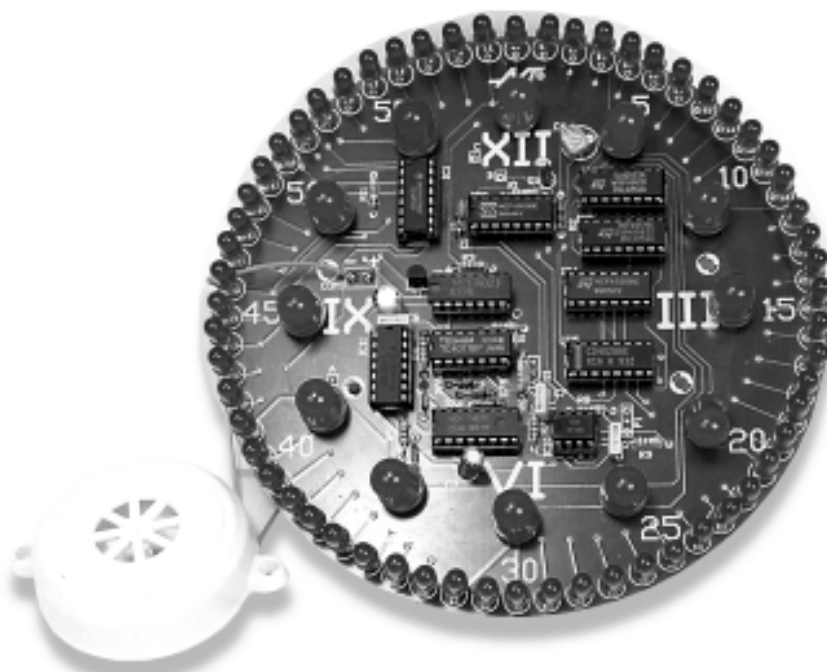


Zegar pseudoanalogowy

kit AVT-426

Wszelkiego rodzaju zegary zawsze cieszyły się wielkim zainteresowaniem Czytelników pism dla elektroników. Nic w tym dziwnego, ponieważ budowa zegara, nawet o znakomitych parametrach, nie jest zadaniem trudnym i nie przekracza możliwości niezbyt zaawansowanych hobbystów. Ładnie wykonany zegar przynosi chwałę swojemu twórcy, zawsze jest widoczny, a jego walory mogą ocenić ludzie nawet kompletnie nie związani z techniką. Jest zresztą coś fascynującego w budowie i śledzeniu działania urządzenia odmierzającego czas - żywiołu, którego natury właściwie nie znamy.



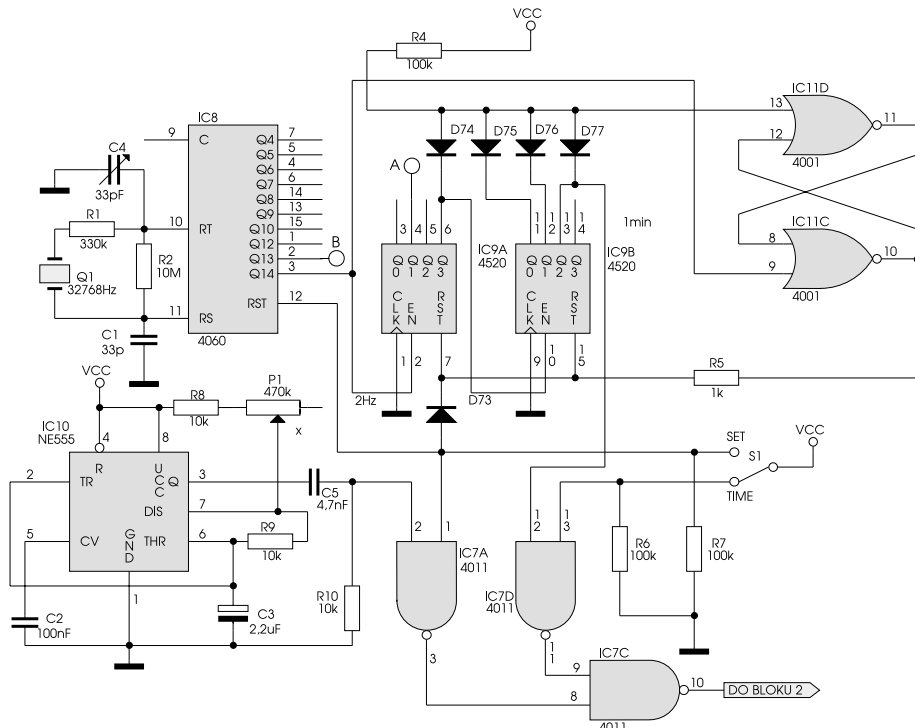
Większość zegarów elektronicznych konstruowanych przez amatorów jest wyposażona w różną liczbę wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED lub, znacznie rzadziej, w wyświetlacze LCD. Wynika to z powszechnej dostępności i niskiej ceny tych wyświetlaczy oraz z faktu, że do takich właśnie wyświetlaczy dostosowane są prawie wszystkie „zegarowe“ układy scalone. Przebojem wśród kitów AVT stał się ostatnio zegar, którego opis zamieszczony został w EP2/97.

