

Elektroniczne organki

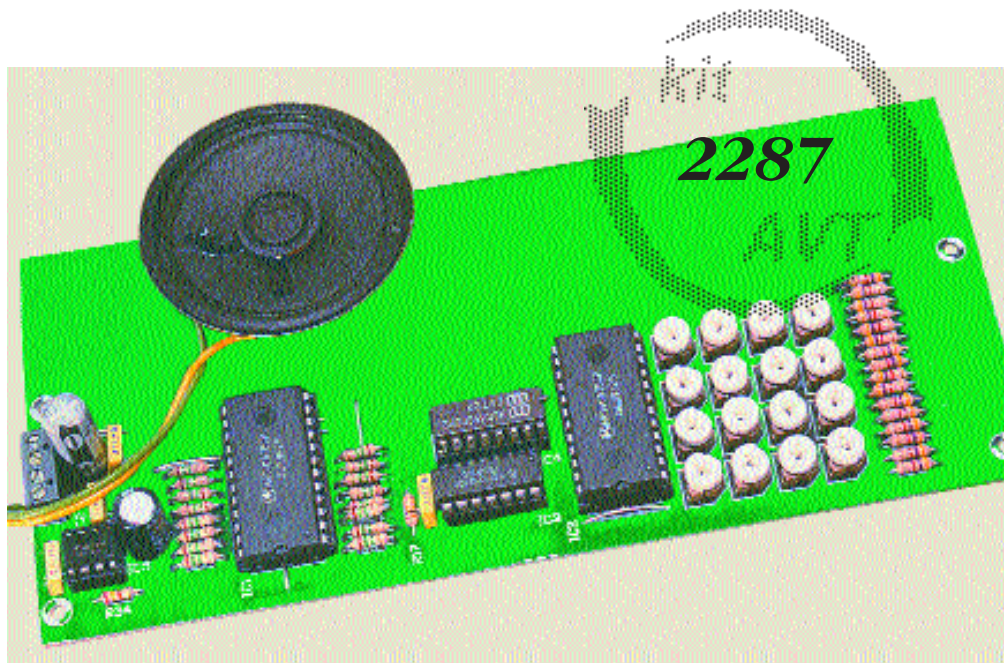
Do czego to służy?

Proponowany układ jest kolejnym przykładem prostej zabaweczki, przy której konstruowaniu możemy nauczyć się czegoś nowego. Jest to chyba najprostszy z możliwych instrumentów muzycznych, który możemy sobie zbudować do zabawy lub jako upominek dla młodszego brata czy siostry. Czy to naprawdę gra? Trochę gra, ale chyba parametry tego instrumentu nie zadowolą wytrawnych muzyków. Układ umożliwia jedynie wygrywanie prostych melodyjek, bez możliwości grania akordów, wyłącznie w zakresie dwóch oktaw.

Ogromnym utrudnieniem podczas projektowania proponowanego układu był fakt, że na muzyce znam się mniej więcej tak, jak na języku hindi. No, przesadziłem, znacznie mniej, ponieważ piękny język większości Hindusów trochę rozumiem! Tak więc układ zostanie opisany wyłącznie od strony „elektronicznej”, a resztę muzycy koledzy dopiszą sobie sami.

Z tymi układami przeznaczonymi dla muzyków zawsze miałem kłopoty. Pamiętam, kiedyś zaprojektowałem i wykonałem wzmacniacz dla kolegi grającego na gitarze. Układ nawet mi „wyszedł”, na ekranie oscyloskopu widać było zupełnie przyzwoicie wyglądające przebiegi. Uznałem, że wzmacniacz jest gotowy do eksploatacji i poprosiłem kolegę o przetestowanie go. Dowiedziałem się, że „nie brzmi”. Ponieważ wyczerpałem wszystkie dostępne mi środki służące elektronikom do testowania wzmacniaczy audio, nadeszła pora na „myślenie lutownicą”, czyli chaotyczne działania polegające na zmienianiu na chybił trafił wartości różnych elementów. W pewnym momencie kolega wykrzyknął „O, o tak trzymaj, teraz brzmi!”! A na ekranie oscyloskopu był koszmarny, przesterowany, obcięty wierzchołki sygnału!

