

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane **oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany**. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Zegar-timer z dużym wyświetlaczem

Zegary elektroniczne były opisywane na łamach EP wielokrotnie. Aby zainteresować Czytelników projektami autorzy zawsze starali się nadać swoim konstrukcjom pewne cechy unikatowe. Tak jest również w przypadku zegara opisywanego niżej.

Rekomendacje:

efektowny zegar posiadający duży, czytelny wyświetlacz może być wyposażeniem pomieszczeń publicznych, pełniąc funkcję informacyjną i dekoracyjną.



Podstawową funkcją opisywanego w niniejszym artykule zegara jest oczywiście pomiar czasu, ale potrafi on również odliczać zadany czas liczony w minutach. Odliczanie rozpoczyna się począwszy od chwili ustawienia lub o zaprogramowanej godzinie.

Drugą najważniejszą cechą zegara jest duży, czytelny wyświetlacz umożliwiający odczyt godziny niemal w każdych warunkach (np. w ostrym słońcu). Zastosowano w nim dyskretne diody LED o małym kącie świecenia oraz przezroczystych soczewkach, zamknięte w klasycznych obudowach do montażu przewlekane. Diody takie pozwalają na osiągnięcie bardzo dużej jasności oraz prawie nieograniczoną swobodę przy projektowaniu kształtu i wielkości poszczególnych segmentów wskaźnika. Problemem może być sterowanie takim wyświetlaczem. Załączanie każdego segmentu z osobna, używając tranzystorów i łącząc je bezpośrednio

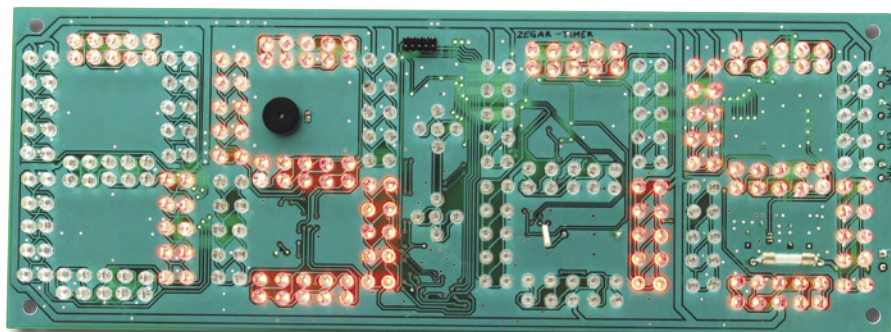
z jednostką centralną, wymaga bardzo dużej liczby dostępnych linii, natomiast multipleksowanie ogranicza czas świecenia segmentów do $1/n$, gdzie n jest liczbą multipleksowanych wyświetlaczy. Krótki czas świecenia poszczególnych segmentów w przypadku, gdy jest ich dużo powoduje wyraźne obniżenie mocy, a więc i jasności świecenia.

