

BİLGİSAYARLAR VE YARI İLETKEN TEKNOLOJİSİNDE GELİŞMELER

Dr. Volkan H. ÖZGÜZ (•)

1. Giriş:

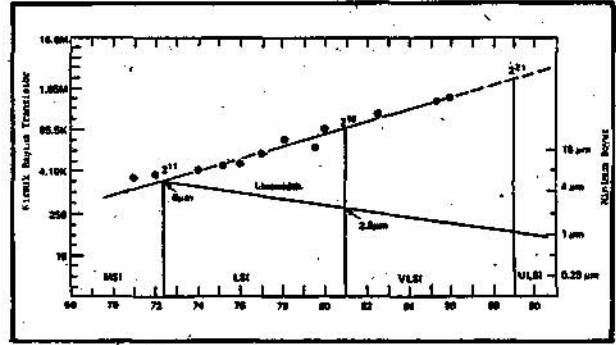
Bir bilgisayarın performansı, bilgi işleme hızı, bellek kapasitesi ve tükettiği güç ile ölçülür. Bilgisayar sistemlerinde gelişme, kullanılan devre elemanlarının tipi ve yapım teknolojileri, devre yapısı, bilgisayar mimarisi, kırımlık içi ve kırımlıklar arası gecikmeler, kılıflama sırasında oluşan parazitik etkiler gibi çeşitli etkenlerin karmaşık mühendislik kavramlarına dayanarak uygun seçilmesine bağlıdır.

Yarıiletken teknolojilerindeki gelişmelerle güvenilirlikte ve fiyatlarda olumsuz bir değişiklik olmadan devre elemanları mikron altı boyutlarda ($1 \mu\text{m} = 0.001 \text{ mm}$) gerçekleştirilmekte, sonuçta ara bağlantılar ve kılıflama parazitik etkilerin gecikmeleri devre elemanı iç gecikmesinden çok fazla olabilmektedir.

Teknolojideki başdöndürücü gelişmeyi daha iyi algılayabilmek için geçmişe kısaca bakmakta fayda vardır.

İlk elektronik bilgisayar 1946 yılında Illinois Üniversitesi'nde geliştirilen Eniac'tır. Eniac 18850 tüp'ten oluşmuştu. 150 m²'lik bir alanı kaplıyor ve yaklaşık 150 KW güç harcıyordu.

1947-48'de Bell Laboratuvarlarında Schokley, Bardeen ve Brattain'in geliştirdikleri ilk bipolar jonksiyonlu tranzistorla, yarıiletken çağı başlamış oldu. 1958'de Texas Instruments'te Kilby ilk tümleşik devre örneğini gerçekleştirdi. İlk tümleşik devrenin sadece beş elemanı vardı; bir tranzistör, bir kondansatör ve üç direnç, 1959'da Bell laboratuvarlarında, Kahng ve Atalla ilk alan etkili tranzistörü çalıştırdılar. Bu tranzistör günümüz teknolojisinin temel taşlarından MÖS (Metal-Oxide-Semiconductor, Metal-Oksit-Yarıiletken) tranzistörünün ilk örneği idi. 1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen, yaklaşık otuz yılda tek tranzistörden aynı kırımlık üstünde yüz milyon mertebesinde tranzistöre gelindi. Bugün çoğumuzun kullandığı kişisel bilgisayarların, Eniac'tan kat kat güçlü olduğu da göz önüne alınırsa gelişmenin



Şekil- 1. Mos~ Teknolojisinde boyut ve yoğunluk değişim

boyutları daha iyi anlaşılabilir. Günümüzde 16 Mb'lık bellekler tek bir yarıiletken kırımlığı üzerinde gerçekleştirilmekte, tüm gerekli işlevleri içeren "Sistemlerin tek bir kırımlık üzerinde üretilmesinden söz edilmektedir. Gelişimin sayısal bir ölçüsünü, kullanılan terimlerde de görmek mümkündür. 1970'li yılların SSI (Small Scale Integration-Küçük Düzeyde Tümleştirme) tekniği ile, aynı kırımlık üzerinde 2-64 devre elemanı sağlanırken, günümüzde VLSI (Very Large Scale Integration-Çok Yüksek Düzeyde Tümleştirme) ile 64000-2000 000 devre elemanı aynı kırımlık üzerinde gerçekleştirilmektedir. Günümüzden başlayarak geleceğe doğru ULSI (Ultra Large Scale Integration-Ultra Yüksek Düzeyde Tümleştirme) ile 2 000 000 - 64 000 000 devre elemanı ile GSI (Giga Scale Integration-Giga Düzeyde Tümleştirme) ile 64 000 000 - 2'000 000 000 devre elemanına doğru yaklaşılmaktadır. Devre elemanı boyutlarında azalma ve yoğunlukta artma MOS devre elemanları için Şekil-1'de gösterilmektedir.

