

Najstławniejsze Cyfrowe potencjometry firmy Xicor

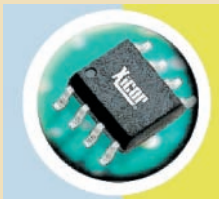
Część 1



Cyfrowe potencjometry elektroniczne produkowane są obecnie przez wielu wytwórców. Najbardziej znane są wyroby firm Dallas i Xicor. Osoby, które po raz pierwszy mają do czynienia

Xicor wyprodukował pierwsze potencjometry EEPOT w roku 1987 w technologii NMOS. Choć te pierwsze wyroby charakteryzowały się dużym poborem energii, znalazły szereg zastosowań i przyjęły się na rynku. W roku 1992 wprowadzono drugą generację potencjometrów elektronicznych, wykonanych w technologii CMOS, co było niewątpliwym przełomem ze względu na zmniejszenie poboru prądu. W roku 1995 pojawiły się układy o niskim napięciu zasilania (3V). Dalszym krokiem było pojawienie się układów trzeciej generacji, charakteryzujących się mniejszymi szumami i jeszcze mniejszym poborem mocy.

Potencjometry firmy Xicor oznaczane są przez producenta skrótowo XDCP - Xicor Digitally Controlled Potentiometer. Od dawna docenianą zaletą układów firmy Xicor jest obecność nieulotnej pamięci EEPROM, dzięki której nastawy potencjometrów są zachowywane po wyłączeniu i włączeniu zasilania. Dlatego potencjometry te oznaczane są także EEPOT lub E²POT.



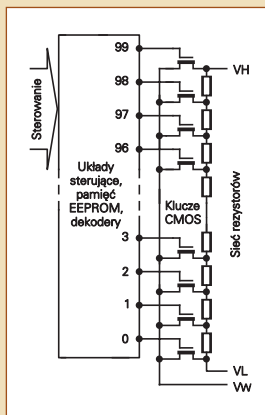
Potencjometr cyfrowy jest w rzeczywistości zespołem wielu (np. 100) rezystorów i przełączników CMOS. Logiczne układy sterujące włączają odpowiednio klucze odpowiednio do zawartości licznika. Rysunek 1 pokazuje ogólną zasadę budowy układów scalonych tego typu. W praktyce w strukturze zawarte jest od 16 do 256 przełączników, a rezystorów zawsze o jeden mniej. Jeśli wszystkie rezystory składowe są jednakowe, uzyskuje się potencjometr o charakterystyce liniowej. Do regulacji głośności w urządzeniach audio nie-

z ofertą potencjometrów cyfrowych firmy Xicor mogą być przestraszone zarówno mnogością typów, jak i występowaniem układów, których funkcje i parametry wydają się jednakowe.

porównanie lepiej nadają się układy, w których rezystory mają różne wartości, a wypadkowa charakterystyka regulacji ma charakter logarytmiczny (ściślej wykładniczy).

W ofercie firmy Xicor można znaleźć potencjometry elektroniczne o kilku różnych sposobach sterowania.

Najprostsze do zastosowania są potencjometry PushPot w ośmionóżkowych obudowach DIL i SO-8. Rysunek 2 pokazuje przykład wykorzystania potencjometru typu PushPot z ręcznym (2a) i automatycznym (2b) zapisem do wewnętrznej pamięci EEPROM. Przyciski *Góra*, *Dół* pozwalają „przesuwać” suwak potencjometru



Rys. 1 Zasada budowy potencjometru cyfrowego

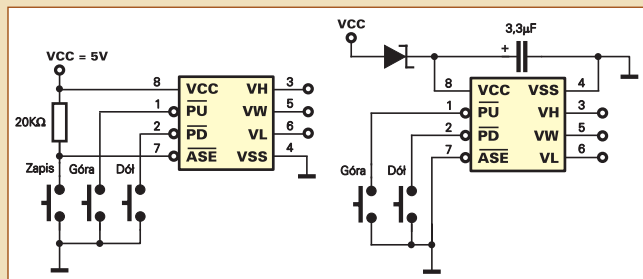
Nie trzeba się jednak niczego bać - występująca różnorodność oraz wycofywanie jednych, a wprowadzanie innych typów związane są z ciągłym postępem.

