

Piotr Grabiec, Piotr Dumania
Zakład Technologii Struktur ITE
Warszawa

Artur Owczarek
Samodzielna Pracownia
Diagnostyki MOS ITE
Warszawa



CZY MOŻNA W POLSCE NIE ROZWIJAĆ MIKROELEKTRONIKI?

(Rękopis otrzymano 3 lipca 1989)

Motto:

Postęp w mikroelektronice na świecie stał się powodem podejmowania w Europie Wschodniej i Związku Radzieckim prób przebudowy.

Prof. Eice Weber

S t r e s z c z e n i e

Przeprowadzono krytyczną ocenę niektórych obiegowych poglądów na temat krajowej mikroelektroniki. Przeanalizowano skutki gospodarcze i społeczne zaprzestania rozwoju mikroelektroniki w Polsce.

W latach siedemdziesiątych w Polsce nastąpił znaczący rozwój elektroniki, oparty w dużym stopniu na rozbudowie bazy podzespołów mikroelektronicznych. Uruchomiono wówczas dwie linie produkcyjne układów scalonych bipolarnych (licencja japońska i francuska), linię przyrządów dyskretnych (licencja RCA), dwie linie pilotowe do prac badawczo-rozwojowych (B+R), linię układów scalonych MOS (opracowanie własne) oraz linię przyrządów optoelektronicznych (również opracowanie własne).

Przeprowadzony w latach 1980/1981 niezwykle wnikliwy i krytyczny przegląd licencji wykazał, że inwestycje w mikroelektronice były realizowane sprawnie i szybko przynosiły spodziewane efekty. Żadna z zakupionych licencji nie została uznana za nie-trafioną. Szczególne znaczenie dla rozwoju mikroelektroniki miało uruchomienie w NPCP CEMI linii produkcyjnej układów scalonych MOS LSI i rozpoczęcie produkcji dwóch pierwszych układów klasy LSI, tj. kalkulatora 8-funkcyjnego MC14007 i zegara cyfrowego MCX1201. Dzięki tej inwestycji polska mikroelektronika w 1978 r. znalazła się w czołówce wśród KDL tuż po ZSRR, znacznie wyprzedzając NRD i CSRS. Dystans technologiczny w mikroelektronice w stosunku do najbardziej rozwiniętych krajów zachodnich oceniany był na 5-6 lat.

W 1987 r. istniały realne szanse na dalszy rozwój tej strategicznej dla naszej gospodarki dziedziny i niedopuszczenie do zwiększania się luki technologicznej. Niestety, szanse te nie zostały wykorzystane.

Podejmowane w latach 1978-1980 próby kontynuacji rozwoju produkcji układów scalonych LSI w oparciu o własne opracowania zostały zastopowane, a kryzys lat 1980/1982 spowodował dalszy regres. Dystans do czołówki światowej zwiększał się z roku na rok. W miarę upływu czasu dystansowały nas również kolejne kraje demokracji ludowej, najpierw NRD (w 1980 r.), następnie CSRS (1982 r.) i wreszcie Bułgaria (1984 r.).

Wizyta gen. Wojciecha Jaruzelskiego w Instytucie Technologii Elektronowej CEMI w 1984 r. i podjęte decyzje stworzyły nadzieje, że po okresie 6-letniego zastoju powstanie możliwość rozwoju mi-

kroelektroniki. Niestety, jak się wkrótce okazało, z wielu przyczyn, których analiza nie jest przedmiotem tego opracowania, a wśród których na pierwsze miejsce wybijają się niepewne i niekonsekwentne finansowanie, podjęte inwestycje uległy zahamowaniu.

Z olbrzymimi trudnościami i znacznym opóźnieniem udało się zrealizować zaledwie dwa elementy programu rozwoju mikroelektroniki w CEMI: linię technologiczną PMOS, o teoretycznych możliwościach przerobu 50 tys. płytek 4" rocznie, oraz linię montażu układów scalonych w obudowach DIL16-DIL40, o teoretycznych możliwościach przerobu 11 mln układów rocznie. Niestety, ze względu na znaczne opóźnienie i/lub zaniechanie innych elementów programu możliwości tych linii są wykorzystywane zaledwie w 20÷30%. Zwiększenie stopnia wykorzystania tych linii przez wprowadzenie na nie nowych technologii i/lub nowych rodzin układów scalonych jest niezmiernie trudne ze względu na wstrzymanie wszelkich inwestycji, jak również w pewnym stopniu brak nowych opracowań do wdrożenia.

