

# Miernik refleksu

## Do czego to służy?

Jak sama nazwa wskazuje, układ przeznaczony jest do ćwiczenia refleksu, czyli szybkości reakcji. Przed wielu laty podobny miernik refleksu był jedną z interesujących nowości w warszawskim Muzeum Techniki. Co interesujące, miał służyć do ćwiczeń nie komu innemu, tylko... amatorom astronomom, którzy wbrew pozorom przy swoich obserwacjach też muszą wykazywać się szybką reakcją.

Oczywiście szybki refleks przyda się każdemu, warto więc wykonać ten nieskomplikowany, a bardzo atrakcyjny przyrząd. Miernik da też znakomitą sposobność sprawdzenia refleksu kolegów (i koleżanek) w szkole, w zakładzie pracy czy na spotkaniu towarzyskim, nie wspominając o satysfakcji z jego własnoręcznego wykonania.

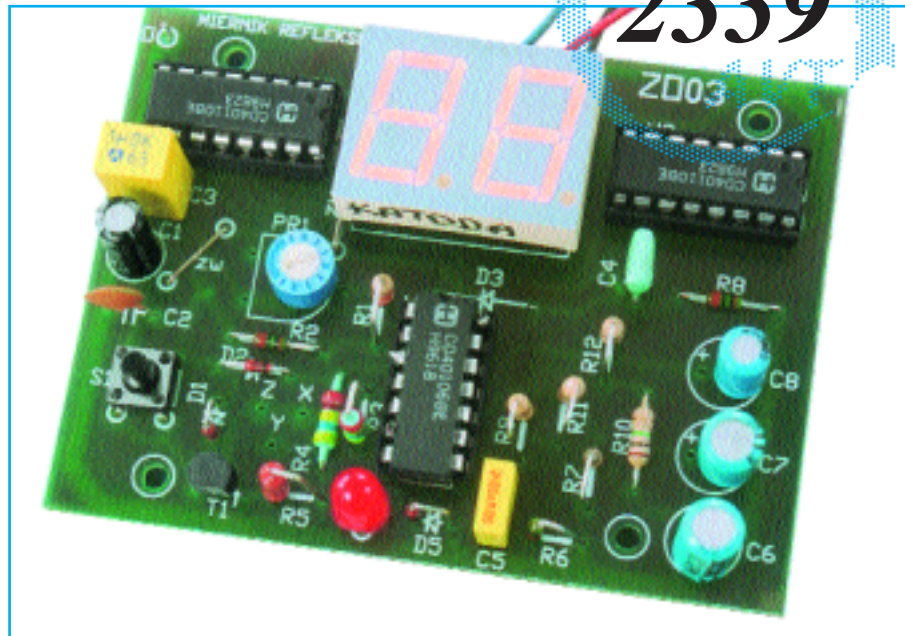
Ćwiczenie refleksu polega na jak najszybszym naciśnięciu przycisku po zaświeceniu się diody LED. Opóźnienie jest pokazane na dwucyfrowym wyświetlaczu LED. Czym mniejsza liczba na wyświetlaczu tym lepszy wynik.

## Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazany jest na rysunku 1.

W uproszczeniu działanie układu jest następujące. Dioda LED D4 zaświeca się co kilkadziesiąt sekund w nieregularnych odstępach czasu. Zadaniem zawodnika jest naciśnięcie przycisku S1, jak najszybciej po zaświeceniu się diody D4. Czas opóźnienia jest zliczony w dwóch licznikach BCD U1 i U2 i pokazany na dwucyfrowym wyświetlaczu siedmiosegmentowym LED W1.

Rytm pracy całego układu wyznacza generator zbudowany z bramką (inwerterem) U3D. Okres tego generatora wyznaczają elementy R7, C6 i wynosi on kilkadziesiąt sekund. Najprostszy generator dałby na wyjściu przebieg powtarzalny, a poszczególne cykle byłyby równe. W przypadku układu do trenowania refleksu pożądane byłoby, żeby poszczególne cykle nie były dokładnie równe. Powinny mieć trochę inną długość, co na pewno wyeliminuje efekt „przyzwyczajania się” zawodnika do rytmu pracy generatora. Aby wprowadzić takie zmiany długości cyklu generatora głównego, wprowadzono dwa dodatkowe generatory wykorzystujące wolne inwertery kostki U3 - U3E i U3F. Dzięki rezystorom R9, R10 te dodatkowe generatory zmieniają długość cyklu generatora głównego. Ponieważ wszystkie trzy generatory pracują niezależnie, zmian długości cyklu generatora



U3D nie da się przewidzieć. Częstotliwości generatorów U3E i U3F nie są krytyczne - częstotliwość przynajmniej jednego z nich powinna być większa od częstotliwości generatora U3D.