Gdy końcówka ASE jest w stanie wysokim, funkcja automatycznego zapisu EEPROM-u jest zablokowana. Stan suwaka można zapisać do pamięci ręcznie, zwieryając tę końcówkę do masy za pomocą przycisku - rysunek 2a. Ponieważ w trybie automatycznym zapis odbywa się podczas wyłączenia zasilania, potrzebny jest dodatkowy kondensator i dioda (czas spadku napięcia od 4V do 3,5V nie może być krótszy niż 2ms).

Wielu Czytelnikom Elektroniki dla Wszystkich najbardziej spodobają się właśnie potencjometry PushPot. Niestety, obecnie w ofercie firmy występuje tylko jeden układ tego typu, mianowicie X9511, a wcześniej produkowany X9514 zniknął z oferty, dlatego należy dokładnie poznać właściwości układów z interfejsem 3-wire, bo właśnie one są najczęściej stosowane w prostszych konstrukcjach. Układem tego typu poświęcono dalszą część artykułu.

Oddzielną grupę tworzą kostki z interfejsami SPI (serial peripheral interface) oraz 2-wire (który może współpracować z popularną szyną I²C). Przeznaczone są one do sterowania przez mikroprocesor lub komputer.

Oprócz typowych potencjometrów Xicor produkuje układy zawierające potencjometry



Rys. 2 Wykorzystanie potencjometru typu PushPot

i komparatory bądź wzmacniacze operacyjne - zobacz rysunek 3.

Układy z interfejsami I²C (2-wire) oraz SPI praktycznie nie nadają się do sterowania „na piechotę” i będą wykorzystywane przez osoby potrafiące programować mikrokontrolery. Ponieważ takie osoby zazwyczaj mają komputery i dostęp do Internetu, mogą bez kłopotu ściągnąć wszystkie niezbędne informacje z sieci. Dlatego układy takie nie są szczegółowo omawiane w niniejszym artykule. (Oprócz kart katalogowych warto ściągnąć notę aplikacyjną AN-88 i program XK9241.EXE)

Skrócony wykaz potencjometrów XDCP oraz pokrewnych układów z komparatorami i wzmacniaczami operacyjnymi, dostępnych na początku roku 2000, zawarty jest w tabeli 1.

Dla bardziej zaawansowanych i dociekliwych przeznaczona jest tabela 2 i rysunek Rodzina XDCP, które pomogą przeanalizować całą ofertę. Oznaczenie dual supply wskazuje, że układ jest zasilany napięciem p o d ó j n y m . Część cyfrowa jest zasilana napięciem Vcc (typowo +5V), część analogowa napięciami V- i V+.

Digitally Controlled Potentiometers (XDCP)

Quad 256 Tap

X9250 U, T SPI

X9258 U, T I²C

Quad 64 Tap

X9241 Y, W, U, M

SPI

X9400Y, W SPI

X9401 W SPI

X9408Y, W I²C

X9409 W I²C

Dual 64 Tap

X9221 Y, W, U SPI

X9410 Y, W SPI

X9418 Y, W I²C

Single 100 Tap

X9C102 3wire

X9C103 3wire

X9C104 3wire

X9C303 3wire

X9C503 3wire

X9312 Z, W, T 3wire

X9317 W, U 3wire

Single 64 Tap

X9420Y, W* SPI

X9421 W* SPI

X9428Y, W I²C

X9429 W* I²C

Single 32 Tap

X9313 Z, W, U, T 3wire

X9315 W, N 3wire

X9015 U 3wire

Single 16 Tap

X9116 W 3wire

32 Tap PushPOTs

X9511 Z, W PushPot

Smart Analog

Op Amps

X9430 SPI

X9438 I²C

Comparators

X9440 Y, W SPI

X9448 Y, W I²C

* w opracowaniu

Wartości rezystancji

(Ω):

Z=1k, Y=2k, W=10k,

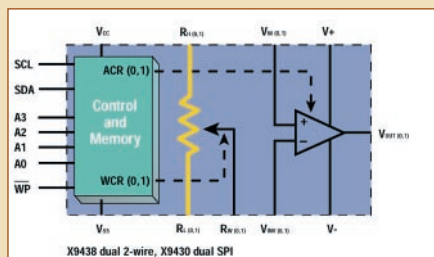
U=50k, T=100k,

M=2k, 10k, 50k

N=500k

Pozostałe kostki są zasilane pojedynczym napięciem (single supply), zwykle 5V.

