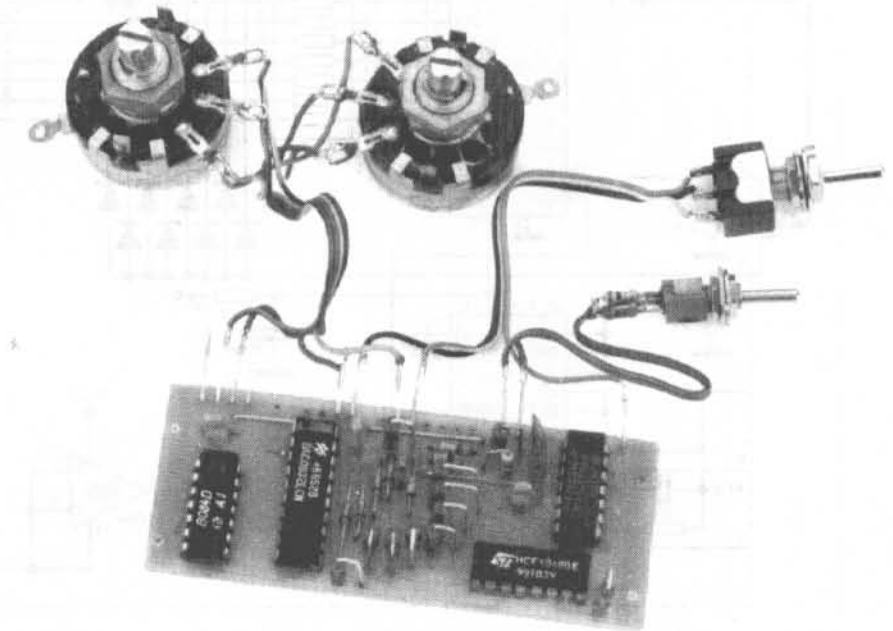


Generator przebiegu piłokształtnego

kit AVT-190

Układ został zaprojektowany do współpracy z modulem generatora-wobulatora AVT-184 opisanego w EP 7,8/94. Idea wykorzystania specyficznej budowy przetwornika DAC0832 znajdzie zapewne wiele innych zastosowań w układach podobnego typu. Z zaprzyjaźnionych źródeł wiemy, iż rozwiązania publikowane w naszych czasopismach stanowią często inspirację tematów prac dyplomowych w szkołach średnich. Prezentowana koncepcja może być dobrym punktem wyjścia do wielu własnych ciekawych opracowań.



Nieodłączną częścią każdego wobulatora jest generator przebiegu piłokształtnego. Przedstawiamy układ takiego generatora zrealizowany w technice analogowo-cyfrowej.

Aby generator „piły” sterujący wobulatorem nadawał się do praktycznego zastosowania musi mieć wymagane właściwości. Okres przebiegu wyjściowego powinien być regulowany w zakresie od kilkudziesięciu milisekund do kilku, kilkunastu sekund. Powinien dostarczać przebiegu liniowo narastającego (opadającego), w którym przy stałej częstotliwości można zmieniać amplitudę i poziom napięcia stałego (inaczej mówiąc, napięcie minimalne i maksymalne przebiegu).

Konieczne jest też zapewnienie możliwości „zatrzymania” generatora w punkcie minimalnego i maksymalnego napięcia - umożliwi to bezproblemowe ustawienie zakresu przestrajania wobulatora oraz da dodatkowo możliwość zaprogramowania dwóch stałych częstotliwości. Przy dalszej rozbudowie układ powinien mieć dodatkowe wyjście „piły”, tym razem o stałej amplitudzie,

do sterowania wejścia X współpracującego wskaźnika oscyloskopowego. Przy współpracy z oscyloskopem powinna istnieć możliwość wygaszania powrotów plamki na ekranie.

Z powyższego wyliczenia widać, że proste układy generatorów „piły” nie spełnią wszystkich postawionych wymagań.

