

QUADRO 22
 PRODUTORES FABRICANTES NORTE-AMERICANOS DE SC
 PRINCIPAIS AQUISIÇÕES

EMPRESA	ANO	COMPRADOR
Monolithic Memories	1969	Northern Telecom (12%)
Amperex	1972	Philips
Exar	1972	Toyo Electronics (53%)
Zilog	1974	Exxon (80% em 1979)
Dickson	1974	Siemens
Signetics	1975	Philips
MOS Technology	1976	Commodore Int.
Supertex	1976	(Hong Kong Interest minority share-Exxon)
Semtech	1976	Signal Co. (12%) Teledyne (11%)
Frontier	1977	Commodore Intern.
Micropower Systems	1977	Seiko
Adv. Micro Devices	1977	Siemens (20%)
American Micro Systems	1977	R. Bosh GmbH (25%)
Analog Devices	1977	Standard Oil of Indiana
Litronix	1977	Siemens
Interdesign	1977	Ferranti
Spatek	1978	Honeywell Inc.
Electronics	1978	Honeywell Inc.
Microelectronics Arrays	1978	Nippon Electric Co.
Precision Monolithics	1978	Bourns Inc. (96%)
Western Digital	1978	Emerson Electric
Fairchild	1979	Schlumberger
Unitrode	1979	Schlumberger (15%)
Mostek	1979	United Technologies (93%)
Siliconix	1979	Lucas Industries (22%)
Databit	1979	Siemens
Microwave Semiconductors	1979	Siemens
Intersil	1980	General Electric
Solid State Scientific	1980	VDO Adof
Semiprocesses	1980	CIT-ALCATEL (25%)
Threshold Technology	1980	Siemens
Maruman IC	1980	Toshiba

Fonte: Rada (7).

capacidade própria, conforme se revela claramente pela política seguida pela Siemens e pela Philips nos EUA. Terceira, o fato de que em todos os principais países produtores da Europa há uma política pública global para apoiar a indústria de semicondutores, particularmente os circuitos integrados.

A indústria de semicondutores, moldada pela busca de capital e de tecnologia, está levando a uma série de desdobramentos, quanto a novas formas de relacionamento entre empresas e entre empresas e governos locais (como 'joint ventures').

Cabe lembrar, ainda, o papel fundamental que a tecnologia desempenha na indústria eletrônica: se considerarmos a história da indústria, verificamos que muitas empresas verticalmente integradas não conseguiram sobreviver na indústria de SC, apesar dos seus recursos e da integração vertical.

c.3) Integração para trás: equipamentos e silício

As grandes empresas do ramo de semicondutores eletrônicos produzem o seu próprio equipamento e estão permanentemente incorporando novos desenvolvimentos.

O equipamento está se tornando um elemento estratégico na competição à medida que a tecnologia está sendo cada vez mais incorporada. Assim, está ficando mais difícil de adquirir equipamentos no mercado aberto.

Existem também muitos produtores independentes. Entre eles, a tendência é de crescente concentração, semelhante àquela da indústria de semicondutores, à medida que aumentam as exigências de capital.

É impressionante a preponderância de produtores norte-americanos nessa área, onde se verificam algumas incursões de empresas japonesas em áreas muito específicas.

Os produtores japoneses fornecem cerca de 17% ao mercado mundial de equipamento, e aproximadamente a metade é para o próprio mercado japonês. Algumas empresas já iniciaram vendas em âmbito mundial, como a Hitachi (equipamento de litografia de feixe de elétron). Ao que se espera, nos anos 80 o Japão aumentará sua parcela desse mercado.

O mercado de equipamentos para o processamento, a montagem e o teste de semicondutores, cresceu de 0.5 bilhões de dólares em 1974 para 1.3 bilhões de dólares em 1979. As estimativas são de que alcançará os 2.4 bilhões de dólares até 1984.

Do ponto de vista da integração na direção dos insumos da indústria, cerca de dez empresas do mundo todo fabricam polissilício com alto grau de concentração.

A Wacker Silitronic é o maior fornecedor, seguido pela Dow Corning.

Algumas empresas, tais como a Monsanto, também produzem po

polissilício, e existem produtores especializados como a Great Western Silicon.

Fabricantes de semicondutores, como a Motorola, Texas e a IBM, detêm produção cativa.

Em determinados subsegmentos de mercado, como o triclorosilano, ingrediente vital para o polissilício, existe uma concentração ainda maior: a Union Carbide detém 40% do mercado norte-americano.

d) Internacionalização

d.1) Comércio

É grande a internacionalização das compras e das vendas de semicondutores. As empresas de matriz nos EUA vendem 50% da sua produção no exterior (*); suprem 72% do mercado europeu e 7% do mercado total de SC (20% do mercado de CIs), no Japão. O Quadro 23 mostra a importância das vendas no exterior para os fabricantes de SC situados nos EUA, segundo a sua origem.

Note-se que mais de 95% das importações nos EUA, de 1974-1978, correspondeu a compras feitas por empresas sediadas nos EUA, de suas subsidiárias no resto do mundo. Isto se deve à grande internacionalização das instalações de fabricação/montagem da indústria de SC.

(*) A Texas Instruments, a maior empresa de mercado não-cativo do mundo, vende cerca de metade da sua produção no exterior.

QUADRO 23
 VENDAS DE SC NO MERCADO MUNDIAL DE FABRICANTES
 SITUADOS NOS EUA - 1978 -

Origem do Fabricante	DISCRETOS		CIs	
	Valor das vendas ao exterior (Em US\$milhões)	Distribuição percentual das vendas	Valor das vendas ao exterior (Em US\$milhões)	Distribuição percentual das vendas
EUA	970	62.2	2.088	66.4
Europa Ocidental	408	26.2	741	23.5
Japão	38	2.5	192	6.1
Resto do Mundo	142	9.1	126	4.0
TOTAL	1.558	100.0	3.147	100.0

Fonte: Elaboração da Tabela 1.9. in Mc Glynn (6).

d.2) Produção

i) 'Front-end operations' e 'back-end operations'

Na indústria de semicondutores eletrônicos, as operações de projeto do circuito e processamento de 'wafers' (fabricação do SC propriamente dita), são denominadas de 'front-end operations' (operações da extremidade inicial do processo de produção), enquanto que as operações de montagem/testes dos dispositivos são denominadas de 'back-end operations'.

O processo de produção de dispositivos eletrônicos semicondutores tem a característica de ser parcelado até uma etapa de nível bem baixo de intensidade de tecnologia. No processo de produção, os SC eletrônicos percorrem etapas bem definidas e, cada uma dessas etapas é segmentada.

Por isso, a empresa-fabricante pode localizar qualquer etapa ou parcela menor do processo de produção, no ponto locacional que fôr mais conveniente em relação aos recursos externos à empresa, como: salários vigentes, mercado local, infraestrutura de transporte aéreo, sistema de comunicações internacionais (principalmente telex), oferta de mão-de-obra treinada e incentivos fiscais à importação de matérias-primas, etc.

A operação de projeto do circuito é a etapa do processo de produção de SC eletrônicos geograficamente mais concentrada. Dá-se nos países desenvolvidos, junto à matriz das empresas onde estão localizadas as instalações de pesquisa aplicada; na base industrial e localização primitiva da empresa.

A operação de processamento da pastilha, que é a área mais importante em termos de custo (40% do total), em virtude de sua complexidade (intensiva em conhecimentos aplicados da indústria) é também usualmente localizada na sede podendo ter ainda outra localização, em determinadas circunstâncias, como: pressão de governos locais ou quando o volume a ser produzido, dado o tamanho do mercado local, justifica o investimento.

Essa etapa de processamento do chip é realizada principalmente nos EUA, na Europa e no Japão. Em alguns países em desenvolvimento (Coréia do Sul e Formosa) podem ser encontradas apenas instalações de menor importância, ao nível de 4 bits.

A localização junto à sede dessas duas etapas ('design' e fabricação) é compreensível por serem elas intensivas em conhecimentos da indústria, implicarem em altos investimentos e, ainda, por conterem os 'segredos' da empresa e que fazem o sucesso comercial de seus chips.

A etapa de montagem/testes ('back-end operations'), de trabalho intensivo têm representado o estágio de produção realizado 'off-shore', principalmente em áreas de livre produção do Terceiro Mundo.

O Quadro 24, a seguir, mostra a distribuição de subsidiárias de empresas norte-americanas, japonesas e européias, pelas regiões do mundo e suas atividades nessas regiões. Verifica-se a concentração de firmas (notadamente de origem norte-americana) no Sudeste Asiático, que realizam principalmente operações de montagem.

Uma estimativa da participação das vendas de fábricas 'off-shore' no consumo mundial de semicondutores, se situaria entre 12-13% em 1979. Esse cálculo inclui as exportações do México, Brasil, Salvador, Barbados, Índia, Tailândia, Malásia, Cingapura, Indonésia, Filipinas, Coréia, Hong Kong e Formosa. (7)

Quanto à localização da produção de SC em bases mundiais, cabe lembrar que essa nítida divisão 'front-end operations' em países desenvolvidos, e 'back-end operations' em países do Terceiro Mundo é verdadeira apenas para dispositivos de tecnologia madura. A preferência dos fabricantes é por manter o processo de produção dos dispositivos avançados, em todas as suas etapas, o mais perto possível da alta gerência e das instalações de P&D.

Finalmente, observamos que o aqui exposto refere-se às empresas de mercado não-cativo da indústria. As empresas fabricantes de SC de mercado cativo assumem uma estratégia completamente diferente, e o grau de concentração da produção de SC, segundo a localização, é muito mais alto.

ii) Diferenças entre empresas japonesas e norte-americanas

No que diz respeito às operações de 'back-end' (montagem/testes), os fabricantes norte-americanos e japoneses têm condutas bastante diferentes.

Os fabricantes norte-americanos utilizam de forma muito mais ampla do que os japoneses as instalações 'off-shore' (basicamente em áreas de livre produção).

QUADRO 24

NÚMERO DE FILIAIS DE EMPRESAS PRODUTORAS DE SEMICONDUTORES PELA ORIGEM DA MATRIZ, POR LOCALIZAÇÃO E SEGUNDO AS ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO QUE SÃO REALIZADAS -1978-

		ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO														
		m	f	t	v	w						w				
País de Origem	Localização das filiais	EUA	JAPÃO	EUROPA	EUROPA	EUROPA	EUA	JAPÃO	EUROPA	EUROPA	EUA	JAPÃO	EUROPA	EUA	JAPÃO	EUROPA
		Sudeste da Ásia	48	9	3	1	2	-	17	1	1	2	-	-	4	2
América Latina	11	1	-	3	-	1	6	1	-	-	-	-	1	-	-	-
Europa	10	-	-	14	1	-	3	-	-	-	-	-	6	-	-	1
E.U.A.	-	2	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-
Índia	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Japão	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-

m - Montagem; f - Fabricação; t - Testes; v - Vendas; w - Fabricação dos wafers.

Fonte: Elaboração de Rada (7).

No caso do Japão, estima-se que, mesmo partindo do pressuposto de que todas as importações dizem respeito a dispositivos produzidos 'off-shore', o total representa cerca de 10% em termos de quantidade da produção, e 3% do valor.

O primeiro uso de uma fábrica 'off-shore' para a montagem de componentes semicondutores em países em desenvolvimento verificou-se em 1962, pela Fairchild, no território de Hong Kong. Até 1981 havia 120 fábricas 'off-shore', de produtores norte-americanos, japoneses e europeus, em cerca de 18 países e territórios, das quais: 69% eram norte-americanas, 19% eram japonesas e 12% européias.

Pelo fato de terem incluído a qualidade em sua política de comercialização, não só de SC mas também de bens finais, principalmente produtos eletrônicos de consumo, os fabricantes japoneses têm buscado sistematicamente a automatização em todos os estágios do processo de produção, tendo, inclusive, inovado na automatização da montagem e tendendo a se basearem mais no equipamento de testes automático do que na inspeção 'on-line'. Esse enfoque 'hands-off', não só na montagem, mas em todo o processo de produção, é também o do maior produtor mundial de SC, a IBM, que é de mercado cativo.

O enfoque na automatização, visando a qualidade, alterou o caráter intensivo em mão-de-obra da etapa de montagem dos dispositivos na indústria de SC do Japão, reduzindo a presença japonesa nas áreas de livre produção do Terceiro Mundo.

As empresas norte-americanas operam dentro de um critério diferente. Grandemente condicionadas pela necessidade de obter níveis

de lucros elevados, têm feito amplo uso de fábricas "off-shore", especialmente no Sudeste da Ásia, buscando um diferencial de salários possível pelo custo relativamente mais baixo da mão-de-obra. No caso dos EUA, a alocação da etapa de montagem 'off-shore' é ainda grandemente facilitada pela regulamentação tarifária norte-americana (Itens 806.30-807.00), que taxa apenas o valor acrescentado aos produtos norte-americanos no exterior (impostos de 5.8%).

Um último fator a ser apontado como explicativo para as diferenças entre fabricantes norte-americanos e japoneses de SC, no que se refere à utilização de instalações de SC 'off-shore', é o grau mais alto da integração vertical da indústria do Japão, em relação àquela dos EUA.

iii) Características da produção de SC eletrônicos em ZLPs

As características da produção de SC eletrônicos nas Zonas de Livre Produção (ZLPs), do Terceiro Mundo são:

- São realizadas apenas as 'back-end operations' (montagem / testes dos dispositivos).

- Do ponto de vista do ciclo de vida do produto os dispositivos fabricados/montados são maduros. Ocorre que quando um produto entra na maturidade, a quantidade demandada estabiliza-se, com poucas empresas sobreviventes no mercado daquele produto; a taxa de crescimento dos 'yields' modifica-se lentamente e os custos e lucros estabilizam-se; a tecnologia do processo torna-se uma rotina. Assim, sucessivas quedas de preço são possíveis apenas através de reduções

de custo, pela utilização de mão-de-obra barata para a montagem dos dispositivos, principalmente nas ZLPs.

Em pesquisa realizada (Chang, 1971) (11) sobre a montagem dos dispositivos em ZLP, os fabricantes de semicondutores eletrônicos afirmam que quanto mais rotineira é a tecnologia do processo como no caso dos transistores, maior é a proporção de montagem em ZLP, numa tática de diversificação das localizações. Também afirmam que, além de montar na sede uma certa proporção de dispositivos já na fase de maturidade do produto, mantêm na sede a montagem dos dispositivos de maior conteúdo tecnológico. Atribuem esses procedimentos a questões relativas ao risco de interrupção nos serviços de energia elétrica, de comunicações, de transportes, etc, dada a instabilidade política dos países em que operam.

A fase de produção que compreende a montagem de quaisquer dispositivos é sempre de mão-de-obra intensiva, e, para os produtos já na maturidade, essa montagem é realocada para regiões de baixos salários. Em geral, ZLPs.