Jest to zegar domowy zbudowany na mikroprocesorze, który może realizować wszystkie funkcje, jakie tylko możemy sobie wyobrazić dla zegara. Jest on sterowany sygnałem DCF, co oznacza niewyobrażalną wręcz dokładność wskazań, jest wyposażony także w liczne budziki i timery. Co więcej, potrafi powiedzieć, która jest godzina i to głosem, który sami możemy sobie nagrać!

Jak wszystkie inne, był to oczywiście zegar wyposażony w wyświetlacze LED. Tymczasem, obserwując podaż zegarów i zegarków na rynku możemy stwierdzić, że ludzie nie odzwyczaili się od czasomierzy ze wskaza-

niem analogowym. Wprost przeciwnie, na półkach z zegarkami w każdym sklepie królują zegarki analogowe lub pseudoanalogowe. Zegarki z wyświetlaczami cyfrowymi dedykowane są głównie dzieciom i młodzieży, a żadna licząca się na rynku firma nie produkuje takich zegarków przeznaczonych dla bardziej wymagającej klienteli. Warto więc pomyśleć o budowie zegara, który zachowując precyzję działania zegarów cyfrowych, posiadałby tak miłe dla oka, „klasyczne“ wskazówki. Niestety, wykonanie mechanizmu takiego zegara analogowego jest w warunkach amatorskich nierealne.

Postąpimy więc inaczej: zbudujemy zegar cyfrowy z wyświetlaniem pseudoanalogowym na 72 diodach LED. Nie będzie wprawdzie tradycyjnych, mechanicznych wskazówek, ale za to uzyskamy możliwość łatwej rozbudowy układu. Przecież każdy porządny ścienny zegar powinien wybijać godziny lub wygrywać kuranty, nie mówiąc już o tak miłym dla ucha „cykaniu“. To wszystko będziemy mogli zrealizować w proponowanym układzie. Moduł, który po dołączeniu do naszego



Rys. 1. Schemat elektryczny bloku liczników (blok 1).

zegara umożliwi wybijanie godzin i wygrywanie kurantów jest obecnie opracowywany w pracowni konstrukcyjnej AVT.

Opis działania układu

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na rys. 1, 2 i 3 w dość nietypowy sposób: zamiast rysować jeden, bardzo rozbudowany schemat, układ został podzielony na trzy współpracujące ze sobą bloki, każdy przedstawiony na osobnym rysunku. Autor sądzi, że taki sposób pokazania schematu dość skomplikowanego urządzenia ułatwi Czytelnikom zrozumienie zasady jego działania.

Analizę pracy układu rozpoczniemy od bloku 1, który pełni dwie funkcje: dostarcza do dalszej części zegara sygnał o stabilnej częstotliwości 1/60Hz (sterujący blokiem wyświetlania minut) oraz sygnał o częstotliwości regulowanej w szerokim zakresie (wykorzystywanego przy ustawianiu zegara).

Generator sygnału o częstotliwości wzorcowej został zbudowany z wykorzystaniem dobrze już znanego naszym Czytelnikom układu 4060 - IC8. Jest to kostka szczególnie wygodna dla konstruktorów budujących układy czasowe, ponieważ możemy na niej