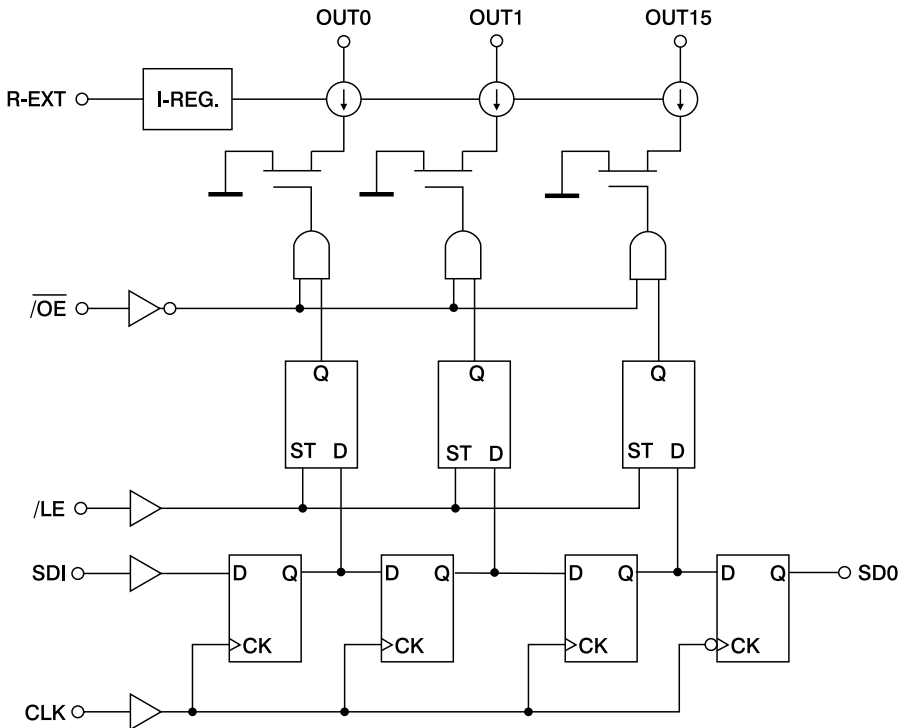
Ciekawym rozwiązaniem jest użycie rejestru przesuwającego (SIPO – *Single Input Parallel Output*) i zestawu kluczy sterujących segmentami, jednak liczba elementów niezbędnych do zrealizowania takiej koncepcji oraz brak możliwości prostego i efektywnego sterowania jasnością wyświetlaczy przemawiają na niekorzyść w porównaniu ze specjalizowanymi sterownikami. Mowa tu o układach STP16C596. Są to rejestry przesuwne z równoległym wyjściem (SIPO), którego stan może być zatrzaśnięty w wewnętrznych rejestrach sterujących źródłami prądowymi. Prąd można regulować



PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 334x121 mm
- Zasilanie 9...15 VDC/0,5 A
- Funkcje: zegar z podtrzymaniem baterijnym, minutnik (timer) z możliwością odliczania czasu o zaprogramowanej godzinie
- Wyświetlacz zbudowany z diod LED o wysokiej jasności świecenia





Rys. 1. Budowa wewnętrzna układu STP16C596

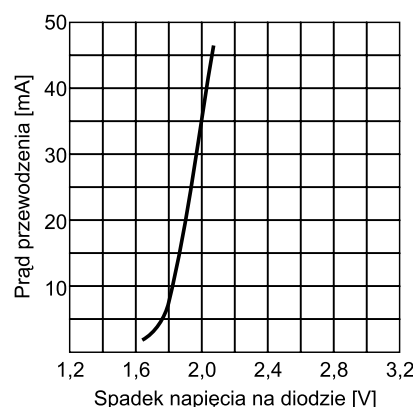
za pomocą zewnętrznego rezystora. Układy te mogą sterować nawet szesnastoma segmentami diod. Dodatkową możliwość sterowania daje wejście OE (*Output Enable*), dzięki któremu możliwe jest łatwiejsze, programowe sterowanie jasnością wyświetlaczy (np. PWM). Sterowniki takie zostały zastosowane w niniejszym projekcie. Na płytce znalazły się dwa układy zapewniające sterowanie 4 cyfr zegara oraz ułatwiające jego oprogramowanie i podnoszące funkcjonalność. Do sterowania zegarem wykorzystano procesor ATmega8 pracujący z zegarem czasu rzeczywistego firmy Dallas Semiconductors DS1307.

Opis budowy

Schemat ideowy zegara przedstawiono na rys. 3. Zegar jest zasilany napięciem z zakresu 9...15 V. Na płytce uwzględniono diodę szeregową oraz bezpiecznik topikowy. Taki zestaw chroni nie tylko przed zwarzeniami, ale również przed nieprawidłową biegunowością zasilania. Część cyfrowa wraz z driverami diod LED jest zasilana z 5 V. Użyto tu standardowego stabilizatora 7805. Ze względu na to, że na płytce będą przełączane duże prądy (do 30 mA na pojedynczy segment), należy pamiętać o umieszczaniu kondensatorów blokujących przy każdym

układzie scalonym. Zgodnie z wymogami poprawnego odsprężania, kondensatory umiejscowione są jak najbliżej wyprowadzeń zasilających tych układów. W modelu zostały zastosowane wysokiej jakości kondensatory ceramiczne i tantalowe.