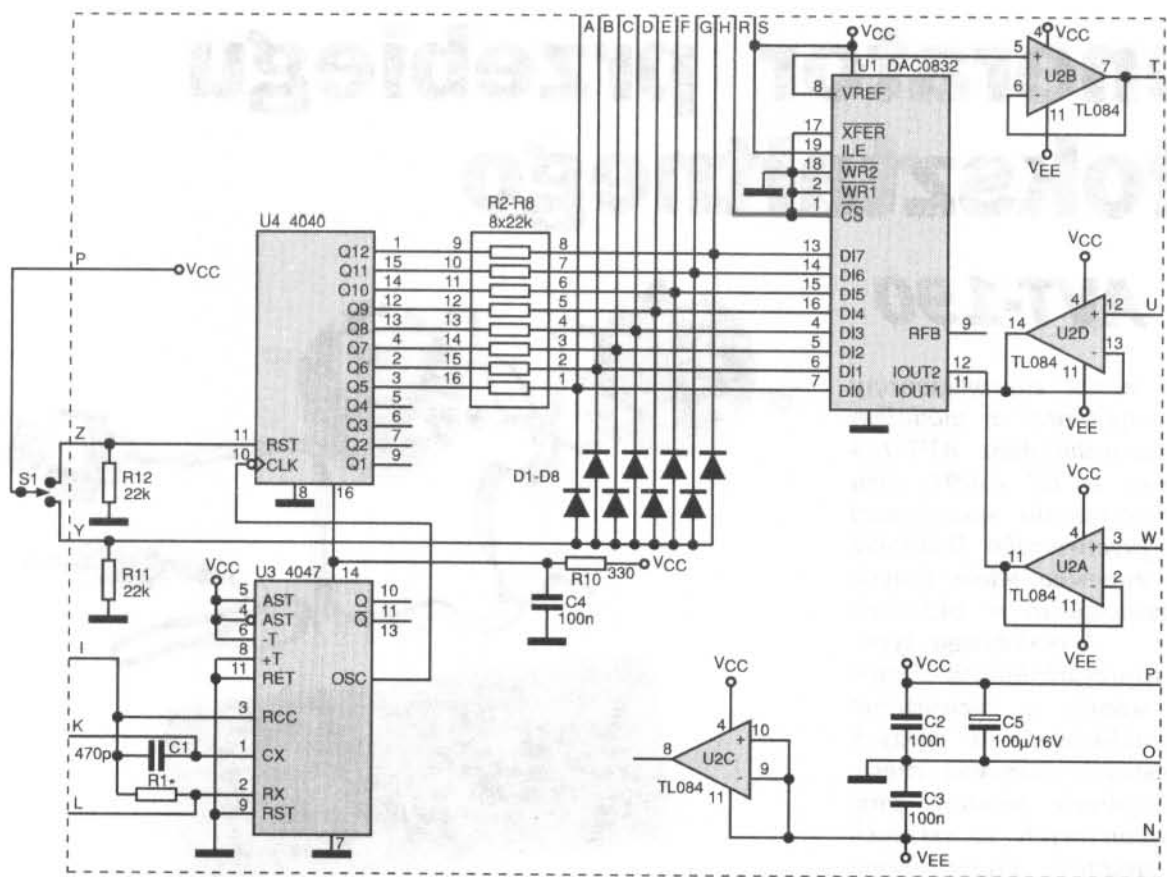
Schemat elektryczny naszego układu jest pokazany na **rysunku 1**. Głównym elementem jest tu scalony przetwornik cyfrowo-analogowy DAC0832 opisany szerzej w artykule pt. Nastawnik dziesiętny (EP 5/94 str. 60).

Nasz generator wytwarza więc w rzeczywistości przebieg schodkowy - tych schodków jest 256, na oscyloskopie nie sposób ich zobaczyć, więc śmiało możemy przyjąć, że otrzymujemy przebieg liniowy.