Rubryka VH/VL pokazuje, jaki zakres napięć dozwolony jest dla wszystkich końcówek potencjometru (wyprowadzeń oznaczonych VH/RH, VW/RW, VL/RL). Niektóre układy



Rys. 3 Układ typu Smart Analog

Tab. 2

Digitally Controlled Potentiometers XDCPs

Uwaga! Typy zaznaczone kursywą nie są zalecane do nowych opracowań

Typ	Opis	Opcja	Vcc (V)	Icc (mA)	ISB (µA)	VH/VL	V+	V-
Quad 256 Tap								
X9250U X9250T	SPI, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
X9258U X9258T	I ² C, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
Quad 64 Tap								
X9241Y X9241W X9241U X9241M	I ² C		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9241W		-2,7	2,7-5,5	0,4	1	0 to 5,5V		
X9400Y X9400W	SPI, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
X9400W		-2,7	2,7-5,5					
X9401W	SPI		4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
X9401W		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
X9408Y X9408W	I ² C, dual supply	-2,7	4,5-5,5 2,7-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
X9408W			-8,25					
X9409W	I ² C		4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
X9409W		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
Dual 64 Tap								
X9221Y X9221W X9221U	I ² C		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9410Y X9410W	SPI, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
X9418Y X9418W	I ² C, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
		-2,7	2,7-5,5	0,4	1			
Single 100 Tap 3-wire								
X9C102	1K		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9C103	10K		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9C104	100K		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9C303	32K		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9C503	50K		4,5-5,5	3	500	-5,5V to +5,5V	na	na
X9312W X9312U X9312T	1K 0-15V		4,5-5,5	3	1000	0 to +15V	na	na
X9317W X9317U			4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
X9317Z		-2,7	2,7-5,5					
Single 64 Tap								
X9420Y X9420W	SPI, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
		-2,7	2,7-5,5					
X9421W	SPI		4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
		-2,7	2,7-5,5					
X9428Y X9428W	I ² C, dual supply		4,5-5,5	0,4	1	-5,5V to +5,5V	+2,7V to +5,5V	-2,7V to -5,5V
		-2,7	2,7-5,5					
X9429W	I ² C		4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
		-2,7	2,7-5,5					
Single 32 Tap 3-wire								
X9313Z X9313W X9313U X9313T			4,5-5,5	3	500	-5V to +5V	na	na
		-3	3,0-5,5	3	500			
X9315W X9315U X9315T X9015U			4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
Single 16 Tap 3-wire								
X9116W			4,5-5,5	0,4	1	0V to +5,5V	na	na
		-2,7	2,7-5,5					
32 Tap Pushpots								
X9511W X9511Z			4,5-5,5	3	500	-5V to +5V	na	na

Tab. 1

mają wewnętrzną przetwornicę i w rezultacie dopuszczalny zakres napięć VH/VL na końcówkach potencjometru jest większy niż napięcie zasilania. W innych ograniczony jest do napięcia zasilania (części analogowej, czyli V-...V+).

Liczba 2,7 lub 3 w kolumnie opcja wskazuje, że dostępne są wersje niskonapięciowe (2,7V; 3V), o oznaczeniu np. X9317-2.7.

Oprócz poboru prądu w trybie aktywnym (Icc), podano także prąd pobierany w trybie uśpienia StandBy (ISB). W trybie tym nastawy potencjometru zostają zachowane, a część cyfrowa (sterująca) prawie nie pobiera prądu.

Dalszych szczegółów należy szukać w kartach katalogowych i notach aplikacyjnych, dostępnych pod adresem

www.xicor.com.

Koniec części 1.

Piotr Górecki

Interfejs 3-wire

Uproszczone schemat blokowy scalonego potencjometru cyfrowego z interfejsem 3-wire pokazany jest na **rysunku 4**. **Rysunek 5** pokazuje rozkład wyprowadzeń wersji DIL oraz standardowej SMD typu SO-8 (uwaga - jeszcze mniejsze wersje SMD w obudowach TSSOP i MSOP mają odmienny układ wyprowadzeń). Końcówki VH, VL, VW odpowiadają wyprowadzeniom zwykłego potencjometru. Oznaczenia H (high - górny) oraz L (low - dolny) są umowne i dotyczą sposobu sterowania; nie są natomiast związane z biegunowością napięć na tych końcówkach (co oznacza, że końcówka VL może mieć potencjał wyższy niż VH).

