POLSKA AKADEMIA NAUK
KOMITET ELEKTRONIKI I TELEKOMUNIKACJI
MINISTERSTWO EDUKACJI NARODOWEJ
MINISTERSTWO TRANSPORTU, ŻEGLUGI I ŁĄCZNOŚCI

B

KRAJOWE SYMPOZJUM TELEKOMUNIKACJI '88

REFERATY SESJI

PROBLEMY PRODUKCJI I EKSPLOATACJI
UKŁADY PODSTAWOWE I PROCESORY

7 – 9 września 1988
Akademia Techniczno – Rolnicza w Bydgoszczy

Bogdan Wilamowski

Politechnika Gdańska
Instytut Technologii Elektronicznej
80-952 Gdańsk
Majakowskiego 11/12

KOMPUTEROWE NARZĘDZIA DO ANALIZY UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Przedstawiono szereg opracowanych lub zmodyfikowanych w Instytucie Technologii Elektronicznej PG programów do komputerowo wspomaganego projektowania analogowych układów elektronicznych z wykorzystaniem komputerów osobistych typu IBM PC. Porównano programy analizy układowej µCAP-1, µCAP-2, NAP-2, PSPICE (wersje 1,2,3), USPICE i CHARCO.

1. Wprowadzenie

Przy wzrastającej komplikacji układów telekomunikacyjnych coraz trudniejsze jest projektowanie tych układów bez pomocy komputerów. Ponadto należy podkreślić, że na potrzeby przemysłu telekomunikacyjnego produkowana jest obecnie największa część układów scalonych w świecie. Zaś projektowanie układów scalonych możliwe jest tylko przy pomocy komputerów. W rozdziale 2 omówione zostaną światowe trendy rozwojowe metod komputerowego projektowania układów na bazie dużych komputerów. W rozdziale 3 przedstawione zostaną dostępne w kraju programy dostosowane do współpracy z komputerami typu IBM-PC.

2. Analiza układów z wykorzystaniem dużych komputerów

Do najbardziej rozpowszechnionych komputerowych programów analizy układów ekektronicznych należą: SPICE-2, ADVICE, ASTAP, ASPEC, NAP-2, CIRCUIT-2 itd. [3]. Najczęściej stosowanym programem w świecie jest program SPICE-2 opracowany w Berkeley [2]. Nie gorszy pod względem użytych algorytmów jest pogram NAP-2. Wbudowane tam modele tranzystorów są jednak stosunkowo proste, ale zato posiada on unikalną możliwość tworzenia i dowolnego rozbudowywania przez użytkownika własnych modeli.

Temat realizowany w ramach CPBP 02.16

Jedną z zasadniczych niedogodności jest to, że zwykle czasy obliczeń rosną znacznie szybciej niż wielkość analizowanego układu. Przykładowo przy wykorzystaniu technik macierzowych czas obliczeń jest proporcjonalny do N^3, gdzie N jest liczbą węzłów układu. Wykorzystując zaś fakt, że w praktycznych układach nie wszystkie węzły są ze sobą połączone, wykorzystuje się technikę macierzy rzadkich i wtedy czas obliczeń jest proporcjonalny do $N^{1.5 \sim 1.7}$. Najbardziej zaawansowane programy analizy układowej takie jak SPICE-2, ADVICE, NAP-2, CIRCUIT-2 wykorzystują właśnie algorytm macierzy rzadkich [3].

Najistotniejsza i najtrudniejsza jest analiza dynamicznych stanów przejściowych w układach elektronicznych. Z kolei właśnie analiza stanów przejściowych jest najbardziej potrzebną analizą przy projektowaniu szybko działających układów scalonych. Sposób analizy stanów przejściowych w zdecydowanej większości programów analizy układowej polega zawsze na tym, że dla każdego kroku czasowego przeprowadza się wielokrotnie linearyzację układu i rozwiązanie układu równań liniowych, znajdując w ten sposób wartości napięć dla następnej linearyzacji. Na bazie opisanego wyżej algorytmu działają prawie wszystkie dostępne na rynku programy analizy układów elektronicznych. Ich wadą w przypadku analizy stanów nieustalonych jest bardzo długi czas obliczeń. Wartym podkreślenia wyjątkiem jest opracowany w Berkeley algorytm zwany "waveform relaxation method" [1], który operuje nie tyle napięciami dla konkretnej chwili, ale całymi przebiegami napięć w funkcji czasu. Metoda ta wymaga, bardzo dużej pamięci komputera, ale pozwala na blisko 50 krotne zmniejszenie czasu obliczeń w porównaniu z programem SPICE2. Inną niedogodnością omawianego algorytmu jest to, że czas obliczeń w istotny sposób zależy od topologii układu i nadaje się on praktycznie tylko dla układów cyfrowych o niewielkiej liczbie sprzężeń zwrotnych.

