

# Najśłynniejsze Cyfrowe potencjometry firmy Xicor

## Część 2

aplikacje

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 z ofertą potencjometrów cyfrowych firmy Xicor mogą być przestraszone zarówno mnogością typów, jak i występowaniem układów, których funkcje i parametry wydają się jednakowe. Nie trzeba się jednak niczego bać - występująca różnorodność oraz wycofywanie jednych, a wprowadzanie innych typów związane są z ciągłym postępem. W drugim odcinku opisano szczegółowo interfejs 3-wire i podano przykłady praktycznych zastosowań elektronicznych potencjometrów.

### Interfejs 3-wire

Uproszczony 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 jednokowych 8-nóżkowych obudowach, mają identyczny układ wyprowadzeń i są zasilane pojedynczym napięciem dodatnim względem masy, czyli końcówki 4. Jednak dzięki zastosowaniu wewnętrznego podwajacza 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** (patrz część 1).

Zasada pracy interfejsu 3-wire jest bardzo prosta. Wejście INC (increment) jest wejściem sygnału taktującego, zmieniającego położenie 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 przesuwanie 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.

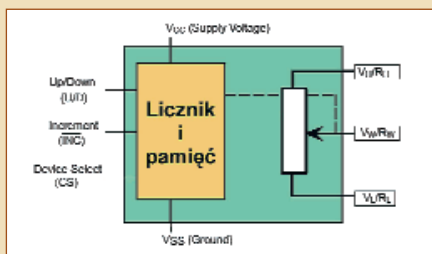
Końcówka \CS (Chip Select) jest wejściem zezwalającym. Stan niski umożliwia pracę, to znaczy pozwala zmieniać stan potencjometru. W obecności napięcia zasilają-

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 normalnie 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.

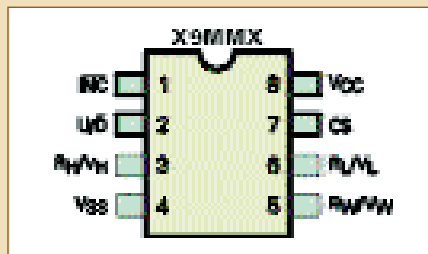
Co bardzo ważne, rosnące zbocze na wejściu \CS, podczas gdy na wejściu INC jest stan wysoki, powoduje zapisanie „położenia suwaka” do wewnętrznej, nieulotnej pamięci EEPROM przed przejściem w stan spoczynkowy. Rosnące zbocze na \CS i obecność stanu niskiego na INC powoduje przejście do stanu spoczynku bez zapisania ostatniego położenia 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 pozycja sprzed wyłączenia napięcia.

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



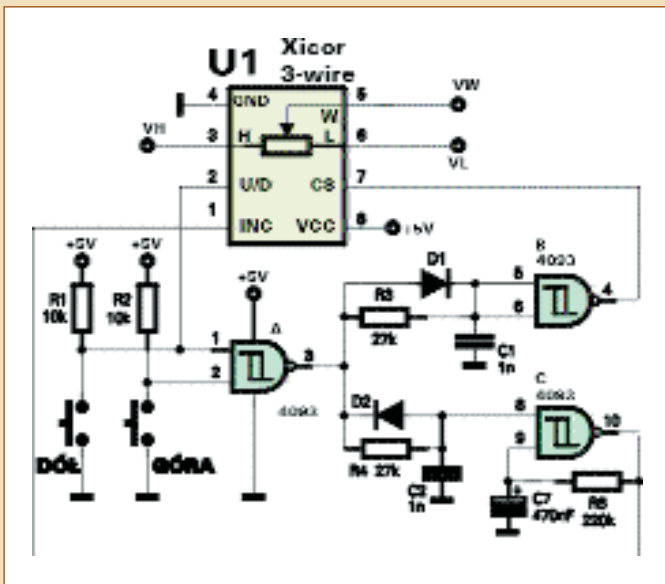
Rys. 4 Układ z interfejsem 3-wire



Rys. 5 Rozkład wyprowadzeń

CS	INC	U/D	tryb pracy
☐	↘	☐	suwak do góry
☐	↗	☐	suwak do dołu
↘	☐	☐	zapieł potencjometru suwaka
☐	☐	☐	stan spoczynku - StandBy
↘	☐	☐	powrót do spoczynku bez zapieł

Tab. 3

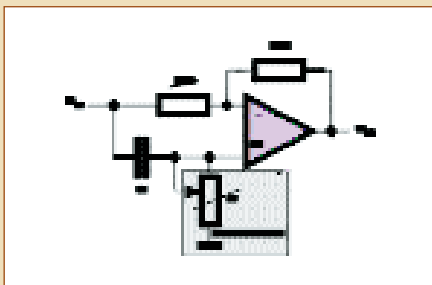


Rys. 6 Zalecany układ ręcznego sterowania

W stanie spoczynku, gdy żaden z przycisków 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 ładuje się C1, bramka B zmienia 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 ujemnego zbocza na wejściu INC (n. 1 U1) i skok suwaka o jedną pozycję. Gdy przycisk będzie naciskany długo, pracujący generator C będzie przesuwając suwak, aż ten

Rys. 7 Przesuwnik fazy



dojdzie do jednej z pozycji skrajnych i tam się „zatrzyma”.