A montagem dos dispositivos é uma fase do processo de produção em que a automatização e/ou mecanização não é ainda econômica ou tecnologicamente viável.

Os custos relativos à mão-de-obra alocada na montagem/testes tornam-se relevantes quando os produtos entram na maturidade e quando todos os desenvolvimentos de produto e processo possíveis já foram implementados.

pal a redução de custo pois, tradicionalmente, o preço da indústria cai segundo o padrão da curva de aprendizado; assim, é necessário que a redução de custo seja contínua, a fim de que as empresas se mantenham na competição.

Pelo fato de o trabalho de montagem ser cientificamente subdividido em tarefas simples e repetitivas, torna-se muito fácil treinar uma força de trabalho não especializada.

Normalmente, para o trabalho de montagem são utilizadas mulheres.

b) Depois das vantagens que se relacionam ao custo da mão-de-obra, o segundo fator mais importante para a realocação da fase de montagem, apontado pelas empresas entrevistadas na referida pesquisa (11), é a possibilidade de vender para o mercado local.

Os SC eletrônicos são um produto pronto e acabado para ser utilizado diretamente. São eles os componentes mais importantes dos bens finais eletrônicos, cuja fabricação é a montagem baseada num projeto que pode ser pouco ou extremamente sofisticado.

Assim, o que vai interessar às empresas no país hospedeiro é a capacidade de consumo real e potencial dos bens finais eletrônicos.

Nas áreas onde se dá a montagem de semicondutores eletrônicos, mais especificamente, as ZLP, aglomeram-se, via de regra, indústrias de produtos eletrônicos de consumo; isso, pelo elevado grau de

interdependência entre os ramos, que se deve basicamente ao fato de os eletrônicos de consumo absorverem principalmente semicondutores já na fase de maturidade do ciclo de vida do produto que são, exatamente, os tipos de dispositivos montados nessas áreas. Além disso, quando as empresas de mercado não-cativo estão integradas verticalmente na direção de bens finais, em geral o são no âmbito dos produtos eletrônicos de consumo.

A primeira razão (a) refere-se, principalmente, ao caso das empresas dos EUA, Europa Ocidental e Japão nas Zonas de Livre Produção do Sudeste Asiático (Cingapura, Hong-Kong, Formosa, Filipinas, Tailândia, etc), e da fronteira do México, e, a segunda razão (b) refere-se ao caso das empresas norte-americanas na Europa Ocidental.

O caso do Brasil, resulta da combinação dos dois. A indústria estrangeira que se instalou no País teve como principal motivação a reestruturação do mercado interno de receptores de televisão a cores e, como razão suplementar, o fato de ser uma região de baixos salários. A indústria instalada no Brasil, tem como base o mercado local.

O caso do Brasil distingue-se, ainda, da indústria do Sudeste Asiático porque não está localizada na ZLP do Brasil que é a Zona Franca de Manaus (ZFM).

Até o presente, a montagem em ZLP parece ter exercido, para a competição das empresas, um impacto favorável maior do que exerceu para os países hospedeiros, apesar do emprego da mão-de-obra não qua

lificada e da possibilidade de consumo de produtos relativamente avançados.

Até agora não se verificaram, para os países hospedeiros, os resultados mais importantes para o desenvolvimento da indústria local, como a produção dos chips ou formas de cooperação capazes de proporcionar a transferência da tecnologia.

O mais novo desenvolvimento da geração dos circuitos integrados VLSI - o microprocessador (MPU) - poderá no futuro alterar completamente esse quadro, pela possibilidade que oferece de automatizar integralmente as linhas de produção, uma vez que é ele próprio o âmago do robô.

O alto custo de introdução dos MPUs nos bens de produção manterá ainda por algum tempo a vantagem comparativa, advinda do baixo custo da mão-de-obra nos países do Terceiro Mundo, para SC, bens finais eletrônicos e manufaturados como confecções, calçados, etc. Contudo, na medida que as economias centrais detentoras da tecnologia automatizarem completamente as linhas de produção, as etapas de mão-de-obra intensiva poderão ser sucessivamente realocadas, implicando dispensa de pessoal pela suspensão das operações de montagem. (14)

No setor eletrônico, por exemplo, onde é intensa a competição em preços decrescentes, a realocação e a automatização constituem uma opção importante para as empresas internacionais do setor. A 'inserção automática' dos componentes nas placas de circuito impresso já é uma realidade para todas as firmas japonesas de televisão. E

não há porque imaginar que as empresas líderes do setor eletrônico instalem equipamentos automáticos em subsidiárias do Terceiro Mundo, pois isso representaria uma mudança radical na lógica de comportamento até agora adotado. O Japão poderá ser uma exceção, nesse comportamento, na medida em que se utiliza das áreas de livre produção para vencer barreiras alfandegárias nos demais países desenvolvidos. Contudo, mesmo que alguns equipamentos sejam transferidos, isso não significará que a tecnologia estará sendo transferida. (15)

PARTE II - PADRÃO DE COMPETIÇÃO

1) INOVAÇÃO

a) Ritmo de inovação - pesquisa básica e aplicada e obsolescência de produtos.

A indústria de semicondutores caracteriza-se pelo rápido ritmo de mudança tecnológica; dispositivos mais potentes tendem a substituir, mais do que a complementar, os anteriores. A evolução tecnológica é o termo usado para descrever a introdução de novos produtos e os melhoramentos feitos em produtos antigos. O corolário dessa evolução é a 'obsolescência' tecnológica da geração anterior. (7)

A fim de evitar as conseqüências negativas da obsolescência tecnológica, os fabricantes de SC projetam a última geração numa família de SC, de forma a ser relativamente semelhante à geração mais antiga, tornando assim mais fácil a transição de gerações. Os fabricantes fazem isso, tornando o 'software' dos produtos da nova geração compatível, a um certo nível, com o 'software' da geração anterior, e mesmo mantendo o 'hardware' semelhante ou estruturas de registro, de forma a simplificar a tarefa de conversão.

Esse projeto evolucionário de novos semicondutores não é um aspecto insólito na indústria eletrônica. A mesma estratégia tem sido utilizada há muito pelos fabricantes de grandes computadores, como a IBM. Essa estratégia é claramente necessária, se o fabricante espera manter os clientes, frente à proliferação de novos fabricantes de 'hardware' que oferecem características de preço/desempenho sempre superior.

O quadro 25 mostra uma lista parcial de inovações de produto e processo na indústria de semicondutores, de 1947 a 1981. Algumas

dessas inovações são marcos decisivos no progresso técnico para produtos e processos, enquanto outras representam importantes mudanças de grande valor comercial. É tarefa arriscada analisar as inovações, pois é difícil determinar o início exato de um processo inovativo. O objetivo do quadro é mostrar a natureza composta do progresso e a impressionante coleção de importantes mudanças nos últimos 30 anos.(7)

As inovações e melhoramentos na indústria de SC dependem tanto dos avanços na pesquisa básica quanto da pesquisa aplicada. A descoberta do transistor deu-se nos laboratórios de uma empresa que dispndia muito, tanto em pesquisa básica como em pesquisa aplicada.

É particularmente importante destacar o papel desempenhado pelos Laboratórios Bell, empresa da AT&T (American Telephone & Telegraph), no período 50-60, como ponte decisiva entre a ciência 'pura' e a ciência 'aplicada'. (4).

Atualmente, a pesquisa e o desenvolvimento, na indústria de semicondutores de mercado não-cativo, são essencialmente aplicados. A Texas, por exemplo, não se utiliza mais do termo pesquisa 'básica' e, em vez disso, emprega a expressão 'esforço técnico total' que engloba, inclusive, aspectos de 'marketing'. (10)

Os EUA têm sido a principal fonte da tecnologia de CI, e os produtos hoje fabricados na Europa e no Japão ainda empregam processos básicos norte-americanos, como o NMOS 'silicon-gate'. Quanto ao futuro há uma grande preocupação, nos Estados Unidos, na medida em que os fabricantes norte-americanos de mercado não-cativo estão con

QUADRO 25
 INOVAÇÕES IMPORTANTES NA INDÚSTRIA DE SC - 1947-1981

INOVAÇÃO	EMPRESA	ANO
Point contact transistor	Bell Laboratories (first demonstrated)	1947
Single crystal growing (Germanium) (process)	Bell Laboratories	1950
Zone Refining (process)	Bell Laboratories	1950
Grown Junction transistor	Bell Laboratories	1951
Single crystal growing (silicon) (process)	Bell Laboratories	1952
Alloy junction transistor	General Electric Corp./RCA Corp.	1952
3-5 compounds (process)	Siemens	1952
Jet Etching (process)	Philco Corp.	1953
Surface barrier transistor	Philco Corp.	1954
Silicon junction transistor	Texas Instruments	1954
Oxide masking and diffusion	Bell Laboratories	1955
Diffused Transistor	Bell Laboratories/ Texas Instruments	1956
Silicon controlled rectifier	General Electric Corp.	1957
Junction Field effect transistor	CEM General Electric Co. - France (first demonstrated) (patent granted to RCA in 1957)	1958
Tunnel diode	Sony	1958
Planar process transistor	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1960
Epitaxial process	Bell Laboratories	1960
Epitaxial transistor	Bell Laboratories	1960
Integrated circuit	Texas Instruments (patent application in 1958)	
	Fairchild Camera & Instrument Corp. (Production in quantities)	1961
	Texas Instruments	1962
	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1962
	Signetics Corporation	1962
	RCA	1962
	Pacific (TRW)	1963
	International Business Machines Corp.	1964
	Bell Laboratories	1964
	Pacific (TRW)	1964
	Texas Instruments	1964
	Fairchild Camera & Instruments Corp.	1964
	IBM	
	Bell Laboratories in 1952. First commercial use by Ion Physics Corp.	1967
	Bell Laboratories Philips	1969
	Texas Instruments	1969
	Bell Laboratories (commercial/Texas Instruments 1977)	1969
	RCA Corp.	1969
	Bell Telephone Laboratories/Fairchild Camera & Instrument Corp.	1970
	RCA Corp.	1970
	3M Corp.	1971
	Intel Corp.	1971
	IBM/Philips	1972
	Intel Corp.	1972
	Intel Corp./Texas Instruments	1972
	Intel Corp.	1972
	Perkin-Elmer Corporation	1973
	National Semiconductor	1974
	Bell Laboratories	1974
	Intel Corp. (patent filed by Texas Instruments in 1971)	1975
	Intel Corp.	1977
		1977
	GCA Corporation	
	Nippon Telephone & Telegraph/Nikon (first commercial captive)	1978
	Texas Instruments	1979
	Texas Instruments (non captive) IBM (captive)	1979
	Intel Corp.	1981

Fonte : John E. Tilton, "International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors", Washington, D.C., The Brookings Institution, 1971, pp.16-17. Anthony M. Golding, "The Semiconductor Industry in Britain and the United States: A Case Study in Innovation, Growth and the Diffusion of Technology", unpublished D.Phil. Thesis, Sussex, England: University of Sussex, 1971, p.21. William F. Finan, "The International Transfer of Technology Through US-Based Firms", unpublished study, New York: National Bureau of Economic Research, October, 1975, pp.33-36.

E.Braun and S. MacDonald, "Revolution in Miniature", Cambridge University Press, 1978.
 Electronics International, "An Age of Innovation", McGraw-Hill, 1981; in Rada (7).

QUADRO 25

INOVAÇÕES IMPORTANTES NA INDÚSTRIA DE SC - 1947-1981

INOVAÇÃO	EMPRESA	ANO
Point contact transistor	Bell Laboratories (first demonstrated)	1947
Single crystal growing (Germanium) (process)	Bell Laboratories	1950
Zone Refining (process)	Bell Laboratories	1950
Grown Junction transistor	Bell Laboratories	1951
Single crystal growing (silicon) (process)	Bell Laboratories	1952
Alloy junction transistor	General Electric Corp./RCA Corp.	1952
3-5 compounds (process)	Siemens	1952
Jet Etching (process)	Philco Corp.	1953
Surface barrier transistor	Philco Corp.	1954
Silicon junction transistor	Texas Instruments	1954
Oxide masking and diffusion	Bell Laboratories	1955
Diffused Transistor	Bell Laboratories/ Texas Instruments	1956
Silicon controlled rectifier	General Electric Corp.	1957
Junction Field effect transistor	CTM General Electric Co. - France (first demonstrated) (patent granted to RCA in 1957)	1958
Tunnel diode	Sony	1958
Planar process transistor	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1960
Epitaxial process	Bell Laboratories	1960
Epitaxial transistor	Bell Laboratories	1960
Integrated circuit	Texas Instruments (patent application in 1958)	1961
	Fairchild Camera & Instrument Corp. (Production in quantities)	1962
First pack (package)	Texas Instruments	1962
MOS transistor	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1962
DIT Integrated circuit	Signetics Corporation	1962
MOSFET (MOS field effect transistor)	RCA	1962
TCTL integrated circuit	Pacific (TRW)	1963
Gunn diode	International Business Machines Corp.	1964
Beam lead (process)	Bell Laboratories	1964
TTL integrated circuit	Pacific (TRW)	1964
Light-emitting diodes (LEDs)	Texas Instruments	1964
Dual in line package (package)	Fairchild Camera & Instruments Corp.	1964
Flip-chip method (package)	IBM	1964
Ion Implantation	Bell Laboratories in 1952. First commercial use by Ion Physics Corp.	1967
Collector diffusion isolation	Bell Laboratories Philips	1969
Scholtky TTL	Texas Instruments	1969
Magnetic Bubbles	Bell Laboratories (commercial/Texas Instruments 1977)	1969
Complementary MOS	RCA Corp.	1969
Charged-coupled device	Bell Telephone Laboratories/Fairchild Camera & Instrument Corp.	1970
Silicon on sapphire	RCA Corp.	1970
Ceramic Chip Carrier (package)	3M Corp.	1971
4-Bit Microprocessor	Intel Corp.	1971
Integration injection logic	IRM/Philips	1972
Erasable programmable read only memory (EPROM)	Intel Corp.	1972
Large Scale Integrated Circuits	Intel Corp./Texas Instruments	1972
8-Bit Microprocessor	Intel Corp.	1972
Non-contact direct optical projection system (process)	Perkin-Elmer Corporation	1973
16-Bit single chip microprocessor	National Semiconductor	1974
Electron Beam exposure system (process)	Bell Laboratories	1974
8-Bit single chip microcomputer	Intel Corp. (patent filed by Texas Instruments in 1971)	1975
16K memory	Intel Corp.	1977
Mann 4800-Direct-step-on-wafer machine (process)	GCA Corporation	1977
X-ray lithography system (process)	Nippon Telephone & Telegraph/Nikon (first commercial captive)	1978
16-bit Single Chip Microcomputer	Texas Instruments	1979
32-Bit microprocessor	Texas Instruments (non captive) IBM (captive)	1979
	Intel Corp.	1981

Fonte : John E. Tilton, "International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors", Washington, D.C., The Brookings Institution, 1971, pp.16-17. Anthony M. Golding, "The Semiconductor Industry in Britain and the United States: A Case Study in Innovation, Growth and the Diffusion of Technology", unpublished D.Phil. Thesis, Sussex, England: University of Sussex, 1971, p.81. William F. Finan, "The International Transfer of Technology Through US-Based Firms", unpublished study, New York: National Bureau of Economic Research, October, 1975, pp.33-36.