Opracowany program CHARCO [5][6], bazujący na zasadzie zachowania ładunku jest jeszcze bardziej efektywny. Program CHARCO wymaga niewielkiej pamięci i możliwa jest jego adaptacja na małe komputery osobiste. Przy jego pomocy możliwa jest analiza stosunkowo złożonych układów nawet na mikrokomputerach. Szybkość obliczeń porównana została z napisanym również w języku FORTRAN programem SPICE-2 [2]. Wartą podkreślenia cechę algorytmu jest to, że jego przewaga nad SPICE2 wzrasta wraz ze złożonością układu. Można natomiast założyć, że w przypadku

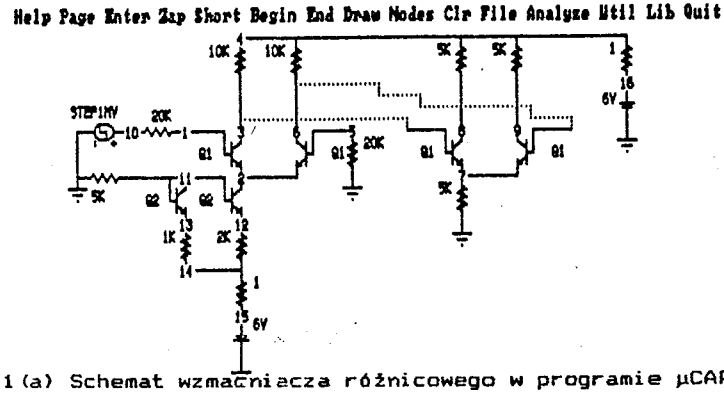
CHARCO analiza układu CMOS zawierającego ponad 1000 tranzystorów trwałaby krócej niż analiza kilkudziesięcio tranzystorowego układu programem SPICE-2 [2]. Równie korzystnie dla opisywanego algorytmu przedstawiają się wymagania na wielkość pamięci komputera. Przydatność tego algorytmu do analizy układów analogowych, gdzie mogą występować duże różnice w stałych czasowych obwodów jest jednak niewielka.

3. Analiza układów z wykoprzystaniem komputerów osobistych

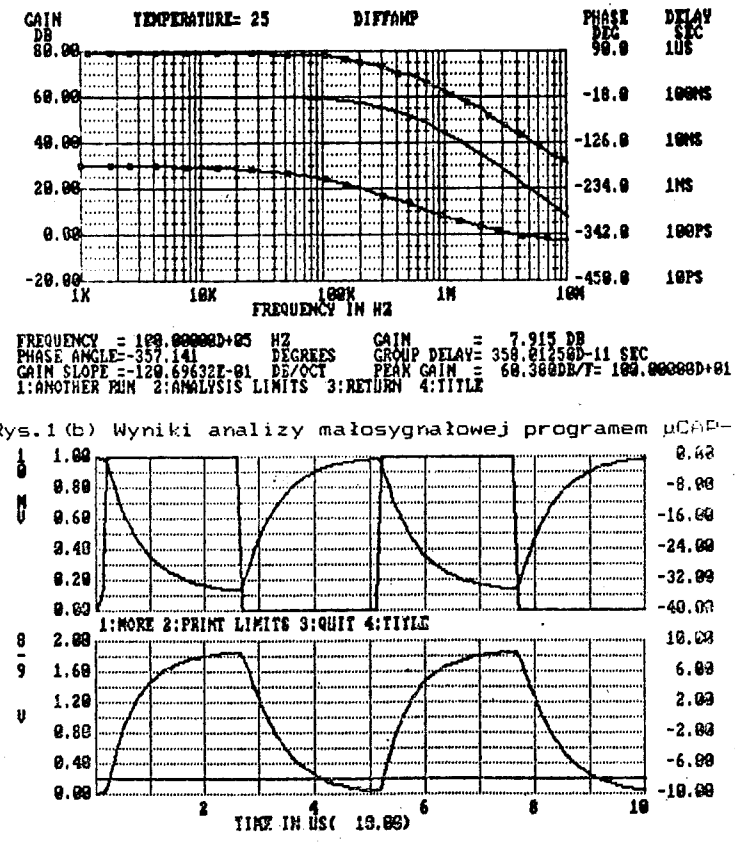
Pierwszym programem wykorzystującym wszystkie zalety komputera osobistego był program µCAP-1 lub jego polska wersja ANALOG. Program ten umożliwia wprowadzenie danych o układzie w postaci rysunku, a wyniki analizy prezentowane są również w postaci graficznej. Program jest bardzo łatwy w użytkowaniu, ale posiada szereg wad. Zastosowany algorytm obliczeń jest mało efektywny. Dane wejściowe w postaci rysunku nie zależnie od wielkości analizowanego układu zawsze wymagają 16kB pamięci. Użyte modele elementów są bardzo proste, a w przypadku tranzystorów bipolarnych nawet błędne. Otrzymane wyniki analizy traktować można jedynie jako orientacyjne.

