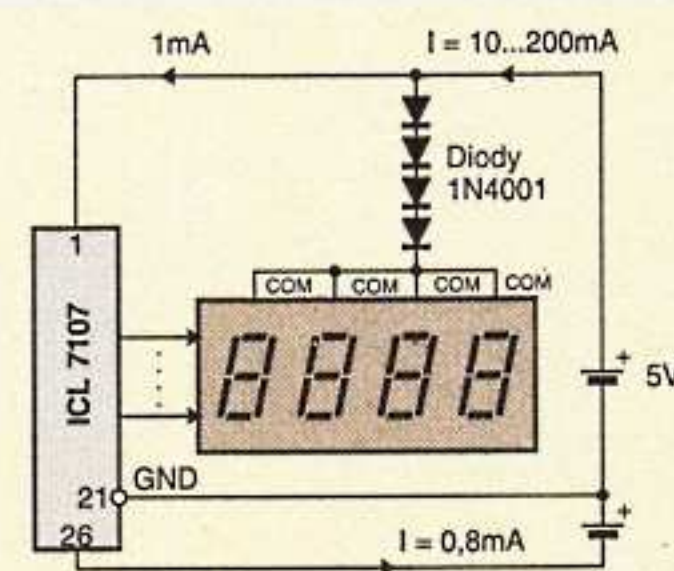
Należy więc zapamiętać, że przy wykorzystaniu kostki 7107 należy zastosować

podwójne źródło zasilania. Dodatkowo napięcie zasilające powinno wynosić 5V, natomiast ujemne nie musi wynosić 5V – może mieć wartość -9V...0V (przy ujemnym napięciu zasilania mniejszym od 5V należy uwzględnić niezbędne marginesy bezpieczeństwa, pokazane na rysunku 7).

W układzie 7107 końcówka nr 37 również pozwala zaświecić wszystkie segmenty wyświetlacza.

Typowy układ zasilania kostki ICL7107 pokazany jest na rysunku 12b.

Ponieważ w układzie 7107 mimo wszystko wydziela się znaczna ilość ciepła, wynikające stąd zmiany temperatury (związane choćby z różną liczbą zapalonych segmentów wyświetlacza) mają zauważalny wpływ na wartość wewnętrznego napięcia odniesienia (końcówka COM), a tym samym dokładność wskazań. Właśnie dlatego do współpracy z kostką 7107 często stosuje się zewnętrzne napięcie odniesienia. Jeśli jednak miałyby



Rys. 13. Zmniejszanie mocy strat kostki ICL 7107.



być wykorzystywane wewnętrzne źródło związane z końcówką COM, warto dodatkowo zmniejszyć straty ciepłone, stosując w obwodzie zasilania wyświetlacza kilka szeregowo połączonych diod świecących, jak pokazano na rysunku 13. Ilość diod (1...4) należy dobrać eksperymentalnie, w zależności od koloru oraz wymaganej jasności użytego wyświetlacza.

## Układ pracy

Kostki 7106 i 7107 mają niemal identyczny układ wyprowadzeń, różnią się tylko opisaną wcześniej rolą końcówki nr 21. W kostce 7106 jest to wyjście do elektrody wspólnej BACKPLANE, w kostce 7107 jest to końcówka masy zasilania.

Na rysunku 14a pokazano układ wyprowadzeń kostek. Końcówki wyjściowe układu scalonego należy połączyć z odpowiednimi punktami wyświetlacza. Rysunek 14b pokazuje typowy rozkład wyprowadzeń 3,5-cyfrowego klasycznego wyświetlacza LCD (widok od strony wyświetlacza). W nawiasach podano wyprowadzenia wyświetlacza 4-cyfrowego – jak widać układ wyprowadzeń jest bardzo podobny. Z kolei rysunki 14c i 14d pokazują rozkład wyprowadzeń popularnych wyświetlaczy LED o wysokości cyfry 12mm, podwójnych i pojedynczych.

Na rysunku 15a pokazano typowy układ pracy kostki 7106, a na rysunku 15b – kostki 7107. Pokazane wartości elementów dotyczą zakresu  $\pm 199,9\text{mV}$ . Dla zakresu 2V trzeba zmienić wartość rezystora  $R_{INT}$  na  $470\text{k}\Omega$ .

Dla uzyskania zakresów 19,99V; 199,9V lub innych, trzeba na wejściu dodać dzielnik rezystorowy. Wartości rezystorów tego dzielnika wejściowego mogą być dowolne. Zazwyczaj, by układ pomiarowy nie obciążał badanego obwodu stosuje się rezystory o wartościach 1...10M $\Omega$ . Powinny to być dobrej jakości rezystory metalizowane o tolerancji 1%. Z takim dzielnikiem oporność wejściowa miernika bę-

dzie równa sumie rezystancji dzielnika. Natomiast bez dzielnika układ ma niewyobrażalnie wielką rezystancję wejściową, rzędu dziesiątek i setek gigaomów (wynika to z bardzo małej wartości prądu polaryzacji wejść, rzędu pikoamperów).

W niektórych przypadkach użyte będą zewnętrzne źródła napięcia odniesienia – przykłady dołączenia takich źródeł pokazano na rysunku 16.

W praktycznych układach pracy trzeba jeszcze zaświecić odpowiedni punkt dziesiętny (przecinek) na wyświetlaczu. W przypadku kostki 7107 i wyświetlaczy LED sprawa jest bardzo prosta – wystarczy rezystor (np.  $680\Omega$ ) włączony między wyprowadzenie wyświetlacza a masę (minus).

W przypadku wyświetlacza ciekłokrystalicznego sprawa jest trudniejsza, bo do danego segmentu wyświetlacza trzeba doprowadzić napięcie zmienne, o fazie przeciwnej niż sygnał elektrody wspólnej (BACKPLANE). W zasadzie należy wykorzystać inwerter CMOS, np. 4049, 4069 czy 40106, jak pokazano na rysunku 17a. Jednak dla jednego inwertera szkoda „marnować” całego układu – pięć pozostałych inwerterów będzie niewykorzystanych. Dlatego w najprostszymi zastosowaniach stosuje się trochę niecodzienny sposób, pokazany na rysunku 17b. Co prawda na segment wyświetlacza podaje się napięcie o kształcie bardziej podobnym do trójkątnego, niż prostokątnego, jednak sposób ten jest skuteczny i nie zagraża trwałości wyświetlacza.

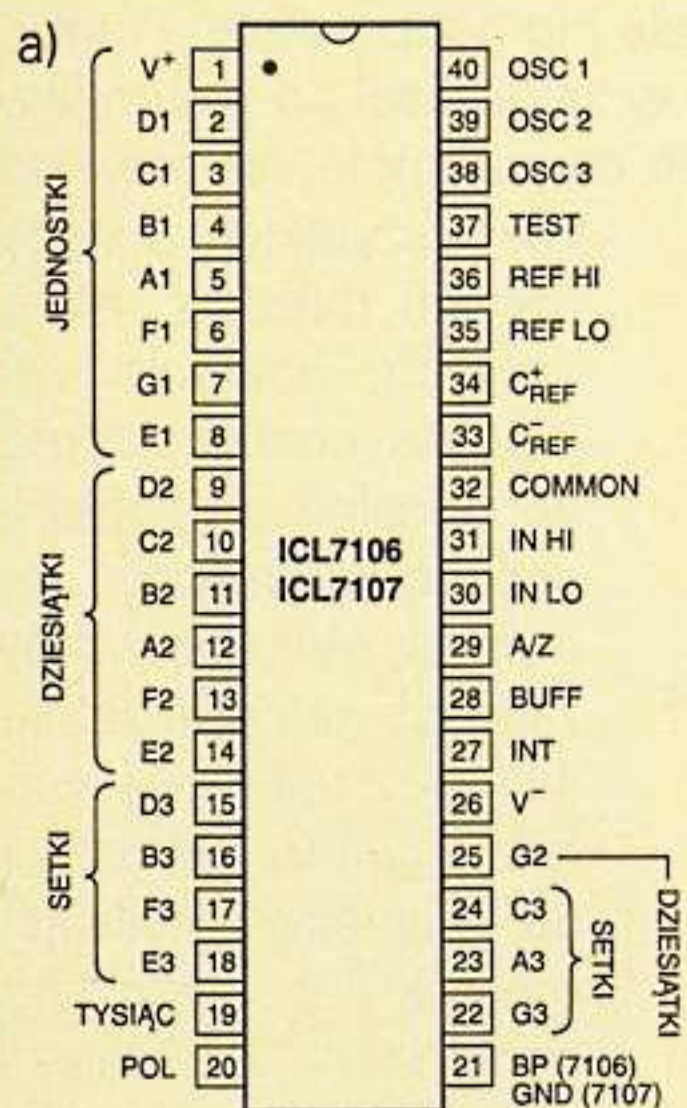
W przyrządzie wielozakresowym, gdy trzeba przełączać zakresy i zapalać na wyświetlaczu jeden z czterech punktów dziesiętnych, warto zastosować sposób z rysunku 17c. W zależności, czy bramki będą typu EX-OR (CMOS 4030), czy EX-NOR