2. Teknolojide Gelişmeler:

Dünya üzererinde yarıiletken devre elemanı piyasasının ekonomik hacminin 1988 yılında 54 Milyar Dolar olarak

gerçekleşmesi beklenmektedir. Aynı değer, on yıl önce 10 Milyar Dolar olduğu gözönüne alınırsa (Tablo-1) teknolojik gelişmenin yanı sıra, ekonomik gelişmenin de olağan üstü hızı daha iyi algılanabilir. Pazar yaklaşık 5 kat büyürken Japonya ve diğer ülkelerin payı 15 kat artmaktadır. Dikkati çeken bir diğer nokta ise üretimin büyük bir bölümünün tümleşik devrelere doğru kaymasıdır. 10 yıl önce tümleşik devrelerin toplamda payı % 64 iken, 1988'e bu oran % 81'e yükselmiştir.

DÜNYA YARIİLETKEN ÜRETİMİ		
TÜMLEŞİK DEVRELER	1978 (Milyon \$)	1988 (Milyon \$)
A.B.D.	4.720	20.825
Avrupa	455	3.135
Japonya	1.220	18.500
Diğer Ülkeler	65	1.415
Toplam Tümleşik devre	6.460	43.875
Toplam Ayrık Devre Elemanları	3.700	10.170
TOPLAM ÜRETİM	10.160	54.045

KAYNAK SI-IGE

TABLO-1

Bu gelişme içinde başı çeken devre elemanı teknolojisi ise MOS teknolojileri olmuştur. Günümüzde tümleşik devre üretiminin yaklaşık % 60'ı MOS teknolojilerinde, % 30'u bipolar teknolojisinde, geri kalan %10 ise karma yarıiletken (GaAs, InP, vb) ve diğer yarıiletken teknolojilerinde olmaktadır.

Şekil-1'de MOS teknolojilerindeki hızlı gelişim gösterilmiştir. Vurgulanması gereken bir nokta bu şekil üzerindeki değerlerin ticari olarak üretilen tümleşik devrelerden toplanmış olduğudur. Geliştirilen ve laboratuvarlarda araştırma aşamasında olan veya VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit-Çok Yüksek Hızlı Tümleşik Devre) gibi özel programlarda yer alan devre elemanları çok daha yoğun, hızlı ve çok daha küçük olabilmektedir.

Günümüzde deneysel devrelerde 0.1 mikron boyutlarına inilmektedir.

MOS teknolojileri ile üretilen tümleşik devrelerin genellikle sayısal uygulamalarda, bipolar teknolojisi ile üretilen tümleşik devrelerin ise genelde analog uygulamalarda kullanılması da günümüzde gözlenen bir eğilimdir. Karşılaştırmalar genellikle bellek kırımları ve kapı dizilerinde yapılır. Çünkü bu iki özel tümleşik devre teknolojisinin lokomotifleri olmuştur ve gelişmelerin tüm izlerini taşıyor. Tablo-2'de CMOS kapı dizilerinin son durumunu gösteren örnekler verilmektedir. Dikkati çeken noktalar mikron civarında boyutlar ve 0.6 ile 2 ns arasında kapı gecikmeleridir.

CMOS KAPI DİZİLERİ				
YAPIMCI	KAPI SAYISI	GEÇİKME (ns)	KIRMIK ALANI (rm ²)	MİNİMUM BOYUT (um)
Fujitsu	20	1	154	1.5*
	29.2	1.5	169	1.8*
Mitsubishi	10.7	1.5	81.6	2
NEG	11.2	2		2
Toshiba	10	1.5		2
	20-24		100-165	2
	129	0.7	223.5	1.5
Hitachi	12	1.5	100	1.5
	18	0.9	131	1.3
IBM	* 7.5	1.5	49	1.5
TRWATT	27		81.2	2.5
LSI Logic	21.5		98.2	2
GE	13.5			2
Sperry	10.5		59.4	1.2
Honeywell	20	0.6	100	1.2
HP	10		100	1.5

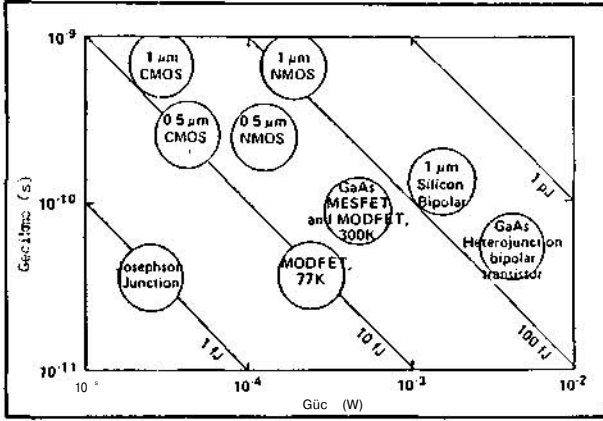
TABLO-2

Kapı gecikmeleri yorumlanırken, gerçek devre üzerinde kapı gecikmesinin yanısıra giriş ve çıkış yelpazelerinin, kullanılan yükün, ara bağlantıların, sıcaklığın, güç kaynağı gerilimindeki oynamaların toplam gecikmeyi etkilediği dikkate alınmalıdır. Sözgelimi deneysel koşullarda ölçülen bir ring osilatörü gecikmesi ile asgari çalışma koşulları altında garanti edilebilecek gecikme arasındaki fark 5 misline kadar yükselebilir. Tablo-2'de verilen gecikmeler az yönlü ticari amaçlı devreler içindir. Az yüklü devrelerde tipik olarak 1 mikron kanal uzunluğu başına 1 ns gecikme izlenirken, çok yüklü devrelerde gecikme 2 ns/(im civarında) yükselir. Bipolar tranzistörlü kapı dizilerinin ise en küçük boyutları yine 1 (im civarında) olmakla beraber çıplak kapı gecikmeleri (0,1-0,5 ns) CMOS kırımları yaklaşık beşte biridir (Tablo-3). Ama bir gelişmiş CMOS kapı dizisi 500 000 tranzistör içerirken, bipolar kapı dizilerinde tümleştirme yaklaşık on kez daha az yoğunur. Yoğunluğun düşük olmasının iki temel nedeni vardır: kullanılan temel hücrenin bipolar teknolojiye daha fazla yer tutması ve bipolar devrelerinin daha fazla güç harcaması.