E.Braun and S. MacDonald, "Revolution in Miniature", Cambridge University Press, 1978.
Electronics International, "An Age of Innovation", McGraw-Hill, 1981; in Rada (7).

QUADRO 25
INOVAÇÕES IMPORTANTES NA INDÚSTRIA DE SC - 1947-1981

INOVAÇÃO	EMPRESA	ANO
Point contact transistor	Bell Laboratories (first demonstrated)	1947
Single crystal growing (Geranium) (process)	Bell Laboratories	1950
Zone Refining (process)	Bell Laboratories	1950
Grown Junction transistor	Bell Laboratories	1951
Single crystal growing (silicon) (process)	Bell Laboratories	1952
Alloy junction transistor	General Electric Corp./RCA Corp.	1952
3-5 compounds (process)	Siemens	1952
Jet Etching (process)	Philco Corp.	1953
Surface barrier transistor	Philco Corp.	1954
Silicon junction transistor	Texas Instruments	1954
Oxide masking and diffusion	Bell Laboratories	1955
Diffused Transistor	Bell Laboratories/Texas Instruments	1956
Silicon controlled rectifier	General Electric Corp.	1957
Junction Field effect transistor	CFTH General Electric Co. - France (first demonstrated) (patent granted to RCA in 1957)	1958
Tunnel diode	Sony	1958
Planar process transistor	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1960
Epitaxial process	Bell Laboratories	1960
Epitaxial transistor	Bell Laboratories	1960
Integrated circuit	Texas Instruments (patent application in 1958)	
	Fairchild Camera & Instrument Corp. (Production in quantities)	1961
	Texas Instruments	1962
	Fairchild Camera & Instrument Corp.	1962
	Signetics Corporation	1962
	RCA	1962
	Pacific (TRW)	1962
	International Business Machines Corp.	1963
	Bell Laboratories	1964
	Pacific (TRW)	1964
	Texas Instruments	1964
	Fairchild Camera & Instruments Corp.	1964
	IBM	1964
	Bell Laboratories in 1952. First commercial use by Ion Physics Corp.	1967
	Bell Laboratories Philips	1969
	Texas Instruments	1969
	Bell Laboratories (commercial/Texas Instruments 1977)	1969
	RCA Corp.	1969
	Bell Telephone Laboratories/Fairchild Camera & Instrument Corp.	1970
	RCA Corp.	1970
	3M Corp.	1971
	Intel Corp.	1971
	IBM/Philips	1972
	Intel Corp.	1972
	Intel Corp./Texas Instruments	1972
	Intel Corp.	1972
	Perkin-Elmer Corporation	1973
	National Semiconductor	1974
	Bell Laboratories	1974
	Intel Corp. (patent filed by Texas Instruments in 1971)	1975
	Intel Corp.	1977
	GCA Corporation	1977
	Nippon Telephone & Telegraph/Nikon (first commercial captive)	1978
	Texas Instruments	1979
	Texas Instruments (non captive) IBM (captive)	1979
	Intel Corp.	1981

Fonte : John E. Tilton, "International Diffusion of Technology: The Case of Semiconductors", Washington, D.C., The Brookings Institution, 1971, pp.16-17. Anthony M. Golding, "The Semiconductor Industry in Britain and the United States: A Case Study in Innovation, Growth and the Diffusion of Technology", unpublished D.Phil. Thesis, Sussex, England: University of Sussex, 1971, p.81. William F. Finan, "The International Transfer of Technology Through US-Based Firms", unpublished study, New York: National Bureau of Economic Research, October, 1975, pp.33-36.

tribuindo bem menos para a pesquisa básica, apesar de ainda se mant_{em} na liderança das inovações.

A pesquisa básica nos EUA, nas tecnologias avançadas, está sendo realizada principalmente por empresas de mercado cativo, univ_{er}sidades e contratantes militares.

A maior parte da pesquisa básica em semicondutores é desen_{vol}vida pelos laboratórios das empresas de mercado cativo, e os cati_{vos} são responsáveis pela maior parte das inovações de processo, como 'silicon-gate technology', embora alguns autores sugiram que a contribuição das universidades tem sido subestimada,

A IBM e os Laboratórios Bell (de mercado cativo) são os pesquisadores mais produtivos, e é neles que toda a indústria se baseia em suas patentes. Ambos são obrigados a fazer com que as tecnologias sejam disponíveis para outros (sob estatutos de restrição de comércio antitruste), e os Laboratórios Bell/Western Electric têm licenciado muitas inovações úteis.

Do ponto de vista quantitativo não há dúvida de que o Governo dos EUA tem dado uma contribuição maciça, para a pesquisa de semicondutores. As missões de pesquisa da NASA estão na fronteira tecnológica da indústria, principalmente no campo da pesquisa básica, tanto no programa de aterrisagem na Lua quanto com relação à 'shuttle' espacial e a todos os tipos de satélites e equipamentos de transmissão.

De um ponto de vista qualitativo a avaliação torna-se mais difícil, mesmo porque o 'estado da arte' durante os anos 70 foi de-

terminado, em muitas áreas, pela tecnologia comercial, mais do que pela militar, diferentemente do que ocorreu no passado. Há também indicações de que os mecanismos para a disseminação dos resultados da pesquisa realizada pelos contratantes militares nos Estados Unidos têm se mostrado inadequados para a indústria aberta.(7)

No Japão, desde 1975, a estrutura de P&D consolidou-se no contexto do mais importante programa japonês de P&D, o VLSIC - 'Very Large Scale Integrated Circuit'. Durante esse programa, que terminou em 1979, a pesquisa básica foi conduzida em um laboratório conjunto formado, para o programa, pelo Ministério da Indústria e Comércio Internacional (MITI) e pela NTT (Nippon Telephone and Telegraph), e mais dois outros laboratórios foram criados pelos fabricantes, para desenvolver a pesquisa aplicada.

Ao final de 1979, a Associação VLSI tinha desenvolvido 700 tecnologias patenteáveis, incluindo melhoramentos na 'electron beam lithography', crucial para a competição dos dispositivos no 'estado de arte', particularmente nas memórias de alta densidade.(7)

A Figura 2 apresenta a organização do programa japonês para o desenvolvimento da tecnologia VLSI.

O relativo atraso tecnológico da Europa frente aos EUA segundo Dosi (4), se deve ao menor grau em que foi desenvolvida a pesquisa nas Universidades e empresas e ao fato de lá não existirem instituições de pesquisa aplicada, como os Lab. Bell (EUA), capazes de estabelecer a ponte entre a Universidade e o setor industrial. Esse relativo atraso tecnológico levou as empresas de semicondutores eletrôni

cos da Europa a uma estratégia de 'leap-frogging', para a realização de saltos tecnológicos: a de capacitar-se tecnologicamente via aquisição de empresas norte-americanas que detinham os conhecimentos específicos necessários.

b) Inovações em Produto e Processo

No passado, os níveis de integração monolítica aumentaram consideravelmente; e isso tende a continuar, ainda que com maiores dificuldades e a um custo mais alto.

Os últimos desenvolvimentos de produtos mais importantes, em semicondutores (discretos e CIs), estão descritos na Parte I des trabalho.

Um aspecto importante ainda não mencionado é aquele que se refere à crescente incorporação do 'software' ao 'hardware'.

'Firmware' é 'software' incorporado ao 'hardware'. Em outras palavras, um conjunto de instruções inserido no próprio circuito, na forma de conexões específicas entre dispositivos diferentes, como na 'read-only-memory'-ROM. O custo desse 'firmware' é usualmente computado no custo do 'hardware'. A principal vantagem desse enfoque é que o custo do 'software' é distribuído pelo custo de cada 'chip' individual.^(*)

Embora com enfoques diferentes, os fabricantes de componentes

(*) Ver Parte I, item 1, sub-item: c) Memórias.

tes prosseguem na direção de sistemas, aumentando o conteúdo de 'software' no 'hardware'. A Intel, por exemplo, não espera vendas de volume até meados dos anos 80, do seu Intel 432 (MPU de 32 bit). O importante, a respeito desse desenvolvimento, é o empenho em padronizar a linguagem e o fato de que o total de 'firmware' aumenta substancialmente.

Outras empresas não partilham do ponto de vista da Intel. A National acredita que o sistema tradicional ('custom' e 'semi-custom') é mais flexível, e que o mercado para o 432 restringe-se a usuários sofisticados e a aplicações dispendiosas.

Quanto à tecnologia de processo, especialistas da indústria são de opinião que nos EUA a tecnologia de NMOS 'silicon-gate' é o principal processo de produção, com particular aplicação em microprocessadores e algumas variações em diversos tipos de memórias estáticas, dinâmicas e não voláteis. (II)

O HMOS, versão melhorada do NMOS, é a tecnologia de CIs mais comum; vem sendo desenvolvida por diversos fabricantes e possibilita, em relação ao NMOS: mais velocidade, potência e densidade do circuito.

A SOCMOS 'selective-oxidation CMOS' (CMOS de oxidação seletiva) tem sido a tecnologia de mais rápido crescimento na indústria, com desenvolvimento de processo empreendido por todos os fabricantes, desde a Texas até a Intel. Vale observar que especialistas acreditam que se a indústria de mercado não-cativo seguir adiante no desenvolvimento da tecnologia de processo SOCMOS, o sonho de contar com um

processo comercial compatível com as exigências militares poderá realizar-se.

Apesar do espetacular progresso na tecnologia do circuito integrado na última década, houve comparativamente poucas invenções de processo durante o período. Quase todas as estruturas bem sucedidas foram vislumbradas pelo menos em fins dos anos 60. Nos anos 70 falharam as previsões de sucesso de terminadas tecnologias, como de SOS, CCD, "bolhas", dispositivos Josephson e arsenito de gálio. (II)

Quanto ao futuro, é improvável que surja uma tecnologia totalmente nova de CIs capaz de ser utilizada em volume suficiente para causar impacto significativo nos anos 80.

De fato, os dispositivos de arsenito de gálio e junção Josephson poderão causar algum impacto sobre uma parcela muito pequena da indústria; embora os 'wafers' de arsenito de gálio (Ga As), por exemplo, sejam úteis para aplicações militares, por aumentarem a velocidade de operação dos circuitos.

O que se afirma não é que esses desenvolvimentos não sejam úteis ou importantes, mas, antes, que a tecnologia baseada no silício é a mais importante, na indústria, e que sua posição é sólida.

c) Gastos em P&D e Barreiras à Entrada

Os custos de P&D estão aumentando e, entre muitas razões, as mais importantes são a crescente complexidade dos dispositivos, o

curto ciclo de produtos e os altos custos do trabalho qualificado. O aumento da complexidade dos dispositivos acrescenta um custo substancial a cada geração de 'chips', uma vez que afeta todos os estágios de produção. Novos desenvolvimentos são necessários na arquitetura do circuito, estrutura do dispositivo, tipo de materiais, encapsulamento e tecnologia de processo. O custo do 'software' também aumenta mais do que proporcionalmente à complexidade do circuito. (7)

Curtos ciclos de produtos e reduzidos 'time-lags' entre líderes obrigam os fabricantes a perseguir não apenas a pesquisa paralela em várias gerações de 'chips' como, ainda, a melhorar os 'chips' existentes, de forma a evitar a obsolescência precoce.

O 'gap' entre líderes e seguidores tem sido reduzido consideravelmente. No caso da técnica planar introduzida nos anos 60, três empresas adotaram o processo 17 meses depois da invenção da Fairchild, tendo outras 16 empresas feito o mesmo, em 28 meses, inclusive 6 empresas não norte-americanas. O 'gap' entre os EUA e o Japão reduziu-se substancialmente, de 3 a 4 anos no começo de 1970, para 6 meses no final da década.

A despesa no equipamento de P&D nos EUA cresceu de 3,9 por cento do total da despesa, para 16,6 por cento, entre 1975 e 1979. A esses custos de capital somam-se elevados custos correntes, em escala crescente, resultado da escassez de pessoal qualificado para atividades de P&D, que, como se sabe, são intensivas, nesse tipo de recurso humano da produção.

Robert Noyce, vice-presidente da Intel, afirmou que compe-

tir no mercado de VLSI 'implica o desejo de arriscar pelo menos US\$50 milhões a \$100 milhões de capital, mais outros \$50 milhões a \$100 milhões por ano em custo de pesquisa e desenvolvimento'. (7)

O tipo de conhecimento da indústria é na sua maior parte 'intangível', particularmente em relação ao processo de produção, que inclui, em grande parte, um componente de 'learning-by-doing' (aprender fazendo).

O conhecimento tecnológico 'intangível' inserido em uma da empresa não é transferível e também não é fácil de ser classificada entre os canais de transferência de tecnologia. Esses 'intangíveis' não são necessariamente inseridos em pessoas, mas tendem a ser um 'composto' de conhecimento e padrões estabelecidos na interação da equipe de produção e administração, constituindo uma característica de 'sistema'.

Essas características, por sua vez, implicam que não é fácil para empresas que entrem tardiamente na indústria desenvolver imediatamente uma base técnica adequada, mesmo contando com amplos recursos financeiros.

Uma empresa que entra tardiamente na indústria só poderá conquistar rapidamente uma grande fatia do mercado se for inovativa.

À medida que o mercado se expande, a tecnologia aumenta em sofisticação e disseminação, e o número de nichos de mercado também cresce; e é aqui que se verificam as novas entradas. Trata-se de um processo de diferenciação de produto, mais do que de competição em

tipos padrões de produtos.

A Intel, que detém uma substancial parcela do mercado em MPUs, exemplifica o caso de uma empresa inovativa bem sucedida.

A Intel baseou sua estratégia na inovação e não conta com disponibilidade de integração vertical ou de economias de escala iguais às dos seus competidores. O incentivo à inovação está, neste caso, muito mais ligado à sobrevivência da empresa do que no caso das empresas grandes e diversificadas.

Na indústria de SC, as empresas pequenas surgiram em torno da inovação, e é a própria inovação que permite a sua sobrevivência. Se forem suficientemente inovativas, as empresas poderão superar a curva de aprendizado mais rapidamente, o que, então, também lhes permitirá competir em preço.

Naturalmente, as empresas pequenas são dependentes de uma linha mais reduzida de produtos e em sistemas ou equipamentos a sua presença não é importante. À medida que as forças tecnológicas as empurram para a fabricação de sistemas, podem obter economias de escala em P&D e, assim, na produtividade dos gastos com pesquisa, o que, em contrapartida, lhes permite gastar relativamente menos com P&D.