(CMOS 4077), punkt będzie zapalany po podaniu na wejście bramki stanu wysokiego (EX-OR) albo niskiego (EX-NOR).

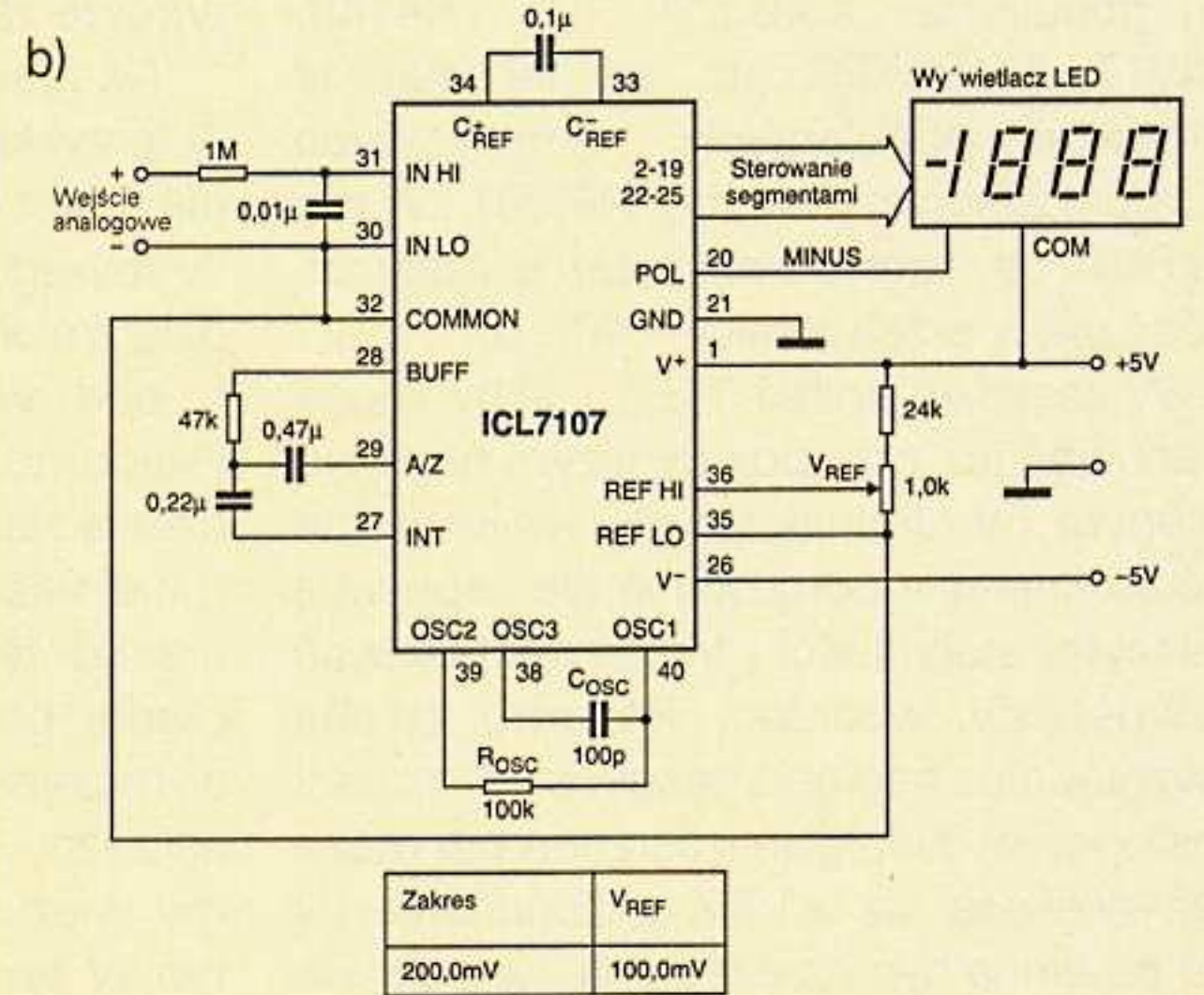
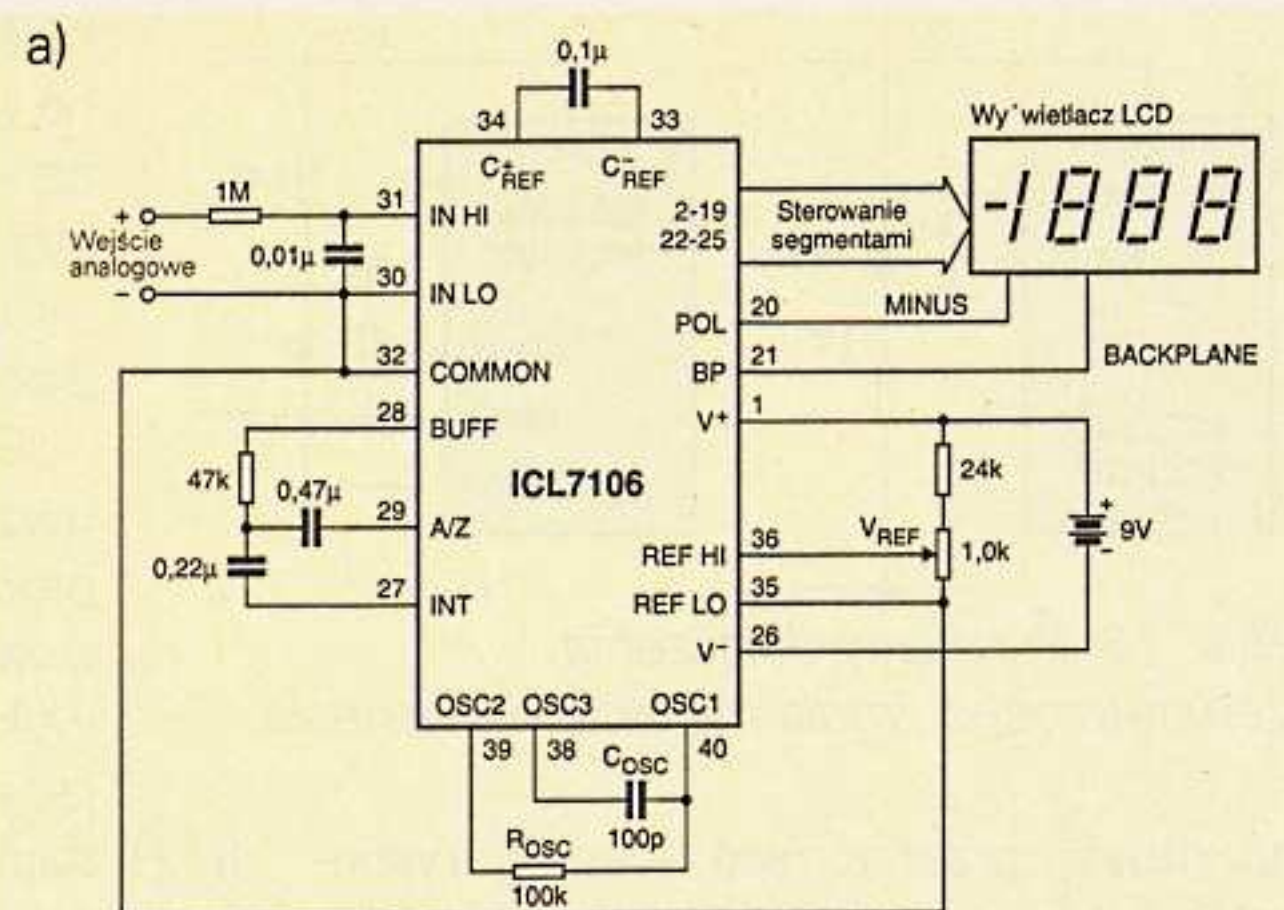
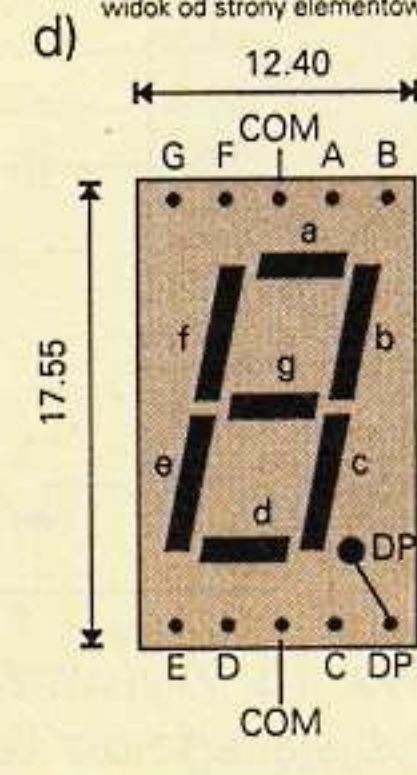
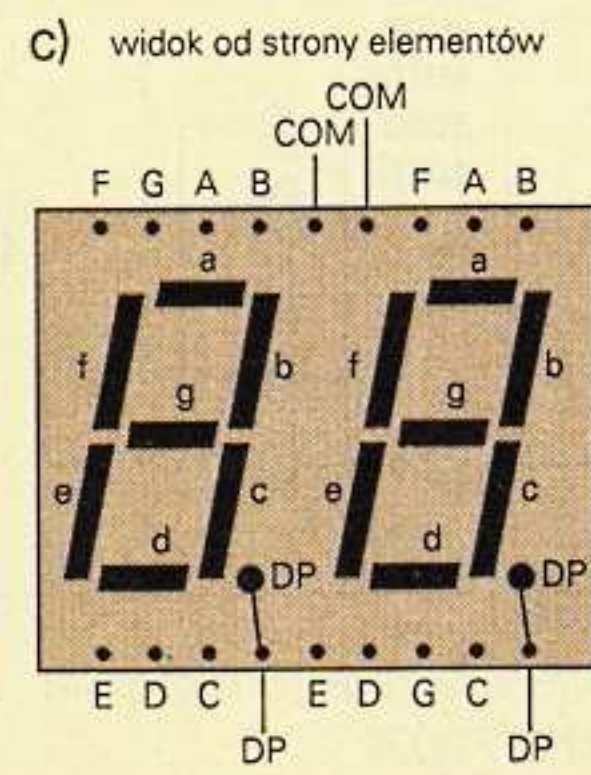