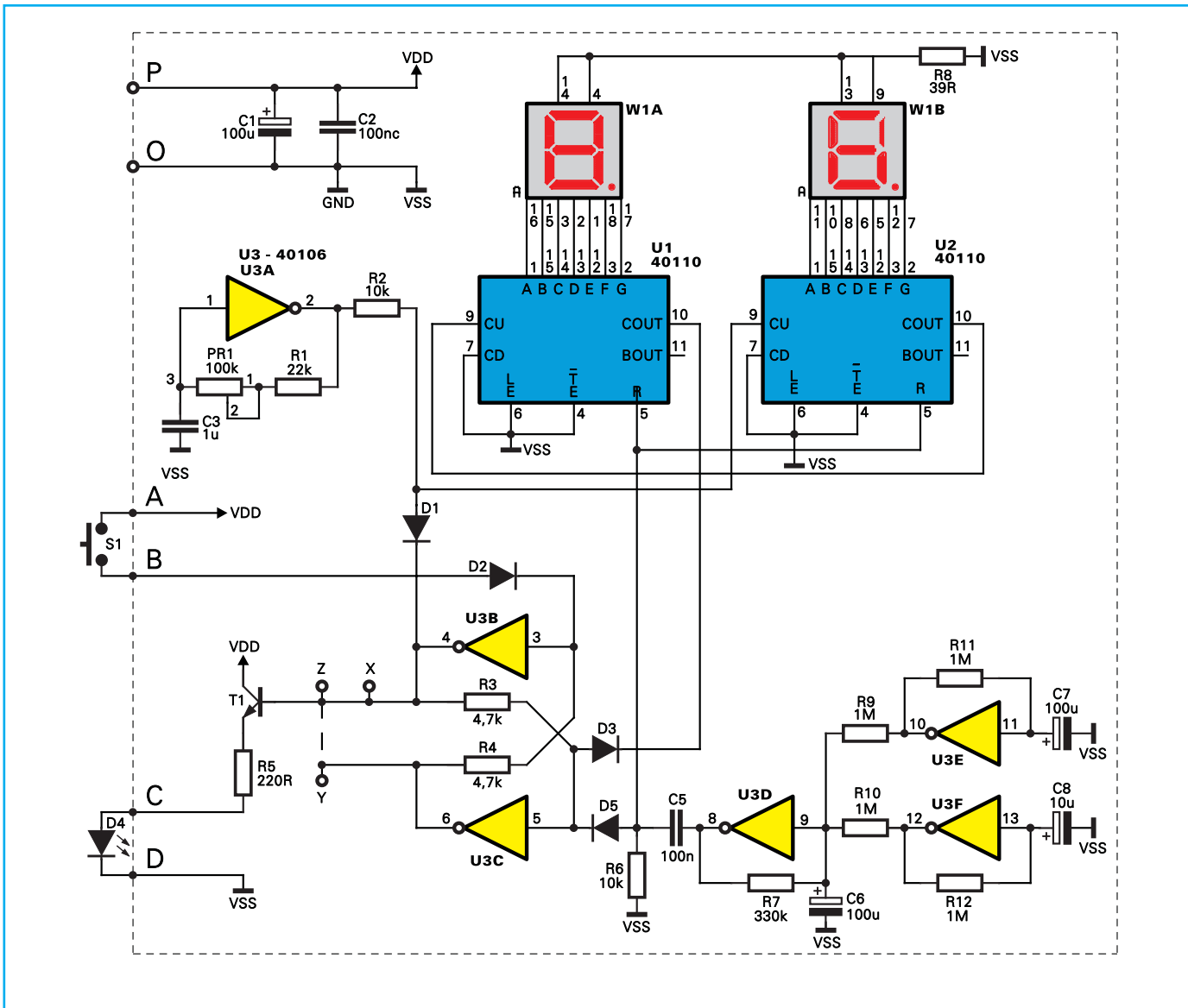
W każdym razie na nóżce 8 bramki U3D występuje przebieg prostokątny o okresie zmieniającym się w sposób przypadkowy. Pojawienie się narastającego zbocza na tym wyjściu zapoczątkowuje cykl pracy urządzenia.

