

Henryk NOGA

## Projektowanie i wytwarzanie układów elektronicznych oraz obwodów drukowanych z wykorzystaniem komputera

### Streszczenie

Obecnie elektroniczne obwody drukowane wykonuje się metodą chemicznego trawienia folii miedzianej. Dawne ręczne projektowanie jest wypierane przez projektowanie za pomocą odpowiednich programów komputerowych.

Poniżej podjęto próby opisu szeregu czynności prowadzących w efekcie do uruchomienia układu elektronicznego.

**Słowa kluczowe:** obwód drukowany, komputerowe wspomaganie projektowania, metoda fotochemiczna

### WSTĘP

Elektronicy, uczniowie i studenci, a także nauczyciele techniki chcący świadomie opracowywać i realizować treści z zakresu elektrotechniki i elektroniki winni poznać zasady projektowania prostych układów elektronicznych.

Obecnie wysokie wymagania stawiane układom elektronicznym w zakresie niezawodności, jakości, minimalizacji wymiarów, masy oraz poboru mocy, a także często możliwości taśmowej i automatycznej produkcji tych układów były czynnikiem, który zdeterminował opracowanie nowej techniki montażu, zwanej techniką obwodów drukowanych. Cechą charakteryzującą obwody drukowane jest to, że przewody łączące poszczególne elementy układu elektronicznego wykonywane są w postaci cienkiej warstwy metalicz-

nej – zwykle miedzi. Obecnie większość obwodów drukowanych wykonuje się metodą chemicznego trawienia folii miedzianej pokrywającej podłoże izolacyjne. Metoda chemicznego trawienia folii jest metodą stosunkowo łatwą technologicznie, daje bardzo dobre wyniki i dlatego jest najczęściej stosowaną także w warunkach pracowni szkolnych.

Obecnie coraz częściej do projektowania obwodów drukowanych wykorzystuje się komputery. Zastosowanie płytek laminowanych miedzią uprościło projektowanie i wytwarzanie układów elektronicznych. Dotychczas projektowanie odbywało się ręcznie. Często projekt rozpoczynano od rozmieszczenia elementów na papierze, aby zachować właściwe proporcje. Podstawowym zagadnieniem było takie rozmieszczenie elementów na płytce, aby możliwe stało się przeprowadzenie wszystkich ścieżek. Następnie poszczególne punkty montażowe należało połączyć zgodnie ze schematem ideowym. Po sprawdzeniu i ewentualnym wykryciu pomyłek projekt należało poprawić, a nawet przerysować na nowo, ponieważ dla układów bardziej złożonych nie było możliwe uniknięcie pomyłki. To powodowało często konieczność ponownego projektowania [1].

