

Saraiva, Antonio Mauro, André Riyuti Hirakawa, and Carlos Eduardo Cugnasca. 2006. Section 2.1 Topics in Hardware Evolution, pp. 19-31, of Chapter 2 Hardware, in CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE. Copyright American Society of Agricultural Engineers.

Çevirmenler: Hasan SİLLELİ ve Handan SARI

Çeviri Editörleri: Sefa TARHAN ve Mehmet Metin ÖZGÜVEN

## 2. Bölüm: Donanım

### 2.1 Donanımın Gelişimindeki Konular

Yazarlar: A. M. Saraiva, A. R. Hirakawa ve C. E. Cugnasca

Çevirmenler: Hasan SİLLELİ ve Handan SARI

**Özet:** Son on yıllarda bilgisayar sistemlerinin şaşırtıcı gelişiminde, yazılım ve donanım eşit öneme sahip iki bileşendir. Donanım; artan karmaşıklığı, performansı, kalitesi ve güvenilirliği ve azalan fiyatları ile elektronik uygulamalarında tarım dahil neredeyse her şeyi kapsayacak şekilde yaygınlaşması ile çarpıcı ve istikrarlı bir gelişim gösterdi. Günümüzün ve geleceğin bilgisayar donanımı için önemli olan birçok teknoloji, bileşen ve kavram ortaya çıktı ve/veya gelişti. Bu bölümde, mikroelektronik trendler, taşınabilir depolama aygıtları, dinamik RAM, görüntüleme teknolojileri, özellikle “bilgisayarlar her yerde” kavramı ve bilgisayar uygulamalarındaki yeni trendleri içeren çeşitli konular ele alınmaktadır. Bu konu, küçük bir örneğini sunduğumuz büyüleyici bir dünyadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroelektronik, Spintronik, Kuantum bilişim, Taşınabilir depolama aygıtları, Dinamik RAM, Bilgisayar belleği, Ekran, Pervasif bilgisayar, Giyilebilir bilgisayar.

#### 2.1.1 Giriş

Mikroelektronikte meydana gelen değişimler, birkaç on yılda dünyanın yüzünü değiştiren bilgi ve iletişim teknolojilerinde genel bir gelişimin yolunu açmıştır. Daha önceki teknolojiler elektronik kadar hızlı bir gelişim göstermemiştir. Birkaç yılda teknolojinin eskimesine yol açan bu çılgın hız; dünya çapında büyüklü ve küçüklü işletmeler, araştırma merkezleri, mühendisler, fizikçiler ve diğerleri gibi çok çeşitli oyunculara sahip multimilyar dolarlık pazar yaratmıştır. Bu bölüm donanım gelişimi, dünü, bugünü ve yarınıyla ilgili bazı konulara genel bir bakış sunmayı amaçlamaktadır.

#### 2.1.2 Mikroelektronik Teknolojisinin Gelişimi ve Trendler

1947 yılında Bell Laboratuvarlarında katı hal (solid state) transistörün bulunması ile birlikte, birçok elektronik kavramı ve uygulaması değişmiştir. Yeni

aygıtların gelişmesi, 1960'lerde mini bilgisayarların ortaya çıkmasına, 1970'lerde TV oyunları, hesap makinaları, saatler, otomotiv motor kontrol sistemleri, kişisel bilgisayarlar ve çevre birimleri ve bugüne kadar çok daha fazla elektronik aygıtın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Teknoloji tam güçte ilerlemiştir. Difüzyon bağlantılar, silikon dioksitler ve silikon levhalar 1950'lerde gerçekleşti. Bundan sonra, alan etkili transistör (FET), metal oksit yarı iletkenler (MOSFET) ve büyük ölçekli entegrasyon (LSI) doğal ilerlemenin bir sonucu olarak gelmiştir [1].

İlerlemeyi tahrik eden diğer bir güç ise üretim teknolojisinin evrimi ve otomasyon kavramlarının uygulanması olup bu durum üretkenliği arttırmış ve maliyetleri azaltmıştır. Çip başına bileşen sayısı çarpıcı bir şekilde artmış ve aygıtların boyutu küçülmüştür.

### ***Moore Yasası***

1965 yılında, Gordon E. Moore, 1975'e kadar yalnızca yaklaşık bir inç karenin dörtte biri kadar alana sahip tek bir silikon çipe 65,000 kadar bileşenin yerleştirilmesinin mümkün olabileceğini iddia etmiştir. Mantık yürütmesi, aygıt karmaşıklığı ve zaman arasındaki log lineer bir ilişki olup, belirli bir fiyatta mevcut olan bilgi işlem gücünün her 18 ayda bir iki katına çıktığı ilişkisini göstermiştir [2]. Bu, şaşırtıcı bir şekilde sadece üç veri noktasına dayanmış olmasına rağmen, ampirik bir iddia idi. 1975'den günümüze kadar bu grafiği, oranda bir yavaşlamayı gösteren ancak hala bir log lineer şekilde davranan daha az dik bir eğri ile yeniden çizmiştir. Bundan kısa bir süre sonra, birisi (Moore'un kendisi değil) bu eğriyi Moore Yasası olarak adlandırdı. Resmi olarak, Moore Yasası yarı iletkenlerinin devre yoğunluğu veya kapasitesinin her 18 ayda ikiye katlandığı veya her üç yılda bir dörde katlandığını ifade etmektedir. Bu matematiksel görünümü ise:

Belirli bir yılda çip başına devre sayısı =  $2^{(yıl-1975)/1.5}$  x (1975'de çip başına devre)

Bu dönemde, CMOS devreleri en büyük paya sahipti ve ASIC (Uygulamaya Özgü Entegre Devreler) ve ASSP (Uygulamaya Özgü Standart Parçalar) uygulamalarında artmaya devam edecektir. Çünkü bunlar ana akım dijital alanda meydana gelen ilerlemeden entegrasyon yoğunluğu, performans, üretim için olgunluk ve maliyet optimizasyonu açısından tam olarak faydalanmalarıdır. Günümüzde CMOS ile sağlanan entegrasyon yoğunluğu, son derece hassas analog bloklar, RF ön geliştiriciler (front end) ve sensörler dahil komple bir çip üzerinde sistemlerin geliştirilmesine izin vermektedir.

Gelecekte, derin alt mikron (deep submicron) etkileri ve azaltılmış güç voltajlarından dolayı analog devreler için sinyal salınımindaki sınırlama, son teknolojinin birkaç nesil arkasında olan teknolojilerin kullanılmasıyla sonuçlanacaktır. Bu trend, sadece teknik nedenlerden değil, artan maliyetlerden

kaynaklanmaktadır. Ekonomik açıdan, on yılın sona ermesinden önce, son nesil teknolojiye geçiş, birçok uygulama için artık ticari olarak çekici olmayabilir.