Dostępne obecnie potencjometry XDCP z interfejsem 3-wire są zamykane w jednako- wych 8-nóżkowych obudowach, mają iden- tyczny układ wyprowadzeń i są zasilane po- jedynczym napięciem dodatnim względem masy, czyli końcówki 4. Jednak dzięki zasto- sowaniu wewnętrznego podwójacza napięcia przy takim pojedynczym zasilaniu dopu- szczalny zakres napięć na końcówkach VH, VL, VW jest znacznie szerszy - zazwyczaj $\pm 5V$. Szczegóły zawarte są w **tabeli 2**.

Zasada pracy interfejsu 3-wire jest bardzo prosta. Wejście INC (increment) jest wej- ściem sygnału taktującego, zmieniającego po- łożenie suwaka. Każde opadające zbocze na tym wejściu powoduje przesunięcie suwaka „o jedną pozycję”. Kierunek przesuwania jest wyznaczony przez stan logiczny na wejściu U/D (up/down). Jak wskazuje oznaczenie, stan wysoki na wejściu U/D powoduje prze- suwanie w górę, czyli w stronę końcówki VH, stan niski - w dół, w kierunku VL. Podobnie jak w zwykłym potencjometrze obrotowym, po osiągnięciu jednej ze skrajnych pozycji, suwak pozostaje w niej (a nie przeskakuje na przeciwległą skrajną), co jest istotną zaletą.

Końcówka \CS (Chip Select) jest wej- ściem zezwalającym. Stan niski umożliwia pracę, to znaczy pozwala zmieniać stan po- tencjometru. W obecności napięcia zasilają- cego, gdy wejście \CS ma stan wysoki, układ scalony jest w stanie spoczynku, w którym pobór prądu jest radykalnie zmniejszony, przy czym sam potencjometr może normal- nie pracować, a suwak pozostaje w ostatnio osiągniętym położeniu. Oznacza to, że układ może być „budzony” tylko na czas regulacji,

a potem w czasie pracy stale pozostawać w spoczynku.

Co bardzo ważne, rosnące zbocze na wej- ściu \CS, podczas gdy na wejściu INC jest stan wysoki, powoduje zapisanie „położenia suwaka” do wewnętrznej, nieulotnej pamięci EEPROM przed przejściem w stan spoczyn- kowy. Rosnące zbocze na \CS i obecność sta- nu niskiego na INC powoduje przejście do stanu spoczynku bez zapisania ostatniego po- łożenia suwaka - w pamięci pozostanie jakieś zapisane tam wcześniej położenie suwaka.

Takie właściwości umożliwiają wybór funkcji potrzebnej w danym zastosowaniu: albo po włączeniu napięcia zasilającego układ suwak zawsze znajduje się w tej samej pozycji, albo przywracana jest ostatnia pozy- cja sprzed wyłączenia napięcia.

Właściwości wejść sterujących zebrane są w **tabeli 3**. Choć podane właśnie zasady ster- rowania mogą się wydać dość trudne, w praktyce można wykorzystać prosty układ do ręcznego sterowania, pokazany na **rysun- ku 6**. Dodanie jednej popularnej kostki CMOS 4093 i kilku elementów dyskretnych pozwala sterować pracą układu za pomocą dwóch przycisków (GÓRA, DÓŁ).

W stanie spoczynku, gdy żaden z przyci- sków nie jest wciśnięty, na wejściach bramki A występują stany wysokie, a na jej wyjściu stan niski. Generator z bramką C nie pracuje. Na wyjściu bramki B panuje stan wysoki.

Naciśnięcie któregoś z przycisków powoduje pojawienie się stanu wysokiego na wyjściu bramki A. W pierwszej kolejności przez diodę D1 szybko naładuje się C1, bramka B zmieni stan i stan niski na wejściu \CS (n.7) zezwoli na pracę kostki U1. Po chwili wyznaczonej przez R4C2 zostanie uruchomiony generator na bramce C. Już pierwsze, krótkie naciśnięcie któregoś z przycisków spowoduje pojawienie się ujemne- go zbocza na wejściu INC (n. 1 U1) i skok suwaka o jedną pozycję. Gdy przycisk będzie naciskany długo, pracujący generator C bę- dzie przesuwiał suwak, aż ten dojdzie do jed- nej z pozycji skrajnych i tam się „zatrzyma”.