Każda cyfra wyświetlacza jest budowana z siedmiu segmentów, na które składa się dziesięć czerwonych diod LED o dużej jasności (model LT1873-81, jasność 420 mcd przy 30 mA, kąt świecenia 10°). Okazuje się, że diody takie oferują wyższą jasność niż jest wymagana zachowując przy tym niską cenę, czego nie można powiedzieć o super jasnym diodach dostępnych na rynku. Jednym słowem – warto przed zakupem sprawdzić, co tak naprawdę,

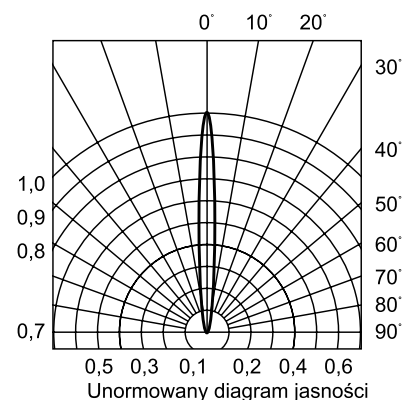


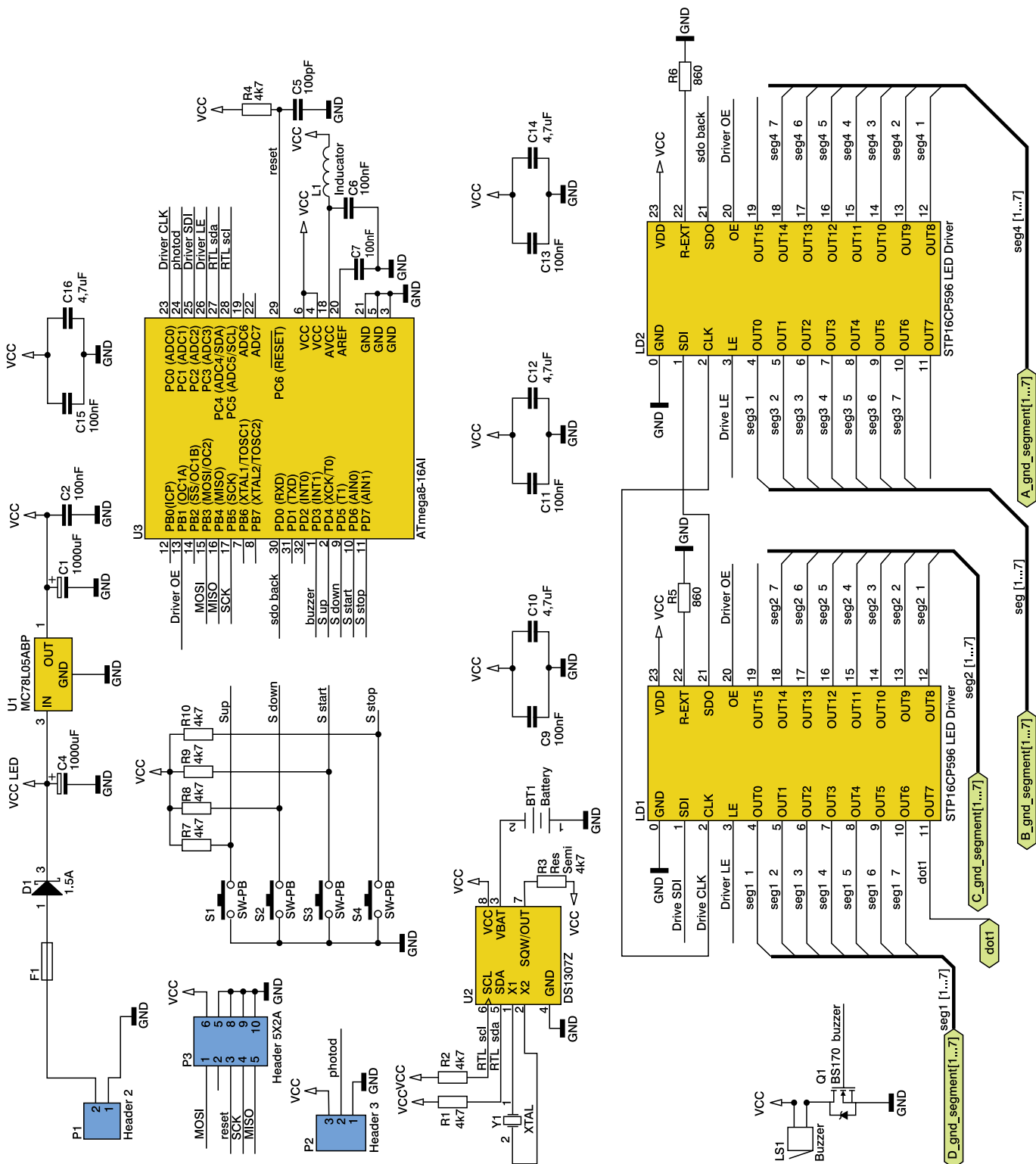
Rys. 2. Charakterystyka diody LT1873-81

zanim wydamy niepotrzebnie pieniądze, które mogą być niebagatelne przy wymaganej w tej konstrukcji liczbie prawie 300 sztuk diod.

W celu ograniczenia liczby elementów oraz optymalnego wykorzystania dostępnych środków w postaci stosunkowo wysokiego napięcia zasilania zdecydowano, że na jeden segment będzie przypadać jedna nóżka drivera, a spadek napięcia na segmencie powinien odpowiadać mniej więcej minimalnemu napięciu zasilania. W tym celu diody zostały połączone szeregowo-równolegle (rys. 4). Co prawda maksymalny prąd przypadający na diodę spada z 30 mA do 15 mA, ale jasność nadal jest wystarczająca. Spadek napięcia na pojedynczym segmencie w tych warunkach, zgodnie z dokumentacją powinien wynieść 9,25 V przy spadku na pojedynczej diodzie 1,85 V. Należy pamiętać, że maksymalne napięcie zasilania LED-ów to 16 V przy zastosowaniu tego modelu drivera. Ogranicza to maksymalne napięcie zasilania do tej wartości.

Rolę zegara czasu rzeczywistego (RTC) pełni dedykowany układ firmy Dallas Semiconductors – DS1307. Do działania wymaga on tylko kwarcu „zegarkowego”. Oczywiście zastosowano również zasilanie baterijne, bez którego pamięć czasu byłaby tracona przy każdym wyłączeniu zasilania. Układ posiada interfejs komunikacyjny I²C, poprzez który komunikuje się z jednostką nadrzędną, którą jest mikrokontroler ATmega8-16PU firmy Atmel. Jest to tani prosty w użyciu układ, który dobrze spełnia swoją rolę. Standardowo umożliwia programowanie w systemie (ISP). Jako funkcję dodatkową przewidziano gniazdo do podłączenia modułu z elementem