No entanto, dado o alto nível da competição em SC, particularmente, CIs, as empresas têm um nível mínimo de gastos em P&D, posto que os custos fixos de P&D são relativamente semelhantes, em termos do tipo de equipamento a ser utilizado, de construção civil e materiais, residindo a diferença nos custos variáveis e nas possibili-

dades de ganhos de escala. Como vimos, esse patamar de gastos vem se elevando substancialmente, e atualmente já constitui uma séria barreira à entrada, contribuindo para explicar porque desde 1975 só houve uma entrada bem sucedida no campo de semicondutores da produção em massa (Zilog, subsidiária da Exxon) e, possivelmente, uma segunda, INMOS (empresa inglesa de propriedade estatal).

d) Transferência de Tecnologia

No que diz respeito às 'front-end operations', (projeto e processamento do 'wafer'), ocorre muito licenciamento de patentes e 'cross-licencing' (licenciamento cruzado) entre empresas fabricantes de SC cuja base geográfica são os EUA, Japão e Europa Ocidental.

Pelo caráter de 'knowledge intensive', principalmente dos processos de fabricação (a saber, 'front-end operations') essas formas de transferência de tecnologia não ocorrem para indústrias cujo ambiente da base geográfica já não tenha acumulado um volume razoável de conhecimentos da tecnologia eletrônica, tanto no campo do conhecimento puro como do conhecimento aplicado.

Por essa razão, a opinião, na indústria, é de que só o Japão e alguns países da Comunidade Econômica Européia dispõem da necessária sofisticação para escolher e absorver a tecnologia correta, completando assim com sucesso o processo de transferência de tecnologia.

É ainda muito comum, na indústria, a prática do 'second-

'sourcing' (segunda fonte de fornecimento de um produto ao mercado) autorizado e a prática do 'second-sourcing' não autorizado, isto é, a cópia (a maior parte das empresas, e, principalmente as inovativas, são capazes de copiar os produtos de outra empresa; em alguns casos em até 6 meses). O 'second-sourcing' é a prática de produzir um dispositivo física e eletricamente idêntico e, portanto, intercambiável com um dispositivo produzido por outra empresa. Uma segunda fonte de fornecimento autorizado envolve um acordo de produção entre duas em presas e implica a cessão do projeto do circuito, mas não significa necessariamente a partilha da tecnologia, das fotomáscaras e de outras formas de 'know-how', podendo, portanto, constituir ou não um canal de transferência de tecnologia.

As principais razões para a ampliação do uso do 'second-sourcing' são: i) a necessidade, tanto da parte dos OEMs - 'Original Equipment Manufacturers' (fabricantes de equipamentos que incorporam dispositivos eletrônicos) - quanto das agências governamentais (principalmente o Departamento de Defesa dos EUA) de contar pelo menos com dois fabricantes independentes para cada SC, antes de projetá-lo nos equipamentos, o que os protege de cortes de fornecimento. Para esses mercados, uma segunda fonte de fornecimento é uma necessidade. ii) Através do 'second-sourcing' a produção de um dispositivo particular cresce quase automaticamente, aumentando a sua penetração no mercado e contribuindo assim para estabelecer aquele dispositivo como um 'padrão' (standard) da indústria, beneficiando, ao final, o produtor inovador. Quando um produto é estabelecido como o produto padrão da indústria, os outros fabricantes são obrigados a reprojeter seus dispositivos, para torná-los compatíveis com o produto padronizado. Como consequência, os competidores se retardam, o que permite

uma posição de quase monopólio por um determinado período de tempo; de seis meses a um ano. Até lá, o volume de produção e os efeitos da curva de aprendizado poderão deter a entrada dos competidores no mercado. (7)

É também frequentemente apontada como um canal de transferência de tecnologia a forma de associação conhecida como 'joint-venture'. Nela, o sócio local oferece o acesso ao mercado interno e a estrutura governamental e o sócio estrangeiro, o acesso à tecnologia e aos mercados externos. Contudo, não é certo que a 'joint-venture' seja um canal de transferência de tecnologia pois que o sócio local não tem o controle dessa transferência; não tem nenhuma garantia de que o sócio estrangeiro fará a transferência da tecnologia.

Como canais não-formais de transferência de tecnologia, apontamos: a mobilidade de pessoal técnico, o estreitamento das relações do pessoal de projeto do circuito por encomenda ou semi-encomenda com o pessoal de projeto do produto final e, ainda, a possibilidade de conhecimentos técnicos importantes, que podem ser adquiridos junto aos fornecedores dos equipamentos industriais especializados na fabricação de semicondutores.

A mobilidade do pessoal técnico dentro da indústria contribui para a transferência da tecnologia e para a inovação. Está havendo uma escassez de pessoal técnico para essa indústria, no mercado mundial, o que representa, para um país que deseja atrair ou fixar profissionais da área, pagamento de altos salários.

Para ter acesso a tecnologias no 'estado da arte', ou a

tecnologias que estão se alterando, muitas empresas preferem utilizar o controle direto do capital, em vez do licenciamento de patentes. Esse procedimento é o mais prático, pelas dificuldades de descrever contratualmente as características técnicas da tecnologia eletrônica. Além do mais, o conjunto de elementos técnicos (conhecimento 'intangível') que tornam um dispositivo tecnicamente superior, ou de custo mais baixo, não é patenteável. Dado o progresso técnico na indústria, o conhecimento proporcionado pelas patentes não é suficiente, requerendo, pelo menos, um acordo de assistência técnica, simultâneo.

A aquisição de uma empresa por outra, como forma de acesso à tecnologia, foi o meio mais usual na década de 70. Representou a estratégia explícita da Siemens, Philips, United Technologies, General Electric, Schlumberger e outros, possível em virtude da fraca situação financeira das empresas (Signetics, Fairchild, etc) adquiridas.

Contudo, pelo fato dessa indústria depender altamente de pessoal especializado, a estratégia inadequada de aquisição do controle de capital significaria assumir prédios, instalações e equipamentos, e, nesse processo, perder administradores e engenheiros vitais para a empresa. Quando a United Technologies comprou a Mostek havia um acordo explícito que assegurava a manutenção do pessoal-chave.

Assim como a década de 70 foi a era dos 'take-overs' (compra do controle do capital de uma empresa por outra), os anos 80 poderão ser a década de 'pools' de P&D e fabricação, não só de empresas de uma mesma área geográfica, como, também, de empresas de áreas

geográficas diferentes e com interesses comuns em um determinado segmento tecnológico.

Principalmente no caso dos MPUs, a partilha dos custos de 'software' e de 'chips' de apoio é uma razão importante para a constituição de 'pools'. A existência de um 'pool' amplia as possíveis aplicações de um dispositivo de um fabricante, a um custo inferior à quele que resultaria caso o fabricante desenvolvesse por si próprio toda a gama de possibilidades. E considerando que o custo de desenvolvimento de uma família completa de novos dispositivos está aumentando, a tendência é para uma ampliação dos 'pools'.

Nos EUA foi formado um 'pool' de nove fabricantes de SC, sob a coordenação do Departamento de Defesa, para o desenvolvimento de CIs de velocidade muito alta (VHSIC).

O programa japonês VLSI e o ECSTRA também foram organizados sob a forma de 'pool' de empresas e governo.

As principais motivações para que uma empresa se disponha a transferir tecnologia para outra empresa, na indústria de SC, são:

- . acesso a mercados que de outra forma estariam fechados e,
- . o acesso à tecnologia, especialmente através do licenciamento cruzado ('cross-licencing').

Existem, evidentemente, muitas outras razões, por exemplo: os fabricantes norte-americanos licenciam patentes para empresas japonesas, porque pela sua capacidade de cópia, de qualquer forma, es-

tarão com a inovação no mercado.

O descrito até aqui diz respeito, principalmente, às formas de transferência da tecnologia produzida nos EUA, pois no tocante à tecnologia desenvolvida no Japão parece haver barreiras muito mais fortes à transferência, como nos exemplos:

- . As licenças de algumas patentes que resultaram do programa VLSI foram negadas a empresas não-japonesas (incluindo a subsidiária da IBM) até 1978.
- . Foram negados, também, os resultados do programa criado em 1979 para o desenvolvimento da área de 'software', que contava com um corpo de pesquisadores especialmente criado para esse fim: A Associação de Pesquisa Tecnológica de 'Software' Básico de Computadores Eletrônicos - (ECSTRA) 'Electronic Computer Basic Software Technology Research Association' - constituída por todos os fabricantes de computadores e que dispunha de dois laboratórios para aplicações orientadas para o programa VLSI. (7)

Nesta pesquisa não foram encontradas referências à transferência de tecnologia nas 'back-end-operations' (operações de montagem, encapsulamento e testes, que constituem a etapa de finalização do dispositivo). Provavelmente, porque constuma-se focar, exclusivamente, o fato de serem de mão-de-obra intensiva. Então, a consequência imediata é a de se pensar que não há quaisquer conhecimentos especializados a serem transferidos. Sem dúvida que, em comparação às 'front-end-operations', que são caracteristicamente intensivas em conhecimentos, o conteúdo tecnológico da etapa de finalização do produto, é muito baixo.

Contudo, as sub-etapas da montagem: corte dos 'wafers', soldagem dos chips à base, soldagem dos fios de ouro e ainda o encapsulamento, são operações que, para serem realizadas dentro de índices de aproveitamento (yields) compatíveis com a viabilidade econômica e financeira da empresa, vão requerer conhecimentos específicos da indústria eletrônica associados ao processo de 'learning-by-doing'. A realização dos testes de qualidade, por exemplo, implica em conhecimentos de 'software', que os pacotes de testes não dão conta, devido às especificações dos clientes. Por isso, uma empresa que não detenha os conhecimentos específicos necessários, não conseguirá realizar essa etapa com sucesso.

Principalmente nos EUA e no Japão e, na Europa Ocidental, em menor escala, as novas empresas são constituídas para realizar um novo produto (desenvolvimento de projeto e fabricação) e realizam as 'front' e as 'back-end-operations'.

As novas empresas que se instalam no setor para realizar apenas a finalização do dispositivo, em geral, são subsidiárias de grandes fabricantes de SC. Essas coligadas são localizadas na Europa Ocidental (por motivo de acesso a mercados) e no Terceiro Mundo, frequentemente, nas ZLP (por baixos salários). (Ver Parte I; 3; d.2)

Por serem subsidiárias de grandes fabricantes e, estes já conhecerem o processo, neste caso, a transferência de tecnologia é intra-firma, não sujeita a contrato, com custos adicionais mínimos e, muito simples de ser realizada porque se trata apenas da transferência de pessoal técnico, manuais, filosofia administrativa, sistemática de controle de custos e acompanhamento financeiro, sistema de

premiação visando a maior produtividade dos empregados, sistemas e padrões de controle de produtividade e qualidade, etc.

Nesse caso, a atualização tecnológica a nível de produtos e processos é realizada da mesma forma: intra-firma.

Contudo, para as novas empresas que se instalem apenas para realizar a finalização do dispositivo e que não tenham ligações de firma com um grande fabricante de SC a questão da transferência dos conhecimentos necessários à realização desta etapa ficará sujeita a acordos de transferência e assistência técnica ou a associações de capital e/ou trabalho e/ou tecnologia. Os custos relativos à aquisição de tecnologia, neste caso, serão sensivelmente mais altos que no caso da transferência intra-firma, bem como, os riscos de que a transferência não se realize a contento.

A atualização tecnológica, neste caso, é mais complicada. Possivelmente, mais uma vez, dependerá de acordos com grandes fabricantes e/ou será o resultado de esforço próprio: altos investimentos em P&D de produto e processo e, ainda, contratação e treinamento de recursos humanos.

Isto, certamente, não esgota a questão da transferência, absorção e atualização tecnológica que deve, ainda, ser analisada de outros pontos de vista: base técnica, papel do Governo, etc.

A tendência futura parece ser para um aumento das barreiras ao acesso da tecnologia. Essa afirmação baseia-se nos custos e nas dificuldades crescentes, decorrentes da maior complexidade dos

circuitos à medida que a tecnologia avança na direção dos dispositivos VLSI e, ainda, na defesa das conquistas tecnológicas quando aumenta a competição no mercado, principalmente depois da agressiva estratégia de comercialização dos fabricantes de SC japoneses.

Para os países que ainda não dominam a tecnologia eletrônica, mas que por reconhecerem sua importância estratégica desejam o seu controle, as soluções não são simples; no entanto são possíveis, se atentarem para a estrutura da indústria daqueles países que obtiveram o controle da tecnologia e para o conjunto de elementos favoráveis que o país dispõe (p.ex.: o tamanho do mercado interno) e que se constituem nas vantagens que podem ser utilizadas nas negociações tecnológicas internacionais, se tiverem a agudeza para se utilizarem dos canais de transferência de tecnologia que estejam liberados; se desenvolverem internamente, sob a coordenação do Estado, um amplo programa de formação de recursos humanos e de pesquisa pura e aplicada; se adotarem uma política protecionista, e se tiverem maleabilidade para escolher os adequados parceiros internacionais, a fim de levar adiante esse empreendimento de longo prazo e de alto risco de capital. Tudo isso, evidentemente, dentro de uma política setorial que englobe componentes eletrônicos, SC e bens finais eletrônicos, sob a coordenação de um só órgão.

PARTE II - PADRÃO DE COMPETIÇÃO

2) Produção: Etapas e Custos

a) Etapas do Processo

A fabricação dos semicondutores é um processo de produção por lotes. Embora existam semelhanças na produção de diferentes tipos de semicondutores, cada tipo de dispositivo requer um conjunto muito específico de técnicas. Além da diferença de traçado, existem diferenças no tipo e número de máscaras, tamanho de pastilha e outros elementos secundários. (7)

São três as etapas básicas do processo de produção de semicondutores:

- 1) projeto do circuito
- 2) produção das máscaras, fabricação de chips, teste
- 3) montagem/teste dos dispositivos.

As etapas de projeto do circuito, produção das máscaras, fabricação dos circuitos e teste dos 'wafers' (1 e 2), que constituem as denominadas 'front-end operations', são ainda muito intensivas em conhecimentos e estão se tornando sempre mais intensivas em capital.

A etapa de montagem/teste dos dispositivos ('back-end operation') apresenta baixa intensidade de tecnologia e alta intensidade de mão-de-obra (exceto para o caso da montagem e/ou testes automatizados).

b) Características

b.1) Aumento da Intensidade de Capital

Uma característica que marca a indústria de SC desde meados da década de 70 é o rápido aumento da intensidade de capital. Calcula-se que no início da década de 70 o investimento para aumentar as receitas em um dólar era de aproximadamente 0.20 ou 0.30 de dólar, enquanto, atualmente, está na ordem de um dólar.

Em 1966, era possível construir uma fábrica de circuitos integrados por um milhão de dólares, e em 1976 a cifra situava-se na escala dos 4 a 10 milhões.