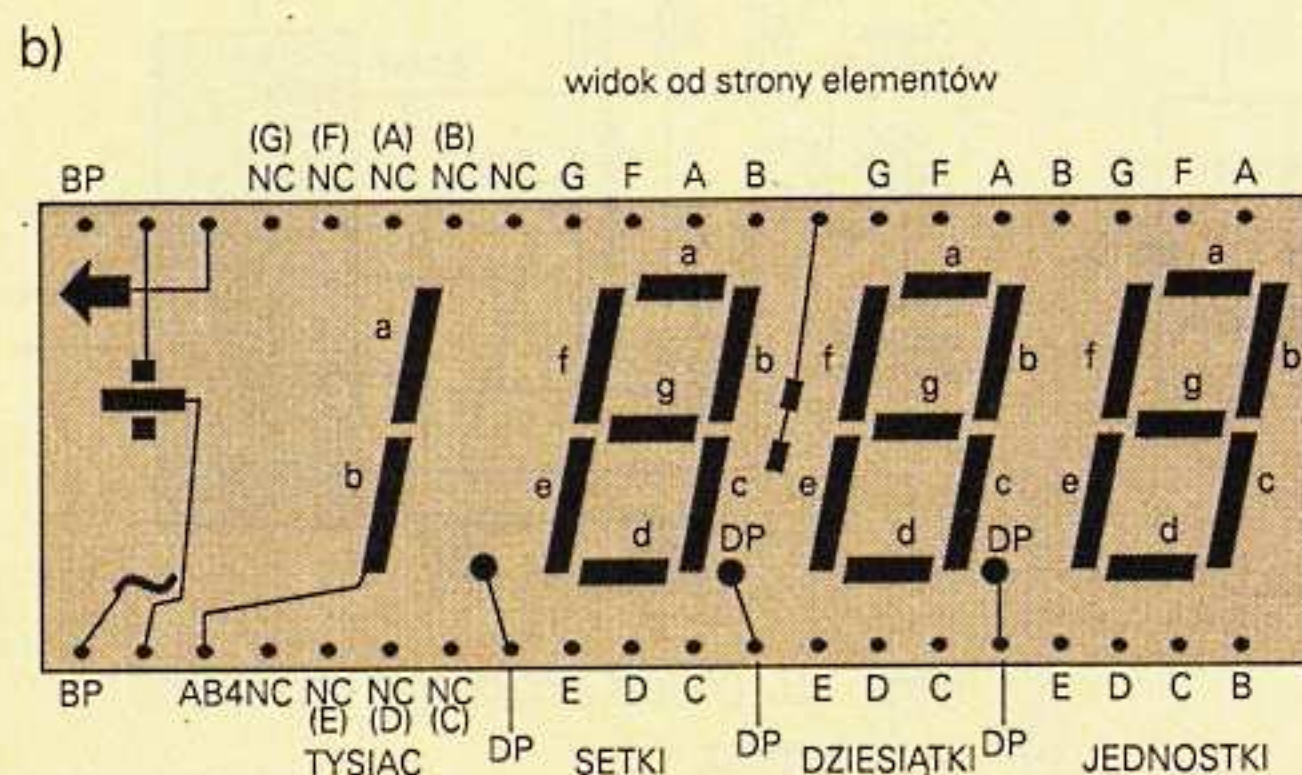
Przy zastosowaniu bramek CMOS, dla uniknięcia uszkodzenia wyświetlacza, konieczne trzeba je zasilac napięciem z końcówki TEST (nóżka 37), a nie pełnym napięciem zasilającym – wyraźnie pokazano to na rysunkach 17a i 17c.