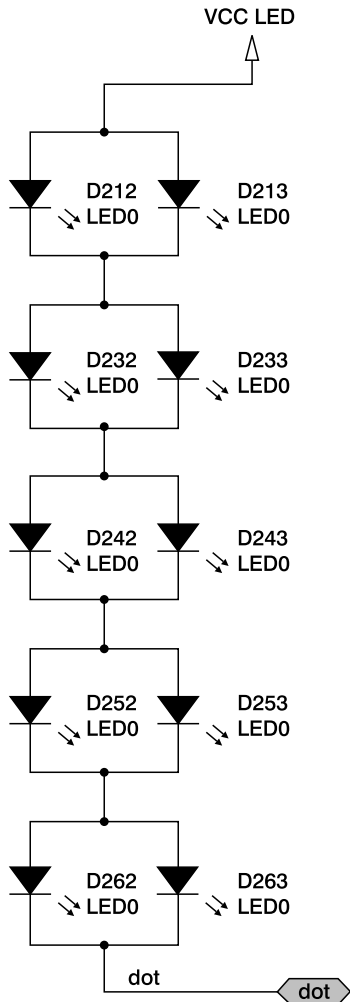
Rys. 3. Schemat elektryczny zegara

świetłoczułym, pozwalającym na zaimplementowanie automatycznej regulacji jasności wyświetlaczy.

W trakcie projektowania płytki drukowanej konieczne było uwzględnienie rozpraszania mocy przez układy sterujące LED-ami. Szacunkowo jest ona równa:
 $P = 16 * 0,03 \text{ [A]} * (U_z - 5 * 1,85 \text{ [V]}) \text{ [W]}$,
 co przy napięciu zasilania $U_z = 12 \text{ V}$

daje 82 mW na kanał i 1,32 W wydzielanego przez układ. Biorąc pod uwagę fakt, że większość ciepła jest odprowadzana z układu poprzez jego wyprowadzenia, wykonano możliwie szerokie ścieżki wychodzące z punktów lutowniczych. Ma to szczególne znaczenie, gdy układy pracują przy maksymalnym obciążeniu i zegar jest zamknię-

ty w szczelnej obudowie np. IP65. Za standardową szerokość ścieżki przyjęto 25 mils, zwięzając ją tylko wtedy, gdy było to niezbędne (np. tuż przy mikrokontrolerze). Zwrócono uwagę na prawdopodobieństwo wystąpienia zwarć technologicznych i zwiększono dopuszczalne odstępstwa między nimi do 20 mils. Ścieżki rozpraszające zasilanie dla diod



Rys. 4. Równoległo-szeregowe połączenie diod wyświetlacza

zostały dodatkowo pogrubione aż do 100 milów w celu obniżenia ich rezystancji. Ma to znaczenie, gdyż pobór prądu przez wyświetlacz może wynieść w najgorszym przypadku 0,44 A. Ścieżki zasilania dla elektroniki mają już standardową szerokość. Wszystkie puste miejsca zostały wypełnione obszarami masy. Należy pamiętać o gęstym łączeniu tych obszarów przelotkami – pozwala to zapewnić maksymalnie niskorezystancyjną ścieżkę powrotną dla prądu, dzięki czemu powstaje stabilna masa stosunkowo odporna na powstawanie szpilek napięciowych towarzyszących przełączaniu dużych prądów. Schemat montażowy płytki drukowanej (w ok. 50% zmniejszeniu) przedstawiono na rys. 5.

Uruchamianie

Ze względu na możliwość błędów, jakie mogą wystąpić podczas wykonywania płytki z obwodem drukowanym warto stosować stopniowe uruchamianie układów. Wią-

że się to z etapowym lutowaniem elementów. Jako pierwsze montujemy układy zasilania. Dopiero po sprawdzeniu poprawnego funkcjonowania stabilizatorów oraz obecności odpowiednich napięć na odpowiednich wyprowadzeniach można przystąpić do kolejnego etapu. Mimo, iż lutowanie tyłu diod LED w postaci przewlekanej nie należy do czynności wybitnie ekscytujących, można potraktować tę czynność jako zabieg relaksacyjny, analogiczny do szydełkowania. Po wlutowaniu diod oraz wszystkich elementów pasywnych można przystąpić do montażu układów scalonych zachowując, mimo wszystko, ostrożność przy lutowaniu driverów. Zalecane jest wyrównanie potencjałów między własną osobą oraz lutowaną płytką poprzez elektryczne połączenie się z masą oraz używanie izolowanych pęset i – w miarę możliwości – lutownicy z połączonym grotem z lutowanym układem. Jeśli kompletny zegar zasilony nie daje niepokojących oznak, można przystąpić do podłączenia programatora pamiętając o wcześniejszym wyłączeniu zasilania – nie warto ryzykować przepływu prądów wyrównujących przez linie sygnałowe. Po zaprogramowaniu i zaobserwowaniu pierwszych oznak życia można już tylko zacząć cieszyć się nowym, jasno pokazującym czas zegarem.