Z podejmowanego w 1984 r. kompleksowego programu rozwoju układów scalonych MOS LSI/VLSI, obejmującego asortyment ok. 100 typów z trzydziestoma układami LSI i sześcioma VLSI, dotychczas zrealizowano zaledwie kilkanaście, przeważnie z grupy prostych i średnio zaawansowanych. Opracowania wszystkich bardziej zaawansowanych układów LSI/VLSI, w tym mikroprocesorów 16 b i pamięci DRAM 64 K były sukcesywnie wstrzymywane w związku z przerwaniem inwestycji i brakiem możliwości technicznych kontynuowania pracy. Niektóre z tych prac przerwano po 2-3 latach ich realizacji. Z opracowanych w ostatnich latach kilkunastu układów MOS zaled-

wie kilka udało się wdrożyć do produkcji seryjnej. Pozostałe, w tym spora grupa układów mikroprocesorowych w technologii NMOS/5 μm , czekają na nowe linie technologiczne.

Efektom działań ostatnich lat, w szczególności zaniechania realizacji inwestycji MOS LSI/VLSI, jest powstanie sytuacji bezpośrednio poprzedzającej całkowitą likwidację przemysłu półprzewodnikowego w Polsce. Celowe jest zatem, aby przed wykonaniem tego kroku zastanowić się, czy możliwe jest i czy stać nas na to, aby w Polsce nie rozwijać mikroelektroniki. Zanim temat ten zostanie przedyskutowany, należy zwrócić uwagę na pewien błąd tkwiący w tak sformułowanym pytaniu. Pytanie to sugeruje bowiem wybór pomiędzy dwoma sytuacjami: rozwojem mikroelektroniki i utrzymaniem poziomu istniejącego. Tymczasem w rzeczywistości wybierać musimy pomiędzy rozwojem mikroelektroniki i likwidacją mikroelektroniki w Polsce na przestrzeni najbliższych 10-20 lat.

Obrazowo wyjaśnił to jeden ze specjalistów amerykańskich twierdząc, że być w biznesie mikroelektronicznym to tak jak spacerować przed walcem drogowym - nie jest to żaden problem, trzeba tylko cały czas iść do przodu, nie można nawet na chwilę się zatrzymać.

Zastanówmy się zatem, czy w Polsce w końcu XX w. może nie być przemysłu mikroelektronicznego. Podstawowe argumenty wysuwane przez przeciwników rozbudowy mikroelektroniki są następujące:

1) Nas na to nie stać, ważniejsze jest np. rolnictwo i ochrona środowiska.

2) Jest wiele innych krajów, które też nie mają przemysłu mikroelektronicznego.

3) Zamiast inwestować w mikroelektronikę lepiej dewizy przeznaczyć na import układów, będzie taniej.

4) Czołówka uciekła tak daleko, że nie mamy szans jej dogonić.

5) Zachodnia Europa, chcąc dogonić Japonię i USA, wydaje na ten cel miliardy dolarów, nasz kraj jest na to za biedny.

Argumenty tego rodzaju łatwo przemawiają do mało zorientowanego w tej dziedzinie działacza gospodarczego i polityka, natomiast znalezienie argumentów uzasadniających konieczność rozwoju wymaga pewnej wiedzy specjalistycznej. Słuszne jest więc, że od specjalistów wymaga się przedstawienia takiego uzasadnienia.

Argument 1) ma charakter demagogiczny. Mikroelektronika nie powinna konkurować z rolnictwem, lecz z przemysłem ciężkim. Inwestowanie w czysty przemysł mikroelektroniczny i elektroniczny powinno prowadzić do restrukturyzacji przemysłu, w tym do zmniejszenia udziału w nim przemysłu ciężkiego i w konsekwencji do poprawienia warunków ekologicznych. A zatem rozwój mikroelektroniki w rzeczywistości sprzyja rozwojowi rolnictwa i ochrony środowiska.