## Dla zaawansowanych i dociekliwych

W praktycznych zastosowaniach kostka 7106 zwykle jest zasilana pojedynczym napięciem około 9V (7...12V). Natomiast kostkę 7107 często zasilają się napięciem +5V, przy czym pojawia się kłopot, skąd wziąć ujemne napięcie zasilające. Zamiast budować specjalny zasilacz, wystarczy wyko-

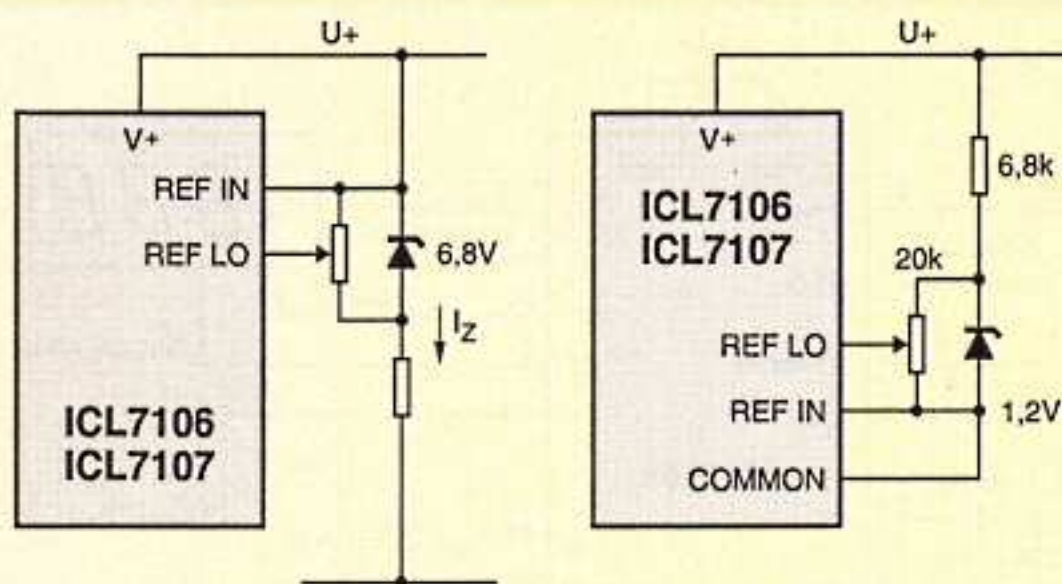


Rys. 14.



Rys. 15. Typowe układy pracy kostek.





Rys. 16. Przykłady dołączenia zewnętrznego źródła napięcia odniesienia.

nać prostą przetwornicę według rysunku 18. Można tu zastosować kostki 4069, 40106, albo lepiej 4049 lub 4050. Diody mogą być dowolne krzemowe małej mocy, popularne „szklaczki” np. 1N4148, BAV17...21, BAYP95, itp., ale nie należy ty stosować popularnych 1-ampierowych diod prostowniczych typu 1N4001...7, czy BYP401 ze względu na znaczną częstotliwość pracy przetwornicy – 40kHz.

W zasadzie kostki 7106 i 7107 mogą pracować już przy pojedynczym napięciu równym 5V. Jednak wtedy wewnętrzne źródło napięcia odniesienia nie zapewnia należytej stabilności i trzeba zastosować zewnętrzny wzorzec. Ponadto trzeba uwzględnić napięcia nasycenia części analogowej. Napięcie mierzone nie może być większe niż  $\pm 1,5V$ , a końcówka IN LO powinna być „zaczepiona” w połowie napięcia zasilającego (2,5V). Ze względu na podane ograniczenia, naprawdę bardzo rzadko stosuje się pracę przy tak małym, pojedynczym napięciu zasilającym.

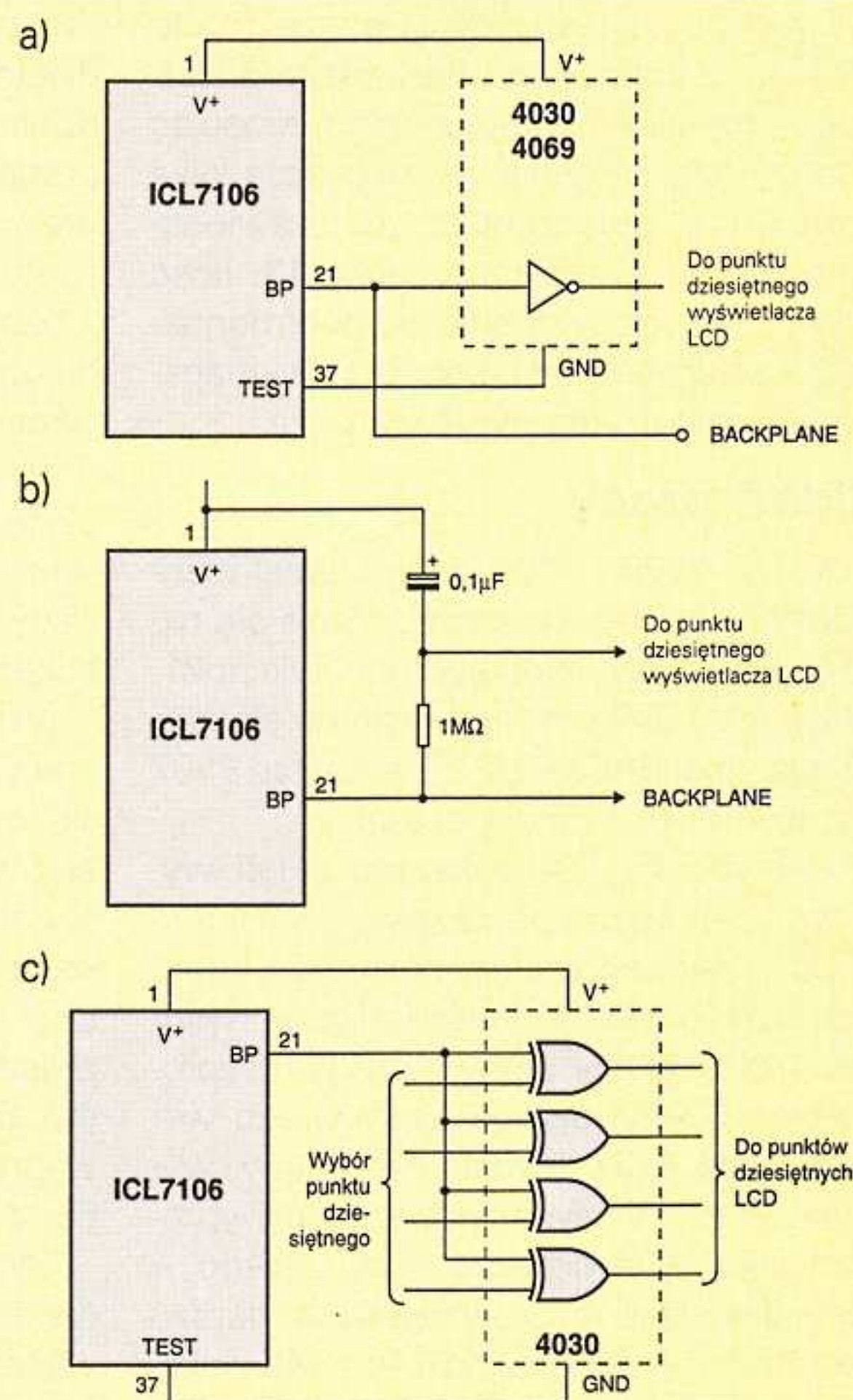
Kostki 7106/07 są naprawdę uniwersalne i można je stosować w wielu różnorodnych, także zupełnie nietypowych aplikacjach. Niekoniecznie muszą pełnić rolę woltomierza o zakresie  $\pm 1,999V$  lub 199,9mV. W wielu zastosowaniach można stosować inne zakresy i inne napięcia odniesienia w zakresie od około 20mV do 2V. Oczywiście stosownie do zakresu mierzonych napięć można skorygować wartość rezystora  $R_{INT}$ , według podanych wcześniej wskazówek. Ponadto wcale niekoniecznie wskazanie wyświetlacza musi być dodatnie, gdy napięcie końcówki IN HI jest wyższe od napięcia końców-

ki IN LO. Czasem potrzebne jest wskazanie odwrotne – nie ma problemu, wystarczy zamienić miejscami końcówki IN LO, IN HI albo REF LO, REF HI.

