

BİLGİSAYAR ORGANİZASYONU ve TASARIMI

YRD. DOÇ. DR. FATİH KELEŞ

İÇERİK

- ▶ Giriş
- ▶ Organizasyon & Mimari
- ▶ Bilgisayarın Gelişimi

Bilgisayar Organizasyonu

- ▶ Bir bilgisayarın temel işlemlerini anlamak
 - İlkel komutlar (instructions)
 - Aritmetik
 - Komutları sıralama ve işleme
 - Bellek
 - Giriş / Çıkış
 - vb.
- ▶ Soyut kavramlar arasındaki ilişkileri anlamak
 - Arayüz tasarıımı
 - Sinyalleri kontrol etmek için yüksek seviyeli program (SW -> HW)
- ▶ Yazılım performansı alt donanımı anlamaya bağlıdır
 - HW

Bilgisayar Tasarımı

- Komut Kümesi Tasarımı
 - Makine Dili
 - Derleyici Bakışı
 - Bilgisayar Mimarisi
 - Komut Kümesi İşlemcisi
 - Bilgisayar Donanımı Tasarımı
 - Makine Gerçekleştirmi
 - Mantık Tasarımcısı Bakışı
 - İşlemci Mimarisi
 - Bilgisayar Organizasyonu
- “Building Architect”** **“Construction Engineer”**

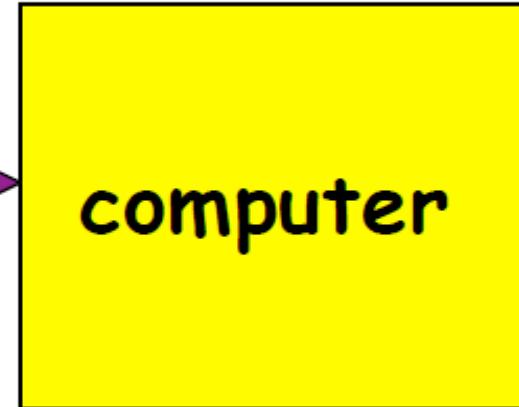
Few people design computers! Very few design instruction sets!

Many people design computer components.

Very many people are concerned with computer function, in detail.