Bipolar, MOS ve yeni gelişen GaAs (Gallium Arsenide) teknolojilerinin temel güç-gecikme çarpımları Şekil-2'de gösterilmiştir. Karşılaştırmadan da görüleceği gibi 1 um boyutta bipolar teknolojisi ile gerçekleşen devreler, CMOS devrelere göre daha fazla güç harcarlar. Dolayısıyla bir kırımlık üzerine daha az sayıda bipolar devre yerleştirilebilir.

Unutulmaması gereken bir diğer nokta da 1 mikron teknolojisinde bir MOS tranzistörün kanalı 1 mikron genişliğinde iken, kanalın bipolar teknolojisinde karşılığı olan baz genişliği difüzyonla belirlendiğinden sadece 0.2 mik-

rondur. Daha kısa geçiş bölgesi ise doğal olarak daha yüksek hızlarda çalışmaya olanak sağlar. Sığ difüzyon teknolojileri geliştikçe bipolar tranzistörlerin hız üstünlüğü de artacaktır. Ancak fotoişlemlerde gelişmeler MOS tranzistörlerin kanal boylarının kısalmasını sağla-yacağından, MOS teknolojilerinin hızı da, bipolara yak-laşacaktır.



Şekil-2. Mos ve Ga As teknolojilerinin temel güç gecikme çarpımları

BİPOLAR KAPI DİZİLERİ			
YAPIMCI	KAPI SAYISI	GECİKME (ns)	KIRMIK ALANI (µm ²)
Hitachi	5k	0.5	
Siemens	5K	0.2-0.4	
	9K	0.15	128
NTT	2.5K	0.08	25
	7	0.155	64
Noneywell	15-20K	0.5	
	40-80K	0.5	
Mitsubishi	18K	0.15"	142
	10K		
AMD	5K	0.65	

TABLO-3

MOS teknolojilerinde NMOS (n-kanallı MOS) ve CMOS (Complementary-Eşlenik MOS) teknolojileri arasında da performans açısından temel farklar vardır. CMOS devre-lerin güç tüketimi NMOS devrelere göre daha azdır. NMOS'ta fakirleşme durumunda çalışan bir tranzistörde sükunette açığa çıkan güç 0,1-0,2 mW kadardır. Kırmık-larda doğal olarak soğutulabilecek güç sınırının 2W ci-varında olmasından tipik bir NMOS kırmığının üzerine toplanacak tranzistör sayısının 20 000'ini aşması ol-dukça zordur. Diğer taraftan CMOS devoierde sükunette güç tüketimi yoktur. CMOSla harcanan güç CV f bağlantısı ile belirlenir. (C: yük kapasitesi V gerilim de-ğişim, f de-ğişim frekansı). CMOSla da özellikle hız arttıkça güç tüketimi sorun olmaya başlar. Bu nedenle, 1 (im CMOS teknolojisinde 0.4 pf kapasitif yükü, 2V gerilim

değişimi olan CMOS devreler 100 MHz de çalışmaya başlayınca güç, NMOS seviyesine çıkar. Halbuki aynı koşullar altında CMOS devrenin kapı gecikmesi 2ns ci-varındadır ve devre güç sınırlaması olmasa, 250 MHz'de çalışabilecek yetenektedir.

Bipolar ve MOS teknolojilerini, karşılaştırırken göz önüne alınması gereken bir diğer etken, çalışma sıcaklığıdır. Söz gelimi, günümüzde özellikle süper iletkenlikle gündeme gelen sıvı azot sıcaklığında (77 K-196 C) MOS tranzistörler oda sıcaklığındaki hızlarının 2.5 katı hızda çalışırlar. Buna karşılık bipolar devrelerin performansları oda sıcaklığının altında bozulma eğilimindedir.

Son yıllarda gelişen yeni bir teknoloji GaAs yarıiletken malzeme üzerinde oluşturulmuş, devre elemanı ve tüm-leşik devrelerdir. Malzeme özelliklerinden ötürü GaAs kapı dizileri, MOS veya bipolar kapı dizilerinin yaklaşık iki katı daha yüksek hızlarda çalışabilirler (Tablo-4).