Po zwolnieniu przycisku, na wyjściu bram- ki A pojawi się stan niski. Kondensator C2 szybko rozładuje się przez diodę i unieruchomi generator C, wymuszając na jego wyjściu i nóżce 1 U1 stan wysoki. Po krótkim czasie opóźnienia, wyznaczonym przez R3C1, wy- ścię bramki powróci do stanu wysokiego. Jak

podano wcześniej, rosnące zbocze na \CS w chwili, gdy wejście INC jest w stanie H powoduje zapamiętanie położenia suwaka w wewnętrznej, nieulotnej pamięci EE- PROM. Oznacza to, że zapis do pamięci wy- konywany jest po każdym naciśnięciu i zwol- nieniu przycisku sterującego.

Szybkość przesuwu suwaka przy ciągłym naciskaniu można dobrać dowolnie, zmienia- jąc wartość R5 w zakresie $10k...2,2M\Omega$.

Układ z rysunku 6 jest zalecany przez pro- ducenta i nie powinien sprawić żadnych nie- spodzianek. Oczywiście kostki z interfejsem 3- wire mogą też być sterowane przez mikropro- cesor. Wtedy linie INC oraz U/D będą wspól- ne dla wielu kostek, natomiast końcówki \CS umożliwią wybranie konkretnego układu. Przy takim zastosowaniu, aby uniknąć niespodzia- nek, trzeba sprawdzić w karcie katalogowej wymagania czasowe dotyczące przebiegów sterujących. Warto również zajrzeć do noty aplikacyjnej AN-92, gdzie omówiono niebez- pieczeństwo zmiany stanu potencjometru tuż po włączeniu zasilania, gdy wejście \CS nie jest w tym czasie w stanie wysokim (nie jest podciągnięte rezystorem do plusa zasilania).

Wersje

Liczba dostępnych wersji podobnych kostek z interfejsem 3-wire może przypra- wić niejednego Czytelnika o ból głowy. Jednak po krótkiej analizie można bez tru- du zrozumieć różnice. Przede wszystkim należy pamiętać, że wszystkie dostępne obecnie układy z tym interfejsem mają iden- tyczny rozkład wyprowadzeń. Różnią się tylko ilością kroków regulacji (czyli liczbą rezystorów), dopuszczalnymi zakre-

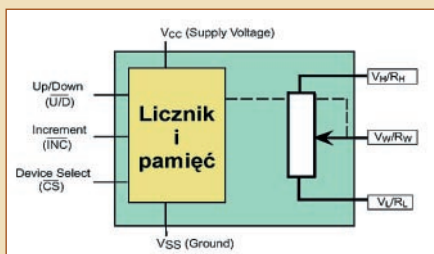
\CS	INC	U/D	tryb pracy
L		H	suwak do góry
L		L	suwak do dołu
	H	X	zapis położenia suwaka
H	X	X	stan spoczynku - StandBy
	L	X	powrót do spoczynku bez zapisu

Tab. 3

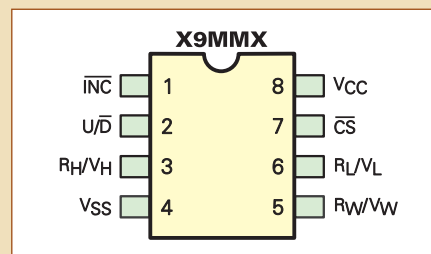
sami napięć zasilania i napięć na końców- kach potencjometru oraz charakterystyką regulacji (liniowa / logarytmiczna). Starsze wersje wycofane z oferty, obecne jeszcze na rynku, miały gorsze niektóre parametry, na przykład pobierały więcej prądu lub miały mniejszą liczbę rezystorów.

Na przykład układ X9314 nie jest już pro- dukowany, bo został zastąpiony niemal iden- tyczną kostką X9C303 o większej liczbie kro- ków regulacji (100 zamiast 32) oraz innej rez- ystancji (30kΩ zamiast 10kΩ).

