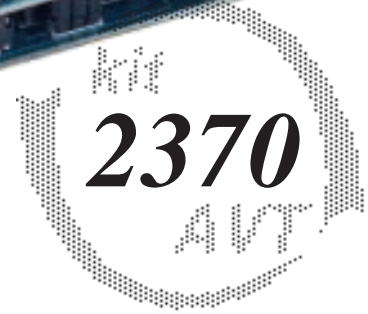
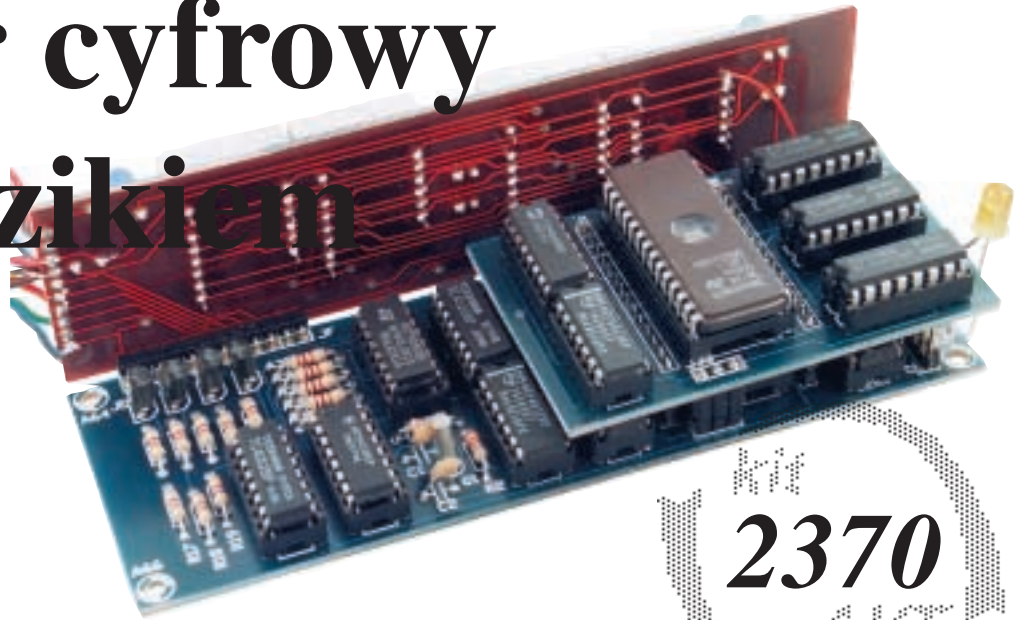


Zegar cyfrowy z budzikiem

Część 1



Przeglądając ofertę kitów AVT, zauważyłem brak w niej zwykłego, cyfrowego zegara do pomiaru czasu. A pamiętam, że za czasów mojej młodości był to "dyżurny" temat. Kupowaliśmy TTL-ki naszej rodzimej CEMI i konstruowaliśmy wielce ciekawe czasomierze. Dlaczego nie powtórzyć tego dzisiaj, zwłaszcza że nie ma żadnych kłopotów z podzespołami? Zaprojektowałem więc i wykonałem zegar, który ma następujące możliwości: wyświetla godziny i minuty, pracuje w systemie 24- lub 12-godzinnym – przełączenie jest możliwe w dowolnym momencie, posiada układ budzika, do którego wyjścia można dołączyć dowolny układ wykonawczy. Czas wyświetlany jest na dużych (wysokość cyfry 20 mm), siedmiosegmentowych wyświetlaczach. Zasilanie - napięcie niestabilizowane 8V, możliwość dołączenia baterii podtrzymującej.

Opis układu

Projektując zegar miałem dwie możliwości – albo zastosujemy rozwiązanie tradycyjne tzn. szereg dzielników dzielących przez 6, 12, 24 i do tego dekodery BCD na kod wskaźników siedmiosegmentowych, albo coś nowatorskiego, nieszablonowego. Zdecydowałem się na to drugie rozwiązanie. Najpierw zastanowiłem się, co tak naprawdę pokazuje zwykły zegar. Okazuje się, że jeden z 1440 stanów. Dlaczego? Sprawa jest prosta – 24 godziny razy 60 minut daje właśnie 1440 możliwych odczytów w ciągu doby. Trzeba więc skonstruować dekodery, który te stany będzie rozróżniał i je co minutę zmieniał. Ja do tego celu wykorzystałem zwykłą pamięć EPROM. Pamięć 27C256, bo o takiej będziemy mówili, posiada piętnaście wejść adresowych i osiem wyjść danych. A teraz musimy zrobić małą dygresję. Żeby dobrze

zrozumieć jak to wszystko działa, musimy przypomnieć sobie kod dwójkowy i heksadecymalny. System zapisu zero-jedynkowego – dwójkowego jest bardzo wygodny dla zobrazowania stanów występujących na wyjściach układów cyfrowych. Jego podstawową wadą jest długość słowa – cztery bity to w zapisie na papierze cztery znaki. Wymyślono więc zapis heksadecymalny gdzie czterem kolejnym bitom odpowiada jeden znak. Proponuję przypomnieć sobie to przeliczenie, gdyż będzie nam potrzebne.