To rosnące zbocze powoduje powstanie krótkiego impulsu dodatniego na rezystorze R6 (czas impulsu jest wyznaczony przez R6 C5 i wynosi około 1ms). Impuls ten doprowadzony jest do wejść zera liczników U1, U2 (nóżki 5) zeruje zawartość liczników na początku każdego cyklu.

Impuls ten podany jest też przez diodę D5 na wejście przerzutnika RS zbudowanego z bramek U3B, U3C. Na początku cyklu przerzutnik ten zostaje ustawiony - na nóżce 6 pojawia się stan niski, a na nóżce 4 - wysoki. Stan wysoki z nóżki 4 zaświeca diodę D4 przez tranzystor T1. Pojawienie się stanu wysokiego na nóżce 4 umożliwia także zliczanie w licznikach impulsów z generatora U3A. Generator U3A pracuje cały czas, ale w okresie, gdy na nóżce 4 U3B panuje stan niski przebieg z generatora nie może przejść przez rezystor R2 do licznika U2, ponieważ jest zwierany do masy przez diodę D1. Dopiero pojawienie się stanu wysokiego na nóżce 4 spowoduje, że licznik wyzerowany na początku cyklu pracy zacznie zliczać impulsy generatora U3A. Licznik U2 liczy jednostki, a licznik U1 - dziesiątki.

Zatrzymanie zliczania może nastąpić wskutek naciśnięcia przycisku S1. Stan wysoki podany przez diodę D2 na przerzutnik RS ustawi go na powrót w położeniu spoczynkowym (nóżka 4 - stan L, nóżka 6 - stan H). Przejście przerzutnika do stanu spoczynkowego zwrze przebieg generatora U3A przez diodę D1 do masy. Licznik przestanie zliczać, a stan licznika nie będzie się zmieniał aż do początku następnego cyklu, czyli do wyzerowania licznika.

Układy scalone U1, U2 to kostki CMOS 40110, czyli liczniki z dekodernami. W tym układzie zliczają w górę - przebieg zliczany doprowadzony jest do wejść CU (Clock Up), a przeniesienie występuje na wyjściu COUT (Carry OUTput). Wyjścia tych układów oznaczone A...G bezpośrednio sterują segmentami dwucyfrowego wskaźnika LED W1. Uwaga wskaźnik LED musi być typu ze wspólną katodą. W zasadzie dla ograniczenia prądu wyświetlaczy należałoby zastosować 14 rezystorów włączonych między wyjściami A...G a wskaźnikiem. W prezentowanym prostym układzie zastosowano sposób mało elegancki, ale absolutnie wystarczający w praktyce - ograniczono prąd jednym rezystorem R8, wspólnym dla wszystkich segmentów. Drobna, ale w praktyce niezauważalna właściwością takiego sposobu są niewielkie wahania jasności wyświetlanych cyfr, w zależności od ilości zaświeconych segmentów (przy wskazaniu 11 zaświecone są 4 segmenty, a przy 88 - 12 segmentów). Jak powiedziano, w praktyce nie jest to zauważalne, bo li-



Rys. 1 Schemat ideowy

cznik zatrzymuje się i pokazuje tylko jedną liczbę - wynik danego zawodnika.

Tym sposobem liczba pokazana na wyświetlaczu to czas opóźnienia między zapaleniem się diody D4 a naciśnięciem przycisku S1. Czas reakcji dobrze wytrenowanego zawodnika jest krótszy niż 0,2s (200ms). Osoby nie mające przygotowania uzyskają wyniki w granicach 0,25...0,4 sekundy. Częstotliwość generatora U3A można z pomocą potencjometru PR1 ustawić dokładnie na 100Hz i wtedy przyrząd będzie miał zakres pomiarowy 0,01...0,99 sekundy.