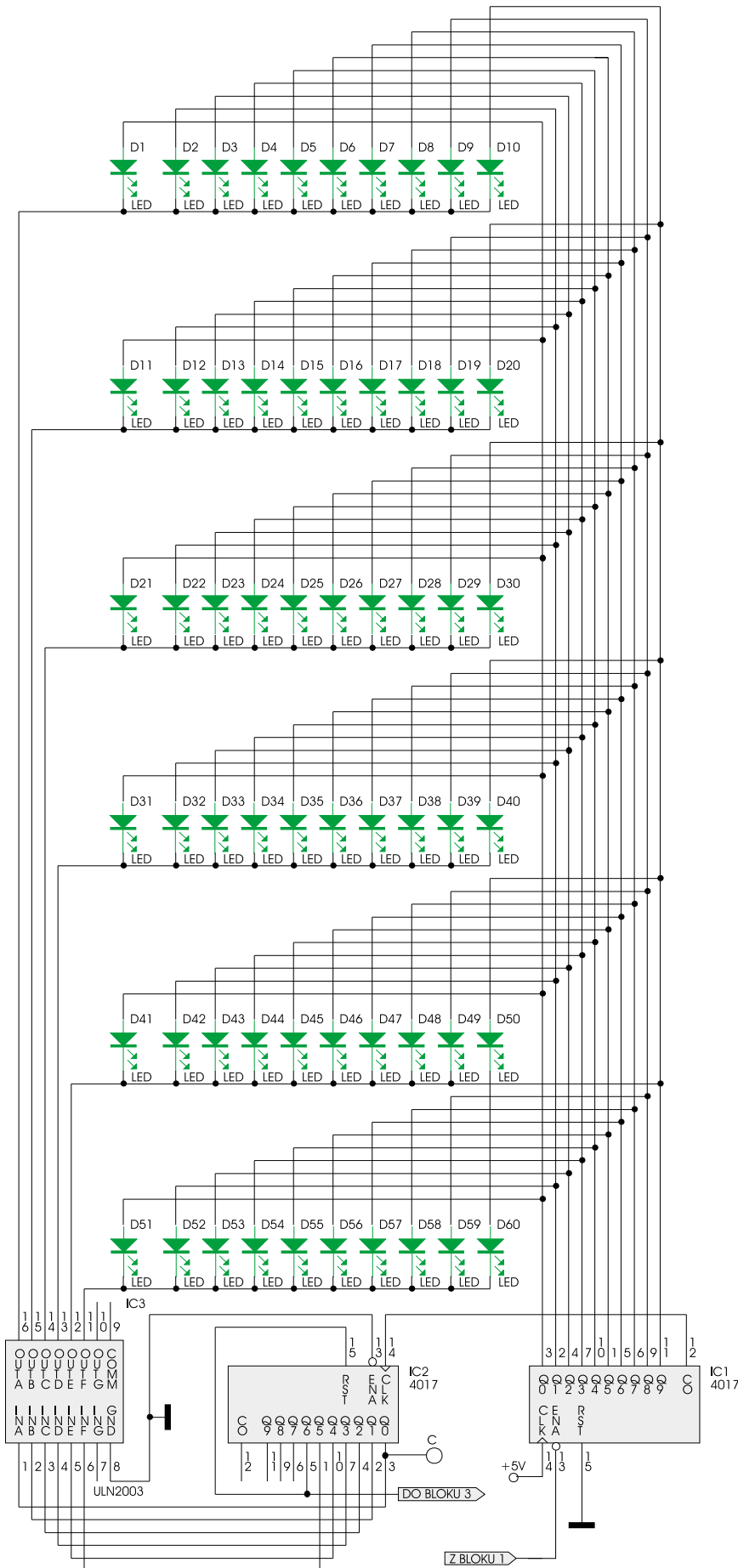
zbudować zarówno generator kwarcowy, jak i wstępny dzielnik częstotliwości. Generator jest stabilizowany rezonatorem kwarcowym 32768Hz, tanim i powszechnie dostępnym elementem stosowanym w zegarkach naręcznych. Na wyjściu Q14 IC8 otrzymujemy, po czternastokrotnym podziale 32768Hz przez 2 (dzielenie przez 2^{14}), częstotliwość 2Hz. Ponieważ potrzebny nam jest przebieg o okresie równym jednej minucie musimy dokonać kolejnego podziału częstotliwości, tym razem przez 120. Rolę kolejnego dzielnika pełnią dwa liczniki binarne zawarte w układzie IC9 - 4520. Na wejście pierwszego licznika jest podawany przebieg o częstotliwości 2Hz pobierany z wyjścia Q14 IC8.

Na początku zliczania na wyjściu 10 przerzutnika R-S zrealizowanego na bramkach IC11D i IC11C, utrzymuje się stan niski, przekazywany za pomocą rezystora R5 na wejścia zerujące liczników, umożliwiając tym samym ich pracę. Zastosowanie rezystora R5 było absolutnie konieczne, pozwalała on bowiem na wyzerowanie liczników w dowolnym momencie za pomocą przełącznika S1 poprzez diodę D73.

W momencie osiągnięcia przez liczniki IC9 stanu 120, czyli

01111000_(BIN), diody D74..D77 przełączają do masy wejście 13 przerzutnika RS (IC11D). Przerzutnik ten zmienia swój stan, zerując stanem wysokim (na wyjściu 10 bramki IC11C) liczniki z układu IC9 i na wejście bramki IC7D zostaje przekazany kolejny impuls minutowy. Nadejście wstępującego zbocza impulsu zegarowego powoduje wyzerowanie przerzutnika RS i cykl zliczania rozpoczyna się od początku. Zakładając, że drugie wejście bramki IC7D jest aktualnie w stanie wysokim (zegar pracuje w trybie odmierzenia czasu - TIME) to impuls ten zostanie przekazany dalej: do bramki IC7C i na wejście bloku 2, którego działanie omówimy niżej.