### ***Spintronik***

Spintronik (Dönüş tabanlı elektronik kelimelerinden türetilmiştir), veya spin elektronığı, elektron spinin (ve daha genel olarak nükleer) katı hal fiziğindeki oynadığı rol ve yük serbestlik derecesi yerine veya ek olarak özellikle spin özelliklerini kullanan olası aygıtların çalışmasını ifade etmektedir. Metallerde ve yarı iletkenlerde spin rahatlaması ve spin taşınması temel araştırma konularıdır. Endüstride halihazırda okuyucu kafa ve bellek saklama hücresi olarak kullanılan prototip bir aygıt, alternatif ferromanyetik ve manyetik olmayan metal katmanlarından oluşan devasa manyetorezistans (GMR) sandviç yapısıdır. Manyetik katmanlarındaki mıknatıslaşmanın görece oryantasyonuna bağlı olarak, aygıt direnci küçükten (paralel mıknatıslaşma ile) büyüğe doğru (anti paralel mıknatıslaşma) değişmektedir. Dirençteki bu değişim (manyetorezistans adı da verilir), manyetik alanlardaki değişiklikleri algılamak için kullanılır. GMR teknolojisindeki son zamanlardaki çabalar, tünellenmenin elektrotların spin oryantasyonlarına bağlı olduğu manyetik tünel bağlantı aygıtlarını da içermektedir.

Spintronik aygıtların tasarlanması ve üretiminde halihazırda çabalar iki farklı yaklaşımı içermektedir. Birincisi, elektronların daha büyük spin polarizasyona sahip yeni materyaller geliştirerek veya mevcut aygıtlarda daha iyi spin filtrelemesine izin veren geliştirmeler veya değişiklikler yaparak mevcut GMR tabanlı teknolojiyi daha da mükemmelleştirmektir. Daha radikal olan ikinci çaba ise, spin ile polarize edilmiş akımların oluşturulması ve kullanılmasında yeni yöntemlerin bulunmasına odaklanmaktadır. Bunlar, yarı iletkenlerde spin taşınmasının araştırılmasını ve yarı iletkenlerin spin polarize edicileri ve spin valfleri olarak işlev görebilecek yolların aranmasını içermektedir. Bu çabanın önemi, mevcut metal tabanlı aygıtların sinyalleri yükseltmemesine dayanmakta olup (başarılı anahtar veya valf olmalarına rağmen) yarı iletken tabanlı spintronik aygıtları prensipte yükseltme sağlayabilmekte ve genel olarak çok fonksiyonlu aygıtlar olarak çalışabilmektedir. Çeşitli yarı iletkenlerin spin taşıma özellikleri ve çeşitli spin transistörleriyle ilgili olarak kısa vadeli çalışmalara ek olarak, spintronikğin daha uzun vadeli ve iddialı alt alanı, elektron ve nükleer spinlerin kuantum bilgi işleme ve kuantum bilişimine uygulanmasıdır. Uzun süreden beri kuantum mekaniğinin, fiziksel bilişimde klasik fiziğe göre daha büyük avantajlar sağlayabileceği işaret edilmektedir. Ancak, gerçek sıçrama Shor faktörizasyon algoritması ve kuantum hata düzeltme şemalarının gelişimiyle başladı [9].

### ***Kuantum Bilişim***

Kuantum bilişim, bilginin bir kuantum parçacığına atandığı yeni bir bilişim paradigmasıdır. Kuantum bilginin temel birimine, kuantum bit veya kübit adı verilir.

Yukarı veya aşağıya doğru bakan eksenini ile bir topacın dönüşü olarak düşünülebilecek bir özellik olan, bir elektron dönüşünü dikkate alarak, yukarı veya aşağı dönüş 0 veya 1'e karşılık gelebilir. Bir kübit, hallerin üst üste çakışması olarak bilinen bir elektronun nasıl yerleştiğine bağlı olan görünmez bir ikili mevcudiyet ile aynı anda hem 0 ve hem de 1 olabilir. Elektron kullanılarak bir hesaplamanın yapılması ve bunu eşzamanlı olarak hem 0 ve hem de 1 üzerinde uygulamak, tek birinin bedeli karşılığında iki hesaplama yapılması demektir. Daha fazla kübit ile, temsil edilen gücün üssel olarak arttığı görülebilir.

Elektronlar ile hesaplamalar yapabilmek için, mantık işlemlerinin yapılması gerekmektedir. En önemli unsurlardan birisi, kontrollü DEĞİL kapısı olup, denetlenebilir invertöre benzemektedir. Böyle bir unsurda, bir kübit hali ikinci kübitin nihai halinin bir dizi RF pulsları ile ters çevrileceği veya çevrilmeyeceğini belirler [4].

Yeni paradigmanın tüm temellerini geliştirmek için birçok çaba sarfedilmektedir, ancak somut sonuçlar için büyük bir ilerleme gerekmektedir.

### **2.1.3 Taşınabilir Depolama Aygıtları**

Son birkaç yılda, tamamen yeni bir depolama aygıtı sınıfı gelişti ve son derece popüler, neredeyse elektronik ev eşyası haline geldi, taşınabilir depolama sürücülerini. Sadece sabit disk saklama kapasitesini arttırmak için değil aynı zamanda sürekli büyüyen multimedya veri deposunu desteklemek için daha fazla gerekli hale geldiler. İki bilgisayar arasında veri aktarımı, kullanıcılar arasında veri paylaşımı, arada sırada erişilen yazılım veya bilgilerin depolanması ve gizli bilgilerin güvenliğinin sağlanması da verilerin depolanması için yeni teknolojiler talep etmektedir. Taşınabilir depolama aygıtları ve medyaları dört geniş kategoriye girmektedir: manyetik, optik, manyeto optik (MO) ve katı hal. Bant, disket ve sabit sürücüler veri depolamak için manyetik alanları kullanmaktadır. CD (compact disc) ve DVD (digital video/versatile disc) gibi Optik sürücüler bilgiyi okumak ve kaydetmek için bir lazer kullanmaktadır. Manyeto optik cihazlar, manyetik ve optik teknolojileri içeren hibrit cihazlardır. Flash bellek kartları katı hal teknolojisini kullanmaktadır. Teknolojiler, arayüzler, kapasiteler ve ürünlerin çok çeşitli olmasından dolayı, bunların tamamen ele alınması bu bölümde mümkün değildir, ancak bu dört kategorinin ana özelliklerine genel bir bakışta bulunulmuştur.