Argument 2) jest prawdziwy tylko wtedy, gdy dotyczy niektórych krajów afrykańskich, będących na zupełnie innym etapie rozwoju cywilizacyjnego. We wszystkich krajach europejskich (może poza Albanią) przemysł mikroelektroniczny jest rozwijany, nawet w tak niewielkich krajach jak Portugalia czy Irlandia. W Irlandii np. oprócz zakładów produkujących przyrządy półprzewodnikowe, w tym zaawansowane układy scalone LSI, istnieje subsydiowane przez rząd Narodowe Centrum Badawcze Mikroelektroniki (w Cork), o poziomie technicznym znacznie przewyższającym aktualny poziom CEMI.

Najważniejszymi wyróżnikami tego poziomu są: doświadczalna linia technologiczna HCMOS/2,5 μm na płytkach 4" i nowoczesny system komputerowy VAX-cluster z pamięcią 12 GB i kilkunastoma stacjami do projektowania VAX2000. Potencjał obliczeniowy tego ośrodka jest co najmniej 12-krotnie większy od potencjału obliczeniowego CEMI i ITE łącznie, a w przeliczeniu na inżyniera projektanta - ponad 200-krotnie większy!

Argument 3) ilustruje się często przykładową kalkulacją dla linii technologicznej w standardzie 6"/2 μm .

Zakładając:

- koszt budowy linii (od podstaw) 300 mln USD,
- produkt - pamięć DRAM 256 K,
- powierzchnie struktury 40 mm^2 ,
- uzysk 50%,
- średnicę płytek 150 mm,
- przepustowość linii 150 000 pł/rok,
- wydajność linii 30 mln szt./rok

oraz przyjmując cenę 1 szt. pamięci równą ok. 2,5 USD, można obliczyć, że wartość produkcji takiej linii wyniosłaby 75 mln USD rocznie, a więc spłaciłaby się ona dopiero po ok. 4 latach. A zatem lepiej zakupić te układy w Tajwanie.

W rozumowaniu tym tkwi jednak kilka istotnych błędów. Konkrowanie z Japończykami i USA w dziedzinie najbardziej zaawansowanych układów standardowych, tj. pamięci i mikroprocesorów, jest oczywistym nonsensem ekonomicznym. Produkcja pamięci w Polsce powinna być stosunkowo niewielka, uzasadniona jedynie względami embargo i przydatnością produkcji tej klasy układów dla utrzymania wysokiego poziomu technicznego linii.

Linia technologiczna powinna w możliwie dużym stopniu wytwarzać mniejsze (mniej skomplikowane w sensie konstrukcyjnym) układy scalone z tej samej rodziny technologicznej. Zakładając, że linia ta produkowałaby niezbędne układy logiczne HCT w dużych ilościach dla telekomunikacji, przedstawiona kalkulacja daje zupełnie inny wynik.

Zakładając:

- koszt budowy linii (od podstaw) 300 mln USD,
- produkt-układy logiczne HCT/3 μm ,
- powierzchnie struktury 6 mm^2 ,
- uzysk 80%,
- średnicę płytek 150 mm,
- przepustowość linii 150 000 pł/rok,
- wydajność linii 330 mln szt./rok

oraz przyjmując średnią cenę układu serii HCT ok. 1 USD/szt. (rzeczywiste ceny są od 0,6 USD do 3,5 USD i powyżej), uzyskujemy wartość produkcji 330 mln USD rocznie. A więc ta sama linia technologiczna spłaciłaby się w ciągu jednego roku.

W obydwu przedstawionych przykładach zakładano, że linia produkuje układy standardowe, o stosunkowo niskiej cenie. W opinii większości specjalistów znaczącą część produkcji polskiego przemysłu mikroelektronicznego powinny stanowić układy niestandardowe typu custom, opracowywane na zamówienie konkretnych odbiorców krajowych i zagranicznych. Ceny takich układów wszędzie na świecie są duże, kilkanaście razy większe niż ceny układów standardowych i wynoszą typowo od 20 USD do 1000 USD, co znacznie poprawia relacje ekonomiczne. W układach specjalizowanych odbiorca

płaci głównie za myśl techniczną zawartą w strukturze, a nie za koszt jej wytworzenia. Polska jako jedyna wśród krajów demokracji ludowej z powodzeniem realizowała tego rodzaju opracowania w przeszłości (kontrakty ITE z EMG/Budapeszt w latach 1985-1987).