Zastanówmy się teraz, co się stanie, jeżeli przełącznik S1 zostanie przestawiony w pozycję SET (ustawiania zegara). Wymuszony zostanie stan wysoki na wejściach zerujących liczników wytwarzających przebieg minutowy. Na wejściu 13 bramki IC7D powstanie stan niski, powodując zamknięcie tej bramki. Zostanie natomiast otwarta bramka IC7A, co umożliwi przekazywanie do bloku 2 układu zegara impulsów generowanych przez multiwibrator IC10 (oczywiście, z NE555) oraz różniczkowanych przez kondensator C5 i rezystor R10. Z pewnością wielu Czytelników zada pytanie o celowość stosowania kondensatora C5. Dlaczego nie można było dołączyć wyjścia układu IC10 bezpośrednio do wejścia bramki IC7A? Zastosowałem tu prosty chwyt konstruktorski pozwalający zlikwidować skutki wielokrotnego odbijania styków przełącznika S1. Podczas ustawiania czasu, na wejściu 12 bramki IC7D panuje stale stan niski spowodowany trwałym wyzerowaniem licznika IC9B. Z kolei wejście 2 bramki IC7A także prawie przez cały czas pozostaje w stanie niskim, ponieważ kierowane są na nie krótkie impulsy szpilkowe z obwodu różniczkującego (C5 i R10). Tak więc przełączenia dokonujemy pomiędzy dwoma wyłączonymi bramkami i nie musimy się obawiać przekłamań wnoszonych przez drgające styki. Częstotliwość generowaną przez IC10 możemy zmieniać w bardzo szerokich granicach: od ok. 10 Hz do



Rys. 2. Schemat elektryczny bloku wyświetlania minut (blok 2).

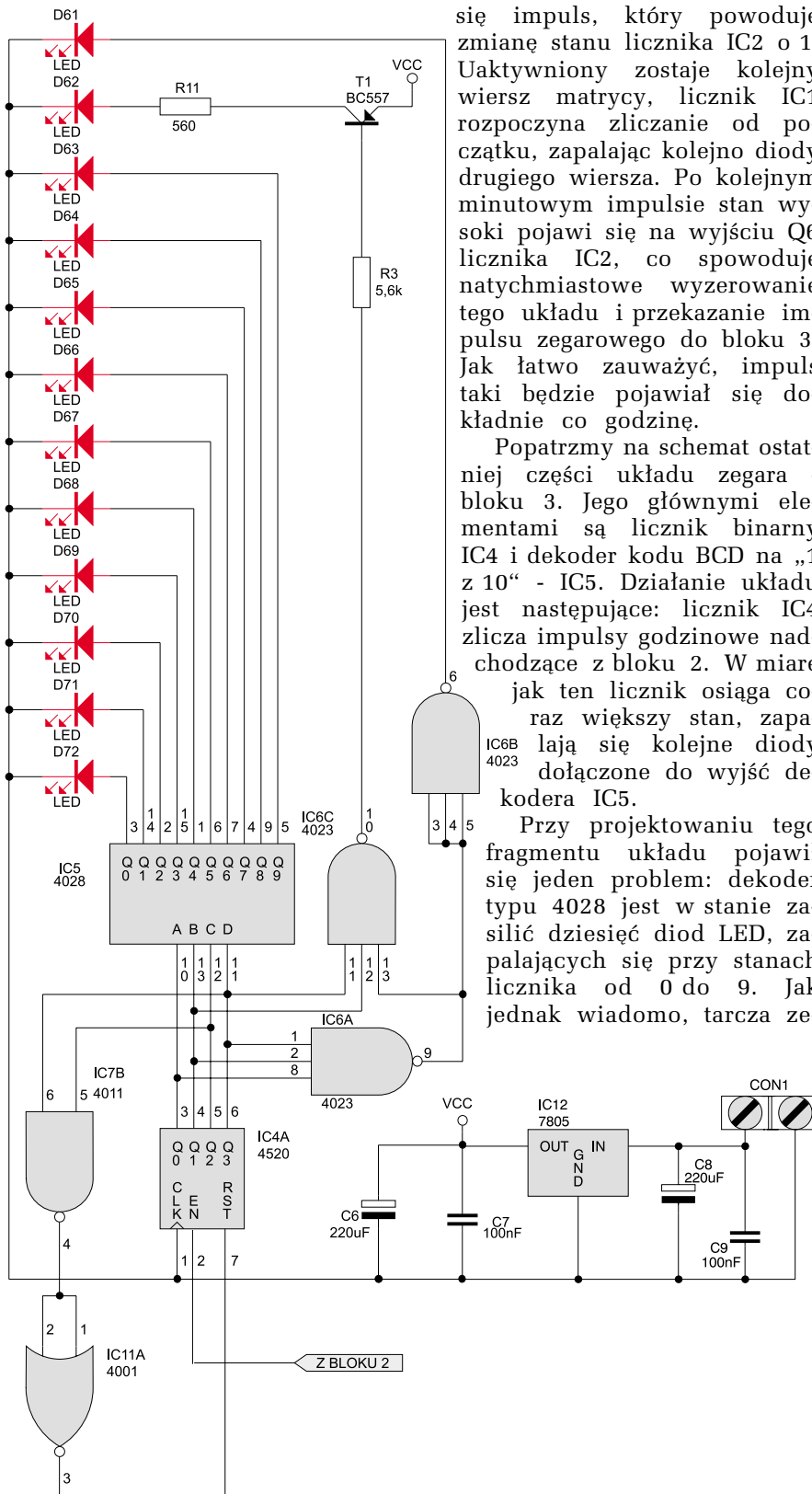
zera (stary „chwyt“ z przeciętą ścieżką potencjometru P1).