Starsza liniowa kostka X9313 (32 stopnie) jest wypierana przez nowsze 100-stopniowe ro- dziny X9CMME, czyli X9C102, 103, 104, 503 (odpowiednio 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 50kΩ). Co istotne, liniowy układ X9312 przy zasilaniu po- jedynczym napięciem +5V ma dopuszczany



Rys. 4 Układ z interfejsem 3-wire

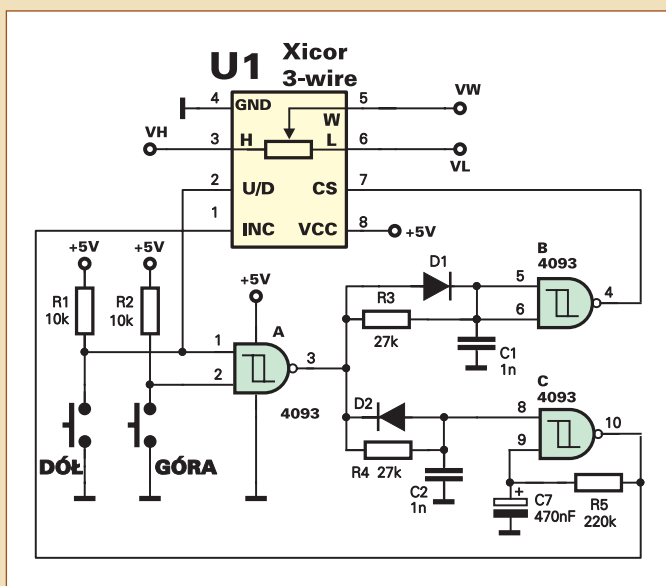


Rys. 5 Rozkład wyprowadzeń

zakres napięć na końcówkach potencjometru (n. 3, 5, 6) równy 0...+15V, a nie ±5V, jak wszystkie wcześniej wymienione. Jest to bardzo pożyteczna właściwość w niektórych zastosowaniach; umożliwia na przykład sterowanie analogowym procesorem dźwięku (LM1036, TDA1524), zasilanym napięciem 12V.

układy trzeba jednak zwracać uwagę na dopuszczalny zakres napięć na końcówkach potencjometru.

W nocie aplikacyjnej AN-51 można znaleźć schemat i opis układu cyfrowej regulacji z pomocą mikroprocesora głośności, balansu i barwy dźwięku z analogowym procesorem LM1036 i jedną poczwórną kostką X9241, sterowaną przez szynę I²C.



Rys. 6 Zalecany układ ręcznego sterowania

Kluczowe parametry

Generalnie wszystkie układy z interfejsem 3-wire mogą być zasilane napięciem 4,5...5,5V. Istnieją też wersje niskonapięciowe pracujące przy napięciach zasilania 2,7...5,5V. Mają one na końcu oznaczenia dodatkowe oznaczenie 2.7, na przykład X9317-2.7. Podstawowe parametry zebrane są w tabeli 4.

Podany współczynnik temperaturowy rezystancji, istotny przy zastosowaniach 2-końcówkowych (w roli rezystora regulowanego wg rysunku 8) jest bardzo niekorzystny - może wynosić ±300 a nawet ±600ppm/°C. Jednak przy zastosowaniach 3-końcówkowych (w roli potencjometru dzielącego napięcie wg rysunku 9) stabilność jest bardzo dobra i wynosi ±20ppm/°C.

Przykłady wykorzystania

Niektóre przykłady zastosowania potencjometrów elektronicznych (z dowolnym interfejsem) pokazane są na rysunkach 10...19. Pochodzą one głównie z not aplikacyjnych AN-115, AN124 i AN-133. Wszystkie te przykłady wskazują, że zakres zastosowań potencjometrów cyfrowych jest wręcz nieograniczony. Projektując własne

(red)