GaAS KAPI DİZİLERİ			
YAPIMCI	KAPI SAYISI	GECİKME (ns)	GÜÇ (mW/KAPI)
NEC	3K	0.19	4.6
		0.15	2.3
TI	4K	1.35	0.2
		0.4	1
Fujitsu	1.5K	0.37	-5
Honeywell	2K	0.2-0.3	
Toshiba	2K	0.22	0.5

TABLO-4

Ancak, teknolojinin yeni olması, çözülmemiş sorunların olması malzemenin kendine özgü yapısından ötürü tümleştirme yoğunluğu henüz silisyum düzeyine erişmemiştir. Örneğin kapı dizilerinde yoğunluk silisyum kapı dizilerinin yaklaşık yarısı kadardır. Ancak devre ele-manı yapılarındaki değişikliklerde doğrudan bir karşılaştırmayı olanaksız kılar. Ayrıca öngörülen ve gerçekleşen de-ğerler arasında, arabağlantılar, ölçme koşulları vb. gibi nedenlerle oldukça büyük sapmalar görülebilir.

Çeşitli teknolojileri karşılaştırırken en çok kullanılan bir diğer devre türü belleklerdir. Tablo-5'de çeşitli bipolar ve CMOS belleklerin özellikleri verilmiştir. İlk dikkati çeken eğilim bipolar teknolojinin daha fazla hız gerekti-ren küçük kırmık uygulamalarında kullanıldığı, buna karşılık MOS teknolojisinin daha yoğun bilgi saklaması durumunda tercih edildiğidir.

64 k seviyesinde bipolar ve MOS bellek devrelerinin erişim hızları aynı düzeye gelmektedir. Ayrıca düşük yoğunluklu belleklerde genellikle statik RAM (SRAM) tek-niği kullanılmasına karşın daha yüksek yoğunluklarda dinamik RAM (DRAM) kullanılmaktadır.

YÜKSEK HIZLI BELLEKLER BİPOLAR

YAPIMCI	BELLEK HACMİ	ERİŞİM HIZI (ns)	KIRMIK ALANI (Irrnf)	GÜÇ (w)	MINİMUM BOYUT (µm)
Hitachi	4K	2.5	12.7	1	1.5
	16K	3.5	20.1	2	1.0
	64K	13	29.9	0.5	2 (BICMOS)
NTT Fusitsu	4K	1.1	25	3.9	1
	16K	2.8	89.3	4.4	1.0
NEC	64K	10	55.4	1.3	1.3
	16K	4	27	1.6	1.25
IBM	32K	3	43.6		1.5
Fairchild	64K	15	24.9	0.9	2

MOS

YAPIMCI	BELLEK HACMİ	ERİŞİM HIZI (ns)	KIRMIK ALANI (MM ²)	GÜÇ (w)	TİP	MINİMUM BOYUT (µm)
Hitachi	64K	20	19	0.1	CMOS	1.3
	256K	45	45.6	0.2	CMOS	1.3
Fairchild	64K	45	28.9	0.29		
NEC	64K	25	30.9	0.35		
	256K	25	62.8	0.35	CMOS	1.3
Mitsubishi	256K	25	47.4		CMOS	1.0
Toshiba	64	17	27.0	0.3	CMOS	1.5
	72K	18	29.6	0.5	NMOS	1.5
	256K	46	59.2	0.1	CMOS	1.2
Sony	256K	30	53.3		CMOS	1.0
IBM	64K	15			CMOS	1.35
Motorola	64K	13	30.1		CMOS	1.5

TABLO-5

Tekniklerdeki değişmelere karşın performans-büyüklik ilişkisinin etkilenmediği ilginçtir. Bipolar veya MOS teknolojisinde bellek kapasitesinin 10 kez artmasına karşın erişim hızı yaklaşık 6 kez kötüleşir. Sonuçta kapasite-erişim hızı eğrisi teknolojik gelişmelerle yüksek hızlara kaymakta ve yüksek kapasiteli bir ORAM bellek piyasaya ilk defa çıkarken genellikle 100 ns cinsinden erişim hızına sahip olmaktadır. Günümüzde en gelişmiş bellek örneklerinin elektriksel değerleri Tablo-6'da verilmiştir. Piyasada 1 Mb DRAM yaygın olarak satılmakta, 4 Mb DRAM piyasaya yeni girmekte, 16 Mb DRAM ise prototip aşamasındadır. 16 Mb DRAM seviyesinde karmaşık mikron altı aşamasındadır. 16 Mb DRAM seviyesinde karmaşık mikron altı geometriler ve 3.3 V gerilim kaynağı gelişen teknolojinin getirdiği en büyük yeniliklerdir. 16 Mb DRAM, kişisel bilgisayarların 20 Mb civarındaki disk kapasitesi ile karşılaştırılınca tek bir kırmıkta depolanan bilginin büyüklüğü daha kolay anlaşılabilir. Ama bir yandan da disk performanslarının arttığı ve günümüzde 3 1/2" bir diskin 300 MB'e kadar bellek kapasitesi olduğu da göz ardı edilmemelidir.