Było to bardzo dawno temu, teraz już wiem, że gitarzyści cenią sobie ponad wszystko efekt uzyskiwany podczas przesterowania wzmacniacza wejściowego. I gdzie tu sens, gdzie logika? Dajmy jednak spokój anegdotkom i wracajmy do naszego układu.



Jak to działa?

Schemat elektryczny zabawkowych organków został przedstawiony na rysunku 1. Jak widać, urządzenie nie jest nadmiernie skomplikowane i zawiera w sobie zaledwie pięć układów scalonych. Sercem układu są dwa scalone multiplexery – demultiplexery cyfrowo-analogowe typu 4067. Jeden z nich służy do skanowania klawiatury i zadaniem jego jest sprawdzanie czy i jaki klawisz został włączony. Już w tym momencie warto zauważyć, że budując zabawkę poznajemy ciekawe rozwiązania układowe. Układ dynamicznego przeszukiwania klawiatury może bowiem znaleźć zastosowania także w całkiem „poważnych” projektach, a nie tylko w zabawkach.

Wejścia adresowe demultiplexera IC1 zostały dołączone do wyjść licznika binarnego IC4A typu 4520. Do wejścia zegarowego (a właściwie do wejścia zezwolenia, które może być także wykorzystywane jako wejście zegarowe) doprowadzany jest ciąg impulsów prostokątnych stworzonych przez generator multistabilny zbudowany na bramkach IC3A i IC3B. Częstotliwość pracy tego generatora określona jest pojemnością C1 i rezystancją R17, a jej wartość nie jest krytyczna. Wejście zerujące licznika IC4A jest na stałe zwarte do masy, tak więc licznik ten pracuje nieprzerwanie, „w kółko” zliczając nadchodzące impulsy.

Układ IC1 możemy z pewnym przybliżeniem traktować jako nieustannie obracający się przełącznik 16-pozycyjny. Wszystkie wejścia tego przełączni-

ka, kolejno dołączane do jego wyjścia zostały „podwieszane” do plusa zasilania za pomocą rezystorów R1-R16 i panuje na nich stan wysoki. Tak więc, dopóki żadne z tych wejść nie zostanie zwarte do masy, na wyjściu Z IC1 panuje permanentny stan wysoki umożliwiający ciągłą pracę generatora zegarowego.

Rozważmy teraz co się stanie, jeżeli naciśnięty zostanie jeden z klawiszy powodując zwarcie odpowiedniego wejścia IC1 do masy. Tak naprawdę, to żaden klawisz nie zostanie naciśnięty, ale jedynie dotknięty. Nasz instrument posiada bowiem klawiaturę sensorową, ze wszystkimi jej wadami i zaletami. Wartość rezystorów R1...R16 jest na tyle duża, że rezystancja naskórka palca dołączona pomiędzy wejście IC1 a masę spowoduje powstanie na tym wejściu napięcia, które przekazane na wejście 6 bramki IC3B spowoduje natychmiastowe zatrzymanie pracy generatora zegarowego. Jednocześnie stan niski zostaje wymuszony na wejściu zezwolenia drugiego demultiplexera – IC2. Stan taki będzie trwał aż do „puszczenia” klawisza (lub, niestety do momentu wytarcia klawiatury dotkniętej przez małe dziecko dopiero co wyjętym z buzi paluszkiem).

Rozważmy teraz rolę, jaką pełni w układzie drugi demultiplexer – IC2. Na jego wejściach adresowych podawane jest słowo czterobitowe identyczne z słowem na wejściach układu IC1. Tak więc w momencie zatrzymania generatora zegarowego aktywne jest jego wyjście odpowiadające naciśniętemu,

a właściwie dotkniętemu klawiszowi. Wejście Z demultipleksera IC2 dołączone jest do plusa zasilania i po zatrzymaniu licznika i daniu temu układowi zezwolenia na pracę (stan niski na wejściu E) na właściwym wyjściu pojawi się pełne napięcie zasilania.