W programie µCAP-2 wyeliminowanych zostało większość wad programu µCAP-1. Algorytm jaet znacznie efektywniejszy. Modele dokładniejsze. Ponadto wprowadzono możliwość szybkiej transformacji Furiera. Na ryaunku 1 zaprezentowane są kolejne etapy analizy układu z wykorzystaniem programu µCAP-2. Rysunki 1(a) przedstawia proces rysowania schematu elektrycznego, rysunek 1(b) i 1(c) ilustrują wyniki analizy małosygnałowej i analizy stanów przejściowych.

W Instytucie Technologii Elektronicznej Politechniki Gdańskiej w ramach CPBP 2.16 opracowano modyfikacje programu NAP2 na komputer osobisty typu IBM-PC [4]. Wiele zalet tego programu i znaczna jego uniwersalność powoduje, że program ten staje się podstawowym narzędziem analizy układowej w kraju. W Instytucie Podstaw Elektroniki Politechniki Warszawskiej opracowano ostatnio kilka nowych zmodyfikowanych wersji programu NAP2. Powstała tak zawana "fińska wersja", oraz zmodyfikowano program NAP2 w ten sposób, że możliaw stała się jego współpraca z postprocesorem graficznym z programu PSPICE-DEMO zwanym PROBE. Stworzono program BIGNAP praktycznie bez ograniczenia liczby węzłów w układzie. Praktycznym ograniczeniem jest tutaj czas analizy złożonych układów.

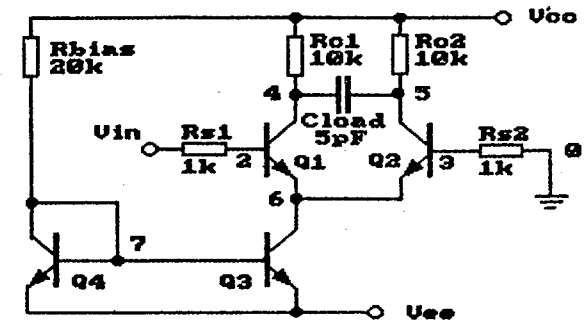


Rys.1(a) Schemat wzmacniacza różnicowego w programie µCAP-2

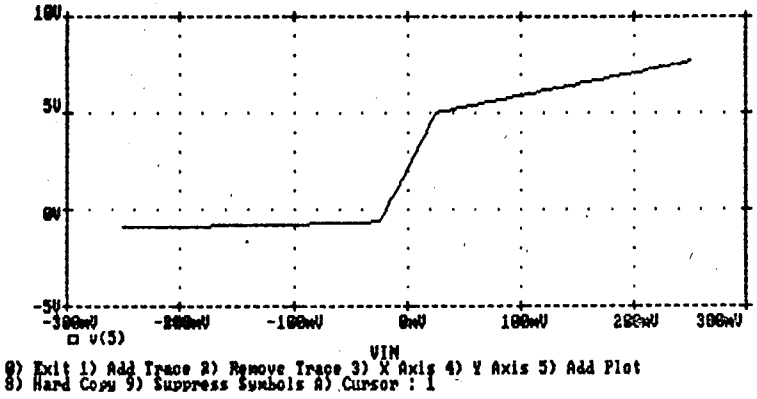


Rys.1(b) Wyniki analizy małosygnałowej programem µCAP-1

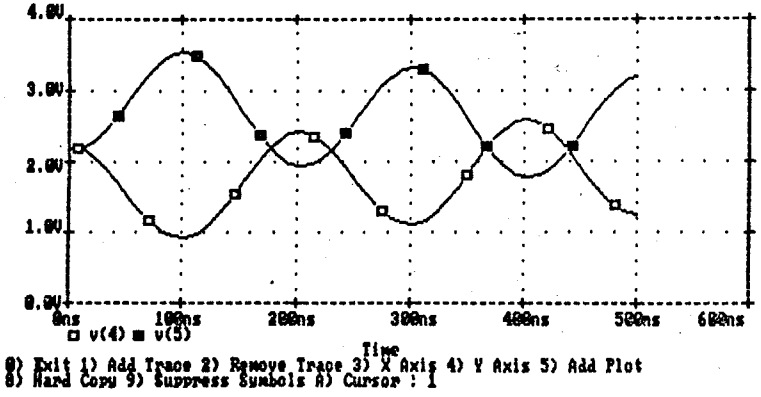
Rys.1(c) Wyniki analizy przejściowej programem µCAP-1



Rys.2(a) Schemat wzmacniacza różnicowego analizowanego programem PSPICE-3



Rys.2(b) Wyniki analizy stałoprądowej układu z rysunku 2(a) programem PSPICE-3 wykreślone programem PROBE.



Rys.2(c) Wyniki analizy przejściowej układu z rysunku 2(a) programem PSPICE-3 wykreślone programem PROBE.