	YAPIMCI	ERİŞİM HIZI	KIRMIK ALANI	HÜCRE ALAM	TEKNO LOJİ	MINİMUM BOYUT
		(ns)	(MM ²)	(µm ²)		(µm)
1 M DRAM	Rjutsu	90	54.7	26.5	NMOS	1.4
	Hitashi	74	47.3	24.1	CMOS	1.3
		90	<	21.0	NMOS	1.3
	Mteubishl	90	66	36	NMOS	1.2
		NEC	85	43	20.4	NMOS
	Toshiba	56	54.2	29.2	CMOS	1.2
		70	63.2	32	NMOS	1.2
	IBM	80	57.8	36.1	NMOS	1
	ATTBelHabs	70	50.3	21.3	CMOS	1.0
	(Intel)	65	50.8	28.5	CMOS	1
4 M DRAM	TI	170	100	8.9	CMOS	1
	NEC	95	99.2	10.6	NMOS	0.8
	Toshiba	80	137	17.4	CMOS	1.0
16 M DRAM	YAPIMCI	ERİŞİM HIZI	GÜÇ KAYNAĞI	TEKNO- LOJİ	MINİMUM BOYUT	
		(ns)	(V)		(µm)	
	Hitachi	60	3.3	CMOS	0.6	
	Matsushita	60	3.3	CMOS	0.5	
	Toshiba	70	3.3	CMOS	0.7	
NTT	80	3.3	CMOS	0.7		

TABLO-6 YÜKSEK KAPASİTELİ DRAM BELLEKLER

3. Bilgisayarlar:

Tablo-7'den de görüldüğü gibi günümüzün hızlı, yüksek performanslı süper bilgisayarları, daha önce açıklanan bipolar, CMOS ve GaAs teknolojilerinin birini veya birkaçını kullanmaktadırlar.

YÜKSEK PERFORMANSLI BİLGİSAYARLARIN TEKNOLOJİLERİ			
BİLGİSAYAR	HIZ	ÇEVİRİM ZAMANI	TEKNOLOJİ
HitashiS-810(20)	630 MF	14 ns	ECL
NECSX-2	1300 MF	6ns	ECL
Fujitsu VP-200	500 MF	14 ns	ECL
Cyber 205	400 MF	20 ns	ECL
Cray1	160 MF	12.5 ns	ECL
Cray 2	1.6	4.1 ns	ECL
Cray 3	20GF	2ns	G [^] As
ETAGFIO	10 GF		CMOS
Convex C	60 MF	100/50NS	CMOS
Hitachi M68X			ECL
IBM 308			TTL
IBM 309			

TABLO-7

Her uygulamada uygun teknolojinin seçimi performans ve maliyet arasında en uygun çözümü arayarak sağlanır. Kapı gecikmelerinde azalma hızı sistemlerin yapımında son derece önemli bir etkenidir. Diğer yandan düşük fiyatlı sistemler oluşturabilmek için son derece yoğun tümleşik devreler kullanılması gerekir. Bir bilgisayar sisteminin hızını belirleyen temel büyüklükler Tablo-8'de listelenmiştir.

BİLGİSAYARIN ÇEVİRİM HIZININ ELEMANLARI	
(1-2)(ULSI)	
Süper Bilgisayar	$t_{je} \wedge_m - 6 T^* p; + 3_{(VLSI)} T_{oc} + T^*$ 4(LSI)
Büyük Sistem	$t_{çevrim} - 10 T_{kapı} + (1-2)(ULSI) T^* + T_{cg} + T_{p2} + T_m$ 3 (VLSI)
Mikrobilgisayar (VLSI)	$t_{çevrim} - 20 T_{kapı} + T_{p3} + T_n$
Süper bilgisayar	MFLOPS k Paralel işlem sayısı t çevrim (ns)
Büyük Sistem	MIPS a 1/4: t çevrim (ns)
Mikrobilgisayar	M1PS = 1/2: t çevrim (ns); RISC Mimarisi
T _{kapı}	« Kapı Gecikmesi
T _{oc}	" Kırmık Dışı Kılıflama Gecikmesi
T _{cg}	Tutma ve Saarkayma Gecikmesi
T _{p2}	«2 Bölüm (Plaket vs.) Arasında Gecikme
T _n	« Bellek Erişim Gecikmesi
T _{rf}	- Küçük Deryası Erişim Gecikmesi

TABLO-8

Burada sözü edilen çevrim süresi genellikle birim aritmetik işlemin hızı temel alınarak bulunur ve sıklıkla işlem hızı veya vektör saat periyodu olarak adlandırılır. Tek bir kırmık üzerinde oluşturulan VLSI mikroişlemciler dışında gecikmelerin temel öğeleri kılıflama ve devre gecikmeleridir. Ayrıca işleme giren kat sayısı, bilgisayarın mimarisinde Tablo-8'de gösterildiğinden daha fazla bağlıdır. Ama sonuçta, verilen tablo, bilgisayarların hızı ile teknolojik gelişmeler arasındaki bağıntıyı kurabilmek açısından son derece faydalıdır.

"Carry Look Ahead/Carry Save Adder" mimarisi ile yapılmış ve bipolar-ECL (Emitter Coupled Logic-Emitör Bağlamalı Mantık; Hızlı bir bipolar mantık devresi türü) ile gerçekleştirilmiş bir süper bilgisayarda, çevrim süresi en kötü durumda 6 kapı gecikmesi ve 3 kırmık dışı gecikmeden oluşur. 1 mikron bipolar - ECL teknolojisinde devre gecikmesi ile ara bağlantı ve yüklem gecikmelerinin toplamı yaklaşık olarak kat başına 0.2 ns, kılıflama gecikmesi ise 0.4 ns civarındadır. Bu örnekte de görüldüğü gibi kılıflama gecikmesi 1 mikron teknolojisinin yüksek performansı nedeniyle, diğer gecikmelerden çok fazla olabilmektedir.