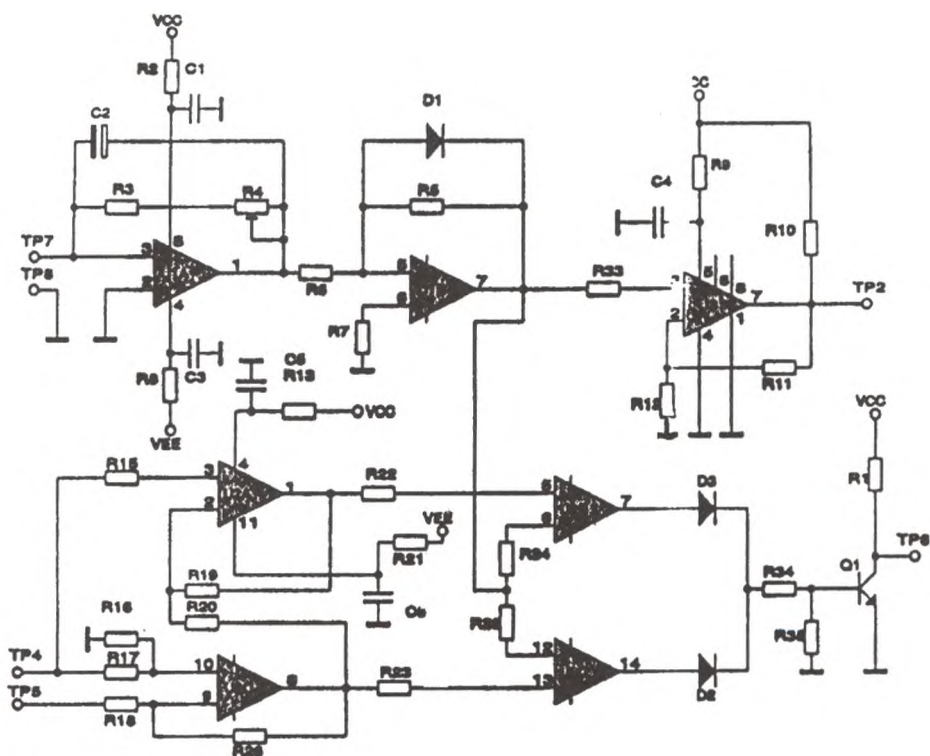
Użycie komputera do projektowania daje prawie nieograniczone możliwości wnoszenia poprawek. Program sam sprawdza poprawność projektu. Otrzymuje się projekt bez pomyłek i wielokrotnie szybciej niż przy projektowaniu ręcznym.

Istnieje kilka profesjonalnych systemów wspomagających projektowanie, w których zastosowano specjalizowany sprzęt i oprogramowanie.

## 1. PROJEKTOWANIE OBWODÓW DRUKOWANYCH

Skok jakościowy w dziedzinie projektowania obwodów elektronicznych, a także w wielu innych działach techniki nastąpił wraz z wprowadzeniem programów typu CAD (Computer Aided Design) (komputerowe wspomaganie projektowania), a w szczególności szeroko rozpowszechnionego pakietu OrCAD [2].

Program OrCAD składa się z trzech pakietów: OrCAD/SDT, PCB, VST. OrCAD/SDT (*Draft* - ang. schemat) jest programem służącym do projektowania schematów ideowych układów elektronicznych. Umożliwia zestawienie schematu z elementami zawartymi w bibliotece programu, oglądanie go na ekranie i drukowanie na drukarce albo rysowanie na ploterze (rys. 1). Bibliotekę zawierającą elementy układu można łatwo modyfikować.



Rys. 1. Schemat zestawiony z elementów zawartych w bibliotece programu

Małe schematy mieszczące się na jednym arkuszu roboczym mogą być wykonane oddzielnie bez powiązań z innymi. Dla większych schematów mieszczących się na wielu arkuszach i wymagających wielu różnych połączeń między sobą, program tworzy hierarchiczną strukturę arkuszy roboczych. Wykonany projekt można segregować i kontrolować. OrCAD PCB służy do projektowania połączeń na płytce drukowanej w oparciu o schemat sporządzony za pomocą programu SDT. Nowsze wersje programu umożliwiają zautomatyzowane projektowanie.

Głównym zadaniem programu jest opracowanie schematów połączeń oraz wydrukowanie projektu na drukarce lub narysowanie na ploterze. (Czasami sporządza się kliszę na fotoploterze z rysunkiem połączeń w celu wykonania płytki drukowanej w laminacie).

W procesie projektowania schematu połączeń wyróżniamy trzy etapy:

1. określenie podstawowych parametrów, tj. wyznaczenie zarysu projektowanej płytki, rozmieszczenie połączeń, określenie strefy połączeń,