Dziesiętnie	Dwójkowo	Heksadecymalnie
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

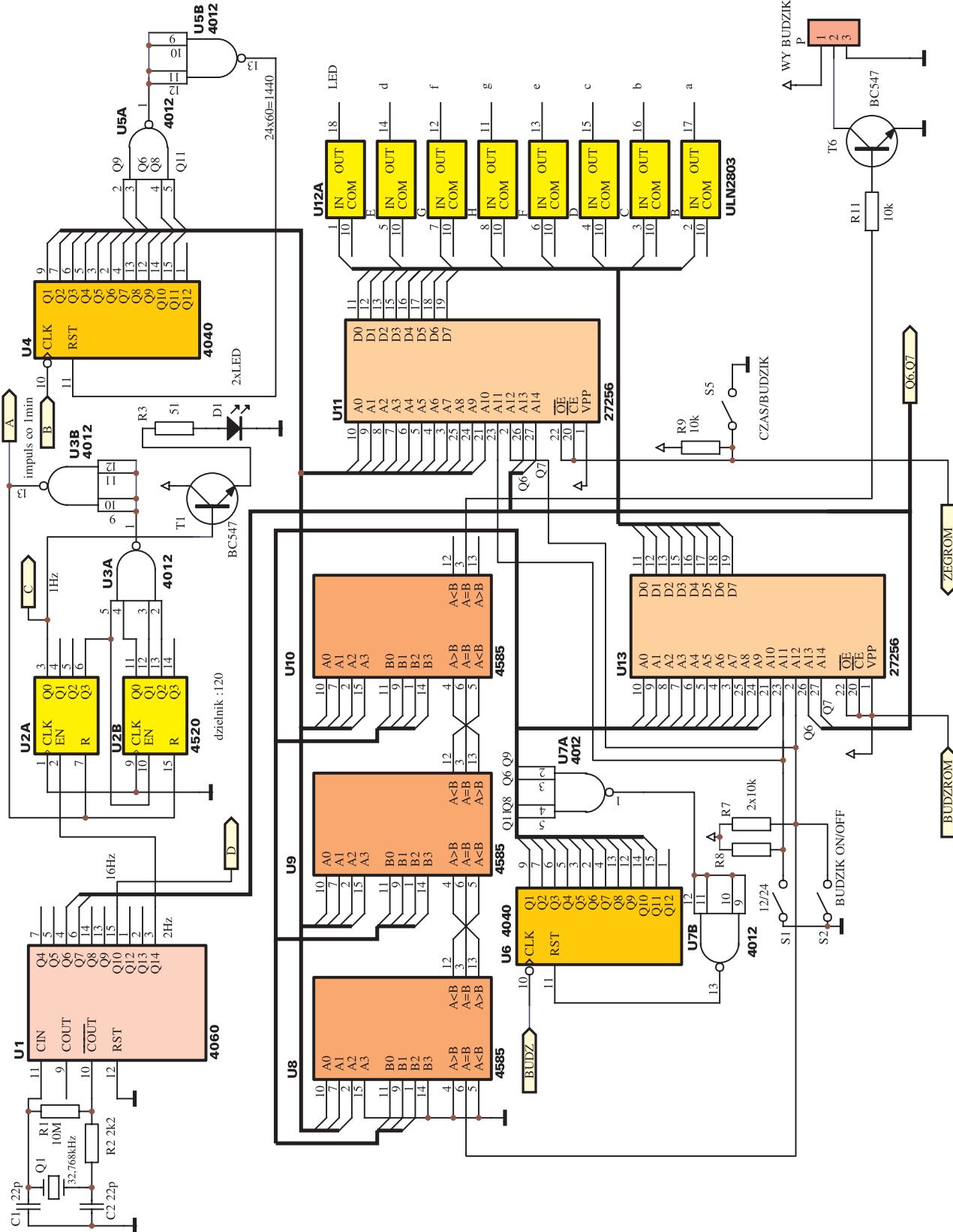
tab. 1

W dalszej części tekstu wszystkie wartości heksadecymalne będą zgodnie z przyjętym zwyczajem oznaczał literką "h".

Popatrzmy teraz na schemat zegara - **rysunek 1**. Za pomiar czasu, a dokładnie mówiąc zliczanie 1440 możliwych stanów, odpowiada tylko pięć układów

scalonych. U1 jest dzielnikiem częstotliwości z elementami generatora taktującego. Po uzupełnieniu o kwarc i parę dodatkowych elementów biernych uzyskujemy źródło częstotliwości 2Hz. Układy U2 i U3 to kolejny stopień dzielników. Bramka U3A dołączona jest do odpowiednich wyjść U2 i przy stanie 78_h (ostatni raz przeliczam – to 01111000 dwójkowo, czyli 120 dziesiętnie) powoduje wyzerowanie licznika. Efektem tego jest jeden impuls co minutę na wyjściu A. Właściwym licznikiem naszego zegara jest U4. Bramka U5A dekoduje stan B40_h i powoduje wyzerowanie U4 po upływie doby. Cała reszta naszego schematu dotyczy wyświetlania czasu oraz budzika.