Problem asortymentu produkcji będzie jeszcze poruszany w dalszej części opracowania.

W przedstawionych kalkulacjach nie uwzględniono wpływu restrykcji handlowych na ceny układów importowanych (efekt embarga). Wpływ ten przejawia się w dwojaki sposób. W przypadku rezygnacji z własnej produkcji i przestawienia na import należy liczyć się z koniecznością płacenia znacznie wyższych cen za układy objęte embargiem (nie dyskutujemy tutaj problemu znalezienia dostawcy i ryzyka dostaw). Podjęcie w kraju produkcji przedstawiciela określonej grupy układów objętych restrykcjami handlowymi powoduje zwolnienie całej grupy układów tej klasy z listy embargowej. A zatem do bezpośrednich efektów podjęcia produkcji nowoczesnych układów scalonych doliczyć należy obniżenie kosztu importu innych układów o tym samym poziomie technicznym.

Argumenty 4) i 5) oparte są na tym samym błędzie w rozumowaniu i dlatego zostaną omówione łącznie. Przeprowadzane w kraju analizy poziomu technicznego mikroelektroniki światowej są z reguły oparte na doniesieniach z czołowych laboratoriów badawczo-rozwojowych i doniesieniach prasy fachowej o najnowszych osiągnięciach produkcyjnych, gdyż tylko takie dane są dostępne. Odnosi się zatem wrażenie, że codzienna rzeczywistość firm półprzewodnikowych w krajach rozwiniętych to pamięci 4 M i mikroprocesory 32b. Tymczasem jednak przeciętny poziom przemysłu mikroelektronicznego

na świecie jest znacznie niższy od poziomu czołowych laboratoriów badawczo-rozwojowych. Wprawdzie czołówka światowa podejmuje już produkcję układów w technologiach submikronowych (DRAM 4M), ale najliczniejsza grupa nowoczesnych układów, w tym pamięci DRAM 256K i mikroprocesory 16b, to układy wytwarzane w technologii $2 \div 3 \mu\text{m}$. Osiągnięcie przez polską mikroelektronikę takiego poziomu (co jest technicznie realne) postawiłoby nasz przemysł na przyzwoitym poziomie europejskim.

Należy przy tym zwrócić uwagę na niezwykle istotny fakt. Obserwowany w ciągu ostatnich 15 lat niesłychanie gwałtowny rozwój technologii półprzewodnikowej spowodował, że tkwiące w nich możliwości nie zostały jeszcze w pełni wykorzystane. Istnieje ogromna gama zastosowań technologii $2 \div 3 \mu\text{m}$ w odniesieniu do układów standardowych, a zwłaszcza niestandardowych klasy (full) custom i semi-custom.

Technologie $2 \div 3 \mu\text{m}$ są bardzo potrzebne i będą jeszcze stosowane przez wiele lat. Jednym z przykładów takiej tendencji mogą być nowe opracowania amerykańskiej firmy MOTOROLA. W katalogu nowości z 1989 r. można znaleźć układy mikrokomputerów 8-bitowych MC 68HC w technologii HCMOS/ $3 \mu\text{m}$. Jednym z najlepiej sprzedających się aktualnie układów jest mikrokomputer 8-bitowy 8051 firmy INTEL. Układ ten, będący nowszą wersją mikrokomputera 8048, wykonywany jest w technologii NMOS/ $3,5 \mu\text{m}$. Dodajmy, że odpowiednik układu 8048 opracowano w ITE CEMI w 1987 r., lecz nie wdrożono go do produkcji ze względu na brak linii produkcyjnej o odpowiednim poziomie technicznym (technologia NMOS/ $5 \mu\text{m}$). Przykładów tego rodzaju można znaleźć więcej.