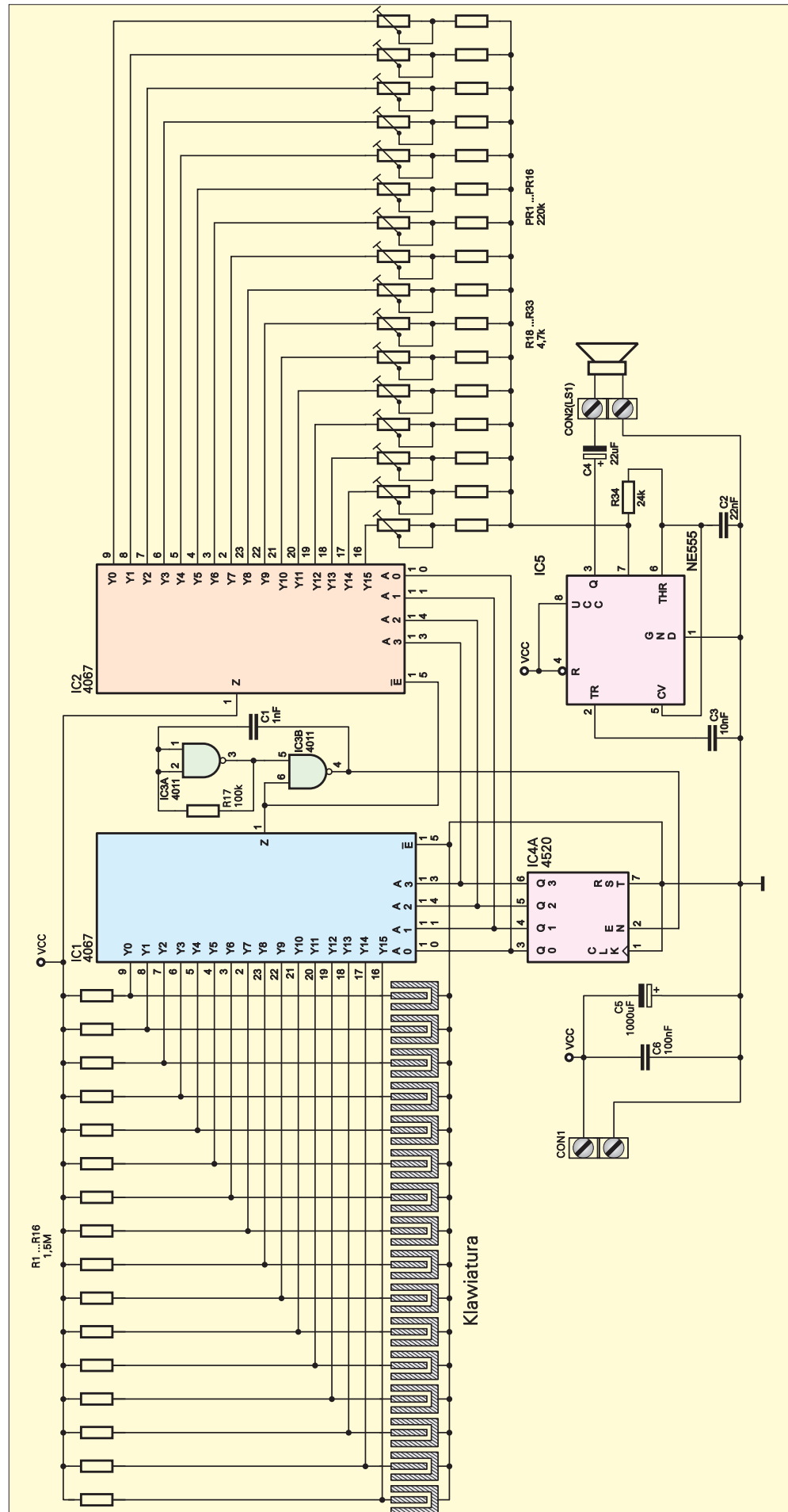
Ostatnim istotnym elementem układu naszych organków jest generator częstotliwości akustycznej zbudowany, no jak myślicie, na czym? Oczywiście na NE555. W naszym przypadku zastosowanie tego układu, charakteryzującego się dobrą stabilnością częstotliwości w funkcji zmian napięcia zasilającego i zmian temperatury, było jednak w pełni uzasadnione. Do momentu dotknięcia klawisza układ IC5 nie pracował, ponieważ jego wejście DIS „wisiło w powietrzu”. Teraz jednak generator ten rozpoczyna pracę, generując ciąg impulsów prostokątnych o częstotliwości określonej przez pojemność C2, rezystancję R34 i jedną z par rezystor + potencjometr montażowy. W fazie regulacji układu potencjometry montażowe PR1 PR16 zostały ustawione tak, że IC5 wytwarza częstotliwość odpowiadającą odpowiedniemu tonowi na klawiaturze instrumentu.