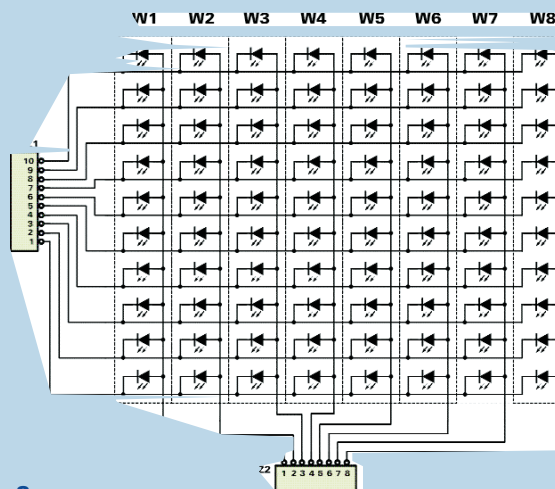
Zalecany zakres temperatur pracy: 0...+70°C
 Dopuszczalny zakres temperatur pracy: -65...+135°C
 Prąd zasilania w stanie aktywnym: typ. 1mA max 3mA
 Prąd zasilania w spoczynku: typ. 0,2mA max 0,5mA
 Moc wydzielana we wszystkich rezystorach potencjometru: do 10mW
 Maksymalny prąd suwaka (wyprowadzenia VW): 1mA
 Rezystancja suwaka (kluczy CMOS): typ 40Ω, max 100Ω
 Pojemności potencjometru (rysunek 7): 10...25pF
 Tolerancja rezystancji: ±20%
 Współczynnik temperaturowy rezystancji
 ±300...±600ppm/°C
 Szumy potencjometry: -120dBV
 Trwałość pamięci EEPROM: min 100000 cykli zapisu
 Trwałość danych w pamięci: 100 lat

Tab. 4

Ciąg dalszy ze strony 35

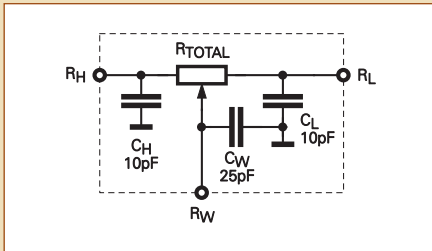
Kondensatory C1, C28- C30 filtrują napięcie zasilające układ. Do gniazd Z1 i Z2 powinien być dołączony wyświetlacz, którego schemat znajduje się na rysunku 2. Jak widać, bargrafy W1 - W8 zostały połączone w matrycę, która razem została pokazane narysunkach 3...5. Analizator został zmontowany na trzech dwustronnych płytkach, złożonych w tzw. kanapkę. Można spróbować zmienić układ LM3916 na LM3915 lub na liniowy LM3914 i sprawdzić wizualnie działanie analizatora z takimi układami.

Marcin Wiązania

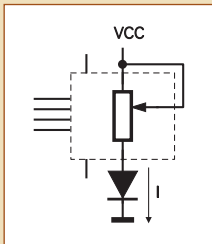


Rys. 2

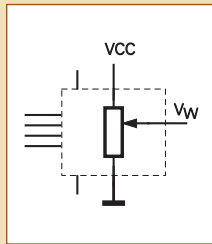
Od Redakcji. Ten interesujący układ nie trafił do działu E-2000 przede wszystkim ze względu na usterki w działaniu. dwóch kanałów o najwyższych częstotliwościach.



