

ICL7106, ICL7107

część 1

Otwieramy nowy dział EdW. Tytuł: „Najstynniejsze 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 niezliczonymi układami, które utrzymują się na rynku przez długie lata. Można powiedzieć, iż życie pozytywnie zweryfikowało ich praktyczną przydatność.

W dziale „Najstynniejsze 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 nieślabnącą popularnością. Każdy praktykujący elektronik powinien znać je i umieć sensownie wykorzystać.

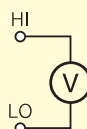


Układy ICL7106/07 umożliwiają zbudowanie prostego i taniego cyfrowego woltomierza napięć stałych, który uzupełniony odpowiednimi przystawkami i przetwornikami może pełnić rolę cyfrowego miernika różnych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Układ 7106 współpracuje z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym, 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.

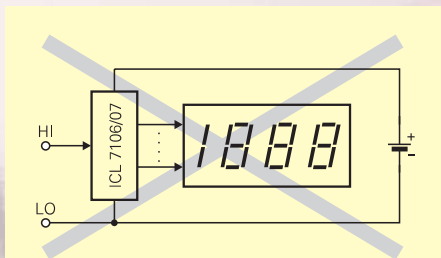
oba zaciski są „równouprawnione”, to znaczy nie ma znaczenia, do jakich punktów układu zostaną podłączone, byleby tylko przy pomiarach napięć stałych zachowana była właściwa biegunowość. Inaczej jest w miernikach cyfrowych (a także w wielu innych przyrządach pomiarowych). Woltomierz cyfrowy prądu stałego 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. Jedną 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

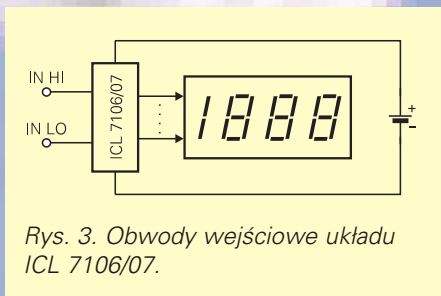
wyeliminować wpływ ewentualnych zakłóceń. Właśnie ze względu na zakłócenia, sprawa „zimnego” i „gorącego” zacisku wejściowego ma niebagatelne znaczenie praktyczne. Najbardziej sprawa ta daje o sobie znać w dużych urządzeniach pomiarowych zasilanych z sieci. W przypadku małych mierników zasilanych z baterii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

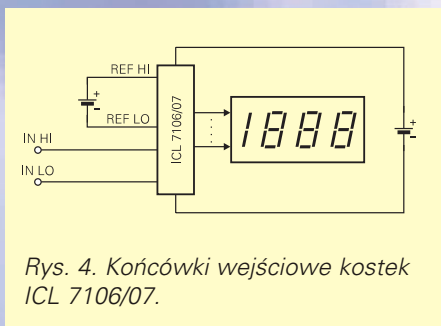
W innych przyrządach często spotyka się określenia HI oraz LO. Określenia te pochodzą od angielskich słów Hlgh – wysoki i LOw – niski. Określenia wysoki, niski przede wszystkim związane są z opornościami (impedancjami) tych punktów względem masy miernika, ale też, niejako przy okazji, wskazują biegunowość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



Rys. 2. Konceptcja budowy voltomierza.



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



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

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.

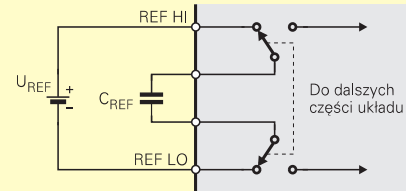
Przy budowie przyrządów zawierających mierniki wskazówkowe (magneto-elektryczne), nie zastanawiamy się nad kwestią, od czego zależy dokładność i stabilność w czasie wskazań takiego miernika. A zależą one między innymi od stabilności parametrów użytego magnesu trwałego, zmian wymiarów i oporności cewki 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.

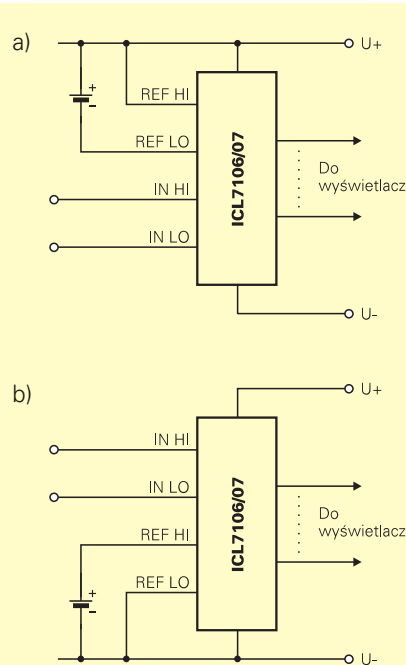
Część analogowa

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.

