



Cyfrowy generator programowalny



2659

AVT

W EdW 6/2002 ukazał się projekt pt. *Laboratoryjny generator impulsów*. Ten prosty układ oparty na jednym popularnym układzie scalonym 74HC14 wzbudził duże zainteresowanie. Jednocześnie znaczna liczba Czytelników zasygnalizowała potrzebę przedstawienia podobnego projektu, ale o szerszych możliwościach. Upominaliście się o przyrząd, w którym można precyzyjnie ustawić częstotliwość oraz czasy impulsu i przerwy, bez korzystania z miernika czasu i oscyloskopu.

Poniższy artykuł opisuje taki generator. Wbrew pozorom układ nie jest skomplikowany, składa się z powtarzających się bloków, a zastosowanie w nim popularnych układów scalonych decyduje, że koszt elementów jest zaskakująco mały, natomiast możliwości – zaskakująco duże. Przy prawidłowym zmontowaniu elementów pracuje od razu i nie wymaga żadnego uruchamiania czy kalibracji.

Opisywany układ jest generatorem przebiegów prostokątnych. Wytwarza przebiegi wzorcowe o częstotliwościach 10MHz, 1MHz, 100kHz, ... 1Hz, co z zestawem dzielników daje możliwość wytwarzania symetrycznego przebiegu prostokątnego o okresie od 0,2 mikrosekund do ponad 53 minut. Niezależne ustawianie czasów przerwy i impulsu w niesamowicie szerokich granicach od 0,1µs (100ns) do 1599 sekund, czyli ponad 26 minut pozwoli wytworzyć przebiegi o dowolnym, także skrajnie dużym lub skrajnie małym wypełnieniu. Można na przykład bez trudu wytworzyć króciutkie impulsy o czasie poniżej 1 mikrosekundy, powtarzane co kilka sekund, albo ujemne „szpilki” o czasie 100ns, powtarzane co 20 minut.

Takie niesymetryczne przebiegi często są potrzebne podczas testów różnego rodzaju aparatury.

Opis układu

Zasada pracy generatora pokazana jest na **rysunku 1**. Przebieg wyjściowy wytwarzany jest przez przerzutnik RS, którego stan jest okresowo zmieniany przez dwa współpracu-

jące liczniki programowalne, zliczające w dół. Liczniki te zliczają impulsy z generatora wzorcowego i pracują na przemian. Gdy jeden licznik odliczy zaprogramowaną liczbę impulsów, zmieni stan przerzutnika i uruchomi drugi licznik, a sam zostanie zatrzymany. Gdy drugi licznik odliczy „swoją” liczbę impulsów, zmieni stan przerzutnika, uruchomi pierwszy licznik, i tak dalej.

O zmianach stanu przerzutnika decydują więc dwa dzielniki (liczniki) programowane, oznaczone H, L – zmiana stanu przerzutnika zawsze powoduje wyłączenie aktualnie czynnego licznika i włączenie drugiego. Oznaczenia H, L nie są przypadkowe – dzielniki te określają czas trwania impulsu (stan logiczny wysoki H) i czas przerwy (stan niski – L). Zmieniając długość cyklu zliczania tych liczników, można niezależnie regulować czas impulsu i czas przerwy.

W zestawie dzielników programowalnych wykorzystane są dziesiętne liczniki rewersyjne '192 zliczające w dół. Na rysunku 1 pokazano dla uproszczenia tylko jedną taką kostkę w każdym z dwóch dzielników. Kostka '192 zlicza impulsy podawane na wejście DOWN z generatora wzorcowego przez bramkę NAND. Stan wyjść QD, QC, QB, QA czynnego licznika z każdym kolejnym taktom generatora wzorcowego zmienia się od liczby wpisanej na wejścia DCBA do zera. Dojście do liczby zero licznika oznaczonego H powoduje pojawienie się stanu niskiego na wyjściu pożyczki (BO), co dzięki wejściu LD (Load) wpisuje do tego licznika liczbę z jego wejść A...D, zmienia stan przerzutnika, blokuje bramkę X, a odblokowuje bramkę Y i uruchamia tym drugi dzielnik oznaczony L. Gdy ten drugi zliczy „swoją” liczbę impulsów i dojdzie do zera, na jego wyjściu BO pojawi się stan niski, który spowoduje kolejną zmianę stanu przerzutnika i rozpoczęcie pracy dzielnika H.