#### ***Manyetik Depolama Teknolojisi***

Depolama aygıtlarının en büyük kategorisi, disket, süperdisket, sabit sürücüler ve bantlar dahil manyetik ortamları kullanmaktadır. Disket veya bant, yüzeyinde manyetik parçacıklardan oluşan mikro ince bir katmana sahip olup bu katman sürücünün okuma yazma kafası ile oluşturulan bir manyetik alan ile kuzey ve güney (0 ve 1) olmak üzere iki modda polarize edilmektedir. Birçok defa silinebilir ve yeniden kullanılabilirler ve makul olarak ucuz olup kullanılması kolaydır.

### ***Manyeto Optik Teknoloji***

*Manyeto optik teknoloji* sürücüler, diskteki verileri okumak için bir lazer kullanılırken verileri yazmak için ise manyetik bir alana ihtiyaç duyar. Disk, etiket tarafından bir mıknatıs ve diğer tarafından lazer ışığına maruz kalacaktır. Diskler, mıknatıslarıyla şekle bağlı olarak lazer ışığını hafif bir şekilde farklı açılarda yansıtma özelliğine sahip özel bir alaşıma sahip olup, veriler kuzey ve güney manyetik spotları olarak depolanabilir.

Mıknatıslama sadece yaklaşık 200°C sıcaklıkta meydana gelir ve bu bir lazer ışını ile sağlanır. Isındığında, manyetik parçacıklar bir okuma/yazma kafası ile oluşturulan bir manyetik alan ile 0 veya 1'i kaydetmek için polarize edilebilir. Lazerin son derece doğru olması için manyetik partiküllerin yalnızca belirli bölgeleri ısıtılır bu daha yüksek bilgi yoğunluğunu diğer basit manyetik cihazlardan daha fazla sağlar. Bilgi yansıtılan ışığın polaritesinin manyetik parçacıkların oryantasyonuna bağlı olarak değiştirildiği, Kerr etkisinden faydalanarak daha az güce sahip lazer kullanılarak okunur. Bu nispeten ucuz ortam polarizasyonun sadece yüksek sıcaklıklarda meydana gelmesinden dolayı oda sıcaklığında son derece istikrarlı olup bir manyetik ortamdan çok daha fazla olan ortalama 30 yıllık bir ömre sahiptir. Buna rağmen performansı düşme eğilimindedir.

Diğer bir MO teknolojisi ise değişiklikleri yapmak için sürücüdeki bir manyetik kafa kullanmak yerine, doğrudan diskte bulunan mıknatıslara sahip *LIMDOW* (modüle edilmiş ışık yoğun doğrudan yazma)'dur. Böylece, disk, yansıtıcı yazma yüzeyinin hemen arkasında iki manyetik katmana sahiptir. Yazma yüzeyinin ısıtılacağı sıcaklığa bağlı olarak, mıknatıslama bu manyetik katmanlardan birinde gerçekleşir. Yazma işlemi tek bir adımda gerçekleşir, böylece yazma sürelerini azaltır ve performansı artırır. MO diskleri tescilli olmayıp, farklı kapasitelerde ve uygun maliyetlerde çok farklı depolama ortamı üreticileri tarafından sunulmaktadır.

*Optik süper yoğunluk* (OSD, Optical Super Density) teknolojisi, yüksek kapasite (40 GB ve üzeri) taşınabilir MO sürücüsü geliştirmeyi amaçlayan yeni bir teknolojidir. Şu imkanları sağlayan birkaç yenilikçi teknolojiye dayanmaktadır: lenslerin kayıt yüzeyine çok daha yakın konumlandırılması; çok daha yüksek veri yoğunlukları için daha yüksek diyafram açıklığına sahip lenslerin kullanımı; sabit diskler göre kapasiteyi iki katına çıkaran ve benzer bir veri hızı sağlayan diskin her iki tarafına aynı anda erişim sağlayan ortamın her iki tarafında bağımsız okuma/yazma kafalarının kullanımı.

### ***Manyetorezistans (MR) Teknolojisi***

Bir *manyetorezistans (MR)* sürücüde okuma kafası, manyetik alanlarda direncini değiştiren ince bir madde şeridinde sahiptir. İnce elektromıknatıs olan kafa okuma elemanı, diski kaplayan parçacıkları manyetize ederek geleneksel bir şekilde çalışır. Bu iş bölümü kafaların, daha yüksek veri yoğunluklarını okuma ve yazma kabiliyeti sağlar ve alan yoğunluklarını artırması beklenmektedir.

### **Optik Teknoloji**

Optik teknoloji en popüler örnek olarak *kompakt disklere (CD)* sahiptir. Üretilmesi son derece ucuz olan küçük bir yüzeyde 783 MB depolayabilir. CD yüzeyi temel olarak bilgiyi temsil eden milyarlarca küçük çıkıntılara sahip bir alüminyum aynadır. Bu bilgiyi okumak için, hassas bir lazer ışını kullanılır. Disk yüzeyinde yansıtılır ve çıkıntılardan dolayı yansımadaki değişiklikleri tespit eden bir opto elektronik sensör ile okunur. Ayna, enjeksiyon kalıplı bir saydam plastik parçasını kaplayan bir alüminyum katmana sahiptir. Ancak, geleneksel CD'ler son kullanıcı tarafından yazılmadığından taşınabilir bir depolama ortamı değildir.

Bir *kaydedilebilir CD (CD-R)*'de, normal bir CD'nin alüminyum katmanı yerine organik boyalı bir bileşen kullanılır; bu bileşen normal şartlarda yansıtıcıdır ancak lazer bir noktaya odaklandığında ve bunu belirli bir sıcaklığa ısıttığında, boya koyulaşır veya yakılır. CD okuyucusu için, yakılan her bir nokta, normal CD'deki çıkıntılar gibi çalışır. Boya, yansıtıcı haline geri döndürülemediğinden, verilerin yeniden yazılmasına izin vermez. *Yeniden yazılabilir CD'lerde (CD-RW)* yazma sorununun üstesinden gelinmiştir. Bu amaçla belirli bir metal bileşenin faz değişim özelliği kullanılır ve metal bileşenin kristalize olup olmamasına bağlı olarak yansıtıcılığı değişir. Belirli bir sıcaklığa ısıtıldıktan sonra, soğudukça kristalleşir ve yansıtıcılığı artar, ancak yeniden daha yüksek bir sıcaklığa ısıtıldığında, soğuduğunda kristalleşmez ve yansıtıcılığını kaybeder. MiniDiskler ve DVD'ler de benzer yöntemler kullanılır.