W praktyce takie dokładne ustawianie częstotliwości nie tylko nie jest konieczne, ale jest wręcz zbędne. Po pierwsze trzeba pamiętać, że częstotliwość prostokątnego generatora U3A będzie się o kilka procent zmieniać przy zmianach temperatury i napięcia zasilającego. Nie ma więc sensu walczyć o absolutną dokładność. Ważne jest tylko to, by przyrząd dawał wyniki powtarzalne w

czasie jednych „zawodów”. A ten warunek jest spełniony w wystarczającym stopniu.

Testy egzemplarza modelowego wykazały, że wcale nie trzeba ustawiać częstotliwości około 100Hz. Ponieważ czas reakcji nie będzie dłuższy niż 0,5 sekundy, można ustawić większą częstotliwość, na przykład w granicach 200Hz.

W czasie zawodów ważny jest przecież nie tyle dokładny czas, co liczbowy wynik, który powinien być jak najmniejszy.

Układ o tak opisanym działaniu miałby jedną istotną wadę. Przypuśćmy, że ktoś wykazał się beznadziejnie słabym refleksem i naciśnął przycisk po zliczeniu przez licznik, powiedzmy 110 impulsów. Na wyświetlaczu pokazałaby się liczba 10, czyli wynik znakomity, jakiego nigdy nie osiągną najszybsi zawodnicy w normalnym pomiarze. Stwarzałoby to także możliwość celowego oszukiwania. Aby nie stwarzać sposobności do jakichkolwiek

nadużyć, układ wyposażono w dodatkowy obwód zawierający diodę D3. Gdy zespół liczników zliczy 100 impulsów, na wyjściu COUT kostki U1 pojawi się na krótko stan niski. Ten impuls przeniesienia (do nieistniejącego następnego licznika) wykorzystywany jest do zerowania przerzutnika RS w przypadku, gdy przycisk S1 nie zostanie naciśnięty podczas zliczania pierwszych stu impulsów. W ten sposób wyeliminowana została możliwość oszukiwania, bo po przekroczeniu dozwolonego czasu na wyświetlaczu pokazuje się liczba 00.

Podczas prób pierwszej wersji układu ujawniła się specyficzna cecha układów 40110. W innych licznikach o podobnej budowie (np. '190...'193) stan niski na wyjściu przeniesienia występuje przez cały czas, gdy na wejściu jest stan niski. W układach 40110 impuls na wyjściu przeniesienia ma czas trwania liczony wręcz w nanosekundach. Tak bardzo krótki impuls nie wystarczał do wyzerowania

wania przerzutnika RS przy napięciu zasilania 5V i wartościach rezystorów R3, R4 równych 100k?. Okazało się, że po pierwsze szybkość inwerterów przy tak małym napięciu jest mała, rezystancja wyjściowa - znaczna, a po drugie, najgorsze - pojemność wejściowa bramek tworzy z rezystorami R3 oraz R4 układy opóźniające. W rezultacie przez krótki czas występowania stanu niskiego na wyjściu COUT kostki U1, przerzutnik RS z bramek U3B, U3C po prostu nie zdążył się zatrzasać. Aby usunąć tę wadę trzeba było zmniejszyć rezystancje R3, R4. Próby wykazały, iż to wystarczy do pewnego zadziałania przerzutnika. Gdyby przy jakimś wyjątkowo niesprzyjającym rozrzucie parametrów kostek, układ nie zatrzymywał się po zliczeniu 100 impulsów, wtedy między nóżkę 5 U3C a masę trzeba włączyć niewielki kondensator o pojemności 47...330pF. Jego pojemność nie powinna jednak być zbyt duża - chodzi o to, by krótki impuls z wyjścia COUT rozładował (przez diodę D3) ten kondensator, który potem „przytrzyma” stan niski na nóżce 5, aż do zatrząśnięcia się przerzutnika.

Osoby, które nie do końca rozumieją przyczynę zjawiska i występujące zależności czasowe, nie powinny zniechęcić się do budowy tego interesującego układu.

## Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na rysunku 2. Montaż jest klasyczny, nie powinien sprawić kłopotów. W pierwszej kolejności należy zmontować zaznaczone zwory oraz łączące rezystory. Potem pozostałe elementy.