Argument o ogromnych kosztach rozwoju mikroelektroniki jest słuszny, ale nie dotyczy sytuacji w Polsce. Ogromne koszty badań i rozwoju dotyczą badań prowadzonych na pierwszej linii frontu. Koszty badawczo-rozwojowe projektu MEGA, realizowanego przez firmy SIEMENS i PHILIPS, wyniosły 770 mln USD (w tym 1/3 udziału rządów). Całkowity koszt tego przedsięwzięcia, z uwzględnieniem kosztu wszystkich inwestycji, w tym nowych linii produkcyjnych, wyniósł 2500 mln USD. Nakłady niezbędne na odtworzenie technologii opracowanych w innych ośrodkach i stosowanej na skalę produkcyjną od kilku lat są wielokrotnie niższe, zwłaszcza gdy rozwój oparty jest o pomoc licencyjną. Ponadto znaczny udział w kosztach podawanych przez źródła zachodnie stanowią koszty wysokokwalifikowanej kadry. W zachodnioeuropejskim programie JESSI koszty te stanowią ok. 20% wszystkich kosztów. W Polsce koszt kadry inżynierskiej jest, niestety, znikomo mały.

Rozważając problem kosztu rozwoju mikroelektroniki w kraju nie sposób pominąć szczególnego, specyficznego polskiego elementu takiej kalkulacji. W ciągu ostatnich kilku lat prywatni odbiorcy z Polski zakupili za granicą setki tysięcy telewizorów kolorowych, magnetowidów i nowoczesnego sprzętu komputerowego. Za ten sprzęt, sprowadzany do kraju różnymi drogami, zapłaciliśmy setki milionów dolarów, dofinansowując w ten sposób przemysł elektroniczny krajów najbardziej rozwiniętych. Dofinansowanie to realizowano pieniędzmi zdobytymi za najprymitywniejszą, nisko opłacaną pracę lub za eksport surowców.

Przedstawione kontrargumenty nie wyczerpują odpowiedzi na postawione w tytule pytanie. Najbardziej chyba istotnym argumentem

przemawiającym za bezwzględną koniecznością rozwoju przemysłu mikroelektronicznego w Polsce jest obserwowana obecnie tendencja wzrostu znaczenia układów specjalizowanych, w tym zwłaszcza układów typu ASIC (Application Specific Integrated Circuits). Według prognoz DATAQUEST średni roczny wzrost produkcji (CAGR) przyrządów półprzewodnikowych na świecie w latach 1987-1992 ma wynosić 14%, a wzrost produkcji układów ASIC 24%. W 1991 r. 20% wszystkich produkowanych układów scalonych będą stanowiły układy ASIC. Potwierdza to również prognoza przedstawiona w październikowym numerze pisma Electronics, przewidująca powstanie dużej liczby niewielkich firm półprzewodnikowych nastawionych na bliską współpracę z odbiorcą w celu produkowania układów specjalizowanych do wąskich zastosowań. Oznacza to, że coraz częściej zamiast wielu układów standardowych w urządzeniach elektronicznych spotykać będziemy pojedyncze, nieoznakowane układy produkowane specjalnie dla producenta sprzętu.

Należy zauważyć, że postęp szeroko pojętej produkcji przemysłowej powstaje już obecnie w wyniku interakcji konstruktorów sprzętu finalnego, określającego funkcje układu z konstruktorami układów scalonych, implementującymi te funkcje w postaci struktury półprzewodnikowej. Brak jednego z tych ogniw uniemożliwia postęp techniczny w przemyśle. Można wyobrazić sobie sytuację, w której przy braku krajowych układów standardowych producenci sprzętu finalnego będą je importować skąd się da (dotyczy układów objętych embargiem). Nie można sobie natomiast wyobrazić sytuacji, w której producenci sprzętu będą zamawiać u producentów zachodnich układy specjalizowane projektowane "pod" polski

sprzęt. Rozwiązanie takie jest praktycznie nierealne, nawet gdyby rozważane układy i rozważane technologie nie były objęte embargiem.

Można zatem z dużą dozą pewności stwierdzić, że zatrzymanie obecnie rozwoju mikroelektroniki w Polsce doprowadzi w ciągu najbliższych 10-20 lat do całkowitego zatrzymania polskiego przemysłu elektromaszynowego lub co najmniej do sprowadzenia go do roli wykonawcy prymitywnych elementów dla produkcji finalnej realizowanej w krajach rozwiniętych. Wyniki takiego "eksperymentu gospodarczego" zahamowałyby nie tylko produkcję elektronicznego sprzętu powszechnego użytku, który to sprzęt można względnie łatwo kupić za granicą, lecz głównie produkcję urządzeń profesjonalnych, m.in. dla telekomunikacji i infrastruktury gospodarczo-obronnej państwa.