Optik depolama teknolojisinde, *mavi lazer* ışını yakın bir gelecekte önemli bir kapasite artış imkanı sunmaktadır. Daha kısa olan dalga boyu daha küçük alanlara odaklanılmasını sağlıyor böylece aynı alana daha fazla bilginin yerleştirilmesine imkan veriyor. Ancak, şu ana kadar gerekli olan güç, boyut ve lazer fiyatıyla ilgili olarak bazı sorunlarla karşılaşmıştır. *Blu ray disk*, iki katmanlı disklerde 50 GB'ye kadar kapasitelere izin vermesi beklenen bir formatta hedeflenmektedir.

*Floresan diskler*, tek bir katmanlı diskte 140 GB ve üzeri kapasiteler sunma sözü veren çığır açıcı bir teknoloji kullanmaktadır. Geleneksel optik disk sürücüsü teknolojisinde, kayıt katmanlarının sayısı arttıkça sinyal kalitesi hızlı bir şekilde düşmektedir, bunun nedenleri ise, aynı dalga boyutuna sahip lazer ışını ve yansıtılan sinyal arasındaki optik karışım ve kullanılan son derece bağdaşık yansıtılmış sinyalin doğasıdır. Sonuç olarak, sadece iki kayıt katmanı mümkün olabilmektedir. Floresan okuma sistemlerinin kullanılması ile sinyal bozulması düşük olup bir CD'de çok daha fazla katman (yaklaşık 100) kullanılabilir. Kilit nokta ise, Floresanın standart bir foto alıcı ile tespit edilmesi için yeterli uzunluğa sahip bir lazer ışını ile tetiklenebildiği saydam organik bir maddedir. Bu, bilginin saydam katmanlar yığınının her birinde eş zamanlı olarak yazılmasını sağlar ve sonuç olarak çok yüksek depolama kapasiteleri ve son derece iyi bir performans elde edilir. Teknoloji, 1 TB kapasite ve 1 GBps okuma hızları sağlayan 50 katmana sahip 16 cm<sup>2</sup>'lik ClearCard'ın geliştirilmesini sağlayacaktır.

### ***Katı Hal (Solid State) Teknolojisi***

*Flash bellek*, taşınabilir depolama için katı hal teknolojisidir. Bir güç kaynağından çıkarılmalarından sonra bile 0 veya 1'i muhafaza etmek için polarize edilebilen bir transistörler matrisine dayanmaktadır yani kalıcı bir bellektir. Flash belleklerin hareketli parçalara sahip olmamaları nedeniyle, diğer teknolojilere göre çok daha dayanıklı olup taşınabilir bilgisayarlar için idealdirler. Küçük paketler halinde üretilir ve çok az enerji tüketirler ancak megabyte başına maliyetleri ve nispeten küçük kapasiteleri (şu ana kadar) kullanımlarını dijital kameralar, PDA'ler, taşınabilir MP3 oynatıcıları ve diğer mobil bilişim tipleri gibi küçük aygıtlarla sınırlamıştır. Bu aygıtlar için, genel geçer depolama ortamı haline gelmiştir.

Çok çeşitli uygulamalar ve aygıtlar için günümüzde mevcut çeşitli tipte flash bellekler bulunmaktadır. Farklı üreticiler tarafından geliştirilmişlerdir ve farklı arayüz (mantıksal ve fiziksel), boyut ve kapasiteye sahiptirler. *SmartMedia*, tipik bir kartvizitin yarısından daha küçük boyutlara sahip son derece ince bir bellektir. Sıklıkla dijital kameralarda kullanılmaktadır. IDE arayüzüne sahip bilgisayarda bir PC kart adaptörü veya disket adaptörü üzerinden kullanılabilirler. 512 MB'ye kadar kapasiteye sahiptir. *Compact Flash kartlar* SmartMedia'dan daha kalındır, bunun nedeni ise IDE denetleyici devresine sahip olmalarıdır; 8 GB'ye kadar çeşitleri bulunmaktadır. Bellek kartları dijital kameralar, müzik oynatıcıları ve dizüstü bilgisayarlarda kullanılmaktadır. Bir sakızla neredeyse aynı boyuta sahip olup 2GB'ye kadar çeşitleri bulunmaktadır. *DataFlash*, Type II PC kartında (PCMCIA) paketlenen bir flash bellektir. Ekstra boyutu 1 GB'ye kadar kapasitelere izin verir. *Secure Digital (SD)* ve *MultiMedia (MM)* kartları son derece kompakt yapıdadır (24 mm x 32 mm). 2 GB'ye kadar çeşitleri bulunmaktadır. SD kartlar güvenli veri aktarımını sağlar, bu nedenle mali işlemler ve tescilli materyalin korunması için uygundur.

Taşınabilir depolama aygıtları; kapasite, performans, dayanıklılık, fiyat ve uygunluk açısından çok çeşitlidir. Son derece hızlı bir şekilde kapasite artmakta, performans yükselmekte ve boyut ve megabyte veya gigabyte başına maliyet azalmaktadır. Yukarıda belirtilen teknolojiler ve geliştirilmekte olanlar bu değişimi sürdürecektir.

#### **2.1.4 Dinamik RAM Bellek Teknolojileri**

Bellekler bir bilgisayar sisteminde son derece önemli bir role sahiptir. Genel sistem performansını azaltmamak için işlemci hızıyla eşleşmelidirler ancak bu birçok diğer özelliklere bağlıdır. İdeal olarak bir mühendis, en düşük güç tüketimiyle mümkün olan en hızlı bellek miktarını kullanmayı istemektedir. Ancak, masaüstü bilgisayar gibi birçok gerçek bilgisayar sistemi; yüksek hız, yüksek maliyet, yüksek güç tüketimi, statik RAM belleğe sahip ön belleği oluşturacak çok küçük bir kapasiteye ve nispeten daha düşük hız, daha düşük maliyet ve daha düşük güç tüketimli *dinamik RAM (DRAM) belleği*, ana bellek de adı verilen, dayanan bellek

mimarileri kullanmaktadır. DRAM şirketleri, bu özelliklerle (kapasite, hız ve güç tüketimi) ilgili olarak bellek teknolojilerini sürekli olarak geliştirmeye çalışmaktadır.

Takip eden paragraflarda, mevcut ana DRAM teknolojileri, karşılaştırma için eski olanlarından başlayarak sunulacaktır. Mevcut çok farklı DRAM teknolojisi türlerinden bazıları özünde birbirine benzemektedir ancak en son radikal değişiklikler, çekirdeklerinde gerçekleşmiştir. Çoğunlukla, düzenleme ve erişim sağlama şekilleri açısından farklılık göstermektedirler. Bellek erişimi için temel protokol belleğe bir adres (veriyi okumak veya yazmak için erişilmesi gerekli adres) gönderen ve sonra okuma veya yazma işlemini gerçekleştiren işlemciyi ima etmektedir.