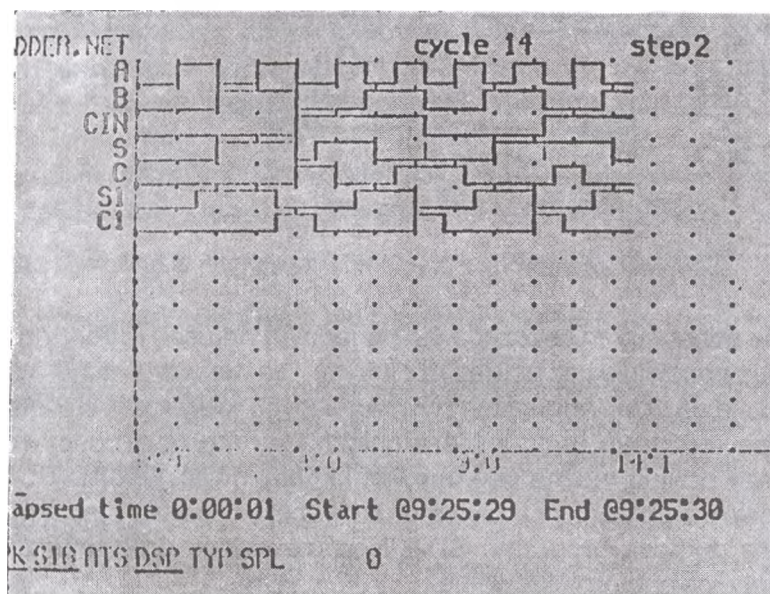
2. umieszczenie potrzebnych modułów obwodów na płytce,
3. ustalenie kolejności działania, tj. określenie, gdzie będzie się znajdować krawędź płytki, zdefiniowanie położenia połączeń z innymi zespołami i płytkami, zdefiniowanie stref specjalnych.

OrCAD/VST (Verification Simulation Tods) służy do przeprowadzania cyfrowej analizy działania układu zaprojektowanego z wykorzystaniem OrCAD/SDT [3]. Symulacja umożliwia projektantowi sprawdzenie funkcjonowania układu eliminując potrzebę wykonywania modeli doświadczalnych. Pozwala ona zarazem na przeprowadzenie analizy projektu z uwzględnieniem skrajnych warunków pracy układu i najmniej korzystnych parametrów zastosowanych elementów.

Aby zainicjować symulator VST należy wykonać następujące kroki:

- podać nazwę zbioru z listą połączeń,
- podać zbiór z listą pobudzeń.

Po uruchomieniu symulacji na ekranie monitora powinny pojawić się przebiegi czasowe wszystkich sygnałów, które miały być obserwowane (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowe przebiegi czasowe na zaciskach układu

Wszystkie pakiety programu OrCAD SDT/PCB/VST są przystosowane do współdziałania, więc schemat układu wykonany z wykorzystaniem SDT może być przebadany pakietem VST, a następnie odwzorowany PCB w schemacie połączeń na laminacie. Program OrCAD wymaga współpracy z komputerem IBM PC/XT/AT lub kompatybilnym, z pamięcią RAM mini-

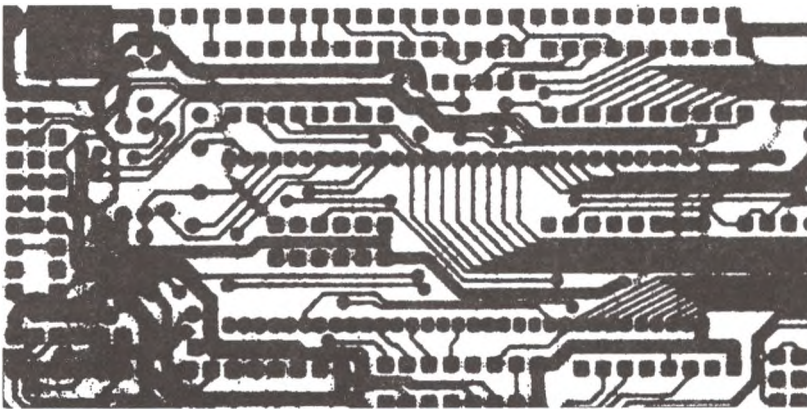
mum 640 kB z twardym dyskiem i napędem dysków elastycznych lub dwoma napędami minimum po 360 kB [4, 5].