Wielokrotnie rozważany problem: czy nas stać na rozwój mikroelektroniki zawsze sprowadzany był do wielkości ofiar, które powinno ponieść społeczeństwo. Podejście takie nie jest słuszne. Mikroelektronika może i powinna być zaczynem ożywienia gospodarczego. Podkreślić przy tym trzeba, że problemu rozwoju mikroelektroniki nie można ograniczać do problemu budowy jednej czy kilku linii produkcyjnych. Na problem ten trzeba patrzeć kompleksowo. I tak, podobnie jak we Francji (działalność CNET), niezbędny Polsce rozwój telekomunikacji powinien z jednej strony usprawnić działanie całej gospodarki, a z drugiej pociągnąć za sobą rozwój pracującej na jej rzecz mikroelektroniki. Rozwój mikroelektroniki z kolei powinien spowodować ożywienie w produkcji urządzeń technologicznych dla potrzeb mikroelektroniki. Obecnie

sprzęt ten jest niemal w całości importowany, podczas gdy istnieje możliwość podjęcia w kraju produkcji wielu takich urządzeń. Co więcej, urządzenia znalazłyby natychmiast zbytno w krajach socjalistycznych. Warunkiem podjęcia takiej produkcji i utrzymania jej przyzwoitego poziomu technicznego jest między innymi otwarcie gospodarki i oparcie produkcji na stosunkowo niewielkich przedsiębiorstwach o kapitale mieszanym (prywatny + państwowy + + dużych firm), otaczających silne organizacje przemysłowe i pracujące na ich rzecz. Jak się wydaje, obecnie takie możliwości powstają. Deprymująca jest świadomość, że szereg firm zachodnio-europejskich producentów urządzeń technologicznych są to niewielkie organizacje składające urządzenia z zakupionych podzespołów. Firmy te prowadzą działalność produkcyjną w warunkach dalekich od ideałów technologicznych i nastawione są przede wszystkim na ich eksport do Europy Wschodniej.

Oceniając celowość rozwoju przemysłu wybranych urządzeń dla mikroelektroniki trzeba podkreślić, że wspomniany wcześniej wskaźnik (średni roczny wzrost produkcji) dla urządzeń wynosić ma 18,5% rocznie w stosunku do 14% dla przyrządów półprzewodnikowych. Takie myślenie powinno obowiązywać również wtedy, gdy chodzi o materiały dla nowoczesnych gałęzi przemysłu. Biorąc pod uwagę otwierające się przy tym możliwości sprzedaży urządzeń i usług na rynki krajów socjalistycznych, a zwłaszcza ZSRR, widzimy, że rozwijając takie właśnie gałęzie przemysłu można doprowadzić do jego restrukturyzacji z dużą korzyścią dla ekologii i rolnictwa.

Uważa się, że mikroelektronika jest syntezą szczytowych osiągnięć techniki. Mikroelektronika wymaga m.in. największej czystości materiałów, największej precyzji wymiarów i największej higieny technologicznej. Technika i mikroelektronika wzajemnie na siebie oddziałują. Rozwój techniki i osiągnięcie przez nią odpowiedniego poziomu nowoczesności umożliwia rozwój mikroelektroniki. Rozwój mikroelektroniki stymuluje dalszy rozwój techniki i szeroko pojęty rozwój cywilizacyjny.

Jak słusznie zauważył w swoim wywiadzie dla Bożeny Kastory przytaczany w motcie niniejszego opracowania prof. Eice Weber z uniwersytetu w Berkeley, waga rozwoju mikroelektroniki została dostrzeżona tak w ZSRR, jak i w wielu innych krajach demokracji ludowej. W NRD rozpoczęto już produkcję seryjną pamięci 256 K. ZSRR również produkuje pamięć 256 K, choć w przeciwieństwie do NRD nie oferuje jej jeszcze na sprzedaż. Obserwowana w ostatnich latach wyraźna poprawa jakości układów importowanych z ZSRR świadczy o bardzo poważnych inwestycjach w radzieckim przemyśle półprzewodnikowym.