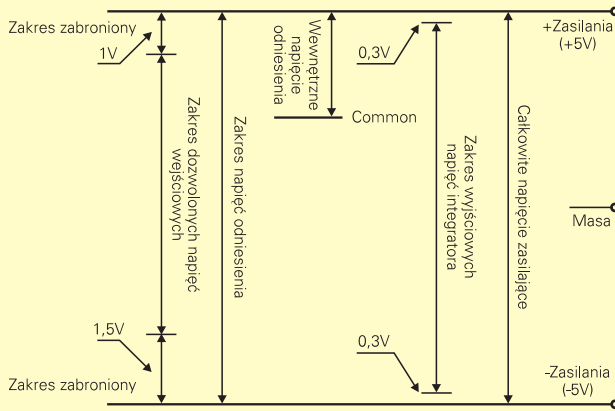


Rys. 6. Przykład połączenia wejść odniesienia.

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 pamiętajacemu, 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-

Najstynniejsze aplikacje



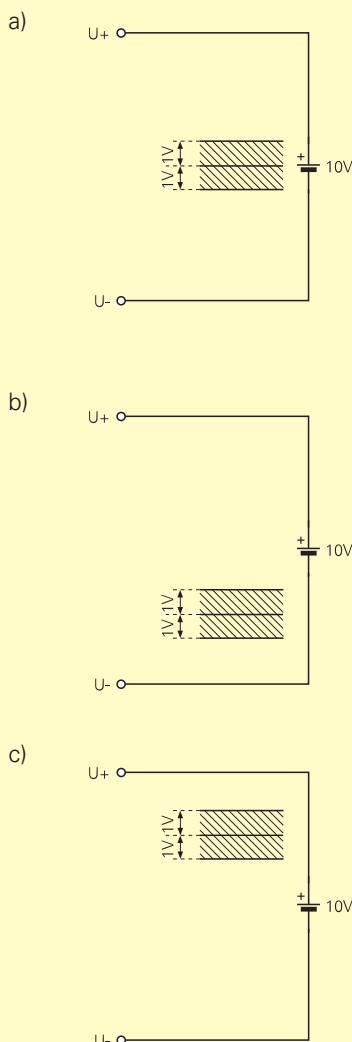
Rys. 7. Dopuszczalne zakresy napięć (wejściowych i wyjściowych) na poszczególnych nóżkach układu.

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 pracował.

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**.

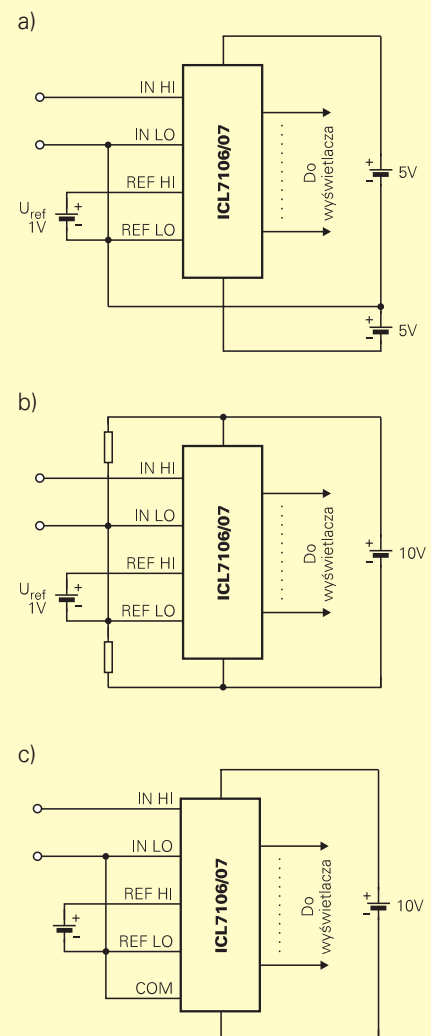
Układ z symetrycznym napięciem zasilania (**rysunek 9a**) stosowany jest często z kostką ICL7107. Natomiast kostka ICL7106 zazwyczaj zasilana jest pojedynczym napięciem. W takim przypadku trzeba jedną z końcówek wejściowych „zacześcić” gdzieś w zakresie dozwolonych napięć wejściowych. Można to zrobić za pomocą dwóch rezystorów, jak pokazano na **rysunku 9b**. Gdy rezystory będą mieć jednakowe wartości, końcówka IN LO będzie „zaczeppiona” 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 „zaczeppiona na napięciu” $(U_+)-1V$ lub $(U_-)+1,5V$, jak na pierwszym rzut oka wynikałoby z **rysunku 7**. Należy bowiem pamiętać, iż kostka mierzy zarówno napięcia dodatnie jak i ujemne i należy zostawić zapas równy zakresowi mierzonego napięcia – 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).