Ponadto czasem trzeba uwzględnić jakieś stałe napięcie przesunięcia, tak zwany offset. Można to wykonać bez trudu, podając na końcówkę IN LO lub IN HI napięcie stałe o potrzebnej wartości. Dzięki takiej elastyczności układów ICL710X, można w prosty sposób realizować nietypowe zadania.

Na rysunku 19 pokazano dobry przykład takiego wykorzystania. Jest to układ termometru cyfrowego. Pracuje on na zasadzie zmiany napięcia na złączu p-n pod wpływem temperatury. Wiadomo, że napięcie przewodzenia złącza (diody), wynoszące mniej więcej 600...650mV (zależnie od typu złącza i płynącego prądu), przy wzroście temperatury maleje liniowo o około 2,2mV na każdy stopień Celsjusza. Mamy więc sytuację, że przykładowo w temperaturze 0°C, napięcie wynosi 630mV, a w temperaturze +100°C wyniesie 410mV. Układ z rysunku 19 pozwala uzyskać na wyświetlaczu wskazanie zero. Wystarczy w temperaturze 0°C ustawić z pomocą potencjometru odpowiednie napięcie na końcówce IN HI. Aby w temperaturze +100°C, gdy spadek napięcia na diodzie wynosi 410mV, uzyskać na wyświetlaczu wskazanie 100,0 trzeba z pomocą drugiego potencjometru ustawić napięcie odniesienia równe 220mV. Przy wzroście temperatury napięcie diody maleje – dlatego żeby uzyskać na wyświetlaczu właściwe, dodatnie wskazania, trzeba było niejako zamienić końcówki IN LO, IN HI.

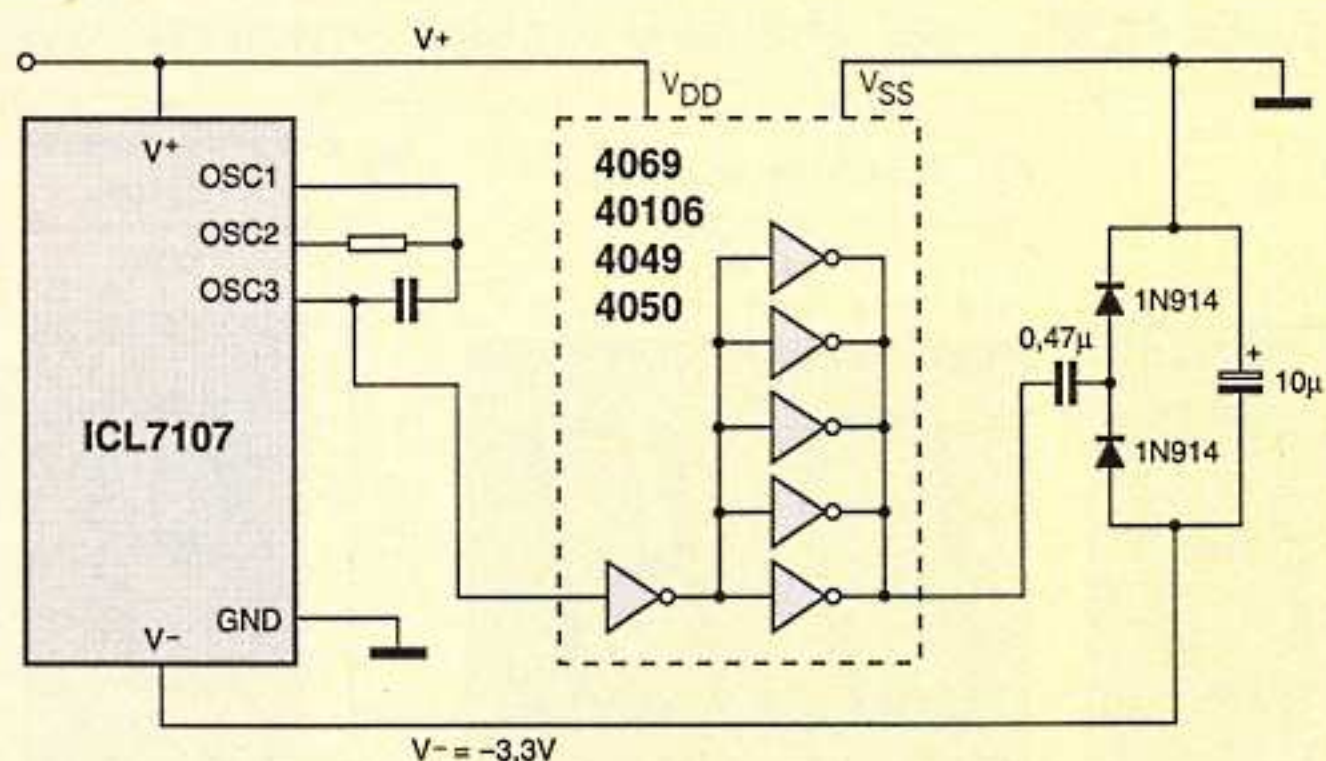
Z kolei rysunek 20 przedstawia inny przykład nietypowego wykorzystania kostki. Pokazano tu układ pomiaru opor-



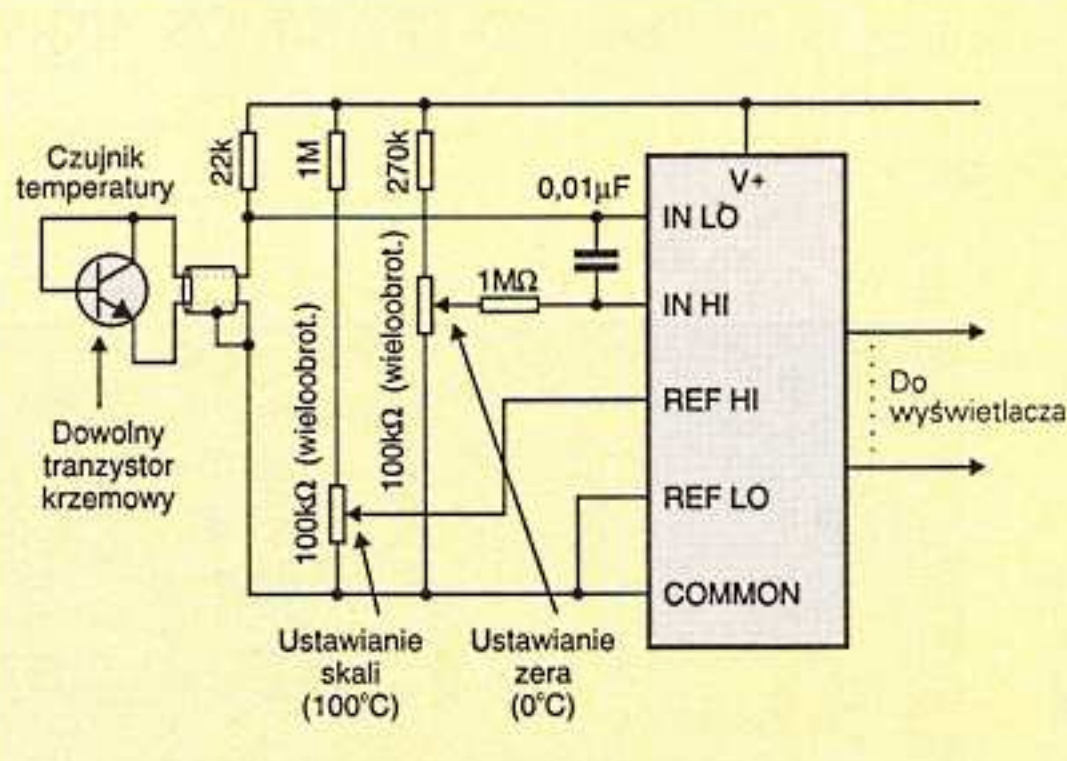
Rys. 17. Sposoby wyświetlania punktu dziesiątego w układzie z kostką ICL7106.