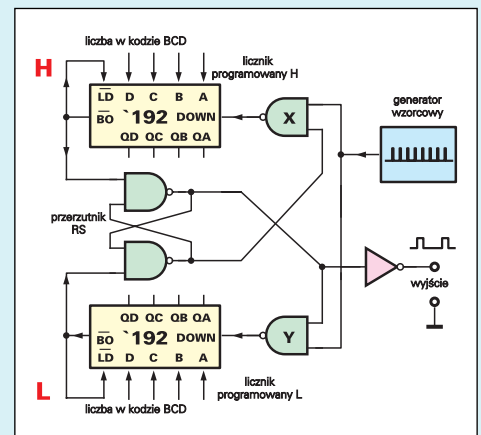
Pełny schemat ideowy generatora pokazany jest na **rysunku 2**. Generator może

być zasilany napięciem stałym lub zmiennym. Napięcie na kondensatorze C2 powinno wynosić co najmniej 6,5V. Wtedy zagwarantowana będzie poprawna praca stabilizatora U10, wytwarzającego napięcie 5V do zasilania układu. Układ można też zasilać bezpośrednio napięciem w granicach 4,5...5,5V i wtedy nie należy montować elementów U10, C2, D1...D4.

W roli przerzutnika RS pracują bramki U1A, U1B. Liczniki programowane H, L zbudowane są z wykorzystaniem programowanych rewersyjnych liczników dziesiętnych '192 oznaczonych U2...U7. W każdym dzielniku pracują trzy takie liczniki, zliczające w dół od wartości nastawionej przełącznikami DIP-switch do zera. Liczbę impulsów można nastawić w zakresie 1...999, a ściślej 1...1599, bo w najstarszym liczniku można ustawiać liczbę w zakresie 0...15 (dwójkowo 0000...1111).

Generator przebiegów wzorcowych zawiera oscylator z inwerterami U8A, U8B, taktowany rezonatorem kwarcowym Q1 o częstotliwości 10MHz. W typowych zastosowaniach rezystor R15 należy zastąpić zworą. Zaawansowani elektronicy mogą dobrać wartość R15, by pracując z mniejszą mocą

Rys. 1 Schemat blokowy



wzbudzenia kwarcu nieco zwiększyć stabilność częstotliwości oscylatora, jednak w typowych zastosowaniach nie ma to sensu.

Dla zwiększenia zakresu czasu wytwarzanych impulsów, w generatorze przebiegów wzorcowych wprowadzono dodatkowe dzielniki. Są to liczniki dziesiętne U9 ('90) oraz U11...U13 (CMOS 4518). W pierwszym stopniu dzielnika trzeba zastosować licznik, który może pracować z częstotliwością 10MHz, stąd wykorzystanie popularnego od niepamiętnych czasów i nieco archaicznego licznika '90 z rodziny TTL. W pozostałych stopniach można zastosować liczniki wolniejsze, dlatego pracują tu trzy kostki 4518, zawierające po dwa liczniki BCD, które przy napięciu zasilania 5V z powodzeniem mogą pracować przy częstotliwościach nie przekraczających 1MHz. Siedem stopni podziału zapewnia osiem częstotliwości wzorcowych 10MHz, 1MHz, 100kHz, 10kHz, 1kHz, 100Hz, 10Hz, 1Hz.

Dwa ośmiokrotne przełączniki DP7, DP8 pozwalają dowolnie wybrać częstotliwość taktującą oddzielnie dla każdego z programowalnych dzielników H, L. Dzięki temu można niezależnie ustawić czas przerwy i czas impulsu w całym zakresie dostępnych czasów. Przykładowo jeden z liczników może pracować z częstotliwością 10MHz, a drugi 1Hz.