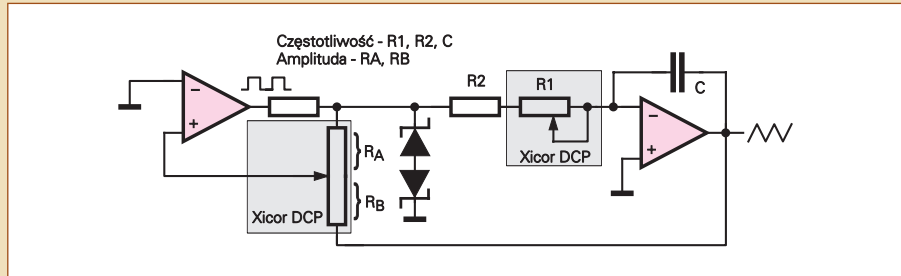
Rys. 7 Szkodliwe pojemności wewnętrzne



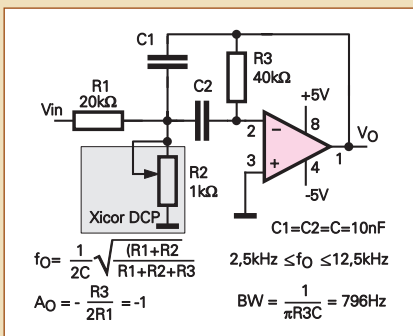
Rys. 8 Tryb - zmienny rezystor



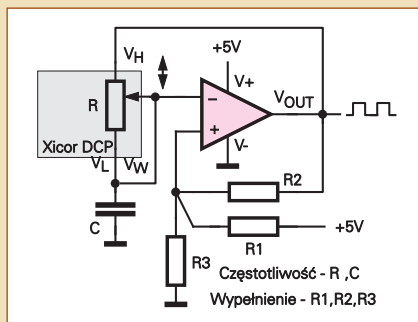
Rys. 9 Tryb - potencjometr



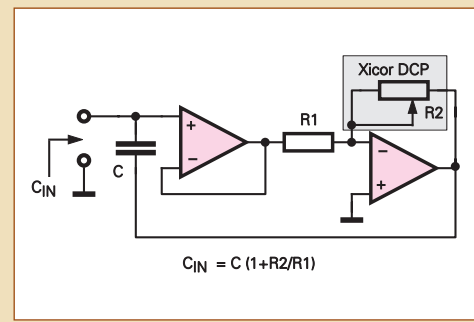
Rys. 16 Generator (2)



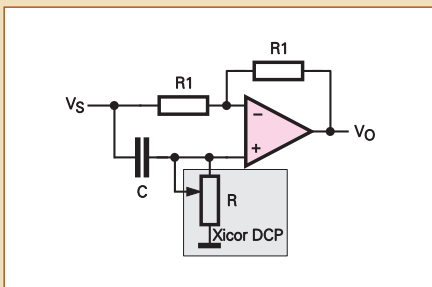
Rys. 10 Filtr pasmowy strojony



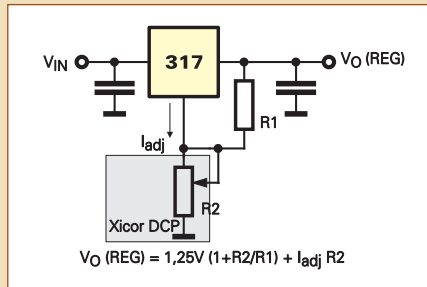
Rys. 13 Generator (1)



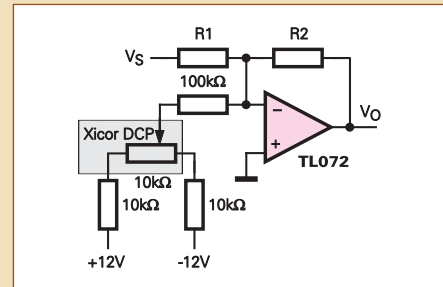
Rys. 17 Mnożnik pojemności



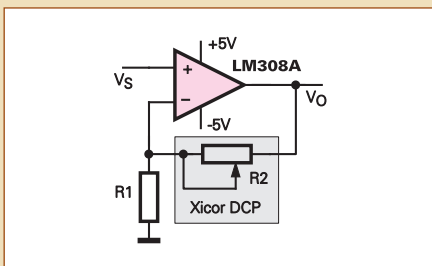
Rys. 11 Przesuwnik fazy



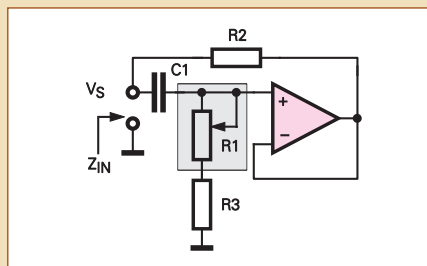
Rys. 14 Przerzutnik Schmitta o zmiennej histerezie



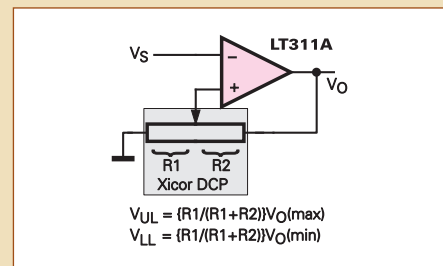
Rys. 18 Układ polaryzacji (zerowania)



Rys. 12 Wzmacniacz nieodwracający



Rys. 15 Indukcyjność



Rys. 19 Regulowany zasilacz