Wiemy już, jakie przebiegi możemy uzyskać z pierwszego bloku układu. Zobaczmy teraz, do czego zostaną one wykorzystane.

Na rys. 2 został przedstawiony kolejny, drugi blok układu realizujący funkcje zliczania i wyświetlania minut. Jest to najbardziej rozbudowana część naszego zegara, ponieważ jej zadaniem jest „obsłużenie“ aż 60 diod LED. Analizę tego bloku rozpoczniemy od momentu kiedy obydwa liczniki IC1 i IC2 są wyzerowane. Liczniki pracujące w tej części układu są 5-stopniowymi licznikami Johnsona z dekoderną na kod „1 z 10“. Jak do tej pory najczęściej spotykaliśmy się z licznikami BCD lub binarnymi. Produkowane są także liczniki, na wyjściach których informacja występuje w kodzie wskaźnika siedmiosegmentowego. Natomiast licznik Johnsona z dekoderną posiada wyjścia pracujące w kodzie „1 z 10“, co oznacza, że w miarę nadchodzenia kolejnych impulsów zegarowych stan niski lub wysoki „przesuwa się“ przez dziesięć wyjść licznika.

Wszystkie 60 diod połączonych zostało w matrycę składającą się z 10 kolumn i 6 wierszy. Kolumny są zasilane wprost z wyjść licznika IC1, natomiast wiersze są dołączane do minusa zasilania poprzez inwertery z tranzystorami Darlingтона zawarte w strukturze układu IC3 - ULN2003.

Jak już wspomniano, na obydwóch licznikach mamy stan „0“, tak więc stan wysoki występuje na ich wyjściach Q0. A zatem do plusa zasilania są dołączone wszystkie diody zawarte w kolumnie 1, czyli diody: D1, D11, D21, D32, D41 i D51. Tylko na jednym wejściu układu IC3 panuje stan wysoki, jest to wejście INA, i połączony z nim tranzystor Darlingтона przewodzi, uaktywniając pierwszy wiersz matrycy z diodami D1..D10. Łatwo teraz zauważyć, że świeci tylko dioda D1. Nadejście pierwszego impulsu zegarowego z bloku 1 powoduje zmianę stanu licznika IC1 o 1, czyli stan wysoki pojawia się na jego wyjściu Q1. Uaktywniona zostaje druga kolumna matrycy, a ponieważ stan licznika IC2



Rys. 3. Schemat elektryczny bloku wyświetlania godzin (blok 3).

w dalszym ciągu wynosi „0“, zapala się druga dioda pierwszego wiersza i tak dalej, aż licznik IC1 zliczy dziesięć minutowych impulsów. W tym momencie na wyjściu CO (przeniesienia) pojawia

się impuls, który powoduje zmianę stanu licznika IC2 o 1. Uaktywniony zostaje kolejny wiersz matrycy, licznik IC1 rozpoczyna zliczanie od początku, zapalając kolejno diody drugiego wiersza. Po kolejnym minutowym impulsie stan wysoki pojawi się na wyjściu Q6 licznika IC2, co spowoduje natychmiastowe wyzerowanie tego układu i przekazanie impulsu zegarowego do bloku 3. Jak łatwo zauważyć, impuls taki będzie pojawiał się dokładnie co godzinę.

Popatrzmy na schemat ostatniej części układu zegara - bloku 3. Jego głównymi elementami są licznik binarny IC4 i dekodery kodu BCD na „1 z 10“ - IC5. Działanie układu jest następujące: licznik IC4 zlicza impulsy godzinowe nadchodzące z bloku 2. W miarę jak ten licznik osiąga coraz większy stan, zapalają się kolejne diody dołączone do wyjść dekodera IC5.

Przy projektowaniu tego fragmentu układu pojawił się jeden problem: dekodery typu 4028 jest w stanie zasilić dziesięć diod LED, zapalających się przy stanach licznika od 0 do 9. Jak jednak wiadomo, tarcza ze-

dołączonego do wyjść licznika IC4A. Rzeczywiście byłyoby to proste, ale dekodery tego typu należą do jednych z droższych kostek z serii 4000. Poradziliśmy sobie więc inaczej.