ności. W zasadzie kostka mierzy stosunek napięcia wejściowego do napięcia odniesienia. Można więc wskazanie wyświetlacza rozumieć jako stosunek spadku napięć na dwóch rezystorach. Inaczej mówiąc, procentowy stosunek rezystancji  $R_x$  do  $R_r$ . Warto zwrócić uwagę, że przy zastosowaniu rezystora  $R_{INT}$  o wartości 47kΩ (zakres 199,9mV), trzeba było zastosować szeregowo diody, by końcówki INLO i IN HI pracowały w dopuszczalnym zakresie napięć wejściowych (porównaj rysunek 7). Przykład z rysunku 20 pokazuje, że kostkę można wykorzystać także do pomiaru stosunku napięć lub stosunku rezystancji. Wtedy napięcie odniesienia wcale nie będzie stałe – będzie się zmieniać w zależności od warunków. Jest to bardzo cenna zaleta. Na przykład,

we wszystkich rezystorowych układach mostkowych, napięcie wyjściowe mostka jest proporcjonalne do napięcia stałego zasilającego ten mostek. Właśnie wtedy, zamiast napięcia odniesienia o ustalonej wartości, warto wykorzystać napięcie zasilające mostek (lub część tego napięcia) – uniezależni to wskazania od zmian napięcia zasilania.

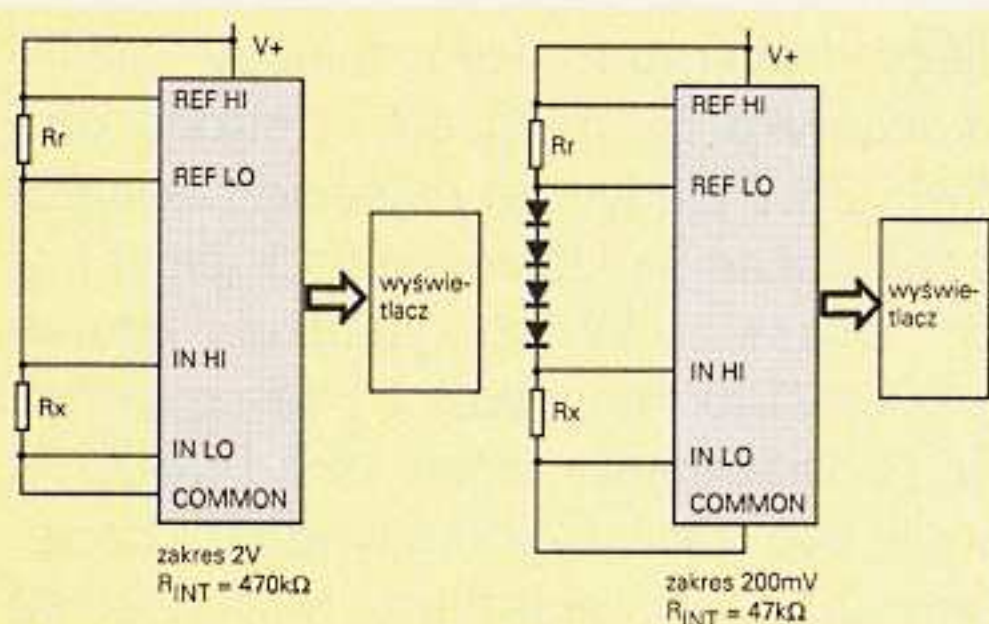


Rys. 18. Wytwarzanie ujemnego napięcia zasilającego dla kostki 7107.



Rys. 19. Układ prostego termometru cyfrowego.





Rys. 20. Układy do pomiaru rezystancji.

Ponadto warto zauważyć, że z pomocą kostek ICL710X można wykonać układ realizujący funkcję  $1/x$ . Aby to zrealizować, wystarczy stałe napięcie odniesienia dołączyć do końcówek IN LO i IN HI, natomiast napięcie nieznanе podać na końcówki REF LO i REF HI. Występuje tu jednak istotne ograniczenie. Napięcie podawane na końcówki REF nie może być ani zbyt małe, ani zbyt duże, aby zapewnić właściwą pracę wewnętrznych układów pomiarowych. Pomimo tego istotnego ograniczenia, w pewnych warunkach taki sposób może okazać się pożyteczny.

Warto dokładnie zastanowić się nad „sztuczki” zastosowanymi w układach z rysunków 19 i 20, bowiem dobrze ilustrują one możliwości kostek ICL710X i pokazują nietypowe, a bardzo pożyteczne sposoby ich wykorzystania.

## Podstawowe parametry

W tabeli 2 podano najważniejsze parametry kostek ICL7106/07.

W podanych wartościach uwagę zwraca bardzo duże tłumienie sygnału wspólnego, wynoszące 86dB. Ale w praktyce ważniejsze są inne parametry. Zwłaszcza bardzo mały prąd zasilania, poniżej 1mA. Kostka 7106 będzie pobierać tyle prądu także przy współpracy z wyświetlaczem (wyświetlacze LCD praktycznie nie pobierają mocy). Cenną zaletą jest niewyobrażalnie mały prąd wejściowy (IN HI, IN LO), a właściwie prąd upływu wejścia, równy 1pA. Tak mały prąd wejściowy umożliwia stosowanie na wejściu rezystora szeregowego o dużej wartości. Często taki rezystor potrzebny jest jako zabezpieczenie (kostka nie ulegnie uszkodzeniu, jeśli przy podaniu zbyt dużego napięcia wejściowego, prąd wejściowy nie przekroczy wartości 1mA). Ponadto rezystor ten (1MΩ), wraz z kondensatorem (10nF) dołączonym do końcówek wejściowych tworzy filtr eliminujący ewentualne zakłócenia, jakie mogłyby indukować się w przewodach i ścieżkach.

Trzeba jednak pamiętać, że przy temperaturze otoczenia równej  $+70^{\circ}\text{C}$  prąd ten wzrośnie do kilkudziesięciu pA, a w przypadku kostki 7107, po jej nagraniu może przekroczyć 1nA.

Ważnym parametrem jest współczynnik cieplny wewnętrznego napięcia odnie-

sienia, wynoszący typowo  $0,008\%/^{\circ}\text{C}$ . W ogromnej większości przypadków taka stabilność napięcia odniesienia wystarczy, ale niekiedy, przy spodziewanych dużych zmianach temperatury trzeba obliczyć, czy wynikający stąd błąd nie jest niedopuszczalnie duży. Dotyczy to zwłaszcza kostki 7107, ponieważ temperatura jej struktury może wahać się znacznie w zależności od ilości zapalonych segmentów (czyli traconej mocy).

Tu daje o sobie znać ważna, a często źle rozumiana sprawa: wielu początkujących elektroników jest zafascynowanych precyzją pomiarów cyfrowych. Rozumując w ten sposób: pomiary są bardzo dokładne, ponieważ wynik podawany na wyświetlaczu zawiera aż cztery cyfry znaczące. Rzeczywiście, rozdzielczość przy maksymalnym wskazaniu 1999 (w zaokrągleniu 2000) wynosi  $1/2000=0,0005=0,05\%$ .

Pięć setnych procenta to świetny wynik! Ale trzeba rozróżnić rozdzielczość wskaźnika od ostatecznej dokładności.