Ze względu na „zabawkowy” charakter układu nie został on wyposażony w jakikolwiek dodatkowy wzmacniacz. Głośnik dołączamy za pośrednictwem kondensatora C4 bezpośrednio do wyjścia NE555, którego wydajność prądowa zapewnia sygnał o dostatecznej sile.

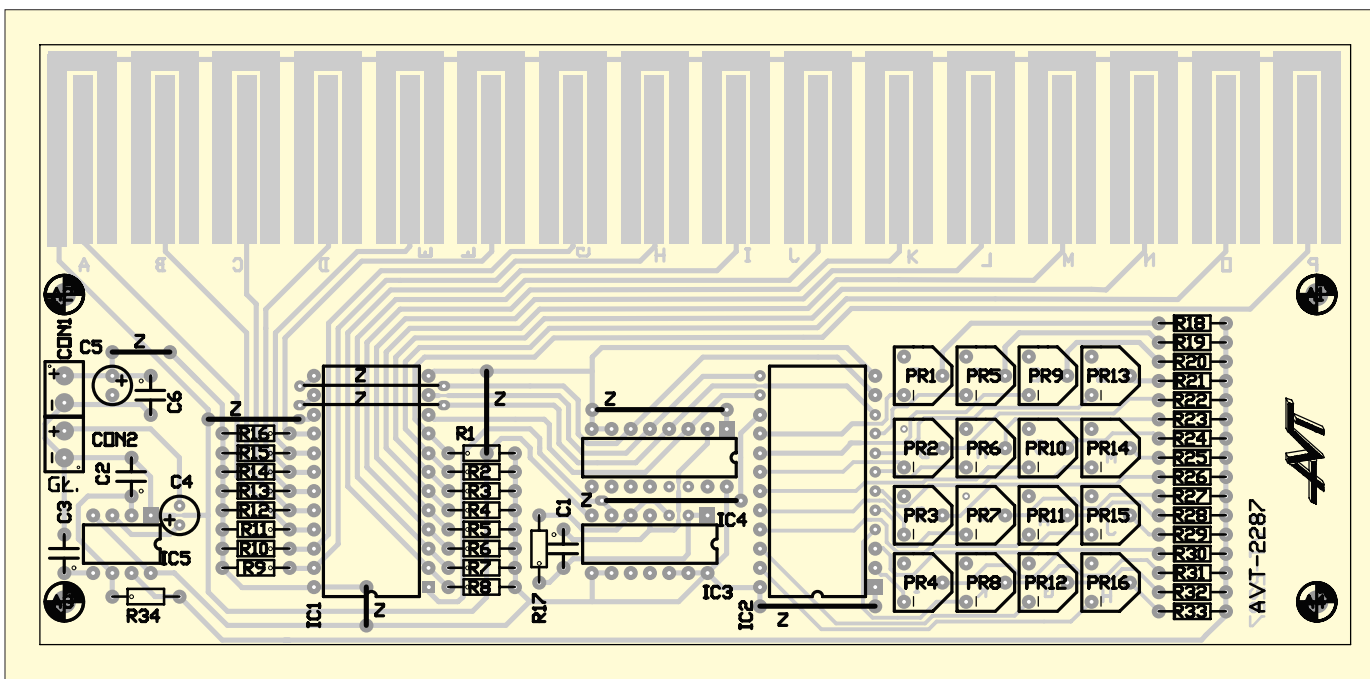
Układ organków może być zasilany dowolnym napięciem dozwolonym dla rodziny CMOS, najlepiej dobrze stabilizowanym. Ze względu na niewielki pobór prądu sugerowałbym zastosowanie zasilania bateryjnego 9V.

