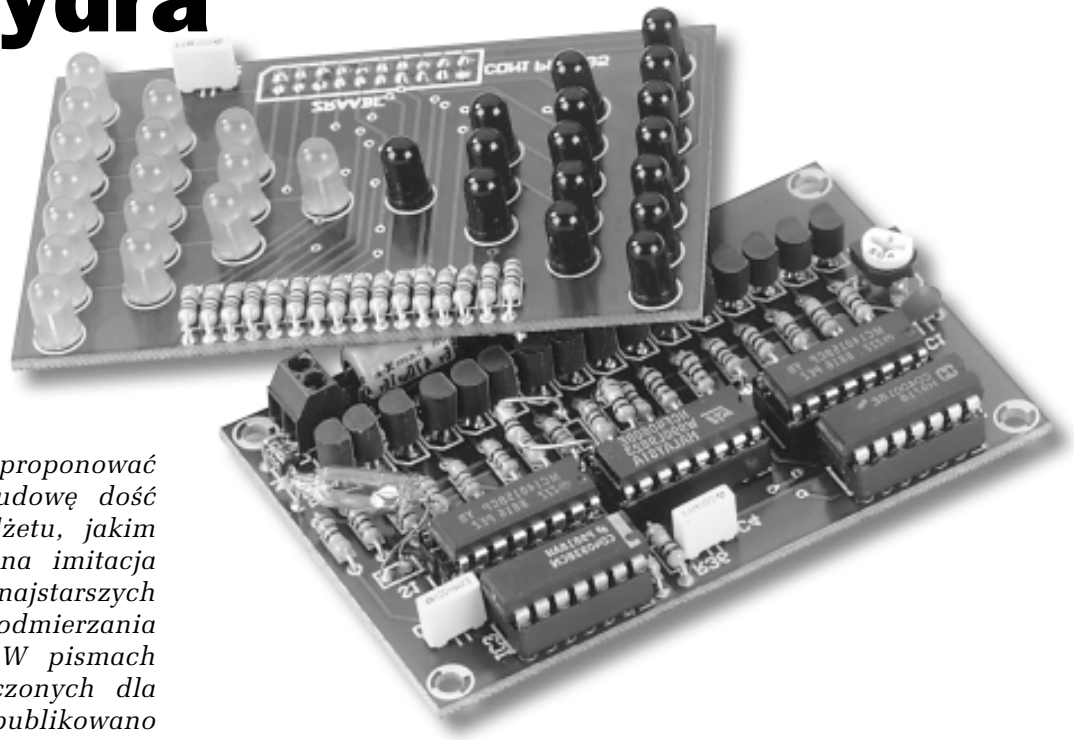


Klepsydra

AVT-832



Chciałbym zaproponować Czytelnikom budowę dość efektownego gadżetu, jakim będzie elektroniczna imitacja jednego z najstarszych narzędzi do odmierzenia czasu - klepsydry. W pismach przeznaczonych dla elektroników opublikowano wiele takich układów, ale uważam, że klepsydrę opracowaną przeze mnie cechuje największe podobieństwo do oryginału. Może ona być naprawdę efektownym drobiazgiem.

W proponowanym układzie do symulowania obrazu spadających ziarenek piasku służą 32 diody LED, połączone w dwie grupy rozmieszczone w kształcie stożków. „Spadnięcie ziarenka piasku” powoduje zgaśnięcie jednej z diod w pierwszej, górnej grupie i włączenie jej odpowiednika w grupie dolnej. Po zakończeniu zliczania wyznaczonego okresu wyłączone zostają wszystkie diody w grupie górnej, a zapalone w grupie dolnej. Obrócenie klepsydry o 180° powoduje rozpoczęcie procesu „przesypywania się piasku” w przeciwnym kierunku. Dodatkową cechą uatrakcyjniającą układ, z którego budową zapoznamy się dalej, jest fakt, że „ziarenka piasku” podczas przesypywania się z jednej części klepsydry do drugiej w „cudowny sposób” zmieniają kolor: z zielonego w jednej grupie, na czerwony w drugiej.