İlk PC'lerden beri kullanılmakta olan *geleneksel DRAM*, sistem (PC) saat (clock) sinyaline senkronize olmadığından asenkron olarak bilinmektedir. Adres, satır adresi ve sütun adresi olarak iki kısma bölünmektedir (bellek hücreleri bir dizide yer aldıklarından). Bellek erişimi, satır adresinden sonra sütun adresi gönderilmesiyle başlar; belirli bir süre sonra, bellek değeri veri yolunda görünür. Bu sinyallerin sistem saatiyle doğrudan bir ilişkisi bulunmamaktadır. Geleneksel DRAM yıllar önce yerini biraz daha hızlı olan hızlı sayfa durumu (*FPM, Fast Page Mode*) belleğe bırakmıştır. Satır adreslerini birbirine yakın yerlerde bulunan belleğe birçok erişim için bir kez göndererek erişim süresini hızlandırmaktadır. Asenkron DRAM'ın sonraki nesline genişletilmiş veri çıkışı (*EDO, Extended Data Out*) bellek veya *hiper sayfa durumu* DRAM adı verilir. Belleğe bir erişimin en sonuncu bitirilmeden önce başlayabildiğinden, modifiye edilmiş zamanlama devrelerinden dolayı FPM bellekten biraz daha hızlıdır. *Burst EDO (BEDO)* bellek geleneksel DRAM'da çığır açan bir gelişmedir. BEDO, EDO belleği ile küme komut işleme teknolojisi ve özel mandalları (latch), daha hızlı erişim süresi elde etmek için birleştirir. Son derece düşük ek üretim maliyetlerinde daha yüksek bellek yolu hızlarının kullanılmasını sağlamasına rağmen, ticari olarak başarılı olmamış ve kısa bir süre sonra SDRAM tarafından mağlup edilmiştir.

*Senkronize DRAM (SDRAM)* sinyalleri sistem saatine senkronize bir şekilde gönderir. Böylece zamanlaması daha iyi denetlenir. Asenkron DRAM'dan çok daha hızlı olup sistem performansını gerçekten arttırılabilmektedir. Dahili serpiştirme gibi dahili performans geliştirmeleri bulunmakta olup, modülün bir yarısının erişime başlamasını sağlarken, diğer yarısı ise başlayan bir erişimi sonlandırmaya devam etmektedir. İki kat veri hızlı SDRAM (DDR SDRAM, *Doubled Data Rate* veya sadece DDR) döngü başına veriyi iki kat transfer ederek sadece bir sinyal iletimi yerine, saat sinyalinin hem artan hem de azalan uçlarında SDRAM'a göre belleğin bant genişliğini iki katına çıkarır.

*Doğrudan Rambus DRAM (DRDRAM, Direct Rambus- veya sadece Rambus)* çığır açan bir tasarım olarak kabul edilmektedir. 400 MHz saat hızında çalışan bir yüksek hızlı 16 bit veri yolu olan Doğrudan Rambus Kanalı adı verilen bir dahili veri yoluna dayanmakta olup saatin artan ve azalan uçlarında veri aktarımı yaparak, etkili



bir 1.6 GB/s bant genişliği sağlar. Veri yolunu geleneksel 64 bitten 16 bite azaltmasına rağmen, kanal artık genel bant genişliğini arttıran çok daha yüksek hızlarda çalışma kabiliyetine sahiptir. Intel'in kullanma kararından dolayı oldukça fazla ilgi çekmiştir. En iyi çözüm olup olmadığına dair teknik sorgulamaların yanı sıra, tescilli bir ürün olmasından dolayı lisans ücretinin ödenmesi sorun teşkil etmektedir.

*Senkronize Link DRAM* veya *SLDRAM*, *SLDRAM* Konsorsiyumu tarafından geliştirilmekte olan yeni nesil PC bellek standardı olacak yeni bir teknolojidir. Mimaride radikal bir değişiklik gerektirmeyen çığır açan bir tasarımdır. 200 MHz saat frekansında çalışan 64 bit veri yoludur. Etkili hızı, 3.2 GB/s bant genişliği sağlayan, her iki saat ucunda veri aktarımı gerçekleştirerek ikiye katlanmaktadır. Açık bir standart olup herhangi bir lisans ücreti gerekmemektedir.

### ***Trendler***

Tarih, en iyi teknik çözümün her zaman kazanmadığını ve yeni nesil standardın belirlenmesinde ticari konuların sıklıkla belirleyici olduğunu bize hatırlatmaktadır. Bu, sonraki birkaç yıl içinde DRAM teknolojisi için de geçerli olabilir. Kullanıcının sahip olabileceği seçenekleri etkileyecek olmasına rağmen, DRAM'ın tüm bilgisayar performansının sadece bir parçası olduğunu belirtmek yerinde olacaktır. Birçok durumda, ön bellek DRAM verimliliğindeki gelişmeyi maskeleymektedir ve sistem yonga seti bir bilgisayarda kullanılabilecek bellek tipini sınırlandırmaktadır. Buna ek olarak, daha yeni teknolojiler sıklıkla daha pahalı olmakta ve maliyet etkinlikleri daha ucuz olan daha eski teknolojilerle karşılaştırılması gerekmektedir. Sıklıkla, daha iyi sistem belleğinden ziyade daha fazla sistem belleği, performans için daha önemli olmaktadır.

### **2.1.5 Monitör Teknolojisi**

*Katot ışın tüpü (CRT)* hala çetin bir monitör teknolojisidir. Yüksek ekran çözünürlüklerde doğru renklerde istikrarlı görüntüler üreten mükemmel performansa sahip düşük maliyetli bir monitördür.

Ancak, CRT'ler yüksek güç tüketimi, büyük boyutu, ekranda odak sorunu, yakınsama sorunu ve renk değişimi, hantal yüksek gerilim elektrik devreler ve zararlı elektromanyetik radyasyon yayabilen güçlü manyetik alanlar gibi dezavantajlara sahiptir. Bunlar, yeni ekran teknolojilerinin araştırılması ve geliştirilmesi için ileri sürülen bazı argümanlardır. Bunlardan biri LED'lerin nokta dizilimini kullanmaktadır.

### ***Işık Yayan Diyotlar (LED'ler)***

*Temel ışık yayan diyot (LED, Light Emitting Diode)* yarı iletken diyotta enerji seviyeleri değiştiğinde ışık yayan bir kimyasal madde içeren katı hal aygıttır. Işığın

belirli bir dalga boyu, enerji seviyelerindeki farkın yanı sıra LED çipini oluşturmak için kullanılan yarı iletkenin madde tipine bağlıdır.