Bilgisayar Donanımı

Program



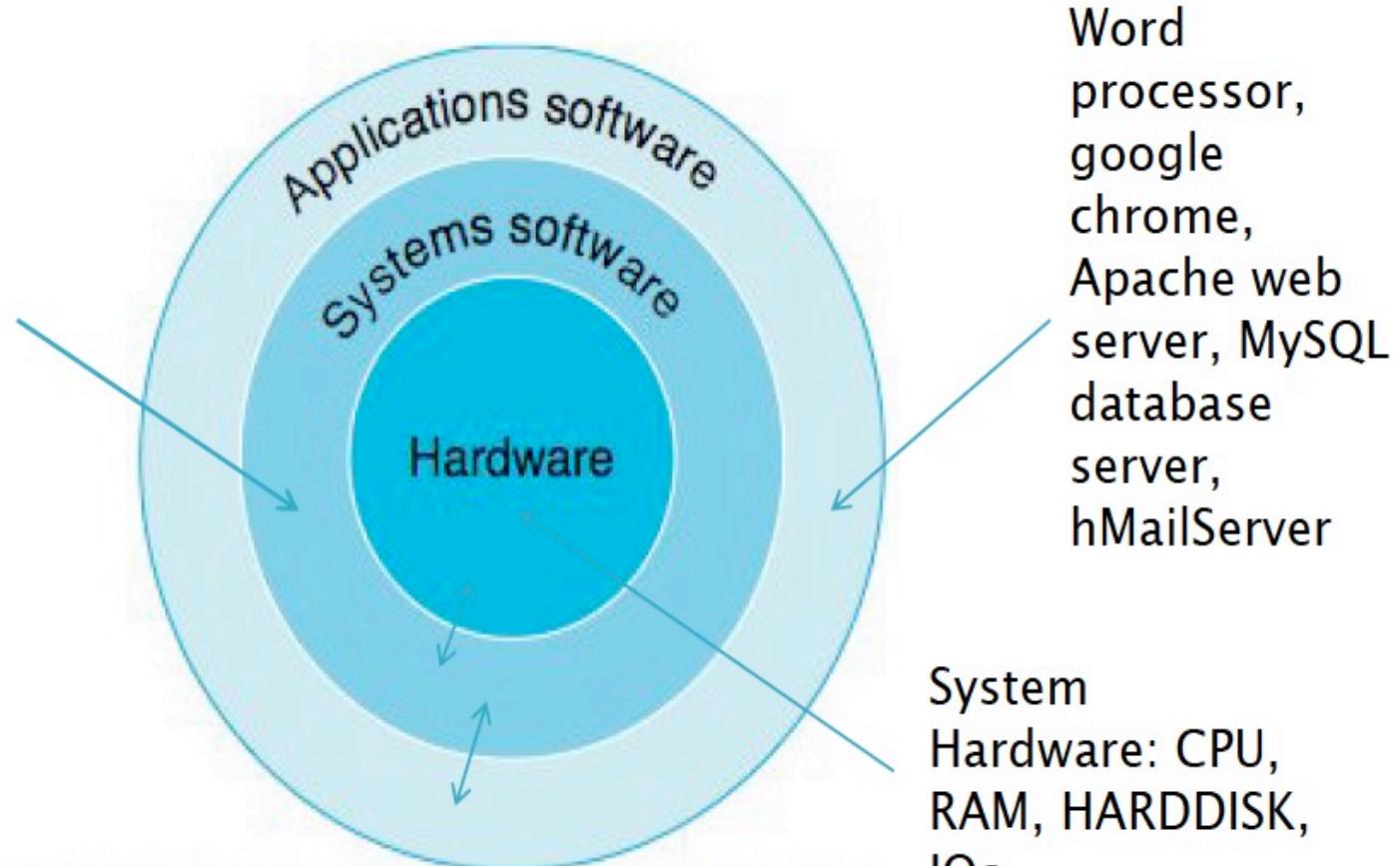
Bilgisayar bir komut icra makinesidir...
Tüm bilgisayarların donanımı aynı mıdır?

- Mekanik
- Pnömatik
- Elektronik
- Kuantum
- Biyolojik

Yazılım Katmanları

Operation
Systems:
Windows, Linux
MacOS...

Compilers: C,
C#, C++,



Mimari & Organizasyon

- ▶ **Mimari:** Programcının gördüğü tüm bileşenler ve program icrasında doğrudan etkili olan özelliklerle ilgilidir. Komut Kümesi, Data simgeleme için kullanılan bit sayısı, I/O sistemi, adresleme türleri
 - Örneğin bir çarpma komutu var mı?
- ▶ **Organizasyon:** Bileşenlerin veya özelliklerin nasıl gerçekleştiği, işlemel birimler, onların bağlantıları.. Kontrol işaretleri, arabirimler, bellek teknolojisi vs..
 - Örneğin bir donanımsal çarpma ünitesi var mı?
veya art arda toplama yaparak mı çarpma yapıyor?

Mimari & Organizasyon

- ▶ Bütün Intel x86 ailesi aynı temel mimariye sahiptir
- ▶ IBM System/370 ailesi aynı temel mimariyi paylaşır

Fakat farklı versiyonlarının organizasyonları farklılık gösterir.

IBM ailesinde, mevcut yazılım terkedilmeksızın daha hızlı ve daha ucuz yeni modeller hedeflendi.

Mimarisi aynı olduğu halde organizasyonu değiştirdi.

Mimari & Organizasyon

Mikrobilgisayarda Mimari / Organizasyon İlişkisi

Teknolojideki değişim hem organizasyonu hem de daha güçlü ve daha karmaşık mimari eldesini etkiledi..

(RISC türü yapılarda mimari ve organizasyonel tasarım kararlarında daha fazla etkileşim vardır...)