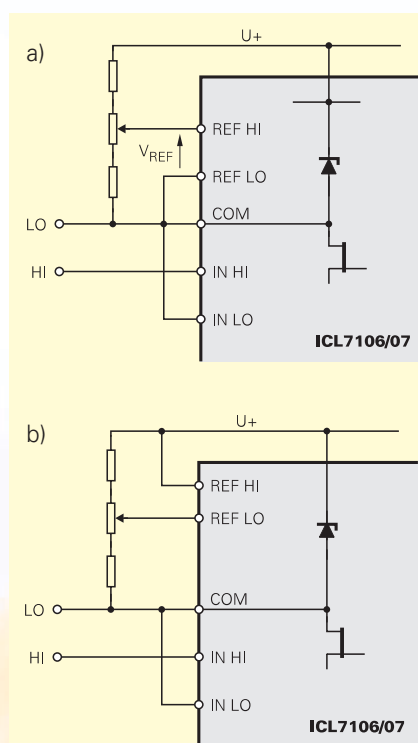
Jak z tego widać, wybór zakresu pomiarowego jest bardzo prosty – trzeba tylko ustawić odpowiednie napięcie U_{ref} .

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.

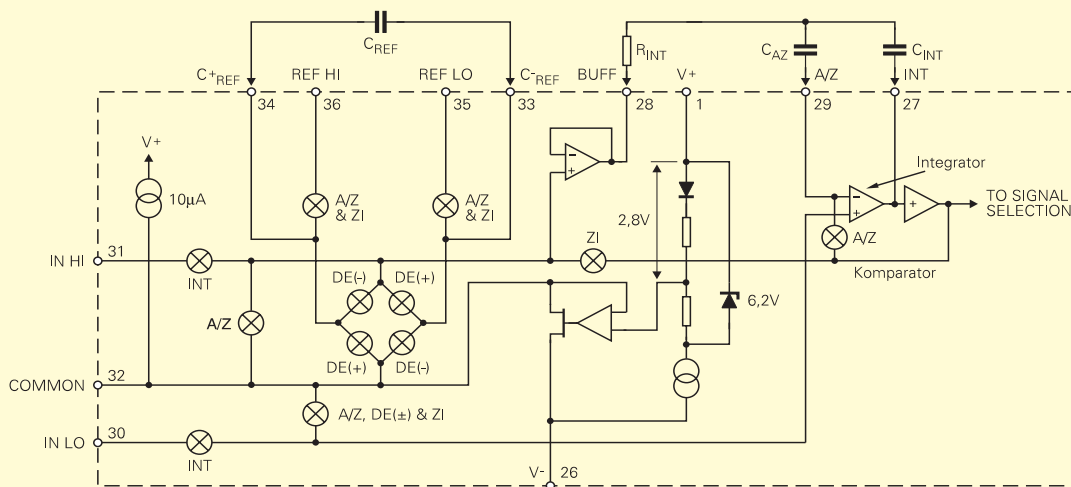
W typowych zastosowaniach wystarczy bez większego namysłu zastosować jeden z układów według rysunku 10. Ale końcówka COM może być podłączona inaczej. Trzeba wyraźnie podkreślić, że układ zaznaczony na rysunku 10 jako „diody Zenera” wcale taką diodą nie jest i ma nietypowe właściwości. Przez prawdziwą 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 umożliwia 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 będzie zaskoczeniem, ale w układzie z rysunku 9a końcówka COM może być



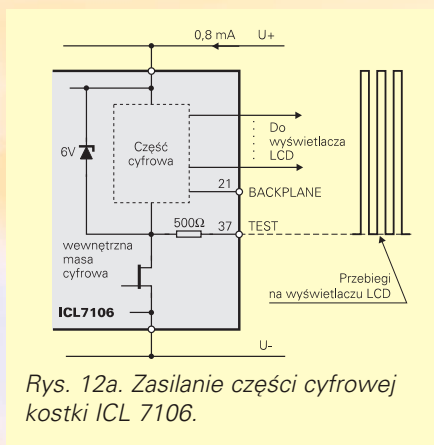
Rys. 11. Uproszczony schemat wewnętrzny części analogowej.

Najśłynniejsze aplikacje

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.

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 błędy).

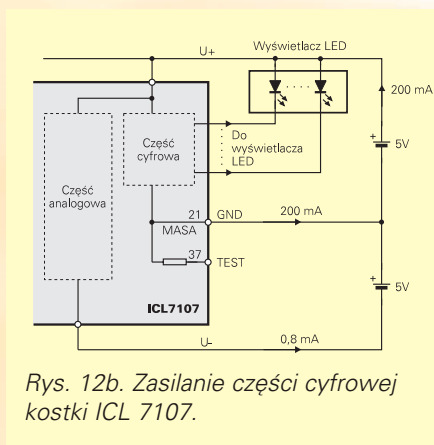
Pojemność kondensatora C_{REF} w typowych aplikacjach wynosi 100nF, a w nietypowych należy ją dla bezpieczeństwa zwiększyć do 470nF...1μF.

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



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

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.

(red)

Cd. w EdW 6/97