Polska od 11 lat praktycznie nie inwestuje w mikroelektronikę. W konsekwencji kraj nasz z wicelidera mikroelektroniki krajów socjalistycznych w 1978 r. spadł na ostatnie miejsce na tej liście. W ciągu 11 lat luka technologiczna w stosunku do czołówki światowej wzrosła z 6 do ok. 15 lat. Luka technologiczna w stosunku do NRD wynosi ok. 8 lat. Dalszy rozwój sytuacji w tym kierunku może doprowadzić w efekcie do powstania na obszarze Polski skansenu technologicznego i cywilizacyjnego. Odpowiedź na pyta-

nie, czy Polska może sobie na to pozwolić, daje historia wieku XVIII i XIX.

Na zakończenie warto również spróbować odpowiedzieć na pytanie, kiedy rozwijać mikroelektronikę? Może z decyzją taką należy jeszcze poczekać? Odpowiedź brzmi - nie. Podczas wizyty gen. Wojciecha Jaruzelskiego w ITE - CEMI w 1984 r. ówczesny dyrektor ds. mikroelektroniki, doc. Andrzej Kassur, mógł ze sporą pewnością stwierdzić, że brak nam środków, ale mamy dobrą kadre. Wydarzenia ostatnich pięciu lat doprowadziły jednak do znacznego pogorszenia się sytuacji kadrowej. Z tego też względu pierwszym krokiem, który należałoby wykonać, powinna być odbudowa i rozbudowa tej kadry. Grupa specjalistów, którą dysponuje CEMI (jedynych w Polsce mających doświadczenie w tej dziedzinie), jest jeszcze na tyle silna, że może, jeżeli zostaną stworzone niezbędne warunki, przeszkolić kadre dla rozwijającego się przemysłu, a następnie, po wzmocnieniu, podjąć nowe opracowania. Obserwując jednak sytuację i nastroje wśród kadry specjalistów można z dużą dozą prawdopodobieństwa stwierdzić, że dalsze wstrzymywanie decyzji o rozwoju doprowadzi w najbliższym czasie do faktycznej likwidacji zespołu w okresie mniej więcej roku. Podjęcie rozwoju mikroelektroniki będzie wówczas bardzo trudne, a być może wręcz niemożliwe. Podejmując jednak ten rozwój, należy wyciągnąć wiele wniosków z wydarzeń, które miały miejsce w ciągu ostatnich 5 - 7 lat i znacznie poprawić organizację całego przedsięwzięcia, mając na względzie w pierwszym rzędzie skuteczność działania.

Przedstawioną analizę sprowadzić można do następujących wniosków.

1) Zatrzymanie rozwoju mikroelektroniki oznacza likwidację przemysłu półprzewodnikowego w Polsce w ciągu najbliższych 10-20 lat.

2) Mikroelektronika nie konkuruje z rolnictwem, lecz z przemysłem ciężkim.

3) Żaden kraj europejski nie zrezygnował z rozwoju mikroelektroniki.

4) Właściwy dobór asortymentu oraz dobra organizacja przedsięwzięcia zapewni szybki zwrot kosztów poniesionych na rozwój mikroelektroniki.

5) Technologia $2 \div 3 \mu\text{m}$, na którą Polskę powinno być stać, będzie jeszcze przez długi czas nowoczesna.

6) Koszty odtworzenia technologii opanowanej na świecie są znacznie niższe niż koszty ponoszone przez czołowe firmy światowe.

7) Ze względu na rosnące znaczenie układów specjalizowanych zatrzymanie rozwoju mikroelektroniki w Polsce doprowadzi do zatrzymania rozwoju całego przemysłu w ciągu 10 - 20 lat.

8) Mikroelektronika może i powinna stać się zaczynem ożywienia gospodarczego i restrukturyzacji polskiej gospodarki.

9) Skansen technologiczny i cywilizacyjny w tym miejscu Europy nie ma racji bytu.

10) Ze względu na sytuację kadrową należy rozwój mikroelektroniki podjąć natychmiast.