Układ klepsydry jest banalnie prosty i zrozumienie jak działa, z pewnością nie sprawi trudności nawet zupełnie początkującemu elektronikowi. Także praktyczne wykonanie urządzenia nie powinno dla nikogo być kłopotliwe, a koszt potrzebnych do jego budowy elementów nie okaże się zbyt wysoki. Jedynym problemem, na jaki napotkałem podczas budowy klepsydry, była konieczność

zastosowania płytek obwodów drukowanych na laminacie dwustronnym. Jednak ze względu na znaczną komplikację połączeń okazało to się bezwzględnie konieczne.

Opis działania

Schemat elektryczny układu elektronicznej klepsydry pokazano na **rys. 1** i **2**. Na **rys. 1** przedstawiono część sterującą układu, a na **rys. 2** sposób połączenia diod wyświetlacza. O ile jednak forma pierwszego rysunku nie może budzić zastrzeżeń, to drugi schemat został narysowany w zupełnie nietypowy sposób i tu winien jestem Czytelnikom wyjaśnienia. Połączenia typu BUS stosowane są zazwyczaj do zaznaczania połączeń takich jak magistrale danych lub adresowe układów cyfrowych i powinny zostać zaopatrzone w stosowny opis (tzw. etykiety). Jednak w przypadku naszego schematu taki sposób jego prezentacji jedynie gmatwałby rysunek, nie wnosząc niczego nowego do jego zrozumienia.

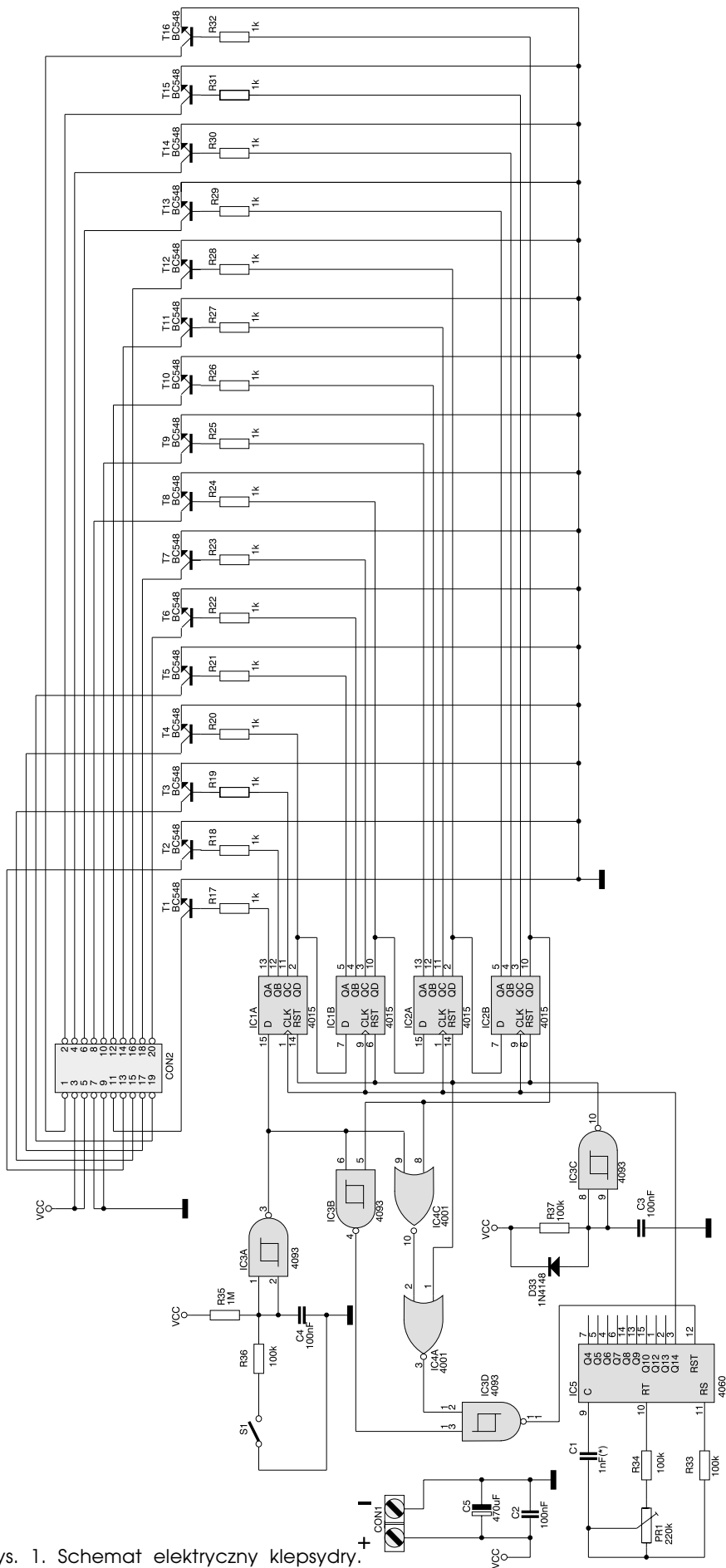
Natomiast narysowanie schematu w sposób „klasyczny”, z oddzielnym zaznaczaniem każdego połączenia doprowadziłoby do powstania rysunku monstrualnych rozmiarów, także zupełnie nieczytelnego. Dlatego też musimy przy-