Program

Program rozpoczyna się jak zwykle od procedury inicjalizującej mikrokontroler, gdzie ustawiane są porty i peryferia. Większa część programu zawiera się w procedurze obsługi przerwania od Timer0, dzięki czemu pętla główna programu jest prawie pusta i procesor wykonując znajdujące się w niej rozkazy może być uśpiony. Przerwanie od Timer0 pojawia się co 5 ms i w każdym przebiegu przerwania odczytywany jest czas z zegara czasu rzeczywistego, sprawdzany jest stan przycisków sterujących, wykonywane są operacje związane z aktualnym trybem pracy oraz uaktualniany jest wyświetlacz. Timer1 został wykorzystany do kontroli jasności wyświetlacza i pracuje w trybie PWM, sterując wyprowadzeniem OE (*Output Enable*) drivera.

Zmieniając wartość w rejestrze OCR1AL możemy dopasować jasność do naszych potrzeb. Przy zastosowanych LED-ach okazało się, że uży-

skana jasność przekroczyła oczekiwania, więc została ograniczona do ok. 15% możliwości.

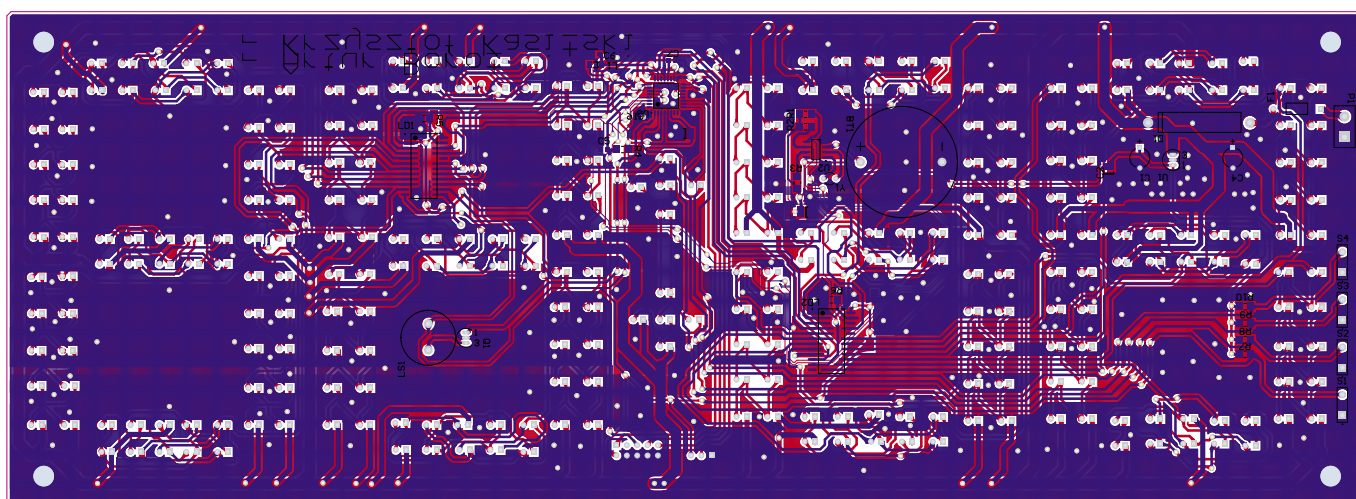
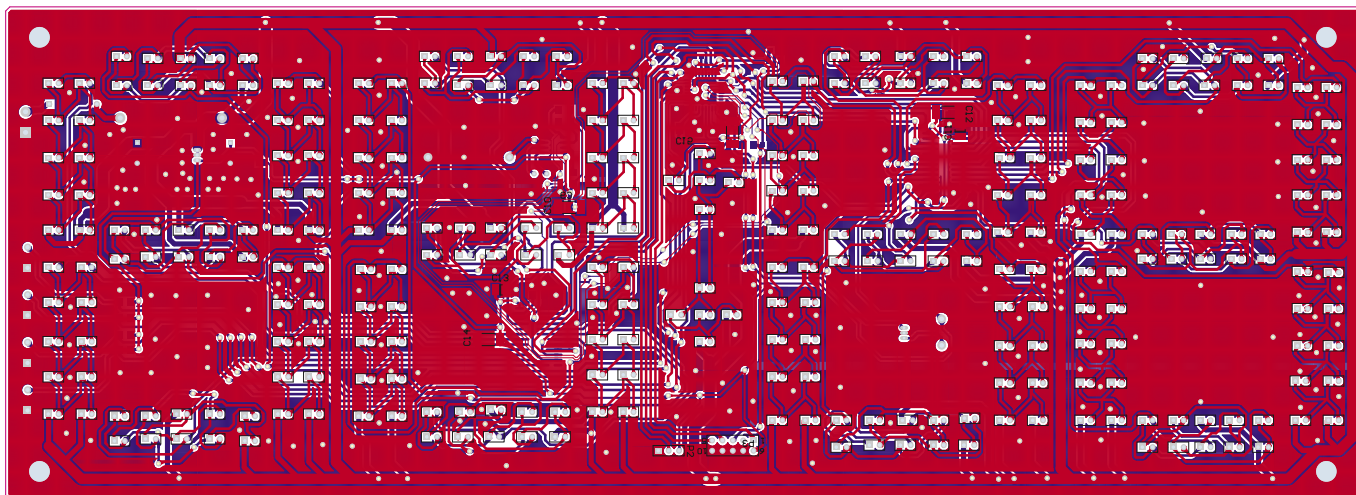
Obsługa przycisków uwzględnia programowe usuwanie drgania styków, poprzez zliczanie w ilu kolejnych przerwaniach pojawia się stan aktywny przycisku. Przycisk jest zgłaszany jako naciśnięty, jeżeli wartość odpowiedniej zmiennej dla danego przycisku jest równa 30 dla krótkiego naciśnięcia i 500 dla długiego.