Dochodzimy do najważniejszego elementu zegara – pamięci EPROM. Tak naprawdę to spełnia ona następujące funkcje: dekoduje wszystkie z 1440 możliwych stanów, jest odpowiedzialna za zaświecenie odpowiednich segmentów wyświetlacza, steruje wyświetlaniem sekwencyjnym cyfr oraz zapewnia możliwość przełączania systemu 12/24h. Żeby zrozumieć zasadę działania sekwencyjnego wyobraźmy sobie hipotetyczną pamięć, która ma pojemność ośmiu słów jednobitowych. Załóżmy, że dołączono do niej, za pomocą kluczy analogowych, dwie diody LED (**rysunek 2**). Świecą one, gdy na wyjściu danych mamy niski stan logiczny i wybrany jest odpowiedni klucz – na bazie tranzystora pojawia się stan niski. Do adresowania kolejnych komórek pamięci mamy trzy bity. Niech dwa młodsze będą adresem, pod którym jest

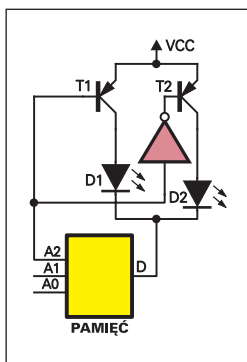


Rys. 1 Schemat ideowy części głównej

zapisane czy dioda ma świecić czy nie. Najstarszy adres będzie służył do wyboru diody, która ma świecić. Jeżeli na adres A_2 podany zostanie stan niski, tranzystor

T1 poda napięcie na anodę diody D1. Jej zaświecenie będzie teraz zależne tylko od stanu panującego na wyjściu D. Podobnie jest, gdy na A_2 podamy stan

wysoki – aktywną będzie wtedy dioda D2 (jedynka logiczna po przejściu przez inwerter wysteruje tranzystor T2). Czyli wszystkie adresy o konstrukcji $0A_1A_0$



Rys. 2

Jeżeli pod adresami 100, 101 umieścimy logiczną jedynkę, a pod adresami 110 i 111 logiczne zero, dioda D2 będzie świecić dla dwóch z możliwych stanów na wejściach adresowych. Zmieniając odpowiednio szybko stan na wejściu A₂ będziemy mieli wrażenie ciągłego świecenia obu diod czyli wyświetlanie sekwencyjne zwane przez niektórych dynamicznym.

Podobną zasadę przyjąłem konstruując nasz zegar. Jedyna różnica to trochę większa pamięć. Zastosowałem popularną i taną kostkę 27C256. Za pokazywanie czasu odpowiada U11.

Organizacja pamięci jest następująca – do wyjść D1-D7 dołączone są segmenty wyświetlaczy. Wyjście D0 steruje dodatkowymi diodami LED. Wejścia A₀ - A₁₀ odpowiedzialne są za dekodowanie jednego z 1440 stanów możliwych na liczniku U4, wejście A₁₁ to wybór systemu pracy 12/24-godzinny, A₁₂ służy do zasygnalizowania włączenia budzika, a adresy A₁₃ i A₁₄ odpowiedzialne są za wybór cyfry na wyświetlaczu. Pełna składnia słowa sterującego pokazana jest poniżej w tabelce. (tab. 2)

A ₁₄	A ₁₃	A ₁₂	A ₁₁	A ₁₀	A ₉	A ₈	A ₇	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀
cyfra		budzik	12/24	dekoder stanów – 1 z 1440										

tab. 2

Opis możliwych stanów na wejściach A₁₄-A₁₁ podaję poniżej. Stany na wejściach A₁₄A₁₃ zmieniają się dynamicznie – dołączone są do wyjść licznika U1. Stany na wejściach A₁₂ i A₁₁ ustawiane są przez użytkownika. (tab. 3)

Adres	Stan log.	Efekt
A ₁₁	0	System 24 – godzinny
A ₁₁	1	System 12 – godzinny
A ₁₂	0	Budzik wyłączony
A ₁₂	1	Budzik włączony
A ₁₄ A ₁₃	00	Wybrany wyświetlacz minut
A ₁₄ A ₁₃	01	Wybrany wyświetlacz godzin
A ₁₄ A ₁₃	10	Wybrany wyświetlacz dziesiątek minut
A ₁₄ A ₁₃	11	Wybrany wyświetlacz dziesiątek godzin

tab. 3

Kolejna tabelka przedstawia, które z segmentów wyświetlacza dołączone są do których wyjść pamięci. Ponieważ na

dotyczą pierwszej diody, a adresy 1A₁A₀ - drugiej. Jeżeli teraz pod adresem 000, 001, 010, 011 umieścimy logiczne zero, dioda D1 będzie palić się przy każdym z możliwych stanów 0A₁A₀.