Sonuçta 6 adet kapı gecikmesi 1.2 ns toplarken, sadece 3 kırmık dışı gecikme yine 1.2 ns olmaktadır ve toplam gecikme 2.4 ns'dir. CMOS - VLSI devreler ECL'e bir alternatif oluşturabilirler. Ama aynı 2.4 ns toplam gecikmeyi elde etmek için herşeyin aynı kırmık üzerinde toplanabildiği varsayımı ile, bir CMOS kapının gecikmesinin 0.4 ns'den fazla olmaması gerekir. Sıvı azot soğutması ile CMOS devrelerin hızını artırarak, paralel işlemcilerin kullanılması için yüksek tümleşirme seviyelerine giderek, bellek band genişliğinin artırmak için değişik mimariler kullanılarak, ETA 10 sisteminin performansının, ECL teknolojisi ile gerçekleştirilen CRAY 2'den hızlı olması beklenmektedir.

En kötü yol durumunda gecikmeyi etkileyen kapıların sayısı mimari ile doğrudan bağıntılıdır. Ama, örnek olarak büyük sistem (mainframe) lerde, bu sayı süper bilgisayarlara göre daha fazladır. Temel devrelerin hızı mainframeelerde, kılıflama gecikmelerine göre önemli hale gelebilir ve ECL türü yüksek hızlı teknolojilerin kullanılması gerekir. Buna karşılık, Convex C-1 gibi, vektör işlemleri yapan paralel işlemciler, CMOS teknolojisi ile, IBM 3080 gibi ECL teknolojisi ile skalar işlemler yapan sistemlerin performansına erişebilirler. Büyük çapta paralel işlemciler de (MPP-Massively Paralel Processors), çevrim hızının işlemci sayısına oranı, iyi bir performans göstergevidir ve işlemcilerin sayısını artırarak bu gösterge artırılabilir. Ancak bu tür sistemlerin getirdiği avantajlar, paralelliği iyi kullanan programlama dilleri ve teknikleri ile tam anlamıyla ortaya çıkar.

Maliyet/Performans oranının kritik olduğu mikrobilgisayarlar gibi durumlarda, gerekli olan yüksek seviyede tümleşirme ancak CMOS teknolojisi ile sağlanabilir.

Yinede teknolojiyi seçerken kullanılacak mimarinin de önemi gözden kaçırılmamalıdır.

ÖLÇEKLEME VE SONUÇLARI					
TASARIM KURALLARI	2µm	1 µm	0.5 (µm)		
Brts (ORAM)	250.000	1.000.000	4.000.000		
Devre Elemanı	500.000	2.000.000	8.000.000		
Lojik Devreler	20.000	80.000	320.000		
Devre Elemanı	80.000	320.000	1.280.000		
MİKRON VE MİKRON ALTI TASARIM KURALLARI					
	2µm	1.25-1.5 µm	1.0 µm	0.75 µm	0.5 µm
Yol/Boşluk Aralığı (µm)	4-5	2.5-3	2	1.5-2	1
Kanat Uzunluğu (µm)	1.8*0.3	1.3±0.3	0.9±0.25	0.7±0.2	0.4±0.1
Geçit Oksiti (nm)	40-50	25	20	15	10
Jonksiyon Derinliği (fµm)	0.5	0.3	0.25	0.2	0.15
Esit Gerilimi (v)	1	0.7	0.5	0.4	0.3
Üretim Yılı	1980	1984	1988	1992	1996

TABLO-9

geometrilere, 10 nm (10 x 10 nm) civarında kalınlıklar (atomik boyutlar 0.5 nm civarındadır) gibi zorlayıcı büyüklükler gelişmelerin sürdürülmesindeki zorluğu iyice ortaya koyar.

Kılıflamada sayısı artan bacakların getirdiği zorlukların yanı sıra, kırmıklar arası yoğun bilgi trafiğinin getirdiği sorunların çözüm yolları da yeni tekniklerle bulunmaktadır. Tablo-10'da çok kırmıklı alt yapılar denilen ve özellikle büyük bilgisayar sistemlerinde kullanılan işlemci yapıtaşları gösterilmektedir. Yine görüleceği gibi, sıvı Helyum veya sıvı azotla soğutma gibi zor teknikler sistem seviyesinde denenmekte başarılı sonuçlar alınmaktadır. Bütün bu zorluklara karşın bilim ve teknikteki ilerleme ve yeni ve devrim yaratıcı yapıları, fiziksel olaylara, tekniklerin bulunması yavaşladığı dönemlerde bile gelişmeyi bir anda hızlandırmaktadır.

İleriye dönük olarak, çoğumuzun aklının bir yerine yazması gereken yeniliklerin adları aşağıda sıralanmıştır.

Bilinmez belki de 2000'li yıllara gelmeden bütün bu sözcükler, gündelik hayatımıza girecektir.