Rezystory R14, R16 nie są niezbędne. Przewidziano je na wszelki wypadek, by wejścia bramek CMOS U1B, U1D nie „wisiały w powietrzu”, gdy wszystkie styki DP7 i DP8 byłyby rozwarne.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płycie drukowanej, pokazanej na rysunku 3. Warto zacząć od elementów najmniejszych (rezystory, diody a układy scalone włożyć do podstawek na samym końcu. Zarówno przy lutowaniu podstawek, jak i później przy wkładaniu układów scalonych należy starannie sprawdzać ich kierunek, by wycięcie w obudowie zgadzało się z wycięciem zaznaczonym na płycie. Montaż płytki jest w sumie bardzo łatwy i nie powinien sprawić trudności. Dzięki wykorzystaniu płytki dwustronnej nie trzeba lutować zwór z drutu. Należy tylko uważać, żeby nie pomylić elementów, ponieważ wylutowanie końcówek z płytki dwustronnej nie jest łatwe i może wiązać się z uszkodzeniem ścieżek.

Rezystory R14, R16 nie są niezbędne, a w miejsce R15 należy wlutować zwór. W generatorze mogą pracować układy scalone różnych rodzin. Model pokazany na fotografii zawiera część układów bipolarnych z rodziny LS (LS192). Zamiast nich śmiało można zastosować ściśle odpowiedniki CMOS z serii HC lub HCT (74HC192, 74HCT192). Podobnie w roli U1 może pracować układ 74HC00, 74AC00, 74F00 czy nawet stary 74S00 – taką kostkę miałem i jak widać, ją właśnie wykorzystałem w modelu.

W przypadku wykorzystania w układach CMOS typu 74HC192 lub 74HCT192 wartości rezystorów R1-R14, R16-R28 można śmiało zwiększyć do 10kΩ...100kΩ. Natomiast gdyby ktoś chciał wykorzystać przesta-

rzałe kostki serii standardowej 74192, musi zmniejszyć wartość tych rezystorów poniżej 1kΩ ze względu na duże prądy wejściowe układów standardowych w stanie niskim. Proponowana wartość 1,5kΩ jest odpowiednia zarówno dla układów LS192, jak i HC192, HCT192.

Nie można natomiast zastosować w miejsce U8 kostki bipolarnej (74LS04, 74F04) ze względu na duże wejściowe prądy polaryzujące. W takim przypadku należałoby radykalnie zmniejszyć wartość R4.