wyjściu pamięci zastosowałem bufor separujący ULN2803, który odwraca fazę sygnału, należy pamiętać, że to jedynka logiczna na wyjściu pamięci powoduje zaświecenie segmentu. Opis segmentów znajduje się na rysunku 3 – jest on zgodny z ogólnie przyjętą zasadą opisu występującą w katalogach różnych producentów. (tab. 4)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
A	B	C	E	G	F	D	LED

tab. 4

Dodatkowe diody LED, których rozmieszczenie przedstawiono na rysunku 4 służą do sygnalizacji czasu przed południem i po południu (diody DA, DB) w systemie pracy 12-godzinnym oraz do sygnalizacji włączenia budzika (dioda DD). Dla diody DC nie znalazłem zastosowania, zdaję się na pomysły moich Czytelników.

Wiedząc jak segmenty są dołączone do wyjść pamięci, możemy ustalić co należy wpisać do pamięci, by wyświetlane były konkretne cyfry. Mamy więc kolejną tabelkę. (tab. 5)

Wyj. Pam.	Steruje	Wyświetla cyfrę										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	wygaszanie
D0	LED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1	D	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
D2	F	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
D3	G	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
D4	E	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
D5	C	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
D6	B	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
D7	A	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
Bez LED	F _{6h}	6 _{0h}	DA _h	EA _h	6C _h	AE _h	BE _h	E0 _h	FE _h	EE _h	00 _h	
Z LED	F _{7h}	61 _h	DB _h	EB _h	6D _h	AF _h	BF _h	E1 _h	FF _h	EF _h	00 _h	

tab. 5

Dioda DB dołączona jest do wyświetlacza dziesiątek godzin, DA do wyświet-

lacza godzin, DC do wyświetlacza dziesiątek minut, DD do wyświetlacza minut. Wyjaśnienia wymagają dwa dolne wiersze. Są tam wartości, dla których dioda dołączona do wyświetlacza świeci lub nie (przypominam – decyduje o tym stan panujący na D0). Kolumna "wygaszanie" to wartość, po

wpisaniu której dany wyświetlacz nie świeci.

Przedstawię teraz pod jakie adresy pamięci wpisano odpowiednie wartości i czego one dotyczą. Czyli jeszcze jedna tabelka – ostatnia. (tab. 6)

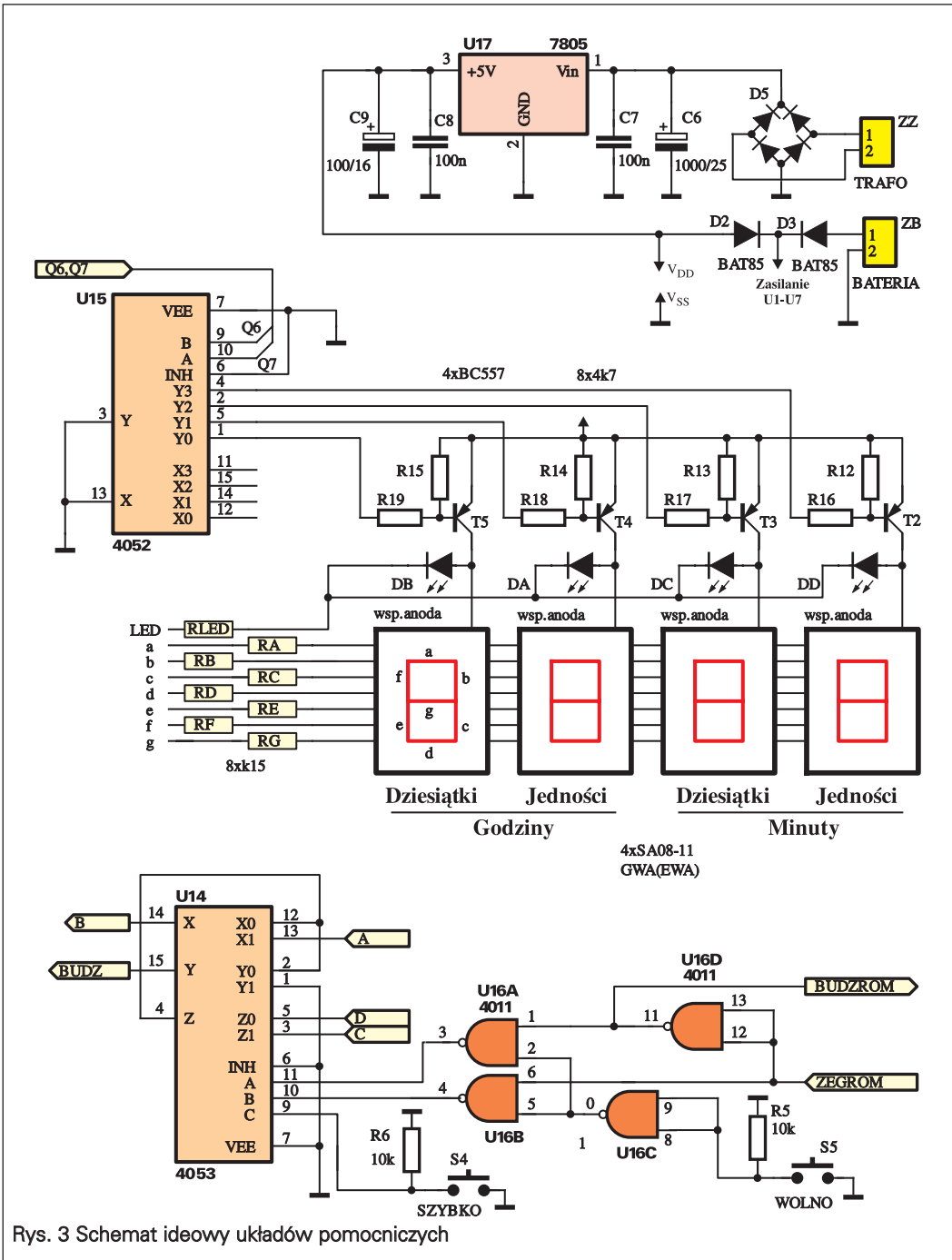
Przykładowo – w obszarze 6000h-659Fh jest zapisane (system 24 godziny bez włączonego budzika) 10x60=600 razy 00_h - wyświetlacz wygaszony, 10x60=600 razy 60_h - świecą się segmenty B i C – wyświetlana jest jedynka oraz 4x60=240 razy DA_h - świecą się segmenty A, B, D, E, G – wyświetlana jest dwójka. Wnikliwy Czytelnik łatwo zauważy, że pewne obszary pamięci są identyczne niezależnie od tego, w jakim systemie zegar pracuje oraz czy budzik jest włączony czy nie.