Nos segmentos mais sofisticados do mercado, as maiores exigências de capital são mais visíveis. Para os atuais competidores em MPUs é necessária uma 'massa crítica' de cerca de 25 a 30 milhões de dólares em ativo líquido para o andamento das operações, enquanto que um novo entrante no ramo precisará provavelmente do dobro ou do triplo dessa quantia.

No período de 1975-1979, os membros da United States Semiconductor Industry Association aumentaram seu dispêndio de capital à taxa anual de 75%, enquanto para o mesmo grupo de empresas as vendas tiveram uma alta de 31%. O quadro 26 a seguir ilustra os aumentos percentuais, entre 1978 e 1980, da despesa de capital para os principais produtores americanos.

No caso dos produtos japoneses, a expansão também foi extremamente rápida e superior à dos fabricantes dos EUA, com um aumen

to de despesa em capital de 84%, de 1978 a 1979.

O mercado de equipamentos para o processamento, a montagem e o teste de semicondutores, cresceu de 0.5 bilhões de dólares em 1974 para 1.3 bilhões de dólares em 1979. As estimativas são de que alcançará os 2.4 bilhões de dólares até 1984.

Embora as grandes empresas do ramo produzam o seu próprio equipamento, existem muitos produtores independentes. Contudo, entre eles, a tendência é de crescente concentração, semelhante àquela da indústria de semicondutores, à medida que aumentam as exigências de capital para a própria produção de equipamento.

Como para produtos avançados existe um equipamento específico para cada família de produtos (ex. MPUs e memórias), a fabricação dos bens de capital para a indústria de semicondutores eletrônicos está cada vez mais 'in house'. Assim, cada empresa tem que ser capaz de desenvolver o seu próprio equipamento porque simplesmente não há disponibilidade para compra do mercado.

Embora os produtores norte-americanos dominem essa indústria, verificam-se algumas incursões de empresas japonesas em áreas muito específicas. Os produtores japoneses fornecem cerca de 17% do mercado mundial de equipamento, e aproximadamente a metade destina-se ao uso doméstico. Algumas empresas já iniciaram vendas em âmbito mundial, como a Hitachi (equipamento de litografia de feixe de elétron). Ao que se espera, nos anos 80 o Japão aumentará sua parcela desse mercado.

O Quadro 27 indica as áreas mais sujeitas a despesas crescentes no investimento fixo, para empresas norte-americanas de SC, no período de 1975 a 1979.

As áreas do processo de produção de SC que aumentaram o dispêndio de capital fixo foram, principalmente, o processamento do 'wafer', a montagem, e o teste dos dispositivos. Observe-se, porém, que a despesa com equipamentos para P&D também aumentou substancialmente.

QUADRO 26

GASTOS EM CAPITAL DOS PRINCIPAIS PRODUTORES
AMERICANOS EM US\$ MILHÕES - 1978/80

EMPRESAS	1978	1979	1980
Texas Instruments	116	200	265
Motorola	72	159	200
Intel	104	97	150
Mostek	19	40	130
National Semiconductors	58	88	125
Signetics	36	48	85
Advanced Micro Devices	23	49	70
TOTAL	428	681	1.025
Crescimento das Despesas de Capital		+59	+51
Crescimento das Vendas		+36	-26

Fonte: Rosen Research in The Economist - 01/03/80 in Rada (7).

QUADRO 27

DISTRIBUIÇÃO DOS GASTOS EM CAPITAL POR ATIVIDADE
NOS EUA - 1975/79 - EM %

ATIVIDADE	1975	1979
Projeto	5.9	4.1
Processamento da Pastilha	29.0	39.0
Montagem	5.7	11.8
Teste	9.3	14.9
Outros	46.4	13.8
Equipamento de P&D	3.9	16.6
TOTAL	100.0	100.0

Fonte: Rada (7).

São várias as razões para o aumento de intensidade de capital na indústria de semicondutores eletrônicos.

O 'gap' entre líderes e seguidores no lançamento de novos SCs, cada vez mais complexos, tem sido consideravelmente reduzido, de anos para meses. O 'gap' entre os EUA e o Japão reduziu-se de 3 para 4 anos no começo de 1970, para 6 meses no final da década de 70.

O aumento na competição resulta em obsolescência técnica mais rápida do equipamento de processamento de SC, que pode ser verificado pela idade média do equipamento. Para os membros da US Semiconductor Industry Association (SIA), que congrega a maior parte dos fabricantes de SC dos EUA (incluindo subsidiárias de empresas estrangeiras), a idade média do equipamento instalado caiu de 5,5 anos em 1975 para 4,4 anos em 1979.

EM P&D, os curtos ciclos de produto e pequenos 'time-lags' entre líderes obrigam os fabricantes à pesquisa paralela em várias gerações de 'chips', no rápido melhoramento dos 'chips' existentes e, conseqüentemente, em maior número de equipamentos, para fazer frente aos diversos programas em andamento.

A estratégia de automatização de todas as etapas do processo de produção de SC, objetivando a qualidade e a redução dos custos associados a melhores 'yields', e a utilização menos intensiva da mão-de-obra, em todos os estágios de produção, resultou em maiores investimentos no capital fixo das empresas.

O processo de automatização atualmente em marcha na indús-

tria é um importante elemento explicativo do aumento da intensidade de capital em todos os estágios do processo de produção e um dos principais componentes da crescente despesa com equipamentos para a montagem e o teste dos dispositivos.

O tipo de embalagem usado até agora exige a junção do 'chip' à embalagem, o que explica a intensidade da mão-de-obra nesse estágio. Contudo, as novas técnicas de embalagem de alta intensidade, que estão sendo implementadas, não só visam ao desempenho e à qualidade como, também, permitem a automatização.

Com o objetivo de aumentar os 'yields' tem havido ainda uma tendência constante para aumentar o tamanho dos 'wafers', pois pastilhas maiores aumentam diretamente o rendimento da produção. Contudo, o equipamento para manipular pastilhas maiores de silício é escaso e mais dispendioso.

A pesquisa atual concentra-se em um diâmetro de pastilha cada vez maior. Esses esforços são considerados essenciais para a produção econômica do VLSI. Nos Estados Unidos, durante um período de cinco anos, o uso das pastilhas de duas polegadas baixou de 63% em 1975 para 9% em 1978, enquanto as pastilhas de 3 polegadas aumentavam sua participação de 37 para 80%. Neste último ano as pastilhas de quatro polegadas, insignificantes dois anos antes, respondiam por 11% do consumo.

O aumento de complexidade dos 'chips' adiciona um custo substancial a cada geração de 'chips', já que afeta todos os estágios de produção. Novos desenvolvimentos são necessários na arquitetura

QUADRO 28

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE SISTEMAS DE IMPRESSÃO DE RAIO X DA PASTILHA

EQUIPAMENTO	Impressão de Projeção (1980)	Impressão Direta Óptica (1982)	Gravação Direta p/ Feixe E (1987)	Raio X (1989)	UV Profundo (1985)
RESOLUÇÃO (em microns)	2	1,5	0,75	0,3	1
CUSTO DA MÁQUINA (US\$ mil)	250	750	1500	350	450
EXPOSIÇÃO POR HORA	60	30	2	20	60
DEPRECIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE CONFIGURAÇÃO, POR PASTILHA (2 TURNOS, 8 CAMADAS) (US\$)	1,65	10,00	288,45	7,00	7,00
DEPRECIÇÃO DE OUTROS EQUIPAMENTOS POR PASTILHA (US\$)	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
TRABALHO E MATERIAIS POR PASTILHA (US\$)	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
CUSTO TOTAL POR PASTILHA (US\$)	87,56	95,00	374,45	93,00	89,00
BITS POR PASTILHA (4") (20%-rendimento)	2,25M	4M	16M	100M	9M
CUSTO DE FÁBRICA DE PASTILHA, POR BIT (microcents)	3896	2400	2340	93	989

Observe-se que os volumes do feixe E e de raio X são teóricos. Problemas de equipamento e de produção atuais podem alterar as decisões de aquisição de equipamentos. Estimativa em US dólares constantes.

Fonte: STATUS/81.

Mesmo a instalação de montagem utilizada para o encapsulamento de VLSI é mais cara, em virtude do grande número de conexões de 'input' e 'output' usualmente associadas com um VLSI, que requer e equipamentos mais sofisticados do que os 'wire bonders' manuais convencionais.

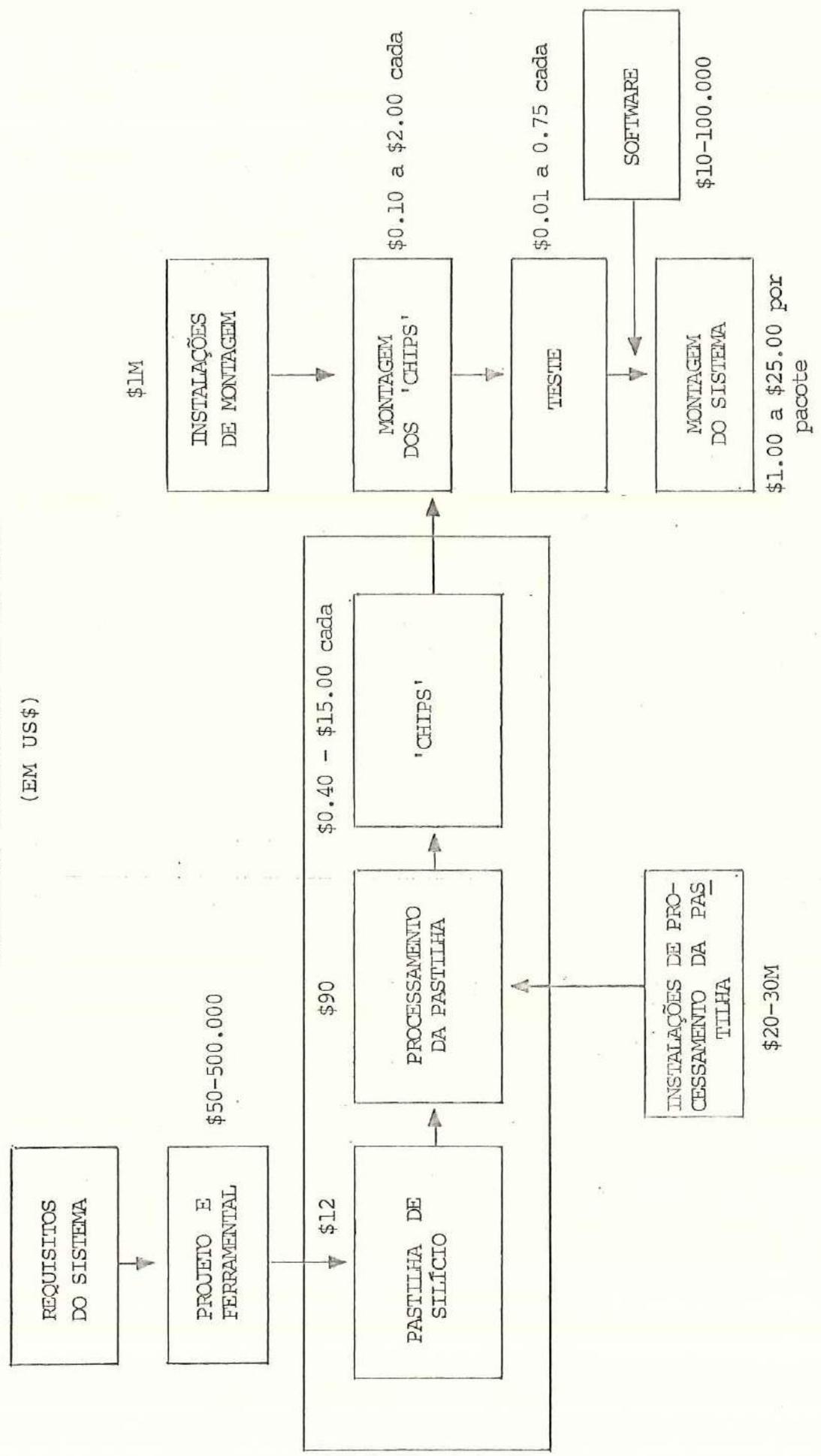
A última grande despesa associada ao VLSI é o teste ('hardware' e 'software' associados). Circuitos complexos, freqüentemente, requerem ciclos de teste mais longos que se utilizam de programas de teste mais complexos.

Alguns desses custos para VLSI estão identificados na Fig. 3 a seguir. Note-se que a escala de investimento prevista varia de US\$ 20 a 30 milhões para a fabricação das pastilhas e de US\$ 10 a 100 mil em 'software', para um gasto de US\$ 1 milhão para as instalações de montagem, variando o investimento total de US\$ 21 milhões a 31,6 milhões.

Os fabricantes de 'chips' também estão descobrindo que a tarefa de comprimir toda a memória de uma 64K RAM em um 'chip' de dimensões minúsculas (um quinto de polegada de um lado), e cujas linhas que constituem as células de memória, unindo-as entre si são, se tanto, de três microns, não pode ser realizada apenas por meio de algumas alterações na linha de produção. Assim, estão construindo linhas de produção completamente novas, ainda que a um custo enorme. A nova fábrica de semicondutores da Motorola, em Austin (Texas, EUA), foi estimada em US\$60 milhões.

Novas instalações e equipamentos simplesmente não podem

FIGURA 3
ASPECTOS ECONÔMICOS DE UM VLSI
(EM US\$)



Fonte: Status 81.

ser evitados no ambiente competitivo mundial. A indústria vai-se tornando mais intensiva em capital e deve estruturar-se para garantir disponibilidade de capital, a fim de possibilitar o prosseguimento o progresso tecnológico.

b.2) trabalho especializado.

A tecnologia muda a produção, o ciclo do produto e as características dos produtos, e também altera os requisitos de especialização da mão-de-obra da indústria de semicondutores.

O Quadro 29 mostra a mudança dos requisitos de especialização da força de trabalho ao substituírem-se componentes eletro-mecânicos por eletrônicos.

Na própria produção de componentes eletrônicos, à medida que aumentam a automatização e a intensidade de capital, a percentagem de trabalhadores na produção continuará a diminuir, enquanto que aumentará o pessoal técnico, de supervisão e de comercialização. Em empresas que produzem MPUs e outros dispositivos no estado das artes, o decréscimo de importância dos trabalhadores na produção é mais rápido.

Ao nível de alta especialização verifica-se uma crise aguda de escassez de pessoal em todo o mundo. Isso está forçando as empresas a aumentarem os salários e, ao mesmo tempo, a recrutar pessoal no mundo inteiro.

QUADRO 29

EFEITOS DA MUDANÇA NA TECNOLOGIA NA COMPOSIÇÃO
DA FORÇA DE TRABALHO

ESPECIALIZAÇÃO	COMPONENTES ELETROMECÂNICOS	CIRCUITOS INTEGRADOS	CIRCUITOS INTEGRADOS EM LARGA ESCALA
Engenheiros e Técnicos	5%	10%	30%
Trabalhadores Qualificados	60%	70%	35%
Trabalhadores Não-Qualificados	15%	20%	35%

Fonte: Correa de Mattos, H., "Technology and Developing Countries",
International Telecommunication Union, 3rd World Telecommunication
Forum, Itu, Gênève 1979; in Rada (7).

b.3) Custo de produção de 'wafers' por fatores e etapas

O custo de fabricação da pastilha é uma função de três i-
tens principais:

1. construção civil e equipamento;
2. trabalho;
3. materiais.