Ostateczna dokładność wcale nie jest tak dobra. Wystarczy policzyć, że na przykład przy zmianie temperatury struktury układu scalonego o  $50^{\circ}\text{C}$  (co jest zupełnie realne w praktyce), przy współczynniku temperaturowym równym  $0,008\%/^{\circ}\text{C}$ , zmiana napięcia odniesienia wyniesie  $50^{\circ}\text{C} \times 0,008\%/^{\circ}\text{C} = 0,4\%$ . Uwzględniając inne możliwe źródła błędów, trzeba się liczyć, że gotowy układ będzie miał dokładność niewiele lepszą niż 1%!

Inaczej mówiąc, rozdzielczość wskaźnika nie będzie w pełni wykorzystana.

O tym fakcie trzeba zawsze pamiętać. Wielu amatorów fascynuje się tylko rozdzielczością przyrządów cyfrowych, a zapomina, że dokładność zależy od kilku czynników, przede wszystkim od stabilności napięcia odniesienia i precyzji zastosowanych dzielników, wzmacniaczy i przetworników. Wystarczy zajrzeć do danych katalogowych jakiegokolwiek multimetru cyfrowego, by się przekonać, że dokładność przy pomiarach napięć zmiennych rzadko jest lepsza niż 1%... Przykładowo popularny układ scalony ICL7135 jest układem woltomierza 4,5-cyfrowego, czyli ma rozdzielczość  $1/20000 = 0,005\%$ . Układ ten ze zrozumiałych względów nie ma wewnętrznego źródła napięcia odniesienia. Do uzyskania naprawdę dużej dokładności, do współpracy z kostką

ICL7135 należy zastosować źródło napięcia odniesienia o odpowiedniej stabilności oraz przetworniki i dzielniki o odpowiedniej precyzji, w przeciwnym wypadku duża rozdzielczość nic nie pomoże, i takie same efekty uzyska się z układem woltomierza 3,5-cyfrowego.

Jest to naprawdę ważny problem. Bardzo często amatorzy popełniają poważny błąd i w obwodach dzielników napięcia, w tym także w obwodzie napięcia odniesienia (zobacz rysunek 10), stosują tanie i mało stabilne rezystory i potencjometry. Właśnie te elementy mogą wprowadzić i często wprowadzają błąd pomiaru większy, niż błąd powstały wskutek zmian cieplnych napięcia odniesienia.

W tabeli 2 podano, że współczynnik cieplny wewnętrznego napięcia odniesienia wynosi typowo  $80\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$  (ppm – parts per million = części na milion =  $1/1000000$ ), czyli  $0,008\%/^{\circ}\text{C}$ . Podanie takiej wartości typowej oznacza, że można spotkać kostki o znacznie gorszym współczynniku (kilkakrotnie większym). Dotyczy to większości kostek ICL7106/07 spotykanych na rynku. Ale przykładowo firma UMC produkuje odpowiedniki tych układów o oznaczeniu UM7106/07 i gwarantuje, że współczynnik cieplny napięcia odniesienia jest lepszy niż  $50\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ , a typowo wynosi  $20\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ . Są to rzeczywiście świetne wartości. Ale jeśli w układzie wytwarzania napięcia odniesienia (zobacz rysunek 10) zostaną użyte popularne rezystory i potencjometry węglowe, to ich parametry zepsują oczekiwaną precyzję. Trzeba bowiem wiedzieć, że rezystory węglowe o dużych rezystancjach mogą mieć współczynnik cieplny rzędu  $1000\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ! To samo można powiedzieć o popularnych węglowych PR-kach, stosowanych w sprzęcie powszechnego użytku. Dla uzyskania niezbędnej dokładności, stabilności wskazań w funkcji temperatury i czasu, w obwodach dzielników napięcia, wzmacniaczy i przetworników,

Tabela 2

Maksymalne napięcie zasilające (ICL7106):	15V
Maksymalne napięcie zasilające (ICL7107):	+6V; -9V względem masy
Zakres temperatur pracy:	0...+70°C
Współczynnik tłumienia sygnału wspólnego:	typ 50μV/V (86dB)
Szumy własne:	typ. 15μV
Prąd zasilania kostki:	typ 0,8mA, max 1,8mA
Prąd wejść IN LO, IN HI (przy +25°C):	typ 1pA, max 10pA
Napięcie końcówki COM względem plusa zasilania:	typ. 2,8; (2,4...3,2V)
Współczynnik cieplny napięcia końcówki COM:	typ 80ppm/°C (=0,008%/°C)
Napięcie podawane na wyświetlacz (dotyczy 7106):	typ 5Vpp (4...6Vpp)
Prąd wyjściowy segmentu wyświetlacza (dotyczy 7107):	typ 8mA (16mA dla nóżki 19)



trzeba stosować dobrej jakości rezystory metalizowane. Krótko mówiąc, powinny to być rezystory o tolerancji 1%. W żadnym wypadku nie należy stosować popularnych węglowych potencjometrów montażowych. Powinny być stosowane potencjometry cermetowe, kryte, najlepiej wieloobrotowe. Najlepiej zastosować popularne wieloobrotowe helitrimy.

## Dalszy rozwój

W artykule omówiono kostki ICL7106 i ICL7107. Są one protoplastami całej rodziny. Z czasem opracowano kostki o jeszcze mniejszym poborze mocy, na przykład ICL7126, ICL7136, ICL7137. Mają one identyczny układ wyprowadzeń i taki sam układ aplikacyjny, jak układy 7106 i 7107. Różnią się tylko poborem prądu zasilania (ICL7106: 0,8mA, ICL7126: typ.0,05mA, max 0,1mA, ICL7136/37: typ 0,07mA, max 0,2mA).

Opracowano także kostki z pamięcią pozwalającą zatrzymać ostatni wynik pomiaru (jest to funkcja zwana HOLD). Jediną różnicą jest zmiana ról końcówek nr 1 i 35. Końcówka 35 w układach ICL7116/17 jest plusem zasilania. Nie ma wejścia REF LO (które jest połączone wewnętrznie do końcówki COM). Nóżka nr 1 pełni rolę wejścia sterującego. Gdy nie jest podłączona, układ pracuje normalnie, zwarcie nóżki 1 do plusa zasilania zatrzymuje na wyświetlaczu ostatni wynik (choć układy pomiarowe nadal są aktywne).

Trzeba wiedzieć, że na rynku można spotkać kostki ICL7106/07 lub ich odpowiedniki, mające zwierciadlany rozkład

wyprowadzeń. Chodzi o to, że w praktyce stosuje się różne sposoby montażu: niekiedy układ scalony i wyświetlacze umieszczone są na tej samej stronie płytki drukowanej, a czasem po przeciwnych stronach. Aby ułatwić projektowanie przebiegu ścieżek, oferuje się wspomniane „zwierciadlane” kostki. Mają one w oznaczeniu literkę R. Przykładem są kostki tajwańskiej firmy UMC: oprócz układów UM7106 i UM7107, firma produkuje wersje UM7106R oraz UM7107R. W takiej „lustrzanej” wersji plusem zasilania nie jest nóżka nr 1 tylko nr 40, nóżka POL (MINUS) ma numer 21, a końcówki oscylatora to nóżki 1 – 3.

Przy okazji warto wiedzieć, że ścisłym odpowiednikiem układu ICL7107 jest kostka UM7107A (UM7107AR). Firma UMC produkuje też układ UM7107B (oraz UM7107BR), który przeznaczony jest do zasilania pojedynczym napięciem, i pomimo, że współpracuje z wyświetlaczem, ma obwody zasilania zbudowane tak, jak kostka 7106 – zobacz rysunek 12a.