Obsługa

Obsługa zegara/minutnika jest zdaniem autorów intuicyjna. Służą do tego cztery przyciski. Po uruchomieniu zegar znajduje się w stanie IDLE, w którym co 5 ms odświeża stan wyświetlacza pokazując aktualny czas. Przyciski „1” i „4” umożliwiają przejście do trybu ustawiania.

W trybie ustawiania zegara aktualnie wskazywany czas zaczyna mrugać, natomiast przyciski „2” i „3” pozwalają na inkrementację odpowiednio godzin i minut. W celu zapamiętania ustawień i powrotu do trybu IDLE należy jeszcze raz nacisnąć przycisk „1”.

W trybie konfiguracji minutnika można ustawić m.in. liczbę minut do odliczania, która jest wybierana spośród stałych wartości: 1, 5, 10, 15, 30, 45, 90. Czas startu minutnika pozwala opóźnić moment rozpoczęcia odliczania. Można również uaktywnić lub dezaktywować alarm, ustawiając parametr *stan_alarmu*. Przejście do trybu konfiguracji minutnika dokonywane jest przez wciśnięcie przycisku „4”. Po ustawieniu pożądanej liczby minut do odliczenia, użytkownik może od razu wystartować minutnik wciskając przycisk „2” lub przejść dalej, do ustawienia czasu startu minutnika używając przycisku „1”. W tym trybie, poza ustawieniem czasu startu (przyciski „2” i „3”) można alarm włączyć lub wyłączyć używając przycisku „4”. Aktualny stan alarmu jest wtedy wskazywany przez dwukropek sekundowy – zapalony oznacza, że alarm jest aktywny. Przycisk „1” umożliwia powrót do stanu IDLE. Jeśli alarm jest aktywny, a aktualny czas jest równy ustawionemu czasowi startu minutnika, zegar automatycznie przechodzi w stan odliczania zaprogramowanej liczby minut. Po zakończeniu odliczania, rozbrzmiewa alarm dźwiękowy, a wskazanie zegara zaczyna mrugać. Stan ten trwa 5 sekund, po czym zegar powraca