Mając gotową pamięć możemy omówić pozostałe elementy występujące na schematach. U6 – U10, U13 to elementy budzika – o nim za chwilę. U12 to – jak już wcześniej napisałem - ośmiokrotny bufor separujący. Sterowany z wyjść pamięci steruje seg-

mentami wyświetlaczy pobierającymi stosunkowo duży prąd. Układ U15 służy do sterowania kluczami analogowymi zasilałymi anody wyświetlaczy. Jest to podwójny multiplexer z 1 na 4 linie. Jego wejścia sterujące A i B dołączone są

ADRES	ZAWARTOŚĆ
0000 _h – 059F _h	Minuty – system 24h – budzik wyłączony
0800 _h – 0D9F _h	Minuty – system 12h – budzik wyłączony
1000 _h – 159F _h	Minuty – system 24h – budzik załączony
1800 _h – 1D9F _h	Minuty – system 12h – budzik załączony
2000 _h – 259F _h	Godziny – system 24h – budzik wyłączony
2800 _h – 2D9F _h	Godziny – system 12h – budzik wyłączony
3000 _h – 359F _h	Godziny – system 24h – budzik załączony
3800 _h – 3D9F _h	Godziny – system 12h – budzik załączony
4000 _h – 459F _h	Dziesiątki minut – system 24h – budzik wyłączony
4800 _h – 4D9F _h	Dziesiątki minut – system 12h – budzik wyłączony
5000 _h – 559F _h	Dziesiątki minut – system 24h – budzik załączony
5800 _h – 5D9F _h	Dziesiątki minut – system 12h – budzik załączony
6000 _h – 659F _h	Dziesiątki godzin – system 24h – budzik wyłączony
6800 _h – 6D9F _h	Dziesiątki godzin – system 12h – budzik wyłączony
7000 _h – 759F _h	Dziesiątki godzin – system 24h – budzik załączony
7800 _h – 7D9F _h	Dziesiątki godzin – system 12h – budzik załączony

tab. 6



Rys. 3 Schemat ideowy układów pomocniczych

razem z adresami A₁₃ i A₁₄ pamięci do wyjść Q6, Q7 układu U1. Wejścia X i Y U15 dołączone są do masy, w związku z czym na wyjściach Y0-Y1 pojawia się "wędrująca" zero logiczne. Powoduje to wysterowanie kolejno tranzystorów T2-T5 i zasilanie wyświetlaczy.