LED'ler son derece verimli olup son derece hızlı anahtarlama sürelerine sahiptir. İki çeşide sahiptir: inorganik ışık yayan materyaller kullanan aygıtlar ve organik ışık yayan materyaller kullananlar (OLED'ler). OLED hücre yapısı, saydam bir anot ile metalik katot arasına yerleştirilmiş ince organik katman yığımından oluşmaktadır. Hücreye uygun bir voltaj (tipik olarak birkaç volt) uygulandığında, enjekte edilen pozitif ve negatif yükler, ışık üretmek için yayıcı bir katmanda yeniden birleşir.

### ***Likit Kristal Ekranlar (LCD'ler)***

1971'den beri, *likit kristal ekranlar (LCD, Liquid Crystal Displays)* minyatür televizyonlar, dijital video ve fotoğraf makineleri ve monitörler dahil çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Likit kristaller ilk defa 19. yüzyıl sonlarında keşfedilmiş olup, katı ve sıvı halin bazı özelliklerini taşıyan neredeyse saydam maddelerdir. 1960'larda, likit kristallere elektrik yüklenmesinden moleküler düzenlerini ve sonuç olarak içinden geçen ışığın yolunu değiştirdiği keşfedilmiştir. LCD'den elde edilen üç görüntüleme tekniği aşağıda açıklanmaktadır.

*DSTN ekranlar:* Normal pasif matris LCD bir dizi katmandan oluşmaktadır. Birincisi metal oksit ile kaplanmış bir cam levhadır. Bir satır ve sütun elektrotlarından oluşan bir ızgara şeklinde çalışır ve ekran elemanlarını harekete geçirmek için gerekli olan akım bu ızgaralardan geçer ve STN (Super Twist Nematic) adı verilir. *İki taramalı (DSTN, Dual Scan STN)*, hızını arttıran, ayrıştırılmış satır ve sütun taramalarına sahip bir STN'dir. İlk renkli LCD ekranlar, çok renkli bir piksel oluşturmak için üç farklı LCD eleman üzerine ek basit kırmızı, yeşil ve mavi renkli filtreler kullanmaktadır.

*TFT ekranlar:* İnce film transistörlü (TFT, Thin Film Transistor) ekranlar (aktif matris olarak da bilinir) LCD paneline bağlı bir ekstra transistör matrisi kullanılır—her bir pikselin her bir rengi için bir transistör. Bu transistörler pikselleri yönetir, gölgelenme ve yavaş tepki hızı gibi sorunları bir vuruşta ortadan kaldırır. TFT ekranlar son derece ince ve bu nedenle son derece hafif üretilebilir ve yenileme hızları CRT'lere yaklaşmış ve akım ise bir DSTN ekrandan yaklaşık on kat daha hızlı çalışır.

*Polisilikon paneller:* Polisilikon (p-Si) TFT ekranlar, yaklaşık 450 °C sıcaklıklarda oluşturulan kristalize bir yapıyı kullanırlar. p-Si teknolojisinin büyük çekim noktası ise transistörlerin artan veriminin sürücü devresi ve çevre birimlerini ekranın yerleşik bir parçası haline getirilmesine izin vermesidir. Bu, ekranla ilgili bileşenlerin sayısını önemli düzeyde azaltır.

### ***Plazma Ekranlar***

*Plazma ekran panelleri (PDP'ler)* sofistike bir şekilde denetlenen ince Floresan tüplerinden oluşan bir matris olarak düşünülebilir. Her bir piksel veya hücre üç elektroda sahip bir küçük kapasitör içerir. Elektrot boyunca geçen bir elektrik yükü, onları dolduran nadir gazlar iyonlaştıkça plazma biçimine dönüştürülmesini sağlar. Enerji verildiklerinde, plazma hücreleri bir morötesi ışık yayar ve sonra her bir pikselin yüzü boyunca kırmızı, yeşil ve mavi fosforlara çarpar ve bunları uyararak parlamalarını sağlar.

İmalatı LCD'lerden daha basit olup maliyetleri aynı modelde CRT'lere benzemektedir. Ancak, plazma ekranlarının nihai sınırlaması ise piksel boyutudur. Günümüzde, üreticiler uzun vadede bile 0.3 mm'den daha küçük pikselleri nasıl elde edeceklerini görememektedir.

*ALiS*, yüzeylerin alternatif ışıklandırılması, düşük çözünürlük kısıtlamasının üstesinden gelen bir PDP'dir. Teknik, tek seferde tarama yerine binişmeli tarama kullanır, elektrotların aynı aralıklarda bulunmakta olup aralarındaki boşluklar ekran çizgileri olarak kullanılır. Böylece, çözünürlük aynı sayıda elektroda sahip geleneksel bir ekrana göre ikiye katlanabilir.

*Plazma adresli likit kristal ekran (PALCD)* PDP ve LCD'nin önemli bir hibritidir. Bir görüntünün üretilmesinde gazın iyonlaşma etkisi yerine, PALCD, TFT LCD'lerin aktif matris tasarımı yerine LCD ekran elemanlarını etkinleştirmek için plazma yükünü kullanan anotlar ve katotlar ızgarası kullanır.

### ***Yüzey İletme Elektron Yayıcı Ekran (SED)***

*Yüzey iletme elektron yayıcı ekran (SED, Surface conducted Electron emitter Display)* Canon ve Toshiba tarafından geliştirilmekte olan düz panel, yüksek çözünürlüklü bir ekrandır. Plazma ekran teknolojisinin yerine geçmesi beklenmektedir. Benzeri bir ekran boyutu için, SED elektrik enerjisini ışığa dönüştürmek için 5 lm/W veya daha fazla verimliliğinden dolayı bir CRT ekranın gücünün yarısı kadar veya PDP'lerin üçte biri kadar güç tüketmektedir.

SED, ekrandaki piksellerin sayısına eşit bir miktarda, CRT'nin elektron tabancasına benzer bir şekilde, elektron yayıcıları ile donatılmış bir cam levhadan oluşmaktadır. Bunun hemen yanında ise, fosfor benzeri bir Floresan madde ile kaplanmış başka bir cam tabaka bulunmaktadır. İki cam levhasının arasında ise vakum bulunmaktadır. SED'in merkezinde bulunan elektron yayıcıları için kilit nokta, iki elektrik kutbu arasındaki son derece yakın parçacık filminden oluşan son derece ince (birkaç nanometre genişliğinde) bir yarığın bulunmasıdır. Elektronlar, 16 V'dan 18 V'a potansiyel fark uygulandığında yarığın bir tarafından yayılır. Bu elektronlardan bazıları, yarığın diğer tarafında dağınık olarak yerleştirilmiş ve cam levhalar arasına uygulanan başka bir potansiyel fark (yaklaşık 10 kV) ile ivme kazandırılır ve Floresan kaplı cam levha ile çarpışarak ışığın yayılmasını sağlarlar.