Montaż i uruchomienie

Na rysunku 2 została pokazana mozaika ścieżek płytki drukowanej wykonanej na laminacie jednostronnym oraz rozmieszczenie elementów. Uwagę Czytelników zwrócić z pewnością wytrawione na płytce i pozbawione solder maski pola klawiatury sensorowej. Tak więc zbędne będą jakiejkolwiek prace mechaniczne i wykonywanie klawiatury: zmontowany układ będzie od razu gotowy do



Rys. 1. Schemat ideowy



Rys. 2. Schemat montażowy

pracy. Wykonanie płytki z polami dotykowymi klawiatury spowodowało jednak znaczne zwiększenie jej rozmiarów i zdermiowało konieczność, ze względu na koszty, zastosowania laminatu jednowarstwowego. To z kolei pociągnęło za sobą konieczność umieszczenia na płycie kilku, tak przez Was i przeze mnie nie lubianych zwerek. Myślę jednak, że w tym wypadku ich zastosowanie jest w pełni umotywowane: pomyślcie tylko, ile kosztowałyby płytka dwustronna z metalizacją tych wymiarów!

Od tych właśnie paskudnych zwerek rozpoczniemy montaż układu. Po wykonaniu zwerek lutujemy podstawki pod układy scalone. Podstawki są absolutnie konieczne ponieważ układ będzie prawdopodobnie pracował w wyjątkowo ciężkich warunkach: w rękach dzieci i uszkodzenie któregoś z układów scalonych jest wysoce prawdopodobne.

Układ zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga uruchamiania, ale jedynie dostrojenia potrzebnych częstotliwości akustycznych. Z elementami takimi jak na schemacie zakres regulacji obejmuje ponad cztery oktawy, a strojenia możemy dokonać za pomocą miernika częstotliwości. Jeżeli takiego miernika nie posiadamy, to możemy zestroić nasz instrument „na słuch”, korzystając z pomocy (jeżeli sami, podobnie jak niżej podpisany, nie znamy się na muzyce) muzycznego kolegi.

Jeszcze jedna uwaga praktyczna: zastosowane w układzie modelowym potencjometry montażowe zostały dobrane tak, aby umożliwić szeroki zakres strojenia, niestety kosztem jego dokładności. Jeżeli więc zależy Wam na idealnym dostrojeniu instrumentu, to warto zastosować następującą metodę postępowania:

Wykaz elementów

Rezystory

PR1 PR16: 220k Ω
R1 R16: 1,5M Ω
R17: 100k Ω
R18 R33: 4,7k Ω
R34: 24k Ω

Kondensatory

C1: 1nF
C2: 22nF
C3: 10nF
C4: 220 μ F/16
C5: 1000 μ F/16
C6: 100nF

Półprzewodniki

IC1, IC2: 4067
IC3: 4011
IC4: 4520
IC5: NE555

Pozostałe

CON1, CON2 (LS1): ARK2 (3,5)mm
LS1: Głośnik 8R

W płytkę lutujemy jedynie jedną parę rezystor + potencjometr montażowy i przy zwartym na stałe do masy klawiszu ustawiamy kolejno potrzebne częstotliwości, za każdym razem mierząc rezystancję potencjometru montażowego. Następnie dobieramy odpowiednio rezystory R18 R33 i potencjometry montażowe tak, aby zakres regulacji był jak najmniejszy. Np. jeżeli sumaryczna wartość rezystancji potencjometr + rezystor przy danej częstotliwości wyniesie 50k Ω , to stosujemy rezystor 47k Ω i potencjometr montażowy 4,7k Ω .

Zbigniew Raabe

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako „kit szkolny” AVT-2287.