Süper İletkenlik	- Süper Conductivity
Ful Boyutunda	- Wafer Scale Integration (WSI)
Tümleştirme	-
Üç Boyutlu Tümleşik Devreler	- 3D IC's
Band Mühendisliği	- Band Engineering
Dalga Fonksiyonu Mühendisliği	- Wave Function Engineering
Nanometre Boyutunda (Atomik Boyutta) Mühendislik	- Nanometer Scale (Atomic Scale) Engineering
Biyomoleküler Mühendislik	- Biomolecular Engineering
Biyo Kırmıklar	- Biochips

ÇOK KIRMIKLI YAPITAŞLARI						
Yapıma	Kırmık Sayı	Taban	Ara Bağlantı Katman Sayısı	Uç Sayısı	Güç	Soğulma
IMB (TEM)	100-133	Seramik	33	1800	300	Piston/He/Su
NTT	25	Seramik	25	900	400	Su
Hitachi H68X S810	9	Seramik	9	96	11	Hava
Honeywell	4	Si				Hava
Mosaic (EX)	40-200	Si	2	840		Su/LN ₂
Trilogy	32	Si/Mo	6	2244	950-1200	Su

TABLO-10

4. Sonuç:

Görüldüğü gibi yarıiletken teknolojilerindeki gelişmeler, yüksek performanslı bilgisayarların gelişmesini hızlandırmakta ve bilgisayarlarda gelişmeler sonucu ortaya çıkan yeni gereksinimler, daha küçük daha hızlı, devre elemanlarının yapılmasını hızlandırmaktadır. Böylece kapalı bir çevrim ve pozitif geri besleme durumu sonucunda ise son yıllarda gözlenen başdöndürücü gelişmeler ortaya çıkmıştır.

İleriye dönük olarak devre teknolojisindeki gelişmenin, bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeyi daha da arttıracığını söylemek mümkündür. Ancak devre teknolojilerindeki gelişmeler fiziksel öngörü sınırlarına yaklaşmaktadır.

Yarıiletken teknolojilerindeki gelişmelerin çeşitli kuramsal, teknik veya uygulama sınırları vardır. Özetle bu sınırlar aşağıda verilmiştir.

- Temel sınırlar
- Malzeme sınırları
- Devre elemanı sınırları
- Sistem sınırları
- Yapım teknikleri sınırları

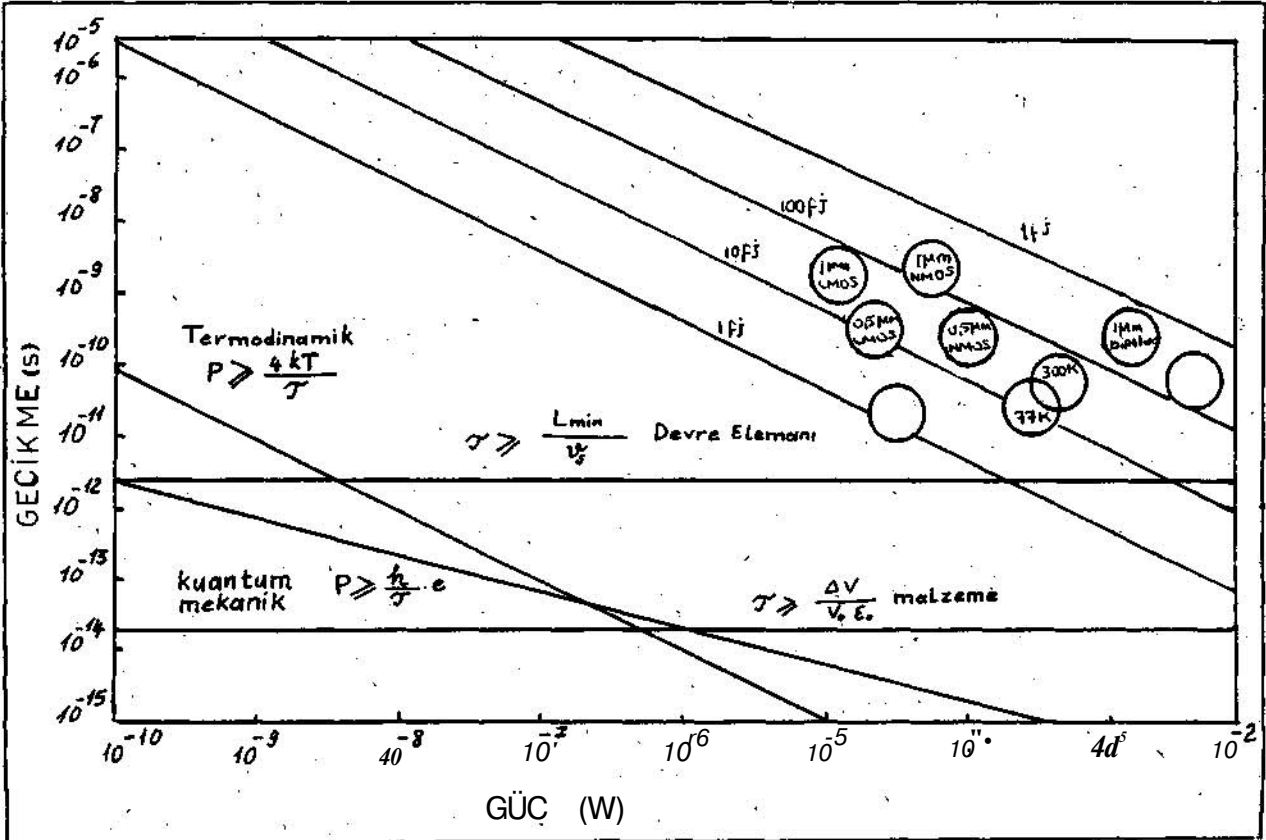
Temel sınırlar ulaşılabilecek en üst seviyeyi oluştururlar ve termodinamik, kuantum mekaniği ve elektromanyetik teori tarafından belirlenirler. Malzeme sınırları kullanılan malzemelerin enerji band aralığı, hareketlilik, katkı yoğunluğu gibi temel özelliklerdir. Bu nedenlerle, söz

gelimi GaAs teknolojisinde Si teknolojisine göre daha fazla hız elde edilebilmektedir.