SED'ler LCD'ler ve PDP'lere göre dinamik renk ifadeleri, keskin bir görüntü ve daha hızlı video tepkisi sağlayabilir.

### ***Alan Emisyonlu Ekranlar (FED)***

CRT'lerin yaptığı gibi tek bir hantal tüp kullanmak yerine, *Alan Emisyonlu Ekranlar (FEDs, Field Emission Displays)*'ler her bir piksel için küçük "mini tüpler" kullanır ve ekran bir LCD ekranla yaklaşık olarak aynı boyutta üretilebilir. Her bir kırmızı, yeşil ve mavi alt pikseller arka tarafından keskin noktalar veya nanokoniler ile etkili bir minyatür vakumlu tüptür. FED'ler sadece "çalışan" piksellerden ışık ürettiklerinden, güç tüketimi ekran içeriğine bağlıdır. Bu her zaman çalışan LCD arka aydınlatmasından daha iyidir.

FED uygulamalarından birisine ThinCRT adı verilir. Elektron ışınları, boşaltılmış bir cam tüp içinde negatif yüklü elektrotlardan (katotlardan) fırlatılır. Elektronlar, tüpün ön kısmındaki fosforlara çarpar, bunların parlamasını ve yüksek çözünürlüklü bir görüntü oluşturmalarını sağlar. Geleneksel CRT'ler büyük çan şekilli bir tüpten oluşurken, ThinCRT neredeyse 3.5 mm inceliğinde düz bir tüp kullanır.

### ***HAD (Holografik Otostereoskopik Ekran) Teknolojisi***

*Holografik otostereoskopik ekran* (HAD, Holographic Autostereoscopic Display) LCD teknolojisinin basit bir dönüştürülmüş hali olup LCD'nin arka aydınlatması yerine bir Holografik optik eleman (HOE, Holographic Optical Element) kullanır.

Bu, her bir göze karşılık gelen iki grup yatay bantlara bölünmüştür. Sonuç olarak sol göz bir görüntüyü görürken, sağ göz başka bir görüntü görür ve böylece bir 3D etkisi yaratılmış olur.

### **2.1.6 Bilgisayarlar Her Yerde**

Son yıllarda iletişim teknolojisinde yaşanan büyük ilerleme, birçok insanın yaşamını etkilemekte olup bilgi ve online hizmetlere neredeyse her yerde ve herhangi bir zamanda erişim sağlamaktadır. Ancak büyük devrim henüz gelmedi. Uzmanlar, yakın bir zamanda kolay ve hızlı İnternet bağlantısı ile birlikte bilgisayarlar neredeyse tüm aygıtlara gömülü olacağını ve yeni uygulamalara izin vereceğini öngörmüştür.

Aşağıdaki bölümler bilgisayarların her yerde olmasına katkıda bulunan çeşitli teknolojileri tanıtmaktadır.

### ***Gömülü Sistemler***

Günümüzde, gömülü bilgisayar sistemleri her yerde bulunmaktadır: sayısız ürün, belirli özel uygulamaları gerçekleştirmek için bir veya daha fazla mikroişlemciye dayanan elektronik sistemler içermektedir. Bunlar arasında cep

telefonları, PDA'ler, oyuncaklar, ev aletleri, endüstriyel ekipmanlar, otomotiv ve uçak aygıtları ve daha birçok diğer günlük ürünler bulunmaktadır [7]. Böyle gömülü sistemler (*ESs, Embedded Systems*) günümüzde satılan mikroişlemcilerin büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır.

Gömülü sistemler ana özelliği, belirli fonksiyonlara adanmış donanım ve yazılımları ve tipik bir bilgisayardan oldukça farklı olabilen arayüzleridir. İnsan arayüzü basit olabilir. Kablosuz iletişim kaynakları ve dış dünya ile diğer etkileşim şekilleri (çeşitli sensörler ve çıktı cihazları) sıklıkla karşılaşılmaktadır. Eğilim, birçok uygulamada geleneksel ve çok fonksiyonlu mikro bilgisayarların yerine uzmanlaşmış ekipmanların kullanımına doğrudur. Ancak, ES'ler normal şartlarda, boyut, ağırlık, güç tüketimi, maliyet ve işlevsellik gibi bazı özelliklere ilişkin sıkı kısıtlamalara sahiptir. Diğer taraftan, performans ve gerçek zamanlı kabiliyetleri maliyetleri ile orantılıdır.

Multimedya ve gömülü Java sanal makinaları gibi uygulamalardan dolayı daha kompleks ekipmana olan talep artmaktadır. Böylece ES'ler, daha yüksek işlem kabiliyetleri, daha fazla bellek ve ağ bağlantı kaynakları ile daha güçlü olmalıdır.

### ***Pervasif Bilişim***

Başta kablosuz olmak üzere günümüzün iletişim kaynakları, sağlanan büyük hareketlilik, taşınabilirlik sayesinde bilgisayarların her yerde bulunma durumunu daha da yoğunlaştırmaktadır. Kablosuz LAN (WLAN) donanımlı ekipman, dinamik bir şekilde kullanılabilir ve ağ bağlantısı için tek gereklilik, bir ekipman parçasının diğerine yakınlığıdır [12,13].

Kablosuz iletişim talep üzerine ağların uygulanmasını sağlayarak bir yerde geçici olarak hareket eden çeşitli mobil nodları gruplandırır ve kısa ömürlü bir ağ oluşturur. Talep üzerine ağ uygulamalarının en ilginç olanlarından biri de dağıtım ve görünmez bilgi işlem ortamları sağlayan pervasif bilişimdir. Pervasif bilişim, gelecekte evler, binalar ve yolları ele geçirecek, geniş bağlanırlık sağlayan kişisel alan ağlarının (PANs, Personal Area Networks) oluşturulmasını sağlar.

Uzmanlar, yüksek hızlı iletişimin yaygınlaşması gibi çeşitli teknolojilerin gelişimine bağlı olduklarından spekülasyonların birçoğunun gerçekleşmesi için en az beş yıla ihtiyaç olduğunu tahmin etmektedir. Arıza durumunda veya bir arıza meydana gelmeden önce imalatçı ile iletişime geçen bilgi ev aletleri gibi yeni uygulamalar mümkün olacak ve hatta imalatçı arızayı uzaktan tamir edebilecektir. Başka bir örnek ise, süpermarketten otomatik olarak yiyecek sipariş eden bir buzdolabı.