O quadro 30 ilustra um módulo típico de fabricação para
processamento de dispositivos MOS em pastilhas de 4". Essa instala-
ção exemplificativa tem a capacidade de um máximo de 50 pastilhas por
8 horas turno.

Para se calcular de maneira completa o custo de uma pasti
lha MOS típica de 4" é necessário levar em conta as pastilhas que ,
por uma razão ou outra, não são utilizáveis. No exemplo ilustrado no
Quadro, apenas 80% das pastilhas processadas mostraram ser utilizá-
veis. Isso tem o efeito de elevar o custo de cada pastilha perfeita
para quase US\$85.

Esse custo de fábrica será variável, na dependência da tec
nologia. Conforme ilustrado no Quadro 31, o custo da pastilha de 4
polegadas pode ser tão baixo quanto US\$60 para um processo PMOS, e
tão elevado quanto US\$85 a US\$105 para os modernos processos de
canais N.

As operações de montagem são, tipicamente, separadas fisi-
camente, em relação às operações de fabricação de pastilha. Conse-
qüentemente, os custos de montagem, usualmente, são tabulados separa

QUADRO 30

EXEMPLO DOS CUSTOS POR MÓDULO DE PRODUÇÃO

1. PASTILHAS POR TURNO (Pastilhas MOS de 4", Resolução de 3-4 microns, Operação em 2 turnos)				500 pastilhas
2. ÁREA DE CONSTRUÇÃO (Pés quadrados)				50.000
3. TOTAL DE PESSOAL (2 TURNOS)				275
4. INVESTIMENTO	VIDA ÚTIL	VALOR (US\$1000)	CUSTO P/WAFER	
			US\$	%
Construção	25 anos	3.750	0,60	0,71
Terreno (10-20 acres)	--	1.000.	--	--
Equipamento fabr.pastilhas	5 anos	9.500.	7,60	9,03
Equipamento de teste**	5 anos	2.500.	2,00	2,38
Melhoramentos na propriedade	10 anos	2.750.	1,10	1,31
Investimento Total		19.500.	11,30	13,43
5. CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS DA FÁBRICA (2 TURNOS)				
Trabalho - Fabricação das pastilhas		3.500.	14,00	16,64
Trabalho - Administração-Engenharia		5.000.	20,00	23,77
Materiais - (Pastilhas)		3.000.	12,00	14,26
Suprimentos - Fabricação de pastilhas		2.500.	10,00	11,89
Custo total de operação da fábrica		14.000.	56,00	66,56
6. CUSTO TOTAL POR PASTILHA			67,30	--
7. RENDIMENTO DA PASTILHA (80%)			84,13	100

* Custos em 1980 - As atuais taxas de inflação e os aperfeiçoamentos na tecnologia aumentarão os custos em 20, 25% ao ano.

** Dependente do produto.

Fonte: Status, 81.

damente. Custos típicos da montagem de embalagem estão ilustrados no Quadro 32.

Observe-se que no Quadro 30, o custo relativo ao trabalho especializado de administração e engenharia é o item individual de maior peso na composição total, mas é provável que no futuro a participação do item equipamentos venha a crescer.

c) Miniaturização, Rendimento e Qualidade

O 'yield' - rendimento - é uma taxa de aproveitamento por área ativa. Assim, ao tomarmos uma pastilha de silício ('wafer'), onde, por exemplo, as frações de pastilha ('chips') já estejam gravadas, levando em consideração a área ativa dessa pastilha, o 'yield' será a parcela aproveitável dessa área ativa total.

O rendimento é uma função de um número de elementos, incluindo o tamanho da pastilha, o tamanho e a complexidade dos circuitos, a largura da linha de traçado e o processo de montagem.

O custo de cada 'chip' depende estritamente do rendimento, pois baixo rendimento significa que o custo de todo o processo deve ser partilhado por menos dispositivos vendáveis.

Começando com o custo da pastilha de silício "de partida" ou em bruto, cada etapa de processamento é bem sucedida, na extensão em que contribui para cada dispositivo em condições perfeitas. Por conveniência, a indústria divide o processo, tipicamente, em quatro

QUADRO 31

CUSTOS TÍPICOS DA PASTILHA NA FÁBRICA SEGUNDO O
TAMANHO E A TÉCNICA

	3"	4"	5"
1. Bipolar Linear (OP AMP)	\$60	\$75	-
2. Bipolar Digital (TTL)	\$50	\$65	-
3. PMOS (Metal)	\$45	\$60	-
4. CMOS Portão Metal	\$65	\$80	-
5. CMOS Portão Silício	\$75	\$90	-
6. NMOS	-	\$85	\$110
7. HMOS	-	\$105	\$130

Os preços de venda são tipicamente duas a três vezes os custos acima.

Fonte: Status 81.

QUADRO 32

CUSTOS TÍPICOS DE EMBALAGEM (*)

Condutores	TIPO DE EMBALAGEM (**)			
	Plástico	Cerdip	Cerâmica	Portador de 'chips'
16	0,14	0,20	1,50	0,60
22	0,20	0,25	1,75	0,65
40	0,25	-	2,10	1,00

* Trabalho, overhead e materiais somente - localização offshore. Não inclui o custo do chips. Nota: os valores acima são custos de fabricação para o produto. Os preços de montagem por contrato são de aproximadamente duas vezes os valores indicados acima.

** Os custos básicos estão relacionados antes dos fatores de escalamento do preço do ouro.

Fonte: Status 81.

fatores diferentes de rendimento, conforme ilustrado no Quadro 33. O rendimento total do processamento de pastilhas varia entre 75% e 95%, refletindo perdas de rendimento devido a pastilhas quebradas, erros de processamento e outros fatores de manipulação antes que a pastilha tenha sido processada completamente. Os procedimentos de manipulação automática podem aumentar esse rendimento de forma impressionante.

O rendimento do processamento das pastilhas (teste da pastilha) é o mais importante. Esse rendimento é principalmente uma função da área da pastilha, sendo também afetado pelo tipo de equipamento usado, conforme ilustrado no Quadro 34 e na Figura 4.

Uma aproximação razoável desse rendimento pode ser efetuada a partir das duas curvas da Figura 4. A curva superior é típica para dispositivos bipolares. Para uma dada área, os dispositivos bipolares terão um rendimento inferior, principalmente por causa dos defeitos associados com o crescimento epitaxial.

Depois que a pastilha foi fabricada e testada, ela deve ser montada em uma embalagem ou suporte. Verifica-se tipicamente um rendimento de 85% ou 95%, na dependência do número de pinos na embalagem e da complexidade do circuito. Esse fator de rendimento é principalmente um problema de manipulação mecânica.

O rendimento de teste final é uma medida do número de unidades acondicionadas, que atende à especificação elétrica durante o teste final. Esse rendimento depende principalmente da complexidade do circuito, do rigor das várias especificações elétricas e da per-

QUADRO 33

RENDIMENTO NAS ETAPAS DE FABRICAÇÃO DE CIs

1. PROCESSAMENTO DE PASTILHAS (Y_W)
75\$ até 95%
2. PROVA DE PASTILHA (Y_P)
5% (para P Complexa ou RAM)
até
90% (para lógica simples)
3. MONTAGEM (Y_A)
80% até 95%
4. TESTE FINAL (Y_T)
60% até 95%

$$\text{RENDIMENTO TOTAL} = (Y_W) (Y_P) (Y_A) (Y_T)$$

Fonte: Status 81.

QUADRO 34

TAXAS DE RENDIMENTO PARA PRODUTOS SC

NÚMERO DE BITS E SUPERFÍCIE DO CHIP	TÉCNICA DE PROCESSAMENTO E TAMANHO DA PASTILHA	CHIPS POR PASTILHA	RENDIMENTO ESTIMADO
2K IBM 17 sq. mils	Convencional (3")	415	75
	E-Beam (3")	252	30
4K 28 sq.mils	Convencional (3")	252	40
	Convencional (4")	448	35
	E-Beam (4")	448	45
	E-Beam (4")	448	45
16K 30 sq.mils	Convencional (3")	235	15
	E-Beam (3")	235	25
	Convencional (4")	418	20
	E-Beam (4")	418	30
64K 50 sq.mils	Convencional (3")	141	3
	E-Beam (3")	141	6
	Convencional (4")	251	3
	E-Beam (4")	251	6

Fonte: Status 81.

feição dos testes anteriores. A rejeição no teste final é a mais dispendiosa, uma vez que todos os custos, incluindo processamento, montagem e embalagem, já foram dispendidos. Deve ser observado que, em uns poucos casos, dispositivos inferiores que falharam no teste final podem ser revendidos sob um nível de especificação mais baixo.

O Quadro 35 ilustra o custo de dispositivos sofisticados. Nesse exemplo, os custos atuais da RAM 16K são contrastados com planejamentos para unidades 64K futuras. Os rendimentos indicados no quadro são representativos da experiência industrial recente e projetada.

Deve ficar entendido, entretanto, que a maturidade do produto afetará enormemente o rendimento da prova. Assim, o rendimento de dispositivos maduros são de cerca de 90%, caindo para 3% para as 64K RAMs (em 1980). No caso da RAM 16K, os rendimentos ficam um pouco acima da curva, na Figura 4, enquanto as RAM 64 K são projetadas de forma a terem rendimentos inferiores à curva, até 1983.

Além do rendimento há outro parâmetro vital para a produção econômica de SC: a qualidade dos SC. Se o rendimento é alto, mas não atinge os padrões de qualidade, as empresas não podem sobreviver; por outro lado, se a qualidade é alta e o rendimento é baixo ocorre a mesma situação. O papel atribuído à qualidade do produto na competição tem aumentado e deverá crescer, mudando e modificando todos os aspectos da produção, inclusive a embalagem e a montagem.

Essa tendência para a qualidade origina-se de duas causas principais. Primeira, o custo de reparo ou substituição eleva-se de

QUADRO 35

COMPARAÇÃO DE CUSTOS DA RAM

ITENS	UNIDADE	RAM 16K Embalagem de Plástico 1981	RAM 64K Embalagem de Cerâmica 1983	RAM 64K Embalagem de Plástico 1983
Tamanho do Chip	mils	160x205	106x240	160x240
Área do Chip	mils.Quad.	21.700	38.400	38.400
Número de Chip p/pastilha 4"	-	500	285	285
Rendimento de prova	%	45	20	20
Chips Perfeitos p/Pastilha	-	225	57	57
Custo de Teste p/Pastilha	US\$	15	20	20
Custo Total p/Pastilha				
Processo da	US\$	105	110	110
Custo p/Chip Satisfatório	US\$	0.53	2.28	2.28
Custo p/Embalagem de 16 Pinos	US\$	0.14	1.50	0.14
Rendimento de Montagem	%	93	93	93
Defeitos Satisfatórias	-	209	53	53
Custo p/Parte Embalada	US\$	0.72	4.06	2.60
Custo de Teste Final	US\$	0.25	0.50	0.50
Rendimento do Teste Final	%	75	65	65
Partes Satisfatórias por Pastilha	-	157	34	34
Custo Total de Fabricação	US\$	1.29	7.02	4.77
Preço Estimado de Compra	US\$	2.50	15.50	10.20

Fonte: Status 81. (II)

maneira impressionante, na medida em que o concorrente prossegue ao longo do ciclo de fabricação. A falta de confiabilidade obriga as empresas a manterem grandes departamentos de serviços e estoques de partes, cansativos processos de controle de qualidade, e por último, mas não menos importante, afeta sua imagem de mercado. A Hewlett Packard calculou que "25% de todo o seu espaço, um terço de sua força de trabalho, e metade de seu inventário foram necessários, por causa da má qualidade".

A segunda causa relaciona-se à política de 'marketing' da indústria. Os japoneses tomaram uma parcela considerável dos mercados norte-americanos e, principalmente, do mercado europeu, quando introduziram na comercialização dos seus produtos a questão da qualidade; p.ex., no caso da RAM 16K, conseguiram 40% do mercado dos EUA.

Há toda uma complexa série de razões, para as qualidades diferenciais entre a companhia média norte-americana, européia e japonesa; desde a estrutura da indústria até o estilo de administração das empresas. No caso japonês, entre outras causas, destaca-se a grande integração vertical das empresas, não apenas ao nível de produção, como de fixação de objetivos e entendimento interno quanto às características do produto a ser fabricado, aliadas ao nível de automação das plantas, que, por sua vez, parece ser influenciado pelo objetivo de privilegiar a qualidade dos produtos.

Cabe ainda notar que o fabricante de semicondutores de mercado não-cativo tem que ultrapassar os testes de qualificação do protótipo do circuito que pretenda lançar no mercado.

A título de exemplo, a Figura 5a mostra a mudança de custo por porta ('gate') para diferentes gerações de tecnologia de SC: os TTL de média integração, primeira geração de microprocessadores 4004, e a segunda e terceira geração de MPUs 8080 e A-80. Para as RAM, a Figura 5b mostra o custo por bit decrescente desde a introdução da primeira memória e semicondutor. A tendência de queda de custo é impressionante, mas deve-se notar que o decréscimo não é tão grande como nos microprocessadores.

As memórias RAM de 64K, em 1982, por exemplo, passaram por testes de qualificação de parte dos usuários, como fabricantes de computadores, empresas de telecomunicação, e de instrumentação, que adquirem 85% de todas as memórias a semicondutor. Estes testes rigorosos, que visam a estabelecer o desempenho das memórias nos sistemas dos eventuais usuários, são dispendiosos⁽¹⁾, e os usuários só se dispõem a realizá-los em memórias de poucos fornecedores. Eis porque os produtores de semicondutores se mostram tão ansiosos, freqüentemente, por colocar os seus 'chips' no mercado o quanto antes. Após qualificarem um 'chip', os usuários, freqüentemente, exigem que os fornecedores "congelem" seus projetos e mantenham os seus processos de fabricação, de forma a garantir as características do produto, o que faz com que os primeiros produtos a serem aceitos se tornem "padrão" para a indústria, conferindo vantagens de custo para os fabricantes originais e criando uma barreira à entrada de imitadores.

d) Custos - Economias de Escala Estáticas e Dinâmicas

Na indústria de semicondutores identificam-se três tipos de economias que podem ser obtidas dentro de uma empresa, dependendo de sua política técnico-administrativa, e que são: as economias de escopo ou horizontais de projeto, as economias estáticas de escala e as economias dinâmicas de escala.