Devre elemanı sınırları ölçekleme teorisi, devre elemanı türü gibi büyüklüklere bağlıdır. Devre sınırları, besleme gerilimi, kanal boyu, ara bağlantılar gibi etkenlere bağlıdır. Sistem sınırları ise, kullanılan teknoloji, kırık mimarisi, tümleştirme düzeyi sistem mimarisi sistem boyutu gibi büyüklüklerin karmaşık ilişkileri ile belirlenir. Çeşitli sınırların getirdiği kısıtlamalar ve günümüz teknolojisinin durumunun "gecikme x güç" düzleminde durumu Şekil-3'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi henüz sınırlara ulaşamamıştır. Bunda en büyük neden kullanılan yapım teknikleri, getirdikleri sınırlamalar ve çözülmesi gereken mühendislik problemleri olmaktadır. Teknolojik problemler aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

- Fotografik işlemler patern transferi
- «atkılama profili kontrolü, sıcaklık işlemleri
- Ara bağlantılar
- Güvenilirlik ve işlem verimi
- Üç boyutlu üretim ve yoğunlaştırma
- Yeni yapılar
- Kılıflama
- Test

Devre elemanına bağlı olan ölçekleme de, gerek teknik, gerek temel sınırları zorlamaktadır. Tipik ölçeklenerek yoğunlaştırılmış uygulamalara ilişkin sonuçlar Tablo-9'da verilmiştir. Dikkat edilecek noktalar arasında mikron altı



Şekil- 3. Günümüz Teknolojisinin "gecikme x güç" düzleminde durumu.

geometriler, 10nm (10x 10nm) civarında kalınlıklar (atomik boyutlar 0.5 nm civarındadır) gibi zorlayıcı büyüklükler gelişmelerin sürdürülmesindeki zorluğu iyice ortaya koyar.

Kılıflamada sayısı artan bacaların getirdiği zorlukların yanı sıra, kırmıklar arası yoğun bilgi trafiğinin getirdiği sorunların çözüm yolları da yeni tekniklerle bulunmaktadır. Tablo-10'da çok kırmıklı alt yapılar denilen ve özellikle büyük bilgisayar sistemlerinde kullanılan işlemci yapıtaşları gösterilmektedir. Yine görüleceği gibi, sıvı Helyum veya sıvı azotla soğutma gibi zor teknikler sistem seviyesinde denenmekte ve başarılı sonuçlar alınmaktadır.

Bütün bu zorluklara karşın bilim ve teknikteki ilerleme ve yeni ve devrim yaratıcı yapıların, fiziksel olaylara, tekniklerin bulunması yavaşladığı dönemlerde bile gelişmeyi bir anda hızlandırmaktadır.

İleriye dönük olarak, çoğumuzun-aqlının bir yerine yazması gereken yeniliklerin adları aşağıda sıralanmıştır.

Bilinmez, belki de 2000'li yıllara gelmeden bütün bu sözcükler, gündelik hayatımıza girecektir.

Süper iletkenlik

?

Üç Boyutunda Tümleştirme

Üç Boyutlu Tümleşik Devreler

Band Mühendisliği

Dalga Fonksiyonu Mühendisliği

Nanometre Boyutunda

(Atomik Boyutta) Mühendislik

?

Biyomoleküler Mühendislik

Biyo Kırmıklar

- Süper Conductivity
- Superlattice
- Wafer Scale- Integration (WSI)
- 3D IC's
- Band Engineering
- Wave Function Engineering

- Nanometer Scale (Atomfc Scole) Engineering
- In-Situ Processing
- Biomolecular Engineering
- Biochips



ÖZTRAFO

DAĞITIM VE GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ SAN. VE TİC. A.Ş.

TS/267'YE UYGUN

25-2500 kVA, 36 kV'a kadar dağıtım ve güç transformatörleri,

Regülatörlü transformatörler,

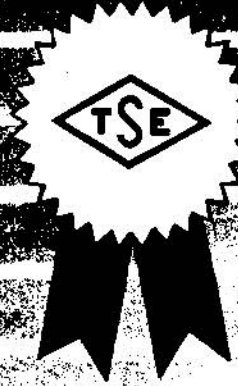
Kuru tip transformatörler,

Özel amaçlı transformatörler,

Özel besleme düzenleri,

Servomekanizmalı regülatörler,

Seri ve paralel reaktörler,



Ankara Asfaltı. No : 80 - 81430 Kartal / İSTANBUL Tel: 374 99 96 (3 Hat) Fax: 374 01 42