Firma Maxim poszła jeszcze dalej. Ponieważ w wielu wypadkach dostępne jest tylko jedno napięcie zasilające, równe +5V, a woltomierz ma mierzyć napięcia względem ujemnej szyny zasilającej. Powstały kostki MAX138, MAX139 i MAX140, gdzie niezbędną przetwornicę (porównaj rysunek 18) wbudowano do wnętrza układu scalonego. Układ aplikacyjny jest bardzo podobny do kostek 7106/07, tyle że zastosowano wewnętrzny generator zegarowy, nie wymagający dołączenia elementów zewnętrznych, a końcówki nr 38 – 40 wykorzystano do podłączenia

masy oraz kondensatora niezbędnego do pracy przetwornicy, wytwarzającej ujemne napięcie zasilające. Układ aplikacyjny tych kostek jest niemal identyczny, jak układów 7106/07 – układ MAX138 przeznaczony jest do sterowania wyświetlacza ciekłokrystalicznego, a układy MAX139 i 140 – do wyświetlacza LED (MAX140 współpracuje ze wskaźnikami o podwyższonej jasności – jego prądy wyjściowe wynoszą nie 8...9mA, tylko 2,5mA). W wymienionych układach nie występują tylko elementy wyznaczające częstotliwość oscylatora taktującego (120pF, 100kΩ). Zamiast nich między nóżki 38, 40 należy włączyć kondensator o pojemności 1uF (jeśli będzie to elektrolit, to plusem do końcówki 40), a nóżkę 39 trzeba podłączyć do masy. Ponieważ układ sam wytwarza ujemne napięcie zasilające, trzeba też dołączyć kondensator filt-

rujący (minimum 1uF) między masę, a końcówkę 26, minusem w stronę końcówki 26. Pojedyncze napięcie zasilające trzeba podać na końcówki nr 1 (plus) i nr 39 (masa). W przypadku kostek MAX139/140 końcówka 21 też powinna być podłączona do masy. Układ MAX138 może być zasilany pojedynczym napięciem 2,5...7V, natomiast MAX139/140 jest zasilany napięciem 5V. Na rysunku 21 pokazano schemat aplikacyjny kostek MAX138...140.

Dzięki uprzejmości firmy:  
UNIPROD-COMPONENTS Sp. zo.o.  
tel/fax (0-32) 38-20-34  
ul. Sowińskiego 26  
44-100 Gliwice

oficjalnego dystrybutora wyrobów firmy Maxim, redakcja EdW otrzymała trochę próbek układów MAX138 do bezpłatnego rozdania wśród Czytelników EdW. Kostki te zostaną udostępnione osobom, które nadeślą do redakcji listy z sensownymi propozycjami ich wykorzystania.

## Podsumowanie

Podany obszerny materiał może wywołać wrażenie, że wykorzystanie kostek ICL7106/07 i pochodnych jest bardzo trudnym zadaniem. Jest wręcz przeciwnie. Kostki te nie sprawiają kłopotów, są odporne na uszkodzenia, nawet przy niezbyt ostrożnym ich traktowaniu. Wystarczy zbudować układ woltomierza cyfrowego napięcia stałego na podstawie rysunków 14 i 15 i będzie on pracował bez żadnych problemów.

Natomiast podane szczegółowe wskazówki pomogą osobom dociekliwym i bardziej zaawansowanym, w pełni wykorzystać walory kostek w wielu nietypowych zastosowaniach. Osoby te powinny pamiętać o trzech zasadniczych zagadnieniach:

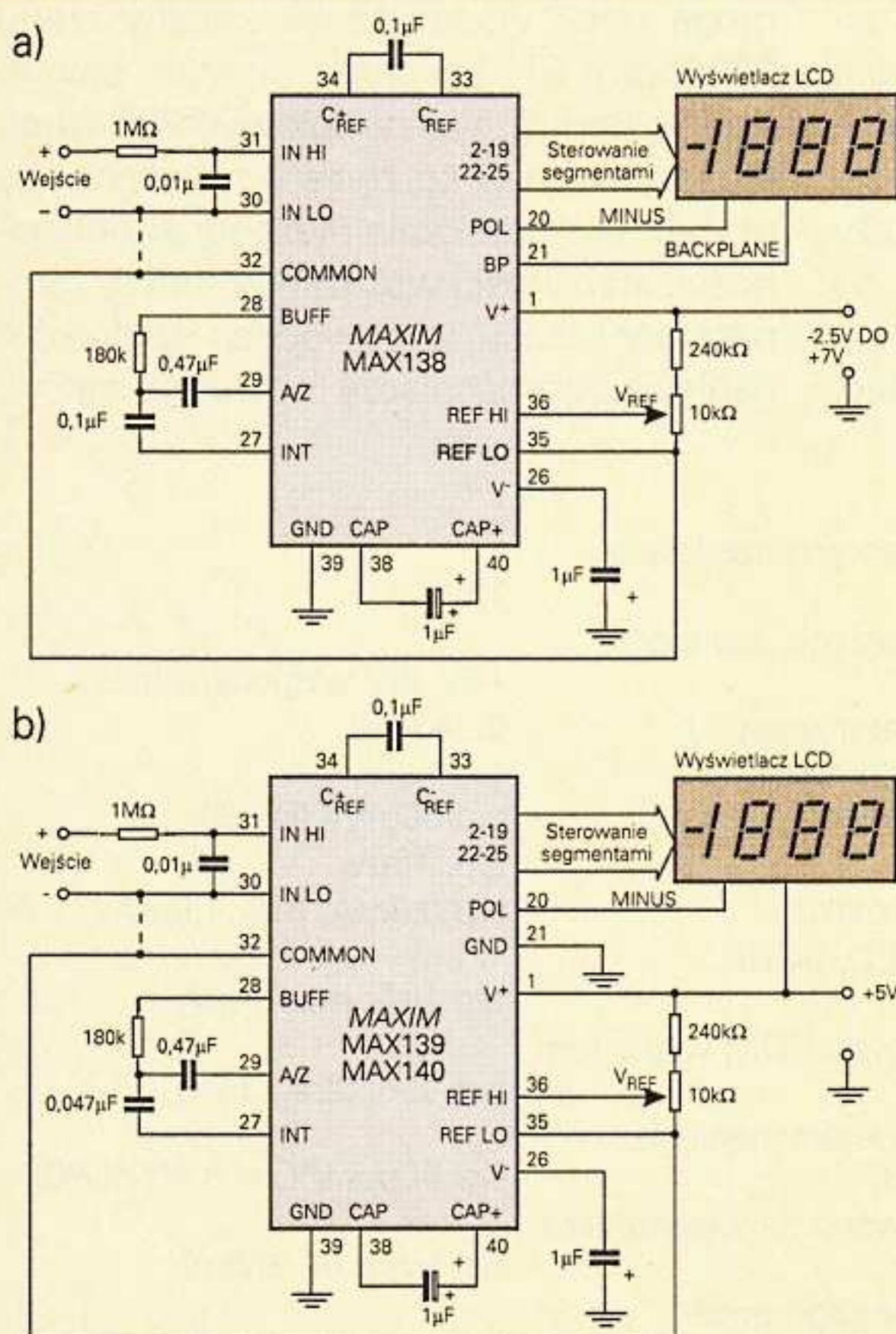
Uwzględniać dopuszczalne zakresy napięć wejściowych i napięć integratora, zgodnie z rysunkiem 7.

Rozróżniać sprawę rozdzielczości i ostatecznej dokładności wskazań

Stosować stabilne rezystory w obwodach napięcia odniesienia i dzielnikach wejściowych.

W wielu zastosowaniach miernik będzie uzupełniony o dodatkowe obwody dzielników, wzmacniaczy, prostowników, itp. Szczegółowe omówienie sposobów dołączania do kostek 7106/07 takich obwodów wykracza poza ramy tego artykułu. Na życzenie Czytelników informacje takie mogą zostać przedstawione w jednym z następnych numerów EdW. Ponieważ temat jest bardzo szeroki, zainteresowani powinni nadeśłać do redakcji konkretne pytania i propozycje, jakie ich zdaniem powinny zostać omówione w takim artykule.

(red)



Rys. 21.