Przetwornik DAC0832 pracuje tu w trybie napięciowym - na **rysunku 2** widzimy schemat wewnętrznej drabinki rezystorowej i źródła napięć odniesienia U1, U2. Wyjściem jest tu nietypowo końcówka Uref (nóżka 8). Na tym wyjściu możemy

w 256 krokach ustawić cyfrowo napięcie w zakresie od U1 do U2. Napięcia U1 i U2 można ustawiać dowolnie od zera do pewnej wartości maksymalnej. Ta maksymalna wartość zależy od wartości napięcia zasilającego. Przy zasilaniu kostki pojedynczym napięciem rzędu 10V, na końcówki 11 i 12 można podawać napięcia w zakresie 0...4,5V, przy zasilaniu 7V tylko 0...3V. Związane to jest z wewnętrzną budową kluczy przełączających układu DAC0832.

Trzy wzmacniacze operacyjne z kostki TL084 pełnią funkcję buforów. Punkt T jest wyjściem układu, napięcia w punktach U i W podane z zewnątrz określają napięcie minimalne i maksymalne przebiegu na wyjściu. Przy zastosowaniu kostek LM324 zamiast TL084 można się pokusić o zasilanie modułu tylko jednym napięciem - punkty N, O należałoby wtedy zewrzeć. Teoretycznie zarówno układ DAC0832, jak i LM324 dopuszczają taki rodzaj pracy, w praktyce mogą jednak wystąpić pewne nieliniowości w początkowym odcinku „piły”. Przy współpracy z modulem wobulatora



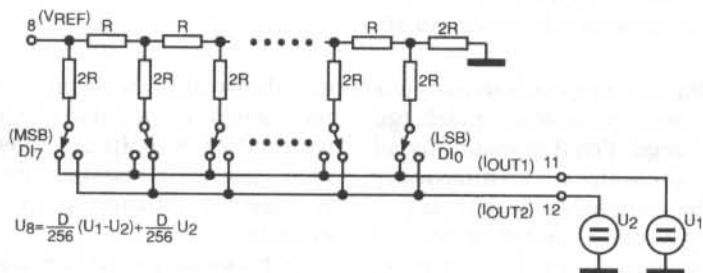
Rys. 1. Schemat elektryczny generatora przebiegu piłokształtnego

AVT-184 należy zastosować zasilanie symetryczne, które i tak jest potrzebne dla układu XR2206.

Do sterowania przetwornikiem C/A wykorzystano licznik CMOS 4040, nie można tu zastosować zawierającego oscylator układu 4060, ponieważ nie jest w nim dostępnych osiem kolejnych wyjść liczników. Układ US3 - CMOS 4047 pracuje tu w konfiguracji generatora wyznaczającego okres „piły”. W liczniku 4040 wykorzystano wyjścia po stopniach podziału 5 do 12. Przy krótkim okresie „piły”, rzędu kilkudziesięciu milisekund, generator US3 musi pracować ze stosunkowo wysoką częstotliwością. Powodem przyjęcia takiego rozwiązania były wyłącznie sprawy związane z projektowaniem druku.

Trzypozycyjny przełącznik S1 umożliwia uzyskanie na wyjściu zarówno przebiegu liniowo zmiennego (środkowe, neutralne położenie S1), jak też nastawionego napięcia minimalnego i maksymalnego.

Przy podaniu stanu wysokiego (jedynek logicznej) na nóżkę 11, licznik US4 zostanie wyzerowany. Pojawienie się na wejściach przetwornika US1 samych zer spowoduje



Rys. 2. Schemat drabinki rezystorowej w przetworniku DAC0832

pojawienie się na wyjściu T napięcia z punktu W. Analogicznie, w drugiej skrajnej pozycji przełącznika S1 napięcie zasilające (jedynek logicznej) zostanie podane przez diody D1 - D8 na wszystkie wejścia cyfrowe przetwornika - na wyjściu T pojawi się napięcie praktycznie równe napięciu w punkcie U. Tu widać sens stosowania rezystorów szeregowych R2 - R9.