Po zwolnieniu przycisku, na wyjściu bramki 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, wyjście 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 EEPROM. Oznacza to, że zapis do pamięci wykonywany jest po każdym naciśnięciu i zwolnieniu przycisku sterującego.

Szybkość przesuwu suwaka przy ciągłym naciskaniu można dobrać dowolnie, zmieniając wartość R5 w zakresie 10k...2,2MΩ.

Układ z rysunku 6 jest zalecany przez producenta i nie powinien sprawić żadnych niespodzianek. Oczywiście kostki z interfejsem 3-wire mogą też być sterowane przez mikroprocesor. Wtedy linie INC oraz U/D będą wspólne dla wielu kostek, natomiast końcówki \CS umożliwią wybranie konkretnego układu. Przy takim zastosowaniu, aby uniknąć niespodzianek, trzeba sprawdzić w karcie katalogowej wymagania czasowe dotyczące przebiegów sterujących. Warto również zajrzeć do noty aplikacyjnej AN-92, gdzie omówiono niebezpieczeństwo 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 przyprawić nie-

jednego Czytelnika o ból głowy. Jednak po krótkiej analizie można bez trudu zrozumieć różnice. Przede wszystkim należy pamiętać, że wszystkie dostępne obecnie układy z tym interfejsem mają identyczny rozkład wyprowadzeń. Różnią się tylko ilością kroków regulacji (czyli liczbą rezystorów), dopuszczalnymi zakresami napięć zasilania i napięć na końcówkach 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 produkowany, bo został zastąpiony niemal identyczną kostką X9C303 o większej liczbie kroków regulacji (100 zamiast 32) oraz innej rezystancji (30kΩ zamiast 10kΩ).

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

## Kluczowe parametry

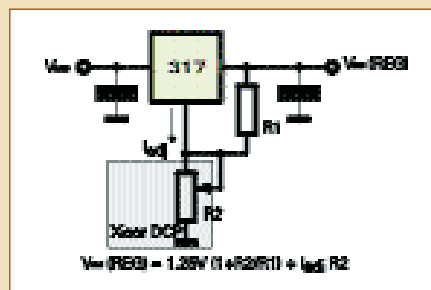
Generalnie wszystkie układy z interfejsem 3-wire mogą być zasilane napięciem 4,5...5,5V. Istnieją też wersje niskonapięciowe pracujące przy napięciach zasilania 2,7...5,5V. Mają one na końcu oznaczenia dodatkowe oznaczenie 2.7, na przykład X9317-2.7. Podstawowe parametry zebrane są w tabeli 4.

Podany współczynnik temperaturowy rezystancji, istotny przy zastosowaniach

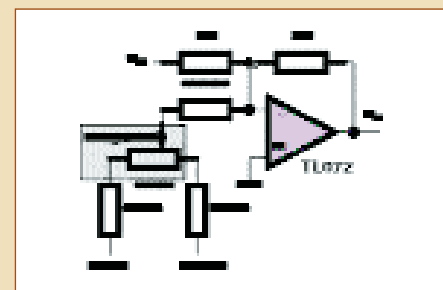
2-końcówkowych (w roli rezystora regulowanego wg rysunku 8) jest bardzo niekorzystny - może wynosić ±300 a nawet ±600ppm/°C. Jednak przy zastosowaniach

3-końcówkowych (w roli potencjometru dzielącego napięcie wg rysunku 9) stabilność jest bardzo dobra i wynosi ±20ppm/°C.

Rys. 8 Przerzutnik Schmitta o zmiennej histerezie



Rys. 9 Układ polaryzacji (zerowania)



**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

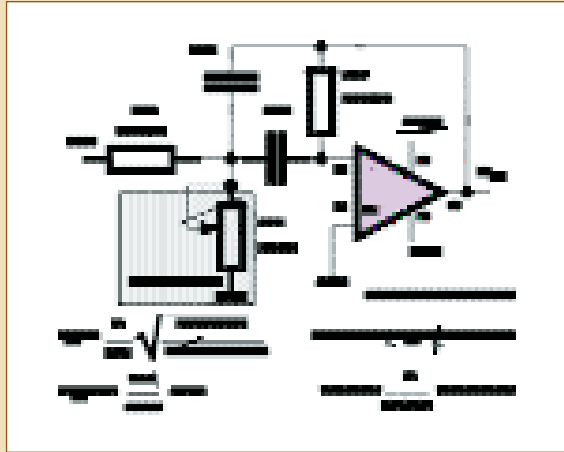
**Trwałość danych w pamięci:** 100 lat

## Przykłady wykorzystania

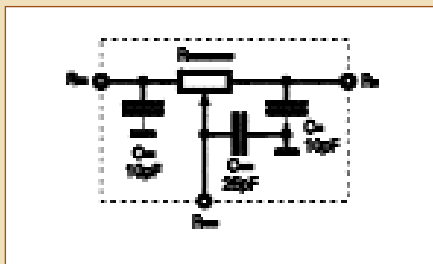
Niektóre przykłady zastosowania potencjometrów elektronicznych (z dowolnym interfejsem) pokazane są na rysunkach 10...19. Pochodzą one głównie z not aplikacyjnych AN-115, AN124 i AN-133. Wszystkie te przykłady wskazują, że zakres zastosowań potencjometrów cyfrowych jest wręcz nieograniczony. Projektując własne 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 poczworną kostką X9241, sterowaną przez szynę I2C.