Musimy włączyć dwie dodatkowe diody LED, jedna oznaczająca godzinę 11, a druga godzinę 12. Godzinie 11 odpowiada stan licznika IC4 równy 10, czyli $1010_{(BIN)}$, natomiast godzinie dwunastej stan równy 11 czyli $1011_{(BIN)}$. Ze zdekodowaniem stanu odpowiadającego godzinie 12 nie było najmniejszego problemu: wyjścia Q0, Q1 i Q3 zostały dołączone do wejść bramki NAND IC6A. Po osiągnięciu przez licznik stanu 1011 na wyjściu tej bramki pojawia się stan niski, który po zanegowaniu przez bramkę IC6B powoduje włączenie ostatniej diody. Nieco gorsza sytuacja powstała przy konieczności zdekodowania stanu 1010 licznika. Proste połączenie wyjść Q1 i Q3 licznika z bramką NAND nic by nie dało, ponieważ dioda D63 włączałaby się także przy stanie licznika o 1 większym i zapalone zostałyby dwie diody godziny 11 i 12. Zastosowano więc także bramkę NAND trójwejściową, dołączając do jej trzeciego wejścia wyjście bramki IC6A, na którym podczas osiągnięcia przez licznik stanu 1011 panuje stan logiczny niski. Teraz już wszystko jest w porządku, diody godzin są włączane we właściwej kolejności. Kto nie wierzy, niech sam jeszcze raz sprawdzi. Tranzystor T1 został zastosowany z braku wolnej bramki w tych „okolicach“ płytki drukowanej i pełni rolę inwertera.

Po zliczeniu przez licznik IC4A dwunastu impulsów, stan wysoki pojawia się na jego wyjściach Q2 i Q3, a w konsekwencji na wyjściu bramki IC7B powstaje stan niski, który po zanegowaniu przez bramkę IC11A powoduje natychmiastowe wyzerowanie licznika. W ten sposób kończy się dwunastogodzinny cykl pracy naszego zegara.

Pora teraz na kilka słów dotyczących ustawiania na zegarze właściwej godziny. Aby tego dokonać ustawiamy przełącznik S1 w pozycji oznaczonej na schemacie SET. Konsekwencje tego będą następujące:

- bramka IC7D, przekazująca impulsy minutowe do bloku 2, zostanie zamknięta przez wymuszony na jej wejściu 13 stan niski;
- liczniki IC8 i IC9 zostaną wyzerowane;
- otwarta zostanie bramka IC7A, co umożliwi sterowanie zegara impulsami pochodzącymi z generatora o regulowanej częstotliwości, zrealizowanego na układzie NE555 - IC10.

W tym momencie nasz zegar pracuje tak, jak opisano wyżej, z jednym wyjątkiem: zamiast ciągu impulsów o okresie równym jednej minucie, do liczników zegara i licznika adresującego pamięć są doprowadzane impulsy generowane przez IC10. Częstotliwość tych impulsów możemy zmieniać od ok. 10 Hz do zera, czyli do zatrzymanie zegara na dowolnie długi okres. Efekt zatrzymania pracy generatora U6 realizujemy w najprostszy sposób: przecinając ścieżkę oporową potencjometru R6 w punkcie oznaczonym na schemacie „x”. Tak więc możemy na naszym zegarze ustawić dowolną godzinę i zatrzymać go na dowolnie długi czas.

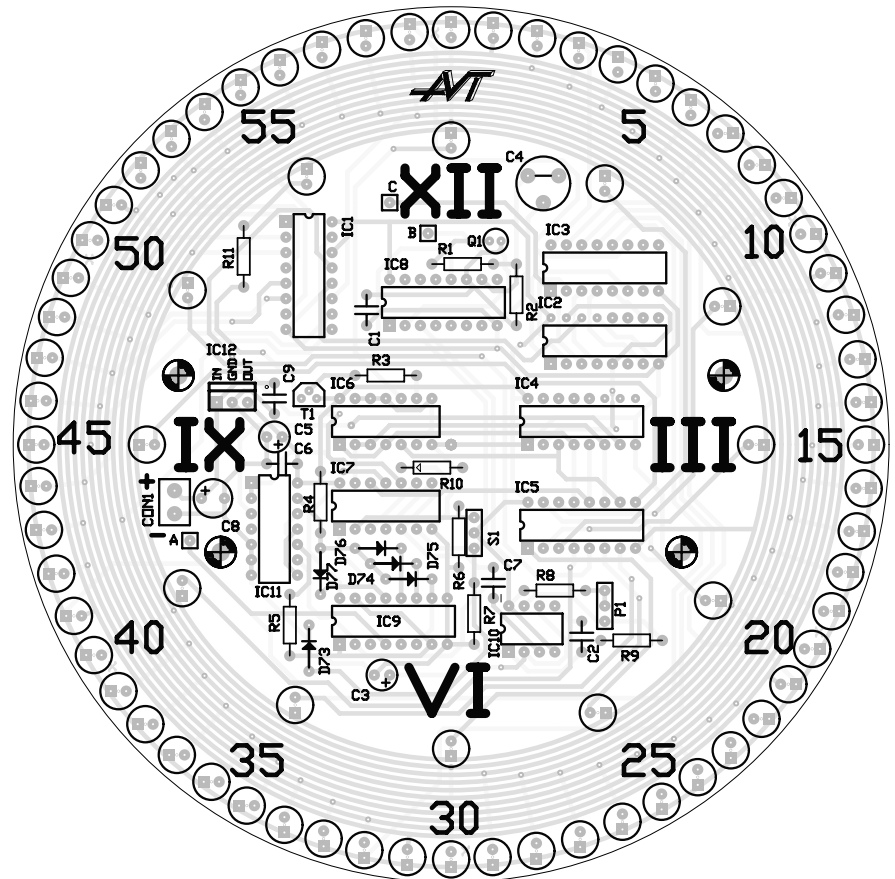
Jeżeli więc zbliża się godzina np. 15:05, to na naszym zegarze ustawiamy właśnie tę godzinę i zatrzymujemy go. Dokładnie o 15:05:00 przełączamy przełącznik S1 w pozycję TIME. Początkowo nic nie zauważymy, ale po minucie nasz zegar z pewnością pokaże godzinę 15:06. Pozostała część układu to typowo zbudowany stabilizator napięcia wykorzystujący układ scalony IC12 - 7805.