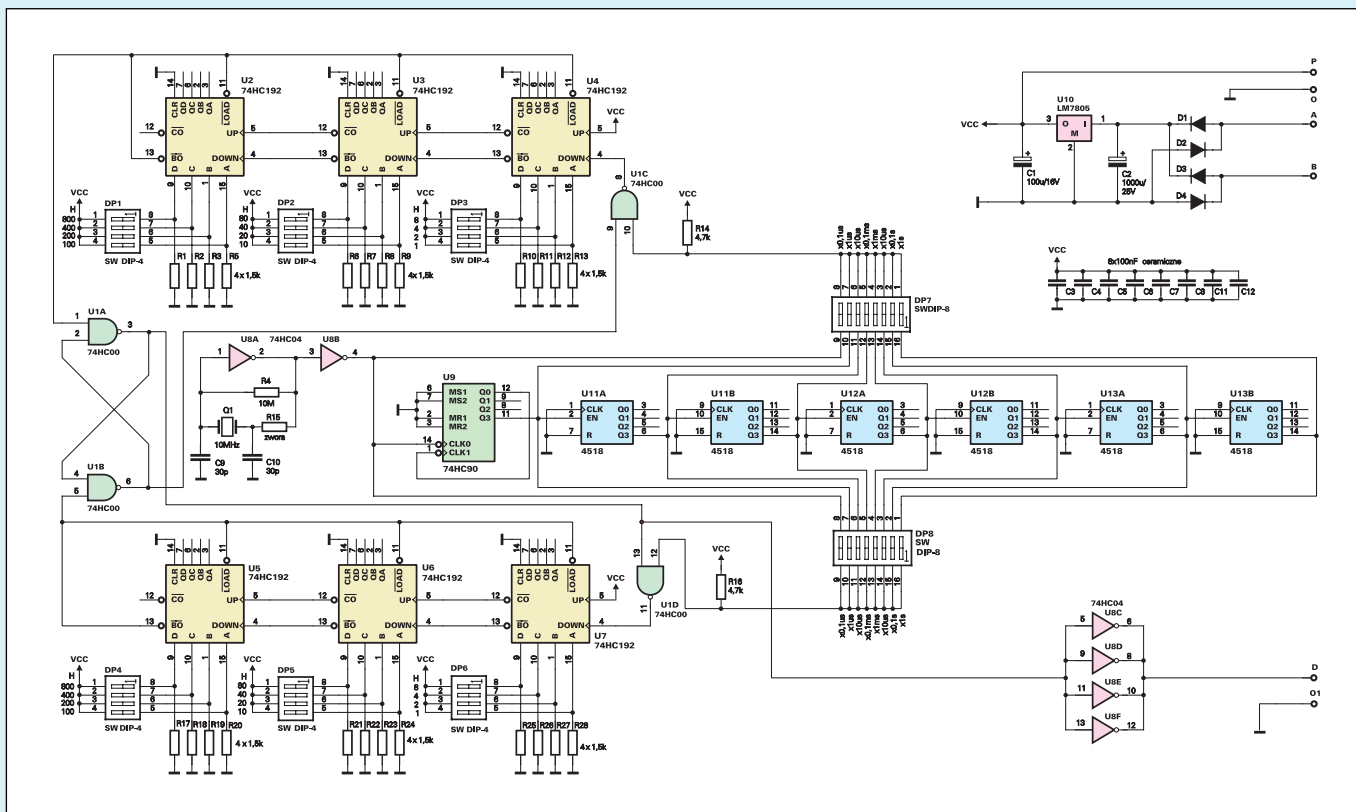
Układ ma pełnić rolę przystawki, dlatego nie przewidziano obudowy. Cztery otwory w rogach płytki pozwolą łatwo dodać nóżki, choćby w postaci śrub M3. Kto chce, może zamontować kondensatory płasko na płytce albo z jej drugiej strony, a potem dobrać obudowę we własnym zakresie i umieścić płytkę drukowaną tuż za płytą czołową obudowy.

Do zasilania można wykorzystać jakikolwiek zasilacz stabilizowany o napięciu 5V±0,5V. Przy zasilaniu z takiego zasilacza nie należy montować elementów U10, C2, D1-D4, a napięcie podać wprost na punkty oznaczone P, O. **Uwaga! Odwrotne podłączenie zasilacza może spowodować uszkodzenie układów scalonych!**

Układ można też zasilać napięciem stałym lub zmiennym 7,5...15V, dołączonym do punktów A, B, na przykład z zasilacza wtyczkowego 9 lub 12V.

Pobór prądu nie przekroczy 200mA nawet w wersji z układami bipolarnymi. Model z rezystorami 1,2kΩ pobiera 188mA przy

Rys. 2 Schemat ideowy



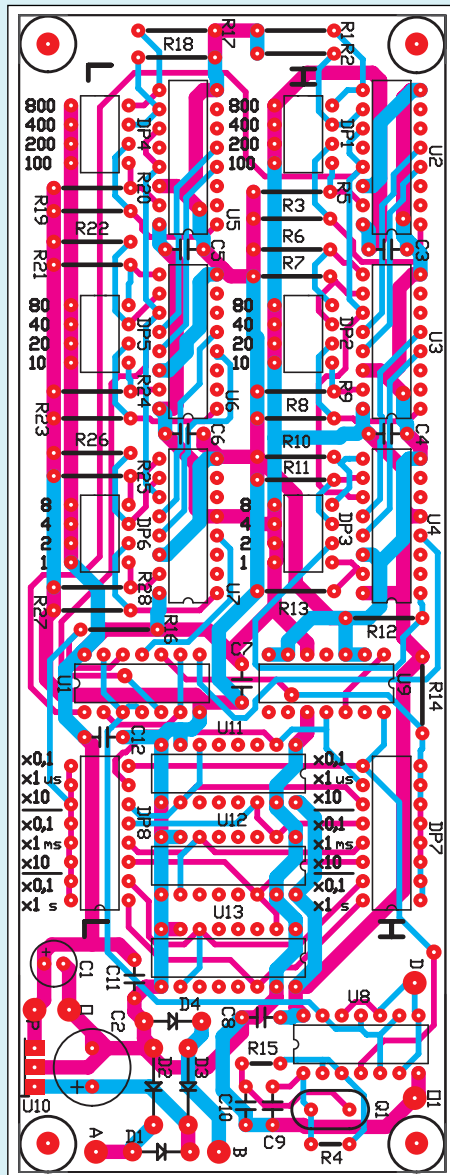
zasilaniu 5V i włączeniu wszystkich styków DP1...DP6. Z kostkami w wersji CMOS (74HCxx, 74HCTxx) można śmiało zwiększyć wartości rezystorów R1-R3, R5-R13, R17-R28 nawet do 100kΩ, co radykalnie zmniejszy pobór prądu.