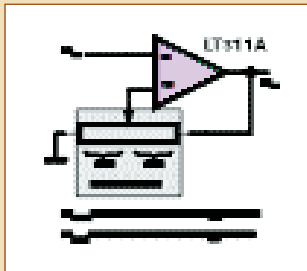
(red)



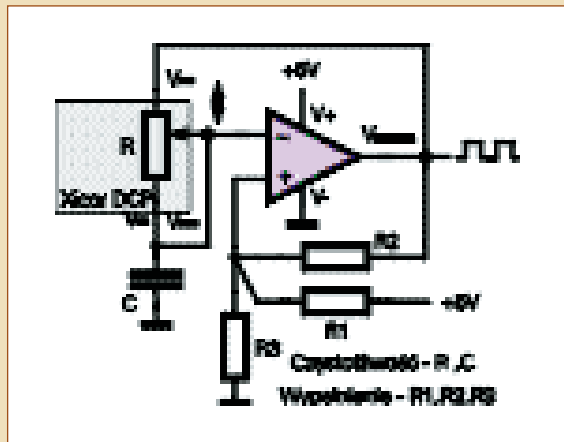
Rys. 17 Filtr pasmowy strojony



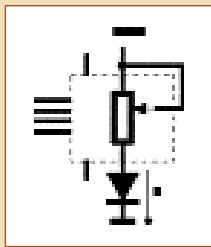
Rys. 10 Szkodliwe pojemności wewnętrzne



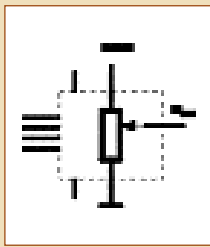
Rys. 14 Regulowany zasilacz



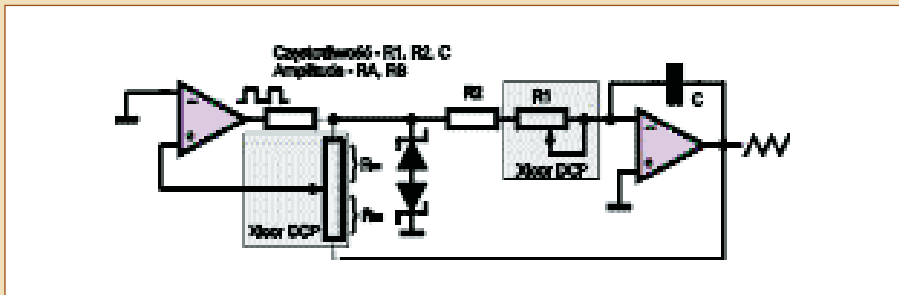
Rys. 18 Generator (2)



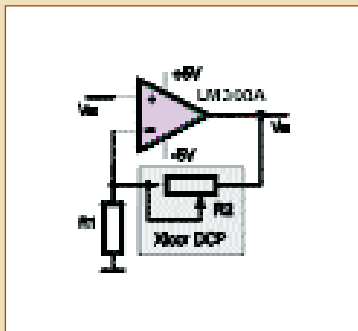
Rys. 11 Tryb - zmienny rezystor



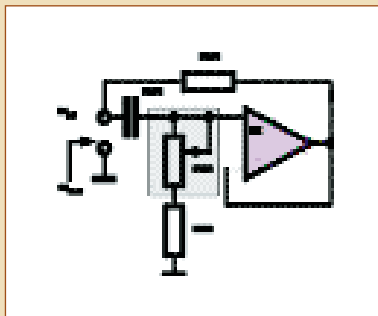
Rys. 12 Tryb - potencjometr



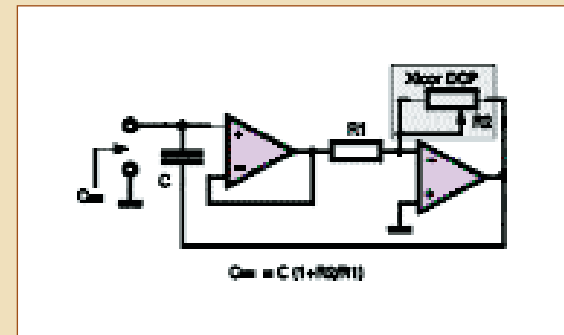
Rys. 15 Generator (1)



Rys. 13 Wzmacniacz nieodwracający



Rys. 16 Indukcyjność



Rys. 19 Mnożnik pojemności

$$Q_m = C(1 + R_2/R_1)$$