To już chyba wszystko, co można napisać na temat zasady działania naszego układu. W dalszej części artykułu wspomnimy jeszcze o możliwych do przeprowadzenia modyfikacjach i usprawnieniach.

Montaż i uruchomienie

Na rys. 4 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

Jak przystało na zegar „analogowy”, płytka została wykonana w formie koła. Zanim jednak rozpoczniemy montaż, musimy zdecydować, jaką zastosujemy obudowę. Oczywiście możemy w ogóle z obudowywania układu



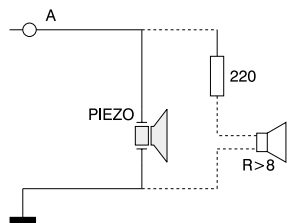
Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej (na rysunku widok zmniejszono do 80%).

zrezygnować, na stronie opisowej płytki naniesione są cyfry odpowiadające wyświetlanym godzinom i minutom. Wygląd takiego zegara byłby niezbyt estetyczny, tym bardziej, że nie udało mi się równo umieścić układy scalone na płytce. W zasadzie problem polega na znalezieniu odpowiedniej płyty czołowej, a z resztą już sobie jakoś poradzimy. I tu pomysł nasuwa się sam: do zegara pseudoanalogowego możemy wykonać płytę czołową ze starej płyty gramofonowej. Młodszym Czytelnikom EP autor pragnie wyjaśnić, że były to takie czarne krążki, na których nagrywało się dźwięk. Być może takie płyty poniewierają się jeszcze po domach, a wykonana z nich tarcza zegara byłaby bardzo efektowna.

W każdym razie, jeżeli tylko zastosujemy jakąkolwiek płytę czołową, to płytka obwodu drukowanego musi posłużyć nam jako matryca do wykonania na tej płycie 72 otworów pod diody LED. Z pewnością już za-

uważyliście, że pomiędzy punktami lutowniczymi każdej z diod LED umieszczono dodatkowe otworki, pozornie do niczego nie potrzebne. Otwory te posłużą nam do wywiercenia otworów pod diody idealnie na okręgu. Niemniej przestrzegam: to będzie wymagało naprawdę sporo pracy!

Wykonanie płyty czołowej rozpoczniemy od przymocowania do niej płytki obwodu drukowanego. Jeżeli zastosujemy zniszczoną płytę analogową, to warto jeszcze zwrócić uwagę na jeden dodatkowy otwór na płytce obwodu drukowanego, umieszczony idealnie w jej centrum i oznaczony „C”. Posłuży on do idealnie centrycznego umieszczenia płytki drukowanej na płycie czołowej. Po zlokalizowaniu środka musimy obie płyty mocno połączyć ze sobą, najlepiej za pomocą taśmy samoprzylepnej. Następnie wiercimy poprzez płytkę drukowaną wszystkie 72 otworki, najlepiej za pomocą wiertła o średnicy 0,8mm. Nie musimy się przy tym



Rys. 5. Sposób dołączenia sygnalizatora akustycznego.

martwić o całość metalizacji, bo dodatkowe otworki w płytce tworzą tylko matrycę do wiercenia. Jeżeli nie posiadamy wiertła o odpowiedniej średnicy, to możemy jedynie napunktować otworki za pomocą igły krawieckiej i później rozwiąć je do odpowiedniej średnicy.

Po zaznaczeniu otworów rozłączamy obie płyty i przystępujemy do ostatniej czynności przed montażem, za konieczność wykonania której bardzo przepraszam swoich Czytelników. Otóż musicie teraz poprzecinać niektóre ścieżki na płytce, a ściślej mówiąc podzielić na sześć części okrągłą ścieżkę o największej średnicy, umieszczoną na spodniej stronie płytki. Za pomocą ostrego narzędzia musimy ją przeciąć w punktach oznaczonych „x”. Dlaczego sam tego nie zrobiłem i dopuściłem do takiego zaniedbania? To proste, program AUTOTRAX umożliwia prowadzenie łuków w kącie 90, 180, 270 i 360°. Mieliśmy do wyboru tylko dwie ewentualności: albo łączyć ze sobą katody diod „minutowych” osobnymi ścieżkami prowadzonymi zygzakiem, co dałoby marny efekt estetyczny i niepotrzebnie zwiększyłoby wymiary płytki, albo zastosować metodę z przecinaniem jednej, kolistej ścieżki.