Wykorzystanie przyrządu

Obsługa przyrządu jest bardzo łatwa. Czas impulsu w zakresie 1...1599 ustawia się przełącznikami DIP-switch DP1...DP3 w kodzie BCD, a przełącznikiem DP7 mnożnik w zakresie x0,1μs ...x1s. Czas przerwy analogicznie ustawia się przełącznikami DP4...DP6, DP8. Na płytce dla ułatwienia umieszczono stosowne napisy.

Uwaga! Tylko w przełącznikach DP1, DP4 można ustawić liczbę większą niż 9 (0...15), ustawienie takiej liczby w przełącznikach DP2, DP3, DP5, DP6 nie uszkodzi układu, ale spowoduje błędne odmierzenie czasu.

Rys. 3 Schemat montażowy



W każdym z przełączników DP7, DP8 nie należy jednocześnie zierać więcej niż jednego styku, ponieważ oznaczałoby to zwarcie ze sobą wyjść. Nie uszkodzi to wprawdzie układów scalonych U9, U11-U13, ale uniemożliwi poprawną pracę generatora.

Dla uzyskania dużej dokładności należy w miarę możliwości wykorzystywać przełączniki DP1, DP2, DP4, DP5. Jeśli przykładowo trzeba ustawić czas impulsu równy 1ms, nie należy ustawiać liczby 1 na przełączniku DP3 i mnożnika x1ms na przełączniku DP7. Należy ustawić liczbę 1000, czyli 1000 na przełączniku DP1 i zer na przełącznikach DP2, DP3 oraz mnożnik x1μs na DP7. Czas przerwy równy 2 sekundy należy ustawić jako 200 na przełączniku DP4 i zer na przełącznikach DP5, DP6 oraz mnożnika x10ms na DP8.

Związane jest to ze sposobem pracy dzielników przebiegu wzorcowego (U9, U11-U13). Dla uproszczenia płytki nie przewidziano zerowania tych dzielników przy każdej zmianie stanu przerzutnika, wobec czego dokładność odmierzenia czasu wynosi ± 1 impuls z tego dzielnika, co przy wykorzystaniu przełączników DP1, DP2 da dokładność odmierzenia czasu znacznie lepszą niż 1%.

Arkadiusz Bartold

Wykaz elementów

Rezystory

R1-R3, R5-R13, R17-R28	.....	1,5kΩ
R4	.....	10MΩ
R14, R16	.....	4,7kΩ
R15	.....	zwora

Kondensatory

C1	.....	100μF/16V
C2	.....	1000μF/25V
C3-C8, C11, C12	.....	100nF ceramiczny
C9, C10	.....	30...33pF

Półprzewodniki

D1-D4	.....	1N4001
U1	.....	.74HC00 (74HCT, 74AC00, 74F00, 74S00)
U2-U7	.....	.74HC192 (74LS192, 74HCT192)
U8	.....	.74HC04 (74HCT04)
U9	.....	.74HC90 (74LS90, 74HCT90)
U10	.....	.7805
U11-U13	.....	.CMOS 4518

Inne

DP1-DP6	.....	.DipSwitch x 4
DP7, DP8	.....	.DipSwitch x 8
Q1	.....	.rezonator kwarcowy 10MHz

Podstawki pod układy scalone:

DIP16	.....	.11 szt.
DIP14	.....	.1 szt.
DIP8	.....	.6 szt.

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2659.