As economias de escopo ou horizontais de projeto, que se

(1) As estimativas conservadoras colocam o preço médio, para a qualificação de um 'chip' de memória, para um usuário, entre US\$10.000 e US\$15.000 (em 1980).

obtêm no custo unitário do sistema final, são resultantes da integração do projeto ('design') do circuito com o projeto do sistema, e ocorrem em virtude da utilização da base de conhecimento dos fabricantes do sistema no projeto do CI.

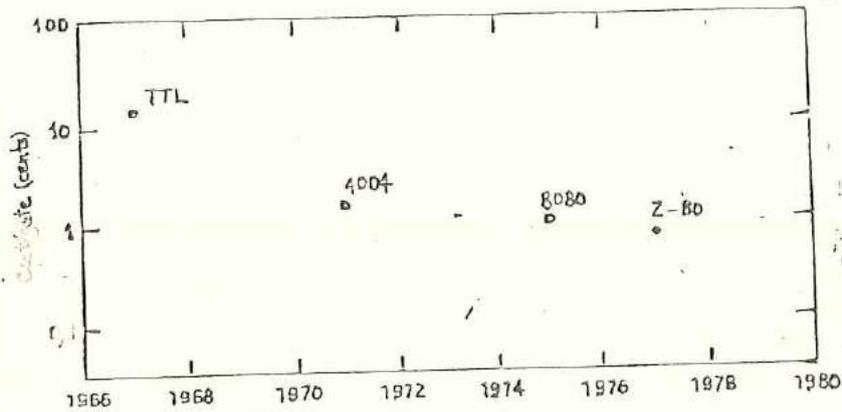
As economias estáticas de escala são obtidas no custo unitário do dispositivo semicondutor, em cada período de tempo, em empreendimentos cujo tamanho, em termos de capacidade instalada potencial do conjunto de equipamentos e instalações industriais, foi projetado para produzir altos volumes de produto (em relação àqueles projetados para produzir volumes mais baixos).

As economias dinâmicas de escala são obtidas no custo unitário do dispositivo semicondutor e resultam do processo de aprendizado (acumulação de experiência e especialização) de todo o pessoal envolvido na produção e na administração, à medida que aumenta o volume cumulativo do produto. Apesar de agora aparecerem com mais intensidade no caso das memórias RAM, essas economias ocorrem comumente, na indústria, já tendo sido estudadas, por exemplo, na produção de máquinas-ferramenta e na indústria aeronáutica.

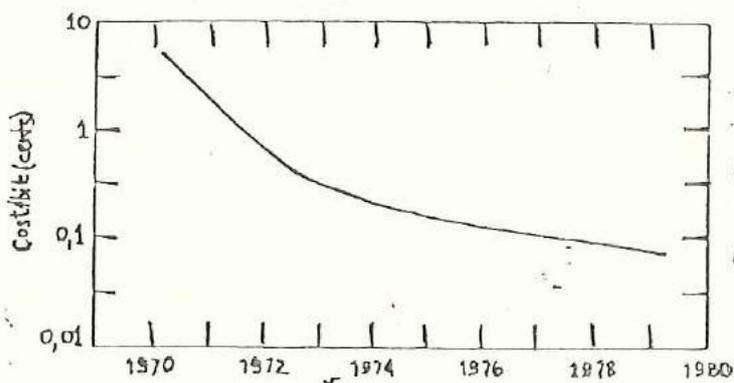
Além do 'efeito de aprendizado', até agora a explicação mais aceita para as quedas sucessivas de custo dos dispositivos a semicondutor, há muitas outras razões pelas quais o custo declina, como: o uso de 'wafers' maiores, o uso de processos mais intensivos em capital (ex. automatização) e, ainda, o processo tecnológico de integração em escala crescente, que reduz o custo por função, à medida que mais componentes são comprimidos num 'chip'.

FIGURA 5 - EVOLUÇÃO DOS CUSTOS EM SCs

a) Custo por Portão em diversas tecnologias



b) RAM - Custo por Bit



Fonte: MC Glynn (6).

PARTE II - PADRÃO DE COMPETIÇÃO

3) Preços

a) Preços, Curva de Aprendizado e Ciclo do Produto

A indústria de SC é caracterizada por intensa competição em preços, com todos os seus produtos apresentando grandes reduções ao longo de sua vida, especialmente acentuadas nos estágios iniciais do ciclo do produto.

O custo médio de um dado dispositivo pode ser projetado ao longo do tempo, de acordo com o volume previsto de produção. Considerando que na indústria os custos baixam na medida em que os volumes aumentam, as empresas elaboram diferentes curvas de aprendizado para cada tipo de componente, utilizadas para cotar antecipadamente o preço; também se utilizam das curvas de aprendizado para fazer uma estimativa dos possíveis custos dos componentes produzidos pelos competi

dores.

Essa projeção é essencial para garantir a parcela de mercado e, assim, o volume.

Um fabricante, ao introduzir um produto, precisa recuperar o quanto antes os custos de introdução e desenvolvimento.

Ao mesmo tempo, os preços precisam ser suficientemente baixos para estimular a demanda e garantir a produção. Freqüentemente, os preços de introdução de um componente são estabelecidos abaixo dos custos iniciais de fabricação, pois a perda será recuperada mais tarde pelo aumento do volume. Os custos de produção diminuem e criam-se mais fornecedores do produto - 'second-sourcing' (fonte alternativa de fornecimento) - o que, por sua vez, expande o mercado. A segunda

fonte fica sujeita às políticas de preço do líder, pois é ele quem po de baixar os preços, enquanto os outros ainda tentam recuperar os custos de desenvolvimento. Pela queda dos preços no estágio inicial, o líder do mercado pode manter a parcela de mercado e desencorajar a competição, pelo aumento do custo de entrada e do tempo de retorno do investimento.

Assim, examinando o preço no contexto do ciclo do produto SC verificamos que:

Na fase de introdução do produto, o componente é inicialmente produzido demandado em quantidades limitadas; as dificuldades relacionadas com o projeto do produto e com todas as etapas do processo de fabricação implicam 'yields' muito baixos, e o custo médio de produção, então, é alto. Nessa fase, mesmo fixando um preço de vendas bem acima do custo médio de produção, a empresa pode estar incorrendo em prejuízos naquela linha de produto, pelo fato de o custo fixo estar sendo diluído por uma pequena quantidade de produção aproveitável.

A atitude adotada pela empresa, assim, é expandir a produção, para que, através da acumulação da experiência e a especialização dos engenheiros e trabalhadores na produção, os 'yields' possam aumentar.

Na fase de crescimento do produto, então, os 'yields' aumentam e o custo médio de produção diminui. A empresa pode fixar preços de venda mais baixos, pois, agora, os componentes aproveitáveis da produção são em número suficiente para compensar os custos fixos.

Na fase de maturidade, o produto sofre a concorrência de outros, e a empresa utiliza-se da estratégia de baixar mais os preços, para manter-se na competição, e lança mão, assim, da tática de grandes volumes de produção e vendas, a fim de compensar o achatamento do lucro unitário.

Deduz-se do conceito da curva de aprendizado a necessidade permanente, em qualquer fase do ciclo de vida do produto, de trabalhar com grandes volumes.

Embora todas as empresas da indústria de semicondutores se utilizem até certo ponto da teoria da curva de aprendizado, para elaborar a fixação de preço e a estratégia de comercialização, essa teoria vai-se tornando menos passível de aplicação, na medida em que a tecnologia vai mudando, em que a indústria se torna mais intensiva em capital, e na medida em que aumenta o nível de integração e os componentes vão se transformando em sistemas (como, por exemplo, microprocessadores e microcomputadores); o preço passa a relacionar-se com um 'package' inteiro, incluindo 'chips' de apoio e memórias.

Essa venda de sistema, mais do que a venda de componente, é menos suscetível ao tipo de fixação competitiva de preço pela curva de aprendizado.

b) Evolução de Preços de Alguns Produtos - Considerações Adicionais

Conforme argumentamos, o preço inicial de um novo componente tecnologicamente avançado não reflete o preço médio de venda du

rante o período de maturidade e da produção máxima. O MPU 8080, produto maduro e disponível por um número muito grande de fabricantes e vendedores, é um bom exemplo para se examinar a mudança do preço unitário no tempo. A Figura 6a mostra os preços do 8080 desde sua introdução em 1974.

A tendência de preço do 8080 não é uma exceção. A Figura 6b mostra a tendência de preço do microprocessador (AMD) 2901 da 'Advanced Micro Devices'.

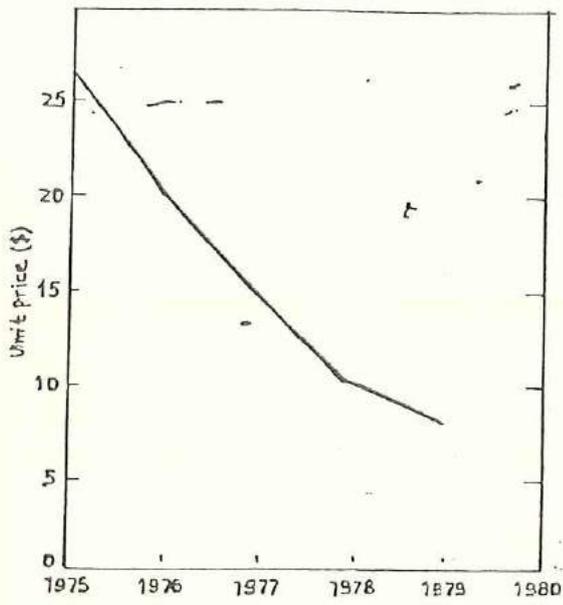
As reduções em preços de componentes têm sido acompanhadas por desempenhos crescentes, como pode ser visto na figura 6c, que relaciona o MPU 2901 e suas versões aperfeiçoadas 2901A e 2901B, com os seus respectivos preços.

Outro fator importante que deve ser considerado em tendências de preço é o tamanho da fração de pastilha de silício (die) do CI. Pelo fato de o tamanho da fração da pastilha estar fortemente relacionado com o custo de produção, a tendência de preço de um produto deve ser relacionada com a mudança do tamanho da fração da pastilha, à medida que a tecnologia do processo permite que o mesmo circuito seja implementado em frações cada vez menores. Por exemplo, em aproximadamente 3 anos, o tamanho da fração da pastilha do MPU 2901 diminuiu 50%. Assim, a tendência de preço mostrada nas Figuras 6a e 6b não reflete apenas o aumento da competição para MPUs maduros, mas, também, importantes reduções de custo de produção e aperfeiçoamentos da tecnologia.

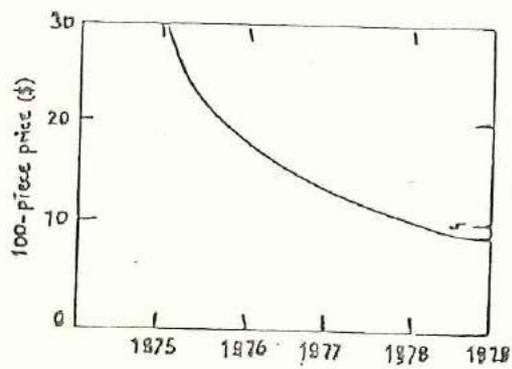
Para as memórias RAM de 4K, em um período de dois anos os

FIGURA 6 - MODIFICAÇÕES NOS PREÇOS DE MPUs

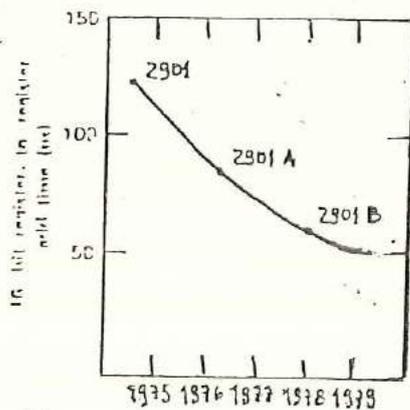
a) Intel 8080



b) AMD 2901



c) AMD 2901 2901A 2901B



preços caíram de \$4.28 dólares, em janeiro de 1977, para \$1.82, em dezembro de 1978.

Em 1980, a revista Business Week previa que em 1982 as memórias RAM de 16K estariam à venda por 2,75 dólares, e as de 64K por 17 dólares, mas já em 1981 as RAM de 16K podiam ser adquiridas por 90 centavos de dólar e as de 64K por 9 a 10 dólares.

Com essa diferença substancial de preço unitário, principalmente, os grandes construtores de sistemas preferiram as 64K RAM, pelas vantagens que um único 'chip' oferece, em termos de densidade, de consumo de energia e de confiabilidade - fatores que, juntos, reduzem o custo do sistema.

Em 1982, com a queda do preço 'spot' dos 64K para 6 dólares, a demanda, então, está eclodindo. "Os grandes usuários desse 'chip', como a IBM, a DEC e a Burroughs, que compravam aproximadamente 10.000 por mês, no ano passado, elevaram subitamente as compras para uma taxa mensal de 100.000 ou mais", diz Daniel L. Klesken, vice-presidente da Dataquest.

É importante notar, neste ponto, que os preços de microprocessadores para OEMs (Original Equipment Manufacturers), baseados em lotes de 100 unidades, são de 30 a 40 por cento inferiores aos das unidades isoladas. Por sua vez, para lotes de 1.000 unidades, o preço será de 60 a 70 por cento mais barato do que para unidades isoladas.

Diversas empresas norte-americanas, como a National Semi-

conductor Corporation, culpam a agressiva estratégia de preços e a comercialização dos japoneses pelos baixos preços registrados no mercado americano de memórias.

Mesmo assim, as grandes empresas, como a Motorola e a Texas, e até mesmo a National, deverão lutar para continuar no mercado de 64K RAM, de 256K RAM e seus sucessores. Por serem produzidas e vendidas em volumes enormes, como nenhum outro produto da indústria já o foi anteriormente, o volume de lucros de gerações anteriores contribue para o desenvolvimento de outros produtos e abre o caminho tecnológico para circuitos cada vez menores.

PARTE II - PADRÃO DE COMPETIÇÃO

4) Financiamento

A composição dos fundos (relação entre capital próprio e de terceiros) para investimento (em capital fixo e de giro), a disponibilidade desses fundos para investimento e o custo do capital de empréstimo relacionam-se diretamente com a estrutura da indústria (níveis de integração e especialização).

As empresas cativas têm uma sólida situação financeira e econômica. São as que mais investem, em termos absolutos, em P&D e em capital fixo. Em 1972, a AT&T dispendeu 15 milhões de dólares na linha de CIs e a IBM, 13 milhões, enquanto a Texas Instruments, o maior 'merchant producer', gastou 2 milhões de dólares.

As empresas que fazem parte de grupos (independente do tipo de especialização dos grupos), isto é, as cativas 'captive-merchant' e 'merchant', integradas verticalmente, têm maior disponibilidade interna de capital, pois podem transferir fundos de uma divisão para outra.

As empresas que fazem parte de grupos têm, ainda, melhores possibilidades de levantar empréstimos em instituições financeiras tanto públicas como privadas.