Yapı (Structure) & Fonksiyon

- Bir bilgisayar sistemini tanımlamak için hiyerarşisinin bilinmesi gereklidir. Her seviyede sistemin bileşenleri ve iç ilişkileri tanımlıdır.
- Tasarımcı her seviyede yapı ve fonksiyon ile ilişkilidir.
- Yapı bileşenlerin birbiri ile ilişkili olma biçimidir.
- **Fonksiyon** yapının bir parçası olarak her bir bileşenin yaptığı işlemi tanımlar.

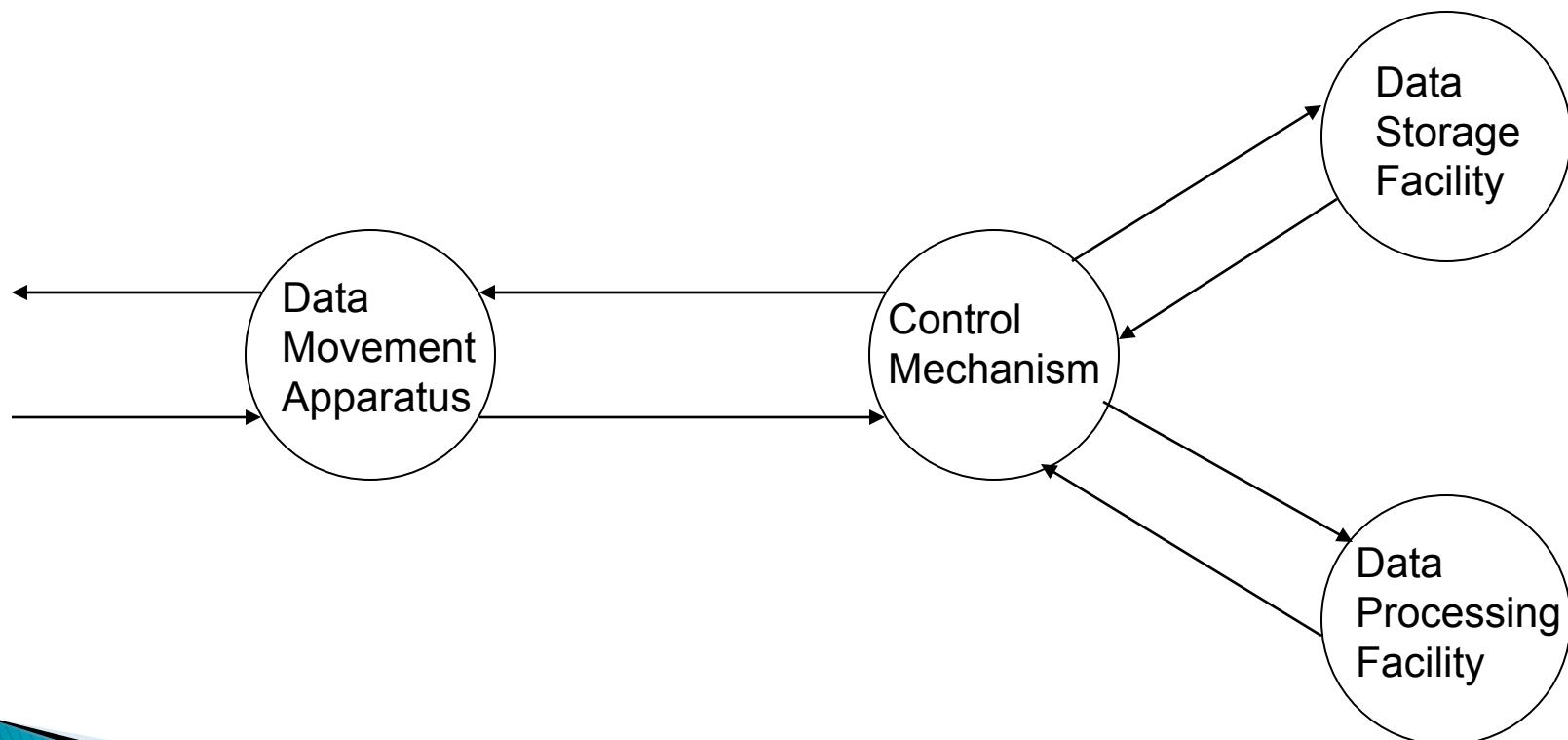
Fonksiyon

► Tüm bilgisayar fonksiyonları:

- Data İşleme
- Data saklama
- Data hareketi
- Kontrol

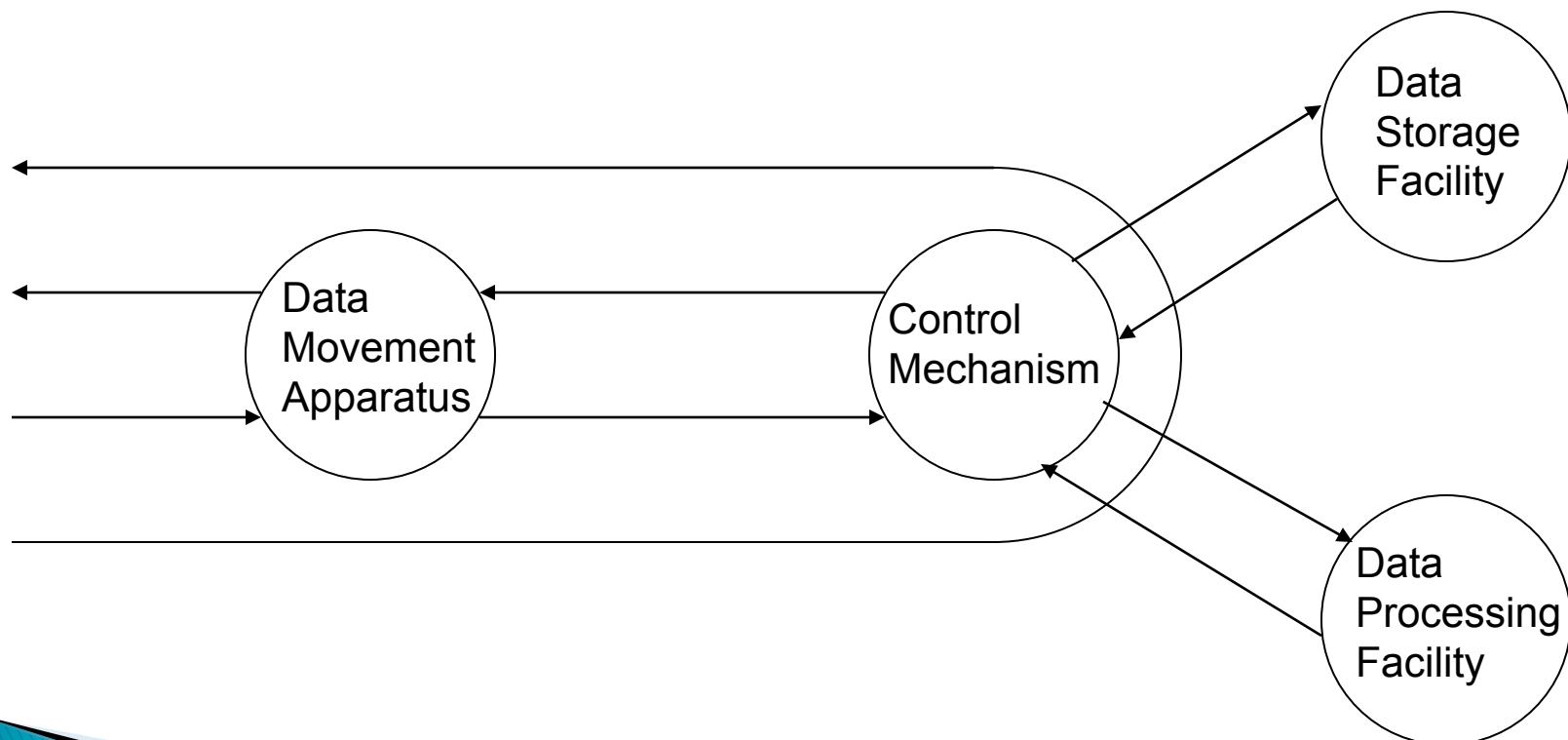
Fonksiyonel Görünüm

- ▶ Bir bilgisayarın Fonksiyonel Görünümü