Po wykonaniu tej kłopotliwej nieco czynności, dalszy montaż przeprowadzamy już typowymi metodami, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na podstawkach pod układy scalone i kondensatorach. Kłopotliwe będzie jedynie idealnie „równe” wlutowanie 72 diod LED. Posłużymy się tu starą, wielokrotnie sprawdzoną metodą: najpierw wlutowujemy w płytkę trzy diody rozstawione pod kątem 120°. Lutujemy tylko po jednej nóżce, pilnie zważając aby diody znalazły się w idealnie równej

odległości od płytki. Następnie wkładamy w otwory lutownicze wszystkie pozostałe diody i całość odwracamy o 180°, kładąc na gładkiej powierzchni. Lutujemy po jednej nóżce każdej z diod, odwracamy płytkę i wyrównujemy położenie każdej z diod. Jeżeli wykonaliśmy już płytę czołową, to najlepiej będzie włożyć teraz diody w otwory, jeszcze raz sprawdzić ich wyrównanie i przylutować pozostałe 72 nóżki.

W układzie modelowym zastosowano jako diody „minutowe” zielone LED-y o średnicy 5 mm, a jako diody „godzinowe” LED-y o średnicy 8 mm, świecące kolorem czerwonym. Jest to tylko jedno z możliwych rozwiązań, zależnych wyłącznie od gustu Czytelników. Dlatego też diody LED nie będą dostarczane w kicie i należy je zamówić lub zakupić oddzielnie.

Układ zmontowany ze sprawdzonych elementów działa natychmiast poprawnie i nie wymaga uruchamiania. Perfekcjonści mogą jedynie ustawić za pomocą trymera C4 częstotliwość zegarową dokładnie na 32768Hz. Można tego dokonać za pomocą miernika częstotliwości dobrej klasy, a pomiaru najlepiej dokonywać na nóżce 9 IC8. Układ powinien być zasilany napięciem stałym, niekoniecznie stabilizowanym o wartości 7..16VDC.

Najwyższa pora wspomnieć o możliwościach rozbudowy i modyfikacji układu. Wspomniałem przecież o wybijaniu godzin i „cykaniu”.

Zacznijmy od najprostszej modyfikacji, czyli od „cykania”. Ten miły odgłos wydawany przez zegary mechaniczne możemy z łatwością symulować za pomocą płytki piezoceramicznej włączonej pomiędzy punkt oznaczony „A” (na schemacie i na płytce) i masę. Jeżeli głośność cykania wydawanego przez płytkę piezo okazałaby się niewystarczająca, to można w identyczny sposób dołączyć do układu miniaturowy głośniczek z rezystorem szeregowym o wartości ok. 220Ω. **Rys. 5** wyjaśnia dokładnie sposób dołączenia do zegara dodatkowych elementów.

Drugą możliwą modyfikacją jest dołączenie do zegara magnetofo-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

P1: 470kΩ/A
R1: 330kΩ
R2: 10MΩ
R3: 5,6kΩ
R4, R6, R7: 100kΩΩ
R5: 1kΩ
R8, R9, R10: 10kΩ
R11: 560Ω
R12: 5,6kΩ

Kondensatory

C1: 33pF
C2, C7, C9: 100nF
C3 2,2μF/16V
C4: 33pF trymer
C5: 4,7nF
C6, C8: 220μF/16V

Półprzewodniki

D1..D60: diody LED φ5mm, zielone (nie wchodzi w skład kitu)
D61..D72: diody LED φ8mm, czerwone (nie wchodzi w skład kitu)
D73..D77: 1N4148 lub odpowiednik
IC1, IC2: 4017
IC3: ULN2003
IC4, IC9: 4520
C5: 4028
IC6: 4023
IC7: 4011
IC8: 4060
IC10: NE555
IC11: 4001
IC12: 7805
T1: BC557

Różne

Q1: kwarc 32768 Hz
S1: przełącznik dźwigienkowy
CON1 ARK2 małe

niku wielofunkcyjnego opracowanego obecnie w Pracowni Konstrukcyjnej AVT. Umożliwi to wybijanie godzin, wygrywanie kurantów czy nawet podawanie słownych komunikatów o mijających pełnych godzinach. Do połączenia układu zegara z tym modulem służy wyjście oznaczone na schemacie i na płytce jako „C”. Jest to wyjście, na którym stan wysoki pojawia się po upływie każdej pełnej godziny. Trzecią modyfikacją, a właściwie rozbudową układu jest dodanie do niego „wahadełka”, oczywiście także elektronicznego. Ten projekt znajduje się już w stadium testowania.

Zbigniew Raabe, AVT