No caso dos fabricantes japoneses de SC ('captive-merchants'), a situação ainda é mais favorável do que para os fabricantes europeus ('captive-merchants') e do que para os fabricantes norte-americanos ('captive-merchants' e 'merchants' integrados verticalmente), pois os produtores do Japão fazem parte de grupos empresariais onde estão incluídas instituições financeiras que, inclusive, detêm importantes parcelas do capital.

Dessa forma, as empresas de SC do Japão desfrutam de uma grande vantagem no tocante a levantamento de capital: maior facilidade de acesso às fontes de empréstimos e menores necessidades de tratamento interno, isso sem considerarmos uma legislação fiscal, em relação ao investimento, bem mais liberal.

Como se pode constatar pelos quadros a seguir, a maior parcela acionária das empresas japonesas cabe a instituições financeiras, enquanto que os indivíduos detêm percentagens relativamente baixas, quando comparado com a propriedade de capital das empresas fabricantes norte-americanas de SC.

O resultado dessa estrutura é que as empresas japonesas de SC trabalham com níveis de endividamento significativamente mais elevados do que as empresas norte-americanas de semicondutores. Tipicamente, elas mantêm a dívida a níveis de capital de 60% a 70%, enquanto que para as empresas norte-americanas esse nível oscila entre 16 e 18%.

O custo do capital para as empresas japonesas de semicondutores também é significativamente mais baixo do que para as empresas dos EUA. O custo médio do capital de empréstimo (estimado) foi o seguinte, em junho de 1980:

Maiores Empresas dos EUA	17,5%
Outras Empresas dos EUA	15,2%
Empresas do Japão	9,3%

Sob essas condições, a taxa de retorno exigida sobre o investimento é inferior nas empresas japonesas, comparado com as norte-

QUADRO 36

DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES DAS PRINCIPAIS COMPANHIAS
ELETRÔNICAS NO JAPÃO EM 1980 - EM %

EMPRESAS	GOVERNO	INSTITUIÇÕES FINANCEIRAS	OUTRAS COMPANHIAS	COMPANHIAS ESTRANGEIRAS	INDIVÍDUOS
HITACHI	0	43.25	9.35	12.96	34.45
SONY	10	28.15	29.78	12.42	38.90
NEC	0	47.9	24.11	3.29	24.70
SHARP	0	60.62	9.48	3.03	26.87
OKI	0	49.84	17.2	1.78	31.18
FUJITSU	0	44.84	34.46	5.41	15.29
TOSHIBA	0	43.72	9.43	13.80	33.05
MIITSUBISHI	0	45.54	19.31	7.14	28.0

Fonte: Rada (7).

QUADRO 37

INDÚSTRIA ELÉTRICA DOS E.U.A. - DISTRIBUIÇÃO DO
TOTAL DE AÇÕES EM VALOR (US\$ BILHÕES) E PERCENTUAL (1976)

ACIONISTAS	VALOR	%
Pessoas Físicas	566.4	72
Fundos de Pensão (privados e estatais)	112.9	14
Seguros de Vida	34.3	4
Outros tipos de Seguros	17.1	2
Mutual Banks	4.4	1
Bancos Comerciais	9	1
Outros (principalmente estrangeiros)	46.8	5
TOTAL	782.8	99

Fonte: Rada (7).

americanas. Em resultado disso, as empresas japonesas podem aceitar margens de lucro inferiores no curto prazo, o que explica uma estratégia mais de longo prazo, e explica, também, em grande parte, a maior automatização e o desempenho de qualidade dos produtos eletrônicos japoneses. A pesquisa com recursos próprios do grupo empresarial é uma das condições tecnológicas das empresas japonesas, e é provavelmente esse sistema institucional e organizacional que permite aos japoneses serem inovativos a um custo absoluto mais baixo.

O resultado das diferentes estratégias empresariais e de política governamental são diferentes potencialidades competitivas das indústrias dos dois países.

As empresas japonesas não só gastaram mais em P&D e capital fixo, segundo se constata pelos diferentes níveis de automatização como, ainda, detêm maior capacidade financeira, enquanto que os fabricantes norte-americanos vivem um problema sério de capital de longo-prazo, como demonstrou a venda da propriedade do capital de muitas empresas norte-americanas para estrangeiros e a constituição da Cooperativa de Pesquisa de Semicondutores ('pool' de recursos), primordialmente, para o financiamento da pesquisa básica - fato, esse, absolutamente novo no cenário norte-americano da indústria de SC e que pode ser o prenúncio de uma intensificação da competição internacional alinhada segundo blocos de empresas nacionais, apoiadas pelos seus respectivos Estados, ponto tratado a seguir.

PARTE II - PADRÃO DE COMPETIÇÃO

5) Apoio governamental

A indústria de semicondutores, tanto nos EUA como no Japão ou na Europa Ocidental, tem sempre contado com apoio governamental direto (excluído o capital de empréstimo via instituições financeiras públicas).

O apoio governamental à indústria parece ser um elemento estratégico a definir os níveis de capacidade competitiva.

Pode-se distinguir entre estratégias industriais nacionais e o direcionamento para defesa, como duas abordagens diferentes que caracterizam as políticas atuais dos governos locais. A política que prevalece nos EUA é fortemente vinculada a programas de defesa e se dá sob a forma de contratos governamentais para P&D e para equipamento com as empresas fabricantes. Em contraste, os mais importantes competidores dos EUA, a Europa Ocidental e o Japão (este com maior eficâcia do que aquela), têm uma política industrial global, focalizando atividades em tecnologias específicas e entrelaçando diferentes políticas, desde P&D até as aplicações.

Cabe, porém, notar que no início da indústria de SC e computadores o apoio governamental dos EUA foi fundamental em termos de mercado, adquirindo quase toda a produção desses setores, o que permitiu a essas empresas reduzir seus custos ao longo da curva de aprendizado e apresentar preços ao nível das aplicações industriais. Ao nível do progresso técnico, as aplicações militares representaram no início da indústria o "estado-da-arte", aplicado mais tarde a produto industriais, e o Estado americano implementou uma intensiva política de difusão de resultados de P&D, através de seminários entre empresas e pela aplicação das leis anti-truste, que obrigaram à difu

são das patentes básicas da indústria, além do apoio financeiro aos programas de P&D. Esse apoio financeiro estendeu-se à montagem das linhas de produção. Finalmente, o Governo americano patrocinou a entrada de diversas novas firmas no setor, em parte visando diversificar seus fornecedores. Em síntese, pode-se dizer que a ação do Estado americano foi um fator decisivo na constituição da indústria de SC nos EUA.

Os dados mais sistematizados quanto ao apoio governamental dizem respeito ao financiamento de P&D. O Quadro 35 mostra a estrutura de fontes para os principais países, cabendo lembrar que o financiamento governamental, aqui, representa a ponta do 'iceberg' proverbial.

Embora não estejam disponíveis informações ao nível de empresas individuais, estima-se que a Texas, um dos grandes contratados governamentais, cobre cerca de 50% dos seus gastos em P&D com fundos governamentais. A National, por exemplo, em 1981, ofertou 16 tipos de dispositivos de memória para uso militar, e a Intel foi a primeira empresa a receber aprovação militar para o microprocessador 8085.

A atual geração de armas caracteriza-se pelo uso intensivo de dispositivos eletrônicos. Estes, atualmente, representam cerca de um terço do preço de um avião de combate e dois terços de um míssil ar-para-ar. Uma percentagem crescente do orçamento de pesquisa do Departamento de Defesa dos EUA irá para o setor eletrônico, e o orçamento desse departamento é o maior do governo federal.

QUADRO 38

ORIGEM DOS FUNDOS PARA P&D DOS GRUPOS ELÉTRICOS
(Incluindo computadores) (1975)

PAÍSES	PRIVADA	GOVERNAMENTAL	EXTERIOR	TOTAL
Japão	98	2	-	100%
Alemanha	84	14	2	100%
E.U.A.	62	38	-	100%
França	58	44	12	100%
Reino Unido	47	44	9	100%

Fonte: OECD, "Trends in Industrial R&D in Selected OECD Member Countries, 1967-1975"; OECD, Paris, 1979, p.33. in Rada (7)

As compras do mercado Defesa/Governo dos EUA para os próximos anos (1980-1985), deverão equivaler anualmente a um quarto do mercado mundial de eletrônicos. A maior percentagem de P&D será destinada à força aérea (44 a 42%), em virtude das características dessa atividade e das armas modernas.

Um dos programas importantes do Departamento de Defesa dos EUA é o (VHSIC) 'Very High Speed Integrated Circuit', no qual fabricantes e Universidades são agrupados de acordo com problemas específicos a serem pesquisados. Esse programa de seis anos começou em 1978, envolve nove grupos de fabricantes de SC e tem um custo estimado em \$210 - 300 milhões de dólares, valor esse que deverá ser ampliado.

Para empresas envolvidas, o programa VHSIC representa uma oportunidade para alcançarem o objetivo comum de ter acesso à tecnologia através de um 'pool' de recursos onde os custos para uma empresa isolada seriam proibitivos. Algumas empresas como a RCA não se interessaram pelo programa, por ser direcionado para aplicações militares e vir, portanto, a representar um desvio de suas mais necessárias aplicações comerciais.

Contrastando com a despesa maciça do sistema de defesa e especial norte-americano, o investimento direto governamental japonês nessas áreas é relativamente pequeno.

O programa japonês mais importante desde 1975 foi o VHSIC 'Very Large Scale Integrated Circuit', financiado conjuntamente pelo MITI e pela 'Nippon Telephone and Telegraph' (NTT) com um orçamento

para quatro anos de cerca de \$240 milhões de dólares.

Em 1979 um programa semelhante foi desenvolvido para a área de 'software', o ECSTRA 'Electronic Computer Basic Software Technology Research Association', com todos os fabricantes de computadores envolvidos, assim como dois laboratórios para aplicações orientadas para o programa VLSI. Adicionalmente, o governo japonês mantém sua política de financiar tecnologias-chave como delineado na emenda à lei de eletrônicos de 1978 (esta lei permanecerá em vigor até 1985).

As empresas estatais japonesas, como a NTT, mantêm ainda uma política de compras direcionada quase que exclusivamente para os produtores locais.

No caso da Europa, o orçamento conjunto da Alemanha Ocidental, França e Inglaterra é cerca da metade daquele dos EUA, e assim a despesa com a pesquisa eletrônica é correspondentemente menor. Alguns fabricantes europeus de SC foram mais bem sucedidos no mercado militar do que no mercado comercial, o que se deve principalmente à especialização e ao preço mais alto dos dispositivos. Este é o caso da MATRA, Thomson-CSF, Ferranti, Plessey e muitos outros fabricantes menores.

Na Europa não existem informações publicadas acerca do financiamento governamental direto para P&D. No caso da República Federal Alemã existe um programa específico de VLSI iniciado em 1980 e que deverá durar dois anos, com um fundo total, incluindo a parte das empresas, de cerca de \$300 milhões de dólares. A maior parte de-

verá ir para a Siemens, AEG-Telefunken e Valvo (subsidiária alemã da Phillips).

As políticas governamentais dos países da Europa Ocidental têm sido freqüentemente criticadas por terem sido implementadas de forma limitada e tardiamente, tendo em vista o relativo atraso tecnológico das empresas da região, o tamanho dos mercados nacionais e a presença dominante de filiais de empresas americanas (e, agora, japonesas também), excluídas do mercado japonês. O aparente insucesso do Plano Francês de semicondutores e as dificuldades da recente experiência inglesa (INMOS) sugerem que a constituição de uma indústria completa de SC, capaz de competir a nível internacional com a indústria americana e japonesa em condições de mercado aberto, é extremamente difícil; o que não exclui um outro tipo de política, mais seletiva e baseada no mercado nacional, que vise construir uma base técnica e industrial a nível local em segmentos específicos da indústria de SC, desde que as empresas locais contem com o fomento de seus Estados nacionais e a proteção contra a concorrência estrangeira, a exemplo do que ocorreu nos países que lograram com sucesso implantar essa indústria.

BIBLIOGRAFIA

Artigos e Livros

- 1 - BENNFCEUR, S., GÉZE, F.; New Forms of Technological Dependence in Developing Countries Inherent in the Worldwide Organization of the Electronic Sector; in Ernst, D. (ed); The New International Division of Labour, Technology and Underdevelopment; Campus Verlag, Frankfurt; 1981.
- 2 - BESSANT, J.R.; Microelectronics: The Impact on the First World (draft); U. of Birmingham, Engl ; 1981.
- 3 - BESSANT, J.R., BOWEN, J.A.E., DICKSON, K.E., MARSH, J.; The Impact of Microelectronics - A Review of the Literature; Frances Pinter Publishers Ltd., Londres; 1981.
- 4 - DOSI, G.; The Semiconductor Industry (draft); SPRU, Un.Sussex, Ing. ; 1979.
- 5 - MACKNIGHT, G. ; A Indústria de Semicondutores Eletrônicos do Brasil; tese de M.Sc.-COPPE/UFRJ, Rio; 1982.
- 6 - MCGLYNN, D.R.; Modern Microprocessador System Design; Sixteen-Bit and Bit-Slice Architecture; John Wiley & Sons Inc, N.Y.; 1980.
- 7 - RADA, J.; Semiconductor Industry Study (draft); Genebra, Suíça; 1982.
- 8 - SCIBERRAS, E.; The UK Semiconductor Industry; SPRU, Un.Sussex, Engl ; 1979.
- 9 - SCHERER, F.M.; Industrial Market Structure and Economic Performance; Rand & McNally Co., Chicago, EUA; 1980.
- 10 - FREEMAN, C.; The Economics of Industrial Innovation; Penguin, EUA; 1974.

- 11 - CHANG, Y.S. ; Economics of Off-Shore Assembly - The Case of Semiconductor Industry; UNITAR, N.York, EUA; 1971.
- 12 - WEISSKOFF, R.; Vinte Cinco Anos de Substituição de Importações no Brasil; in Pesquisa e Planejamento Econômico, vol. 8; IPEA, Rio, Br ; 1978.
- 13 - JACK, M.A.; Semi-Custom Design; Un.Edinburgh, R.U.; in Anais da Quarta Oficina Brasileira de Microeletrônica; ed. Mamma na, A.P.; Campinas, SP, Br ; 1983.
- 14 - KAPLINSKY, R.; Microelectronic Related Innovations and Trade in Manufactures Between DC's and LDC's: Two Sectoral Studies; Un. Sussex, Ingl ; 1979.
- 15 - HOFFMAN, K., RUSH, H.; Microelectronics and the Third World: The Emerging Issues; SPRU, Un.Sussex, Ingl; 1980.

Relatórios

- I - Electronics 82
- II - Status 81
- III - Mackintosh Consultants

Periódicos

- a. JB 07/03/82
- b. JB 28/03/82
- c. BW 06/10/80
- d. BW 15/03/82
- e. BW 19/03/79
- f. BW 21/03/83
- g. Electronics 10/02/83.