Tym razem podstawki trzeba dać nie tylko pod układy scalone, ale koniecznie także pod wyświetlacz. Rzecz w tym, że wyświetlacz powinien być najwyższym elementem na płytce. Wtedy układ będzie można łatwo i elegancko zmieścić w jakiegokolwiek obudowie z tworzywa. W takim przypadku przycisk typu microswitch należałoby zamocować wyżej, na drutach, podobnie diodę D4.

Układ bezbłędnie zmontowany ze sprawnych elementów od razu pracuje. Trzeba tylko ustawić potrzebną wartość częstotliwości generatora U3A za pomocą PR1. Jak powiedziano, nie jest do tego potrzebny częstotściomierz ani oscyloskop, częstotliwość należy ustawić „na oko”, by najslabsi uczestnicy zabawy trenujący swój refleks uzyskiwali na wyświetlaczu rezultaty w granicach 80...99. Wtedy najszybsi uzyskają wyniki w granicach 25...30.

Układ może być zasilany z dowolnego zasilacza dającego napięcie stałe 5V i

prąd minimum 100mA. Układ może też pracować przy napięciu zasilania znacznie wyższym, do 16V, ale wtedy trzeba zwiększyć wartość rezystorów ograniczających prąd LEDów (R8 i R5).

Co bardzo ważne w praktyce, układ może być zasilany z baterii. Ponieważ w czasie pracy pobiera on znaczny prąd (kilkadziesiąt miliamperów), małe 9-woltowe baterie 6F22 nie są dobrym rozwiązaniem. Do zasilania można natomiast wykorzystać 4 alkaliczne ogniwa R6, dające napięcie 6V lub 4 akumulatorki NiCd dające 4,8V.

W takim wypadku należy zwiększyć wartości R5 i R8, co pozwoli znacząco zmniejszyć pobór prądu. Trudno podać receptę, o ile zwiększyć te rezystory, bo wszystko będzie zależało od wyświetlaczy - należy to zrobić eksperymentalnie. Współczesne wyświetlacze mają dużą sprawność, więc można zaoszczędzić sporo prądu, tym bardziej, że wartości tych rezystorów podane na schemacie dały w modelu bardzo dużą jasność

W przypadku umieszczenia baterii (najlepiej 4 alkalicznych paluszków) we wnętrzu obudowy, należałoby też dodać jakiś wyłącznik zasilania.

## Możliwości zmian

Jak wspomniano, można dowolnie ustawiać częstotliwość generatora U3A, byleby tylko zawodnicy mieścili się w czasie zliczania 100 impulsów.

Kto chce, może też dać inną pojemność C6, by zmienić okres cyklu pracy urządzenia. Ze względu na zależność częstotliwości tego generatora od przebiegów z generatorów U3E i U3F, nie zaleca się istotnych zmian wartości R7 (dopuszczalne zmiany w granicach 220...470k?).

Działanie układu można zmodyfikować, by ćwiczyć refleks nie przy zapaleniu diody D4, ale przy jej gaszeniu - ma to sens, a wyniki są znacząco inne. W tym celu należy przeciąć ścieżkę między punktami oznaczonymi X, Z i wykonać zworeczkę Y-Z.

Piotr Górecki  
Zbigniew Orłowski

## Wykaz elementów

Rezystory 0,125W  
R1: 22k $\Omega$   
R2,R6: 10k $\Omega$   
R3,R4: 4,7k $\Omega$   
R5: 220 $\Omega$   
R7: 330k $\Omega$   
R8: 39 $\Omega$   
R9-R12: 1M $\Omega$   
PR1: PR 100k $\Omega$  miniaturowy

## Kondensatory

C1,C6,C7: 100 $\mu$ F/16V  
C2: 100nF ceramiczny  
C3: 1 $\mu$ F  
C5: 100nF  
C8: 10 $\mu$ F/16V

## Półprzewodniki

D1-D3,D5: 1N4148  
D4: LED R 5mm  
T1: BC548B  
U1,U2: 40110  
U3: 40106  
W1: wyświetlacz podwójny o wspólnej katodzie

## Pozostałe

S1: microswitch lub inny przycisk podstawki pod układy scalone i pod wyświetlacz W1

Komplet podzespołów z płytką  
jest dostępny w sieci handlowej  
AVT jako kit AVT-2339