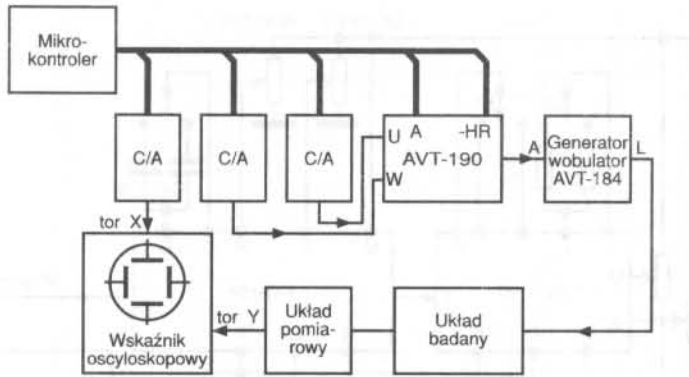
Jak widać na schemacie elektrycznym i na rysunku płytki, wejścia cyfrowe przetwornika US1 zostały wyprowadzone na krawędź płytki. Będzie to potrzebne do różnych celów.

Punkty A - H będą wykorzystane przy współpracy ze wskaźnikiem oscyloskopowym. Sygnały z tych punktów należy wtedy podać na

wejścia jeszcze jednego, praktycznie dowolnego, ośmiobitowego przetwornika C/A. Na wyjściu tego przetwornika uzyskamy sygnał piłokształtny o stałej amplitudzie do sterowania torem X oscyloskopu. Taki dodatkowy układ można bez kłopotu zmontować na płytce uniwersalnej.

W razie konieczności wygaszenia powrotów plamki na ekranie, można wykorzystać opadające zbocze na wyjściu dwunastego licznika kostki 4040 (nóżka 1).

Jeśli korzystne byłoby wprowadzenie pewnego opóźnienia między końcem jednego cyklu, a początkiem następnego, to należy użyć dodatkowego układu monostabilnego (także 4047) sterowanego sygnałem z nóżki 1 US4, zatrzymującego pracę generatora US3.



Rys. 3. Schemat blokowy wobulatora sterowanego mikroprocesorem

W niektórych przypadkach można pominąć US3 i US4, a przetwornik US1 sterować bezpośrednio z mikroprocesora czy komputera. W tym też celu wejścia sterujące US1 mianowicie ILE oraz CS\ (nóżki 19 i 1), także wyprowadzono na brzeg płytki - są to punkty S, R. Aby wykorzystać te punkty, należy przeciąć dwie ścieżki łączące te nóżki odpowiednio do plusa zasilania i masy. Bliższe informacje o możliwościach wykorzystania podwójnego buforowania układu DAC0832 są zawarte w EP 5/94 str. 61.

Stosowanie takiego rozwiązania jest ze wszech miar pożądane w przypadku sterowania z komputera. Prostszy, ale zdecydowanie gorszym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie klasycznego ośmiobitowego przetwornika C/A ze stałym zakresem napięcia wyjściowego od 0 do U_{max} . Uzyskalibyśmy możliwość generowania jedynie 256 ustalonych częstotliwości i praktycznie niemożliwe byłoby dokładne zmierzenie charakterystyk w wąskim zakresie częstotliwości.

W naszym układzie możemy zastosować dwa kolejne przetworniki C/A ustalające napięcie w punktach U i W. Wtedy nawet przy niewielkiej różnicy napięć między punktami U i W (czyli w wąskim zakresie przestrajania) nadal mamy 256 punktów pomiarowych. I tu też najlepsze będą przetworniki z podwójnym buforowaniem, takie jak nasz DAC0832 - nastawy będą po kolei wpisane do pierwszych latchingów poszczególnych kostek, a następnie wspólny dla wszystkich kostek sygnał XFER\ lub WR2\ zaktualizuje sygnały na wszystkich wyjściach. Blokowy schemat takiej rozbudowanej wersji znajdziemy na rysunku 3.

Przy dalszej rozbudowie punkty A - H umożliwią dodanie markera - kursora widocznego na ekranie.

Koncepcja naszego generatora wyróżnia się zatem bardzo dużą elastycznością.