Rys. 5. Widok płytki drukowanej zegara (zmniejszony o 50%)

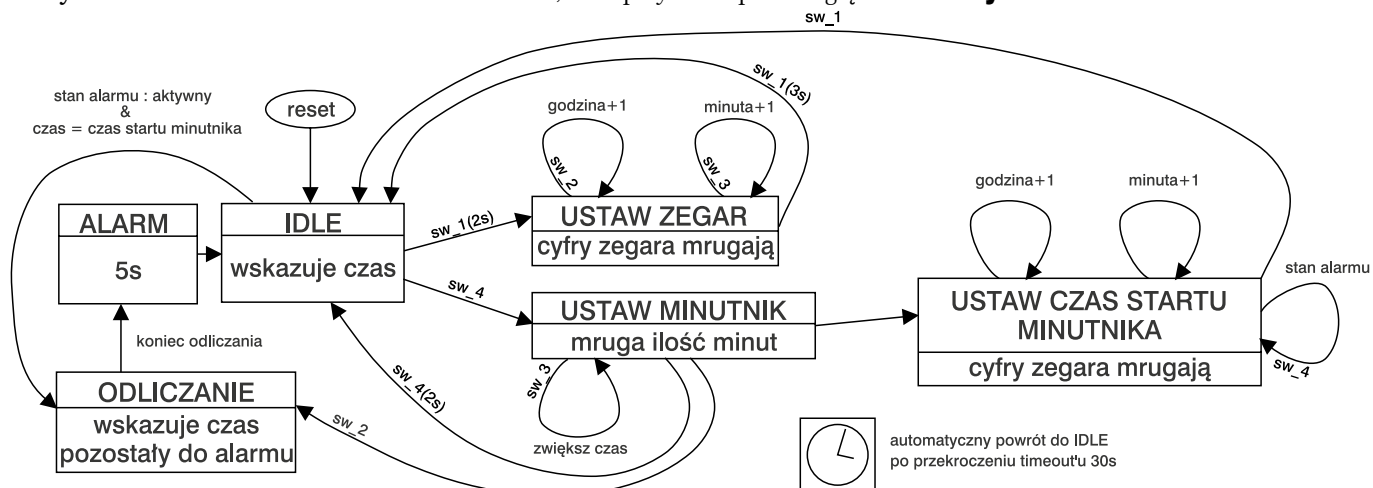
do swojej regularnej pracy. Warto zaznaczyć, że w trybach ustawiania, gdy użytkownik nie wykona żadnej akcji przez 30 sekund, zegar automatycznie powraca do swojej regularnej pracy. Pozwala to ograniczyć efekty przypadkowych naciśnień klawiszy. Zasadę obsługi zegara przedstawiono na rys. 6.

Podsumowanie

Konstrukcja zegara w opisanym rozwiązaniu jest jak najbardziej klasycznym rozwiązaniem. Zastosowanie wyświetlacza wykonanego na dyskretnych LED-ach i dedykowanych sterownikach sprawia, że całe rozwiązanie jest ciekawe. Stosując wspomniane, kompatybilne pod względem

wyprowadzeń układy firmy Macroblock można jeszcze bardziej podnieść funkcjonalność rozwiązania, np. o wykrywanie uszkodzonych segmentów. Opracowana konstrukcja może być stosowana do wyświetlania różnych informacji, nie tylko czasu.

Artur Boroń
Krzysztof Kasiński



Rys. 6. Zasada obsługi zegara