Porozmawiamy teraz o budziku. Jest on zrealizowany przy pomocy układów U6-U10 i U13. Kostki U6, U7 i U13 tworzą układ identyczny jak w zegarze. Dwa pierwsze zapewniają zliczanie do 1440, czyli ustawienie czasu budzenia, U13 to pamięć będąca kopią U11. Służy do wyświetlania nastawianego czasu budzenia. Zobrazowanie nastaw budzika można było

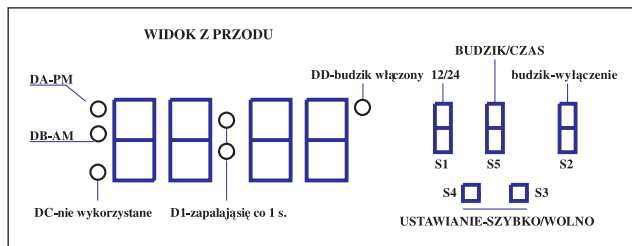
rozwiązać za pomocą demultiplekserów. Tylko po co, skoro pamięci można łączyć wyjściami – pamięć nieaktywna ustawia swoje wyjścia w stan wysokiej impedancji. I tę cechę wykorzystałem. Układy U8-U10 to komparatory porównujące stany panujące na wyjściach licznika U4 ze stanami na wyjściach U6. Jeżeli są zgodne, na wyjściu 3 U10 pojawia się jedynka logiczna - występuje ona tranzystor T6 – do jego kolektora wyprowadzonego na złącze P możemy dołączyć dowolny układ sygnalizacyjny. W moim przypadku jest to piezoelement z wbudowanym generatorem. Wyłączenie budzika przełącznikiem S2 jest równoznaczne z podaniem na

wejście 6 U8 zera logicznego. Blokuję to szereg komparatorów.

Układy U14 i U16 zapewniają możliwość ustawiania czasu na zegarze oraz nastawiania czasu budzenia. Ustawiamy "to co widzimy", tzn. czas w chwili wyświetlenia zegara lub alarm w chwili wyświetlenia budzika. Zapewnia to odpowiednia kombinacja bramek układu U16 połączona z przełącznikami BUDZIK/CZAS. Ustawianie odbywa się tylko poprzez zwiększanie widocznej na wyświetlaczu wartości. Sygnał o odpowiedniej częstotliwości poprzez kombinację kluczy układu U14 trafia na wejście B licznika U4. W trakcie normalnej pracy na wejście to trafia co minutę jeden impuls. Czas możemy ustawiać z dwiema prędkościami – przy pomocy S4 z częstotliwością zmian 16Hz (punkt D połączony z B) lub przy pomocy S5 z częstotliwością 1Hz (punkt C połączony z B). Pierwsza z częstotliwości występuje na wyjściu Q10 U1, druga na wyjściu Q0 U2A. Do wyjścia 1Hz dołączone są, poprzez tranzystor T1, diody D1 (dwie diody połączone szeregowo). Na wyświetlaczu tworzą one charakterystyczny dwukropek oddzielający godziny od minut. Jeżeli żaden z przycisków ustawiania czasu nie jest wciśnięty, na wejście 10 U4 podawane są impulsy co jedną minutę (punkt A połączony z B).

Do omówienia pozostaje zasilanie zegara. Głównym źródłem energii jest zasilacz (może być niestabilizowany) o napięciu wyjściowym 8V i wydajności prądowej do 0,5A. Podłączamy go do złącza ZZ. W celu podtrzymania wskazań w przypadku wyłączenia sieci do złącza ZB powinniśmy dołączyć baterię lub akumulator o napięciu 4,8...5V. Poprzez diodę D3 zasilać on będzie układy U1-U7, U14 i U16 i dzięki temu praca zegara nie ulegnie zakłóceniom.

Zbigniew Raabe



Rys. 4 Wyświetlacz

Montaż i uruchomienie

Wszystkie elementy zegara rozmieszczono na czterech płytkach drukowanych. Rozmieszczenie wyświetlaczy, diod świejących, przełączników i przycisków, oraz funkcje jakie pełnią, obrazuje rysunek 4.

Płytkę budzika jest nakładana na płytkę główną zegara.

