BOGDAN M. WILAMOWSKI

Na drodze do nowoczesności

Komputerowo wspomagane projektowanie

Dynamiczny rozwój technologii układów scalonych spowodował, że obecnie w jednej strukturze półprzewodnika wytwarza się już układy zawierające do miliona tranzystorów. Postęp ten stał się możliwy dzięki miniaturyzacji elementów układu. Jeszcze niedawno minimalne wymiary wynosiły około 20 mikrometrów (włos ludzki ma średnicę około 50 mikrometrów), a obecnie minimalne wymiary elementu spadły ponad 10 krotnie, co zwiększyło gęstość upakowania układów ponad 100-krotnie. Ponadto zmniejszenie wymiarów liniowych doprowadziło do proporcjonalnego zwiększenia szybkości działania. W efekcie układy zyskały funkcjonalnie około 1000 razy. Żeby uświadomić sobie jak złożona jest obecnie technologia tych układów, wystarczy wspomnieć, że wymiary wytwarzanych elementów układów scalonych porównywalne są z długością fali światła i trudno je nawet zidentyfikować pod optycznym mikroskopem. Nasz krajowy przemysł mikroelektroniczny uzyskał w latach 70-tych poziom rozdzielczości 5-ciu mikrometrów i zatrzymał się na tym etapie. Obecnie nie jest w stanie konkurować z firmami zagranicznymi produkującymi układy VLSI (bardzo dużej skali integracji).

Najtańsze z produkowanych obecnie pamięci półprzewodnikowych zawierają po około 256 tysięcy komórek pamięci. Cena mikroprocesora jest rzędu kilku dolarów. W efekcie możliwe jest produkowanie mikrokomputerów osobistych o mocach obliczeniowych przewyższających znacznie moce obliczeniowe tych komputerów, które jeszcze niedawno zajmowały całe piętra w budynkach. Parametry takie posiada dość powszechny już u nas komputer osobisty typu IBM XT lub jego nieco nowsza wersja zwana IBM AT. Zaletą tej ostatniej wersji jest to, że z tym komputerem pracować może jednocześnie kilku użytkowników. Nie jest to już więc komputer „osobisty" w pełnym tego słowa znaczeniu. Przyjęcie powszechnie na świecie standardu komputera IBM XT spowodowało możliwość opracowania nie tylko olbrzymiej ilości oprogramowania tego komuptera, ale także umożliwiło jego dość elastyczną modyfikację konfiguracji systemu o różnego rodzaju podzespoły. Przykładowo za niecałe 1000 dolarów można dokupić kartę z 32 bitowym mikroprocesorem 60020 wraz z jego koprocesorem arytmetycznym uzyskując w efekcie komputer przewyższający pod względem szybkości działania, nie tylko najnowsze rozwiązanie komputera RT firmy IBM, ale także szybszego od jednego z najbardziej rozpowszechnionych komputerów amerykańskich VAX 780/11, którego cena wynosiła niedawno 100000 dolarów.

Narzędzia do komputerowo wspomaganego projektowania znane były już dawniej. Jednak dostęp do komputera metodą wsadową był bardzo zniechęcający dla inżynierów projektantów. Przynoszenie kart lub taśm perforowanych do ośrodka obliczeniowego, aby następnego dnia odebrać wyniki, było stosunkowo mało atrakcyjne. Sytuację drastycznie zmienił fakt postawienia komputera osobistego na biurku konstruktora. Powstała zupełnie inna jakość. Można też dodać, że dopiero w tym momencie zaczął się dynamiczny rozwój metod komputerowo wspomaganego projektowania. Powstaje coraz to bogatsze oprogramowanie w różnych dziedzinach projektowania inżynierskiego.

Cechą specyficzną mikrokomputerów osobistych są ich możliwości graficzne. Zalety tej nie posiadają zwykle duże komputery. Graficzna prezentacja wyników ma podstawowe znaczenie dla sprawnego procesu projektowania. Inną zaletą systemów mikrokomputerowych jest możliwość stosowania „myszki" w celu znacznie łatwiejszego, niż przy użyciu klawiatury, komunikowania się z komputerem.

Wiele elementów komputerowo wspomaganego projektowania sprowadza się do wykorzystania komputera jako urządzenia słu-

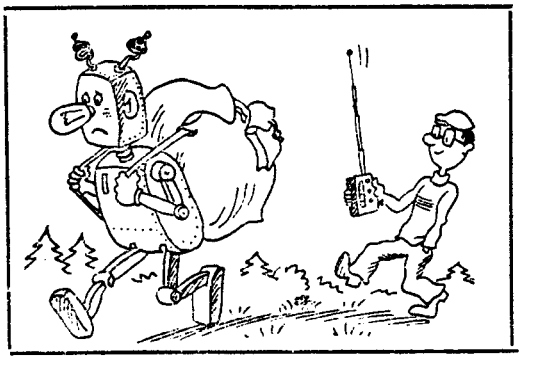
żącego jedynie do gromadzenia i przechowywania informacji. Ewentualna obróbka informacji może być bardzo prosta. Celowi temu służyć może na przykład graficzna reprezentacja otrzymanych w inny sposób wyników. W procesach projektowania ważne znaczenie ma symulacja projektowanych obiektów. Kiedyś różne obiekty sterowania symulowało się na drogich i bardzo złożonych w obsłudze maszynach analogowych. Obecnie te same wyniki można uzyskać znacznie łatwiej nawet na tak małym mikrokomputerze jak Spektrum. Oprogramowanie takie zostało dla przykładu opracowane w ramach jednej z prac dyplomowych na Politechnice Gdańskiej.