### ***Taşınabilir Bilgisayarlar***

En yaygın taşınabilir bilgisayarlar arasında kişisel dijital asistanlar (*PDA, Personal Digital Assitants*) bulunmaktadır. Randevular, adres rehberi ve notlar gibi kişisel bilgileri aramak ve kaydetmek için kullanılan ajanda ve küçük bilgisayarın

evrimleşmiş halidir [10,12]. Boyut olarak küçük, taşınabilir ve kullanımı kolaydır. PDA ekranlar yaklaşık 16.5 cm boyuta sahip monokrom veya renkli LCD'lerdir. Veri girişi, bir *stylus* (kalem benzeri bir çubuk) ve dokunmatik ekran ile el yazısı tanıma yazılımına dayanmakta veya her bir harfi ekran klavyesine yazmak suretiyle yapılmaktadır. Bazı PDA'lar harici küçük bir klavye sağlamaktadır. PDA bellek kapasiteleri 2 ila 64 MB arasında değişmekte ve işletim sistemi, programlar ve verileri saklamak için kullanılmaktadır. Bazı PDA'lar genişletme bellek kartlarına izin vermektedir.

PDA'lar için çeşitli işletim sistemleri bulunmaktadır, bunlar arasında Palm Inc.'in Palm OS, Microsoft Windows Mobile, Linux ve Psion'dan Epoc sayılabilir. PDA'lar veri paylaşımı (senkronizasyon) amacıyla bir seri kablo (RS 232 veya USB) veya kızılötesi yuvası üzerinden PC'lere bağlanabilir. Bazı PC senkronizasyon yazılımları Outlook ve Lotus Organizer gibi popüler uygulamaları desteklemektedir. Modem, uzaktan senkronizasyon ve İnternet erişimi (özel web tarayıcılar ile) için kullanılmakta; e-postalara da (alım/gönderim) erişim sağlanmaktadır.

Bazı PDA'lar MP3 müzik ve sesli kitap dinlemeye izin vermektedir. PDA ile entegre edilebilecek, tarayıcılar, kablosuz iletişim, GPS alıcıları, cep telefonları ve dijital kameralar gibi birçok farklı aksesuar bulunmaktadır.

Makul bir işlemci ve depolama kabiliyetleri, sağlamlık, kolay arayüz, düşük güç tüketimi, düşük maliyet ve güçlü programlama araçlarına sahip olup yeni uygulamaları teşvik etmektedir. Restoranlar, müzeler, mağazalar, tarım araçları ve diğer birçok yerde kullanılmaktadırlar.

### ***Giyilebilir Bilgisayarlar***

Birçok bilgisayar tüm gün boyunca kullanıcıları ile etkileşime girmemektedir. Dizüstü Bilgisayarlar ve yakın zamanlarda PDA'lar mobiliteye sahip ancak hala sınırlı bir kullanımı bulunmaktadır. *Giyilebilir bilişim (WC, Wearable Computing)* bu durumu değiştirmekte, kullanıcıya bilgisayarı bir elbise parçası, gözlük veya saat gibi takılabilmesini sağlamakta ve her zaman aktif, farkında ve akıllı bir asistan gibi hareket ederek proaktif bir şekilde çoğu zaman etkileşime girmektedir [6, 8, 11].

Bu statüyü elde etmek için, WC'lerin mobilitayı sağlamak için bazı özelliklere (örneğin hafiflik), kullanıcının etrafındaki ortam hakkında bilgi toplamak için sensörler, kablosuz iletişim araçları ve minimum el kullanımı gerektiren arkadaş dostu bir arayüze sahip olmalıdır. Uzmanlar, yakın bir zamanda birçok aygıtın-çağrı cihazları, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, PDA'lar, müzik oynatıcılar ve radyoların birçok insan tarafından giyilebilecek WC'lerde birleşeceğini öngörmektedir.

### **2.1.7 Sonuç**

Donanımın son zamanlardaki evrimi, teknoloji tarihinde muhtemelen eşî benzeri yoktur. Her yıl yeni kavramlar geliştirilmekte, yeni materyaller ortaya

çıkmakta ve yeni limitler aşılmaktadır. Bu evrimin ardında çok fazla çaba bulunmaktadır. Milyar dolarlık bir pazar bulunmaktadır. Bir zamanlar sorun olduğu düşünülen mikroelektronikğin fiziksel limitleri yeni ilerlemeler ve alternatif teknolojiler ile aşılabacaktır. Evrimin inanılmaz hızı, herhangi bir yavaşlama işareti göstermemektedir. Gelecek, “bilgisayarlar her yerde” düşüncesinin bugün öngördüğümüz şekilde olmasa da beklediğimiz veya istediğimizden çok daha fazla nüfuz etmiş bir şekilde gerçekleşeceğini gösterebilir.

### **Kaynaklar**

1. Seeger, K. 1997. Semiconductor Physics and Introduction. 6th ed. Springer-Verlag.
2. Schaller, B. 1996. The Origin, Nature, and Implications of “Moore’s Law”. In The Benchmark of Progress in Semiconductor Electronics. Available at: <http://mason.gmu.edu/~rschalle/moorelaw.html>. Accessed 3 March 2005.
3. Jurvetson, S. 2001. Transcending Moore’s Law. Tech News - CNET.com. Available at: <http://news.com.com/2010-1071-281576.html>. Accessed 3 March 2005.
4. Mullins, J. 2001. The topsy turvy world of quantum computing. IEEE Spectrum (2): 42-49.
5. Pinnel, M. R. 2000. Display Technology Overview. San Jose, CA: United States Display Consortium.
6. Rhodes, B. 1997. The wearable remembrance agent: A system for augmented memory. In Proc. of 1st International Symposium on Wearable Computers 123-128.
7. Koopman Jr., P. D. 1996. Embedded system design issues (The rest of the story). In Proc. of International Conference on Computer Design (ICCD 96). Austin, TX: EUA.
8. 1997. 1st International Symposium on Wearable Computers. Cambridge, MA: IEEE Computer Society.
9. Zorpette, G. 2001. The quest of spin transistor. IEEE Spectrum, 30-35.
10. The Palm Computing Platform—An Overview. Available at: <http://www.wirelessdevnet.com/channels/pda/training/palmoverview.html>. Accessed 3 March 2005.
11. PCWorld.com. Wearable PCs offer function, not fashion. 1999. PC World Communications, Inc. Available at: <http://www.pcworld.com/news/article/0,aid,14535,00.asp>. Accessed 3 March 2005.
12. Hansmann, U., L. Merk, M. S. Nikolous, and T. Stober. 2003. Pervasive Computing. 2nd ed. Springer Professional Computing.
13. Weiser, M. 1991. The computer for the 21st century. Scientific American 265(3): 94-104.