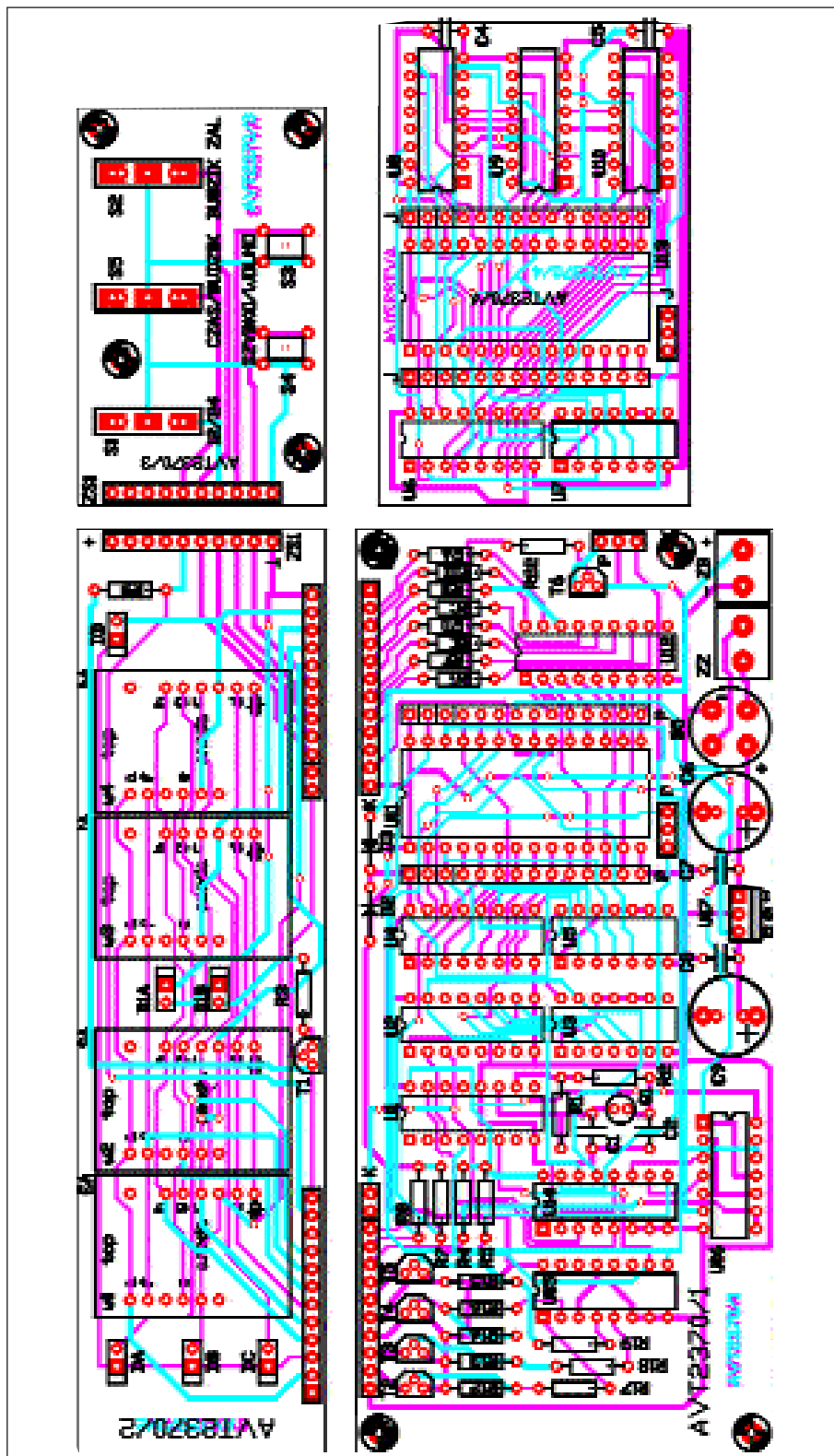
Montaż zaczynamy od wlotowania wszystkich goldpinów w płytkę główną. W miejsca oznaczone literą K wlotujemy kątowe, w miejsca oznaczone literami P i J proste. Następnie na goldpiny otaczające miejsce wlotowania podstawki pod U11 nakładamy nasuwki, a na to płytkę budzika. Nasuwki lutujemy oczywiście od strony elementów. Teraz płytki rozdzielamy. Wlotowujemy wszystkie podstawki pod układy scalone, wyświetlacze oraz pozostałe elementy dyskretnie. Pod każdą z podstawek powinniśmy wlotować kondensator odkłócający zasilanie C_{blok} o wartości 100nF. Nie ma na nie miejsca na płytkach – należy je lutować bezpośrednio do określonych nóżek. W przypadku podstawek 14-nóżkowych są to wyprowadzenia 7 i 14, w przypadku 16-nóżkowych – wyprowadzenia 8 i 16, podstawa pod pamięć winna mieć wlotowany kondensator między wyprowadzeniami 14 i 28. Układ U12 nie wymaga kondensatora.

Ostatnim elementem lutowanym w płytkę powinien być rezonator kwarcowy – jest bardzo wrażliwy na przegrzanie. Możemy teraz płytkę wyświetlaczy nasunąć na złącza K płytki głównej i po ustawieniu kąta prostego przylutować. Dołączamy też za pomocą przewodów płytkę z włącznikami i przyciskami. Przełącznik BUDZIK/CZAS ustawmy w położenie CZAS, tzn. styki S5 zwarte.

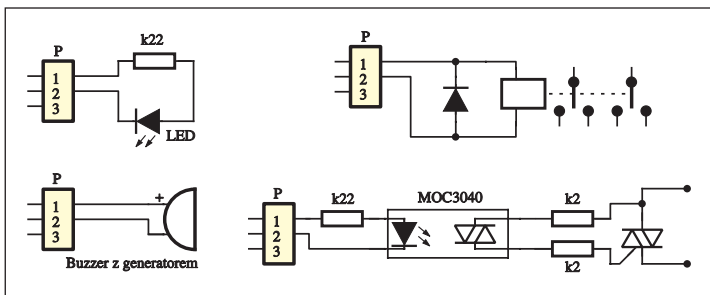
Czas na uruchomienie. Włóżmy układy U1-U3. Po podaniu zasilania powinny zacząć błyskać diody D1. Oznacza to, że generator i dzielniki pracują poprawnie. Wkładamy U12 i U15. Włączamy zasilanie. Kawalkiem przewodu podłączonego do +5V dotykamy do kolejnych wejść układu