Innym programem wspomagającym projektowanie układów elektronicznych jest program PSPICE. Jest to jeden z nowoczesnych programów przeznaczonych do analizy liniowych i nieliniowych układów elektronicznych ze szczególnym uwzględnieniem analogowych i cyfrowych układów scalonych. Program jest powszechnie dostępny dla wszystkich użytkowników komputerów IBM/XT/AT. SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis), opracowany w University of California w Berkeley na początku lat siedemdziesiątych, jest obecnie rozpowszechniony w licznych wersjach. Umożliwia on wykonanie analizy nieliniowej stałoprądowej, analizy nieliniowej stanów nieustalonych i analizy liniowej zmiennoprądowej. Układy mogą zawierać rezystancje, pojemności, indukcyjności wzajemne, niezależne źródła napięcia i prądu, kilka rodzajów źródeł sterowanych (liniowych i nieliniowych) i elementy półprzewodnikowe.

## 2. WYTWARZANIE OBWODÓW DRUKOWANYCH

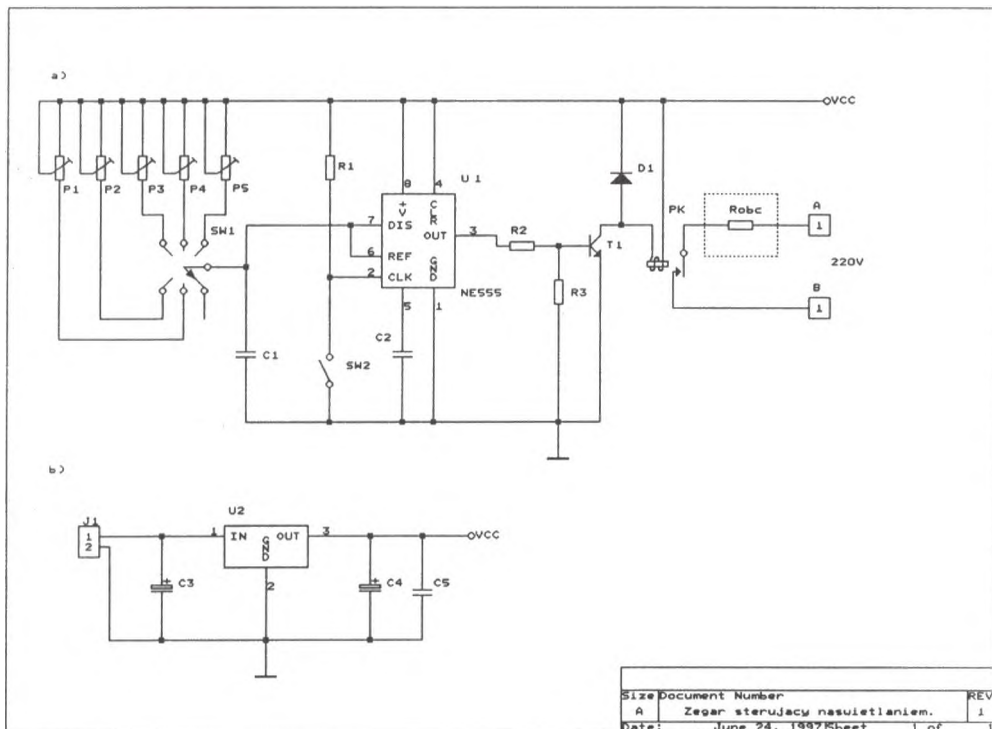
Oprócz programu CAD posiadacze komputerów mogą zastosować AUTOTRAX, uzyskując wydruk mozaiki ścieżek. Do narysowania płytki przydatna będzie odbitka na kalce folii, np. Astralon z siatką o module 1/10 cala, lub papier milimetrowy.

Po wykonaniu projektu druku i laminatu o żądanych wymiarach należy zwrócić uwagę, aby wytrasowanie i wiercenie otworów odbywało się z odpowiedniej strony (w zależności od tego jak jest przygotowany rysunek). Jeżeli używamy emulsji światłoczułej, to naświetlenie promieniami UV możemy przeprowadzić przy pomocy naświetlarki UV.