jąc „na wiare“, że:

- każdy z rezystorów R1..R16 został dołączony do jednej z par anod diod D1 + D32, D2 + D31 i tak dalej...
- katody diod D1..D16 zostały dołączone do właściwych wyprowadzeń złącza CON 1,
- katody diod D17..D32 zostały połączone ze sobą i dołączone do minusa zasilania.

Analizę schematu i sposobu działania układu klepsydry rozpoczniemy też dość nietypowo: od układu wyświetlacza. Na rys. 2 obok schematu wyświetlacza zamieszczone zostały dwa schematy pomocnicze, które mają dopomóc w zrozumieniu pewnego tricku zastosowanego w układzie. Zadaniem układu jest kolejne włączanie jednej z szesnastu diod świecących w jednej grupie i jednocześnie wyłączenie odpowiadającej jej diody w drugiej grupie. Realizacja takiego zadania jest prosta, ale zwykle pociągnęłaby za sobą konieczność zastosowania aż 32 elementów sterujących diodami, np. tranzystorów. W układzie zastosowano rozwiązanie polegające na połączeniu odpowiadających sobie diod LED parami, z jednym wspólnym rezystorem zasilającym je od strony plusa zasilania. Warunkiem poprawnej pracy układu jest zastosowanie diod czerwonych w jednej, a zielonych w drugiej grupie. Jeżeli w układzie przedstawionym na rysunku pomocniczym przełącznik (odpowiednik tranzystorów w układzie praktycznym) jest rozwarty, to świeci zielona dioda. Jeżeli zewrzemy przełącznik, to zapala się dioda czerwona, a ponieważ napięcie jej przewodzenia jest znacznie niższe niż diody zielonej, to ta ostatnia zostaje jakby „zwarta“ i przestaje świecić. Zastosowanie tego prostego tricku pozwoliło na dwukrotne zmniejszenie liczby tranzystorów sterujących, ale połączone jest z pewnymi ograniczeniami, o których wspomniemy w dalszej części artykułu.