U12. Powinny zapalać się kolejne segmenty, np.: wszystkie A lub wszystkie F itd. Wkładamy pozostałe układy. Płytki budzika nie nakładamy jeszcze na płytkę główną. Po

zasileniu całości układ powinien ruszyć poprawnie. Jedyna dziwna sytuacja to możliwość wyświetlenia się czterech ósemek. Oznacza to, że wystartowaliśmy w niewykorzystanym miejscu pamięci. Trzeba wtedy wcisnąć S5 lub S4 i chwilę poczekać. Sprawdzamy możliwości ustawiania czasu oraz



Rys. 5 Schemat montażowy



Rys. 5

przełączania 12/24h. W systemie dwunastogodzinnym zawsze świeci jedna z diod DA lub DB. Dioda DD zapala się po włączeniu budzika. Ostatnia czynność to sprawdzenie działania budzika. Płytkę nakładamy na goldpiny, podajemy napięcie. Przełącznikiem S5 wybieramy budzik i ustawiamy dowolny czas włączenia. Do zacisków złącza P dołączamy np. diodę świecącą (między 1-2). Przełącznik S2 ustawiamy w pozycję BUDZIK – powinna zapalić się dioda DD. Ponownie S5 ustawiamy w pozycję CZAS za pomocą S4, S5 doprowadzamy do wyświetlenia tej samej wartości, jaką ustawiliśmy na budziku. Jeżeli płytka działa, zostanie wystereowany tranzystor T6 i zapali się nasza dioda kontrolna dołączona do złącza P. Pozostaje jeszcze wymyślić

obudowę do układu – pozostawiam to inwencji czytelników. Na rysunku 5 podaję różne możliwości wykorzystania wyjścia budzika. Pamiętajcie, proszę, o jednym. Alarm trwa dokładnie jedną minutę. Chcąc sterować np. radiem musimy dobudować na wyjściu dodatkowy przerzutnik bistabilny przedłużający stan włączenia.

Kilka uwag na koniec. Zwróćcie uwagę, jakie możliwości daje opisana konstrukcja. Tylko i wyłącznie od tego, co będzie "siedziało" w pamięci EPROM zależą będzie sposoby wykorzystania całości. Zamiast sposób możemy zaprogramować dowolne znaki. Możemy licząc impulsy w "górze" sprawić, że na wyświetlaczu pojawią się na przykład wartości malejące. Pamiętajmy też, że szybkość zliczania zależy od stopnia podziału, jaki możemy dowolnie wybrać używając jednego z wyjść 4060. Możemy wreszcie doprowadzić impulsy z zewnątrz i dobrać do tego odpowiedni zbiór wyświetlanych symboli. Powiecie, że trzeba się trochę natrudzić podczas programowania? Nieprawda! Mnie z a p i s a n i e EPROM-u zajęło jedno popołudnie. Było to możliwe dzięki możliwościom, jakie dają programatory pamięci. W szczególności pozwalają powtarzać wybrane bloki pamięci-

obudowę do układu – pozostawiam to inwencji czytelników. Na rysunku 5 podaję różne możliwości wykorzystania wyjścia budzika. Pamiętajcie,

Wykaz elementów

Rezystory 0, 125W 5%

R1:	.....10MΩ
R2:	.....2, 2kΩ
R3:	.....51Ω
R5-R9, R11:	.....10kΩ
R12-R19:	.....4,7kΩ
RLED, RA-RG:	.....150Ω

Kondensatory

C1, C2:	.....22pF
C7, C8, 15xCbłok:	.....100nF
C6:	.....1000μF/25V
C9:	.....100μF/16V

Półprzewodniki

D1 (2sztuki), DA-DD:	.....dowolne diody świecące LED
D2, D3:	.....BAT85
D5:	.....mostek prostowniczy 1A
T1, T6:	.....n.pn np. BC547
T2-T5:	.....pnp np. BC557
U1:	.....4060
U2:	.....4520
U3, U5, U7:	.....4012
U4, U6:	.....4040
U8-U10:	.....4585
U11, U13:	.....27C256-zaprogramowane
U12:	.....ULN2803
U14:	.....4053
U15:	.....4052
U16:	.....4011
U17:	.....7805

Inne

Wyświetlacze:SA08-11GWA lub EWA - 4szt.	
Złącza ZZ, ZB:	.....ARK2/500
Złącze P:	.....ARK3/500
Goldpiny proste	
Goldpiny kątowe	
Nasuwki na goldpiny	
Kwarc zegarkowy:	.....32, 768 kHz
S1, S2, S5:	.....przełącznik suwakowy
S4, S5:	.....przycisk reset
Podstawki pod układy scalone	

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2370

ci oraz wypełniać określony obszar zadaną wartością. Oczywiście pozwalają programować dowolny typ pamięci EPROM – możemy dobrać jej wielkość w zależności od potrzeb. Zastanówcie się nad takimi rozwiązaniami.

Jarosław Barański

Dokończenie za miesiąc