Bardzo ważną czynnością w procesie symulacji jest opracowanie odpowiednich modeli matematycznych opisujących zjawiska lub elementy składowe większego systemu. Oprócz stworzenia modeli (czytaj zależności matematycznych) konieczne jest też odpowiednie dobranie parametrów modeli (czytaj współczynników występujących w tych zależnościach). Celowi temu służą specjalne metody identyfikacji parametrów modeli. Tylko wierne odpowiadające rzeczywistości modele dają gwarancję poprawnego wyniku symulacji.

Niektóre procesy technologiczne mają bardzo złożony charakter i trudno jest określić w jaki sposób sygnały sterujące wpływają na efekt wyjściowy. Jedyną możliwością jest w tym przypadku symulacja systemu na komputerze i dopiero dla tak zasymulowanego obiektu można dobrać optymalne sygnały sterujące. Trudno sobie bowiem wyobrazić eksperymenty na przykład z wielkim piecem. Podobnie, w złożonych procesach przetwórstwa jest tak wiele zmiennych parametrów, że próby doświadczalne, jak wpływa każdy z nich są zbyt kosztowne. Najbardziej spektakularnym przykładem jest symulacja, przed wytworzeniem układu scalonego zawierającego kilkadziesiąt tysięcy tranzystorów. Zbudowanie układu próbnego z tak wielką liczbą elementów nie tylko nie byłaby praktycznie możliwa, ale co więcej nie uzyskano by wcale poprawnego wyniku. Tranzystory układu scalonego mają bowiem bardzo podobne charakterystyki, czego o tranzystorach indywidualnych powiedzieć nie można. Jedynym w tym przypadku rozwiązaniem jest symulacja komputerowa.

Najbardziej doskonałe narzędzia projektowe nie tylko wspomagają proces projektowania, ale także optymalizują projekt. Proces optymalizacji zwykle sprowadza się do znalezienia minimum (lub maksimum) jakiejś narzuconej przez projektanta funkcji celu. W przypadku układów o niewielkiej liczbie zmiennych parametrów stosuje się najczęściej klasyczne metody optymalizacji: metodę największego spadku, metodę gradientu prostego lub inną. W przypadku złożonych systemów o wielu zmieniających się parametrach lepsze wyniki uzyskuje się metodą Monte Carlo lub innymi metodami statystycznymi. W obydwu przypadkach istnieje zawsze niebezpieczeństwo znalezienia minimum lokalnego zamiast minimum globalnego. Metody statystyczne są pod tym względem nieco lepsze. Optymalizacja projektu pozwala zwykle tak dobrać parametry procesu technologicznego, aby jego ewentualne rozrzuty miały jak najmniejszy wpływ na uzysk produkcyjny.

Na szczególne podkreślenie zasługuje również to, że coraz więcej urządzeń produkcyjnych sterowanych jest obecnie cyfrowo. Mogą to być różnego rodzaju automaty tokarskie lub spawalnicze. W elektronice są to urządzenia do wykonywania płytek drukowanych, czy do ich późniejszego automatycznego montażu, żeby nie wspomnieć o generatorach masek układu scalonego. Coraz więcej pojawia się w przemyśle różnego rodzaju robotów. Nie jest rzeczą możliwą wprowadzenie danych cyfrowych do sterowania tych urządzeń bezpośrednio z klawiatury. Człowiek nie jest w stanie bezbłędnie wprowadzić tak dużą liczbę danych. Dane do sterowania automatycznych urządzeń produkcyjnych muszą więc też być przygotowane z użyciem komputera. Odrębnym zagadnieniem jest przygotowanie testów gotowych wyrobów, które to testy opracowywane być mogą na etapie projektowania. Przykładowo projektując układ elektroniczny należy tak opracować testy, aby możliwa była automatyczna identyfikacja ewentualnych uszkodzonych elementów.

W klasycznych metodach projektowania konstrukcji stosowanych jest też wiele uproszczeń, co narzuca stosowanie znacznych marginesów bezpieczeństwa. W efekcie konstrukcja staje się cięższa, co z kolei zmusza projektanta do stosowania masywniejszych elementów konstrukcyjnych i koło się zamyka. Projektowanie przy pomocy komputera umożliwia dokładne obliczanie konstrukcji i w efekcie znacznie obniża koszty materiałów. Szybkość pracy komputera pozwala również na sprawdzenie bardzo wielu wariantów i wybranie naprawdę najlepszego.

Trudnością ograniczającą możliwość projektowania układów VLSI jest odpowiedni rozwój narzędzi komputerowo wspomaganego projektowania. Bez komputera nie jest możliwe zaprojektowanie układu scalonego zawierającego więcej niż kilkanaście tranzystorów. Człowiek jest w tym względzie osobą zbyt omylną. Przykład projektowania układów scalonych ilustruje to najbardziej dobitnie, ale zagadnienie to w coraz większym stopniu odnosi się do coraz to innych gałęzi projektowania inżynierskiego. Już w tej chwili nie jest możliwe projektowanie wyrobów o konstrukcyjnych parametrach bez wspomagania cyklu projektowego komputerem. Przy coraz to większej komplikacji wyrobów niedługo osiągnie się próg, powyżej którego projektowanie bez użycia komputera będzie wprost niemożliwe. W świecie utrzymają się tylko ci producenci, którzy zrozumieją to odpowiednio wcześnie. Sprawa szerokiego wprowadzenia komputerowo wspomaganych metod projektowania staje się więc zagadnieniem o podstawowym znaczeniu.