Popatrzmy teraz na rys. 1, na którym przedstawiono schemat części sterującej układem. Analizę schematu rozpoczniemy od momentu włączenia zasilania, kiedy to impuls z wyjścia bramki IC3C spowodował wyzerowania wszystkich rejestrów IC1 i IC2, a klucz



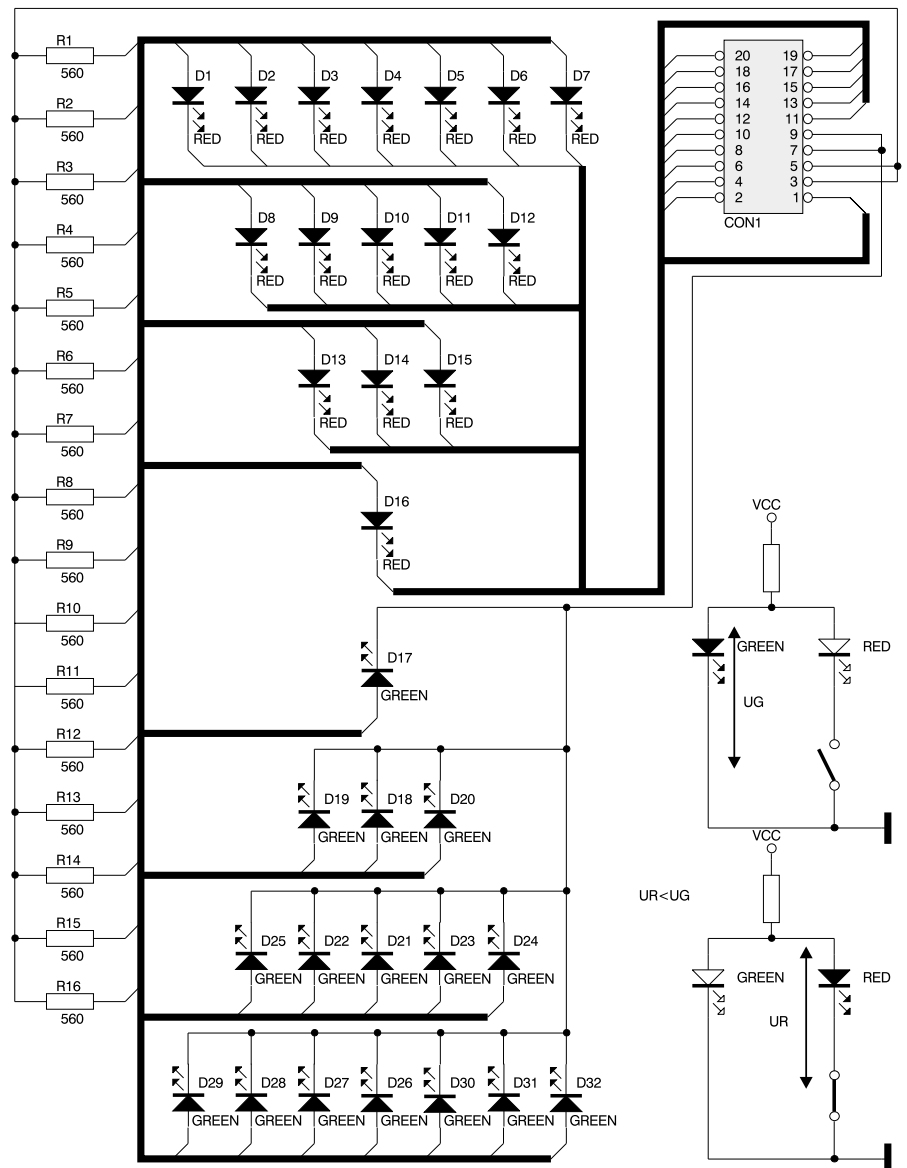
Rys. 1. Schemat elektryczny klepsydry.

S1 jest rozarty. Na wyjściach QA..QD rejestrów występują wówczas wyłącznie stany niskie, żaden z tranzystorów T1..T16 nie przewodzi i w konsekwencji na wyświetlaczu włączone są wszystkie diody zielone. Zwarcie klucza S1 (w wykonaniu praktycznym przycisk ten zwierany jest przez obrócenie klepsydry) spowoduje wymuszenie stanu wysokiego na wejściu danych pierwszego rejestru oraz uruchomienie generatora wbudowanego w strukturę układu IC5. Na wyjściu Q14 IC5 zaczną się pojawiać impulsy prostokątne, które po doprowadzeniu do wejść zegarowych rejestrów przesuwanych IC1A..IC2B spowodują cykliczne wpisywanie do nich „jedynek”. Stany wysokie, pojawiające się na wyjściach rejestrów, spowodują kolejne włączanie tranzystorów T1..T16 i w konsekwencji zapalenie kolejnych diod czerwonych i wyłączenie zielonych. „Ziarenka piasku” spadają teraz z „zielonej” części klepsydry do części „czerwonej”.