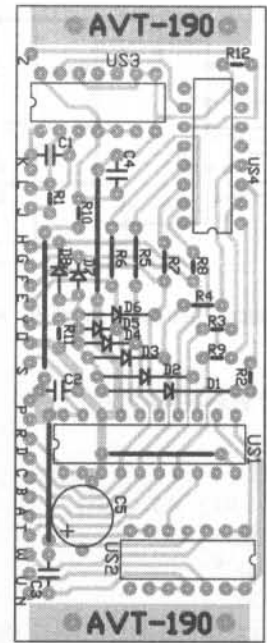
W większości zastosowań potrzebna będzie zmiana okresu „piły”. W tym celu przewidziano punkty J, K, L pozwalające dołączyć zewnętrzne elementy RC ustalające częstotliwość pracy US3. W najprostszych przypadkach wystarczy, tak jak w prezentowanym modelu, zastosować trypołożeniowy przełącznik dźwignienkowy dołączający dodatkowe elementy R lub C. Z tym wiąże się jeszcze jedna sprawa. O ile układy US1 i US2 są zasilane pełnym napięciem dodatnim, o tyle układy cyfrowe US3 i US4 są zasilane przez filtr R10C4. Czym mniejsza wartość R1, tym większy będzie prąd zasilania części cyfrowej i tym większy spadek napięcia na R10. Nie należy nadmiernie zmniejszać wartości R1, a zwiększać R10. Spadek napięcia na R10 nie powinien przekroczyć 0,5V - zauważmy, że przełącznik S1 jest dołączony do punktu P, czyli do pełnego napięcia zasilającego, i napięcie to bywa podawane na wejście zerujące US4.

Montaż i uruchomienie

Montaż modułu można wykonać na płytce drukowanej, której rysunek ścieżek pokazano na wkładce, zaś rozmieszczenie elementów na rysunku 4.

Jak zwykle najpierw wykonamy cztery zwory, następnie wlutowujemy elementy bierne i czynne. Układ zmontowany ze sprawnych elementów należy sprawdzić w układzie testowym według rysunku 5. Pobór prądu z obu źródeł nie powinien przekraczać 10mA (w modelu 9mA).

Najpierw w środkowej pozycji



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

przełącznika S1 należy sprawdzić za pomocą oscyloskopu pracę generatora US3 i licznika US4. Należy zmierzyć spadek napięcia na R10, przy wartości $R1=10k\Omega$ nie powinien on przekraczać 0,5V (w modelu było 0,2V). Następnie, przy podaniu plusa zasilania na punkt Z trzeba sprawdzić czy na wszystkich punktach A - H napięcie jest bliskie masy (zera logiczne) i czy napięcie na wyjściu T jest równe napięciu w punkcie W.

Napięcie to wynosi dokładnie:

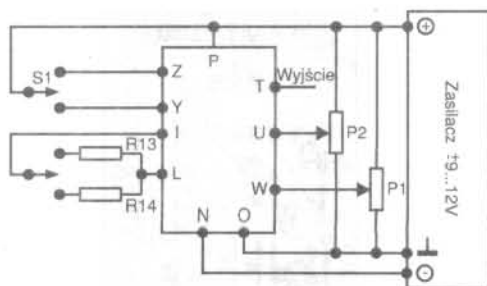
$$\frac{255}{256} U_W$$

Przy regulacji napięcia potencjometrem P1 odpowiednio musi się zmieniać napięcie na wyjściu T.

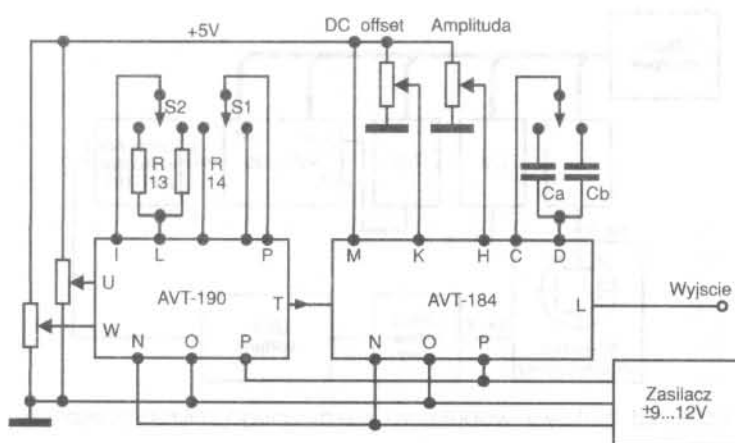
Analogicznie, po podaniu plusa zasilania na punkt Y na punktach A - H powinny być same jedynki (logiczne), a napięcia na wyjściu T i na wejściu U powinny być praktycznie jednakowe, a dokładnie będzie to napięcie