Rys. 3. Fragment projektu płytki

Na zajęciach Pracowni Technik Wytwarzania Samodzielnego Zakładu Techniki WSP w Krakowie używa się naświetlarki sterowanej zegarem sterującym (rys. 4), który umożliwia programowanie czasu naświetlania świetlówki UV (na rys. 4 – ukazano jako R obc.).



Rys. 4. Schemat zegara sterującego naświetlarką UV

Do zasilacza zegara sterującego ukazanego na rys. 4b, w punkcie 1, 2 może być dołączone napięcie od 7VDC do 30VDC (opis elementów zegara sterującego przedstawiono w tabeli 1).

## Opis elementów zegara sterującego

Item	Quantity	Reference	Part
1	2	B,A	CON1
2	1	C1	100 $\mu$ F/16V
3	1	C2	0,1 $\mu$ F/100V
4	1	C3	1000 $\mu$ F/16V
5	1	C4	10 $\mu$ F/16V
6	1	C5	47nF/63V
7	1	D1	BYP401/100
8	1	J1	CON2
9	1	PK	REALY SPST
10	5	P1,P2,P3,P4,P5	100k
11	1	Robc	RPOL
12	1	R1	10k
13	2	R2,R3	1K
14	1	SW1	1RSW6
15	1	SW2	SW SPST
16	1	T1	BC211
17	1	U1	LM555
18	1	U2	LM7805

Mając poprawnie przygotowany projekt ścieżek układu elektronicznego można, wykorzystując np. metodę fotochemiczną, wykonać zaprojektowaną płytkę.

Reasumując, proces technologiczny metody fotochemicznej składa się z następujących operacji:

- czyszczenie mechaniczne i chemiczne powierzchni płytki,
- naniesienie warstwy emulsji światłoczułej,
- nałożenie maski odpowiadającej rysunkowi obwodu elektrycznego,
- naświetlanie promieniowaniem UV,
- utwalenie w roztworze NaOH,
- trawienie,
- usunięcie pozostałej części emulsji,
- wiercenie otworów,
- czyszczenie płytki, pokrycie płytki od strony miedzi roztworem kalafonii w etanolu (lakierem spirytusowym) [6].

Płytkę laminatu, po pokryciu jej warstwą emulsji światłoczułej, naświetla się przez maskę (np. kalkę, na której jest odbity metodą kserograficzną zaprojektowany wydruk ścieżek płytki, rys. 3). Po wywierceniu otworów płytkę należy oczyścić delikatnie (folia ma grubość 35  $\mu$ m) drobnoziarnistym papierem ściernym [7].

Metoda fotochemiczna pozwala na uzyskanie bardzo wysokiej dokładności obróbki druku rzędu  $\pm 0.05$  mm, przy zdolności rozdzielczej 0,2 mm.

Ścieżki i punkty można również wykleić na laminacie używając gotowych arkuszy do odciskania. Możliwe jest również użycie wodoodpornych flamastrów. Trawienie płytki wykonujemy przy pomocy chlorku żelazowego lub żelazawego. Oczyszczoną po wytrawieniu w wodnym roztworze chlorku żelazowego, gotową płytkę należy jeszcze raz oczyścić i nanieść na nią roztwór kalafonii w spirytusie, co ułatwi lutowanie.

## LITERATURA

- [1] Horowitz P., Holl W.: *Sztuka elektroniki*. WKiŁ, Warszawa 1996.
- [2] *Mikroklan* 2/1988.
- [3] *Mikroklan* 12/1987.
- [4] *Elektronika Praktyczna* 8/93.
- [5] *Elektronika Praktyczna* 7-9/94.
- [6] *Poradnik Radioamatora*. WKiŁ, Warszawa 1984.
- [7] *Wychowanie Techniczne w Szkole*, 5/1989.