Nie będziemy tu szczegółowo analizować funkcji logicznej zrealizowanej w układzie na bramkach zawartych w układach scalonych IC3 i IC4. Wystarczy stwierdzić, że wysoki stan logiczny, pojawiający się na wyjściu QD IC2, spowoduje wymuszenie stanu wysokiego na wejściu licznika IC5 i zatrzymanie pracy generatora. Nasza klepsydra odmierzyła już zadany czas i oczekuje teraz na odwrócenie i ponowne uruchomienie odliczania czasu.

Odwrócenie klepsydry, czyli ponowne rozwarcie styku S1 spowoduje wymuszenie stanu niskiego na wejściu danych rejestru IC1A, ponowne uruchomienie licznika - generatora IC5 i rozpoczęcie odmierzania czasu. Jednak teraz na wyjściach rejestrów będą pojawiać się kolejno stany niskie, tranzystory T1..T16 będą kolejno wyłączane, co spowoduje wyłączenie diod czerwonych i zapalenie diod zielonych.

Częstotliwość pracy generatora zegarowego określona jest wartością pojemności C1 oraz połączonych szeregowo rezystancji R34 i PR1 i może być w szerokich granicach regulowana za pomocą potencjometru montażowego PR1 (ewentualnie poprzez zmianę wartości C1).



Rys. 2. Schemat elektryczny układu wyświetlacza.

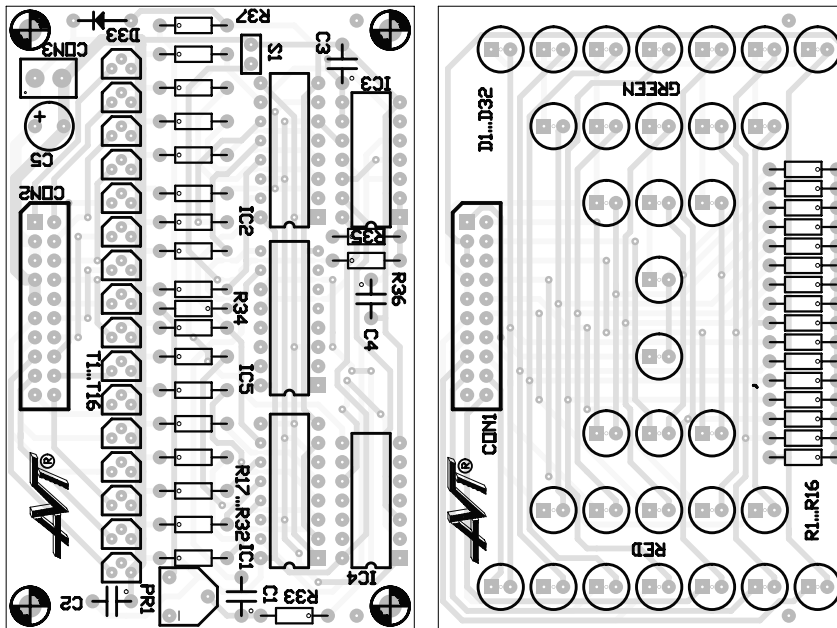
Montaż i uruchomienie

Na rys. 3 pokazano rozmieszczenie elementów na dwóch płytkach obwodów drukowanych na laminacie dwustronnym z metalizacją.