$$U_T = \frac{255}{256} (U_U - U_W) + \frac{255}{256} U_W$$

Jak wspomniano wcześniej maksymalne napięcia jakie powinno się podawać na punkty U, W zależy od napięcia zasilania kostki US1. Można łatwo sprawdzić w jakim zakresie napięcia wyjściowe nadają za napięciami w punktach U, W - w praktyce należy jeszcze uwzględnić margines bezpieczeństwa. Z tego pomiaru otrzymamy więc dopuszczalny



Rys. 5. Układ testowy modułu AVT-190



Rys. 6. Schemat blokowy prostego generatora z wobulacją

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1: 1MΩ
- R2-R9, R11, R12: 4,7...33kΩ
- R10: 330Ω
- R13: 10kΩ *
- R14: 100kΩ *
- P1, P2: potencjometry 10kΩ np. SP1.2 10kΩ A *

Kondensatory

- C1: 470pF
- C2-C4: 100nF ceram.
- C5: 100...220μF/16V
- Ca, Cb: dobierane według potrzeb*

Półprzewodniki

- D1-D8: dowolna krzemowa mała np. BAV17
- US1: DAC0832
- US2: TL084
- US3: 4047
- US4: 4040

Różne

- S1: przełącznik trzypozycyjny jednoobwodowy *
- S2: patrz S1 *

* elementy dodatkowe, nie wchodzące w skład zestawu AVT-190

zakres zmian tych napięć od zera do pewnej wartości U_{max}. Przy zasilaniu +10V będzie to około 4..5V.

W położeniu środkowym przełącznika S1 na wyjściu T powinniśmy otrzymać „piłę” o wysokości „zębów” zależnej od ustawienia P1 i P2.

Zauważmy przy tym, że choć licznik liczy w górę, to w zależności od ustawienia potencjometrów P1 i P2 otrzymamy przebieg narastający albo malejący. W praktyce ma to niewielkie znaczenie - zamiast opisać potencjometry P1 i P2 odpowiednio „f_{min}”, „f_{max}” opiszemy je „od f1”, „do f2”. Będziemy więc mieli także możliwość przestrajania od częstotliwości większej do mniejszej. Taki odwrócony na ekranie obrazek może jednak trochę wprowadzać w błąd.

W wersji podstawowej wobulatora akustycznego proponujemy takie dobranie elementów modułu generatora-wobulatora AVT-184 aby przy określonym wcześniej dla modułu AVT-190 napięciu sterują-

cym 0...U_{max} częstotliwość wyjściowa płytki AVT-184 zmieniała się w przedziale 20Hz...20kHz. Wtedy w pełnym zakresie wobulacji (trzy dekady) mając do dyspozycji 256 „schodków”, otrzymamy stosunek każdej następnej częstotliwości do poprzedniej równy 1,027 - jest to stosunek częstotliwości odpowiadający połowie półtonu muzycznego! Przy węższym zakresie wobulacji będzie to jeszcze mniej.

Schemat blokowy takiego wobulowanego generatora jest pokazany na **rysunku 6**. Dodatkowo, stosując Ca i Cb mamy do dyspozycji jeszcze dwa zakresy częstotliwości - np 2Hz...2kHz i 200Hz... 200kHz.

Ten generator jest w pełni funkcjonalnym urządzeniem, a z czasem będzie go można sukcesywnie rozbudowywać. Bez problemu można będzie dodać kolejny moduł i ewentualnie zmienić płytę czołową, gdy pojawią się nowe elementy regulacyjne.

Piotr Górecki, AVT