Montaż płytki sterownika wykonujemy w typowy sposób, rozpoczynając od elementów o najmniejszych gabarytach, a kończąc na wlutowaniu w płytkę kondensatora elektrolitycznego (najlepiej zamocować go poziomo) i złącza goldpin. W płytkę wyświetlacza najpierw wlutowujemy wszystkie rezystory, a następnie trzy diody LED, zwracając uwagę, aby znalazły się one w idealnie równej odległości od powierzchni płytki. Następnie wkładamy pozostałe diody LED w przeznaczone dla nich otwory w punktach lutowniczych i kładziemy całą konstrukcję na gładkiej powierzchni „twarzą w dół” i lutujemy po jednej nóżce każdej z diod. Ostatnią czynnością przy montażu wyświetlacza będzie staranne wyrównanie szeregów diod i przylutowanie ich pozostałych wyprowadzeń.

Obie zmontowane płytki łączymy ze sobą za pomocą podwójnego szeregu goldpinów i złącza szufladowego, tworząc w ten sposób zwartą „kanapkę”. Jeżeli połączenie mechaniczne okaże się niezbyt pewne, to na płytkach umieszczone zostały dodatkowe punkty lutownicze, które możemy wykorzystać do usztywnienia całej konstrukcji za pomocą krótkich kawałków srebrzanki.

Pozostały nam jeszcze do omówienia trzy sprawy.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytkach drukowanych.

1. Efekt „zwierania“ diody zielonej przez diodę czerwoną, będącą podstawą działania naszej konstrukcji, jest ściśle uzależniony od rodzaju zastosowanych diod, napięcia zasilania i wartości rezystorów R1..R16. Dlatego też zarówno wartość tych rezystorów, jak i napięcie zasilania należy ustalić doświadczalnie, dostosowując je do typu posiadanych diod. W większości przypadków układ będzie pracował poprawnie z rezystorami o wartości podanej na schemacie i zasilany napięciem ok. 5VDC.

2. Nie byłem w stanie w żaden sposób przewidzieć, jaki okres będą odmierzać zbudowane przez Was klepsydry. Dlatego też wartość kondensatora C1 należy dobrać doświadczalnie, po ustaleniu

tego czasu (w przypadku zastosowania klepsydry do gotowania jajek czas ten powinien chyba wynosić ok. 3 min, ale osobiście radziłbym skonsultowanie tej sprawy z doświadczonymi gospodyniami).

3. Otwarta pozostaje jeszcze sprawa klucza S1. Powinien to być włącznik zwierany lub rozwierany w momencie odwrócenia układu o 180°. Idealnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie włącznika ręciowego, ale te elementy są dość trudne do nabycia i kosztowne. Można więc zastosować zwykły styk wykonany z kawałka blaszki ze styków starego przełącznika lub też specjalny przełącznik dzwigenkowy typu microswitch.

Nasz układ został zaprojektowany wyjątkowo „oszczędnie“, tak

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1..R16: 560Ω
 R17..R32: 1kΩ
 R33, R34, R36, R37: 100kΩ
 R35: 1MΩ
 PR1: potencjometr montażowy miniaturowy 220kΩ

Kondensatory

C1: 1nF(*) patrz tekst
 C2, C3, C4: 100nF
 C5: 470μF/16V

Półprzewodniki

D1..D16: diody LED φ5mm czerwone
 D17..D32: diody LED φ5mm zielone
 D33: 1N4148
 IC1, IC2: 4015
 IC3: 4093
 IC4: 4001
 IC5: 4060
 T1..T16: BC548 lub odpowiednik

Różne

CON1: ARK2 (3,5mm)
 CON2: goldpin 10x2
 CON3: złącze szufladkowe 10x2

aby zrekomensować Wam wysoki koszt płytek obwodów drukowanych potrzebnych do jego wykonania i nie został „fabrycznie“ wyposażony w jakikolwiek akustyczne elementy sygnalizacyjne. Sprawę tę pozostawiam pomysłowości Czytelników.

Zbigniew Raabe, AVT
zbigniew.raabe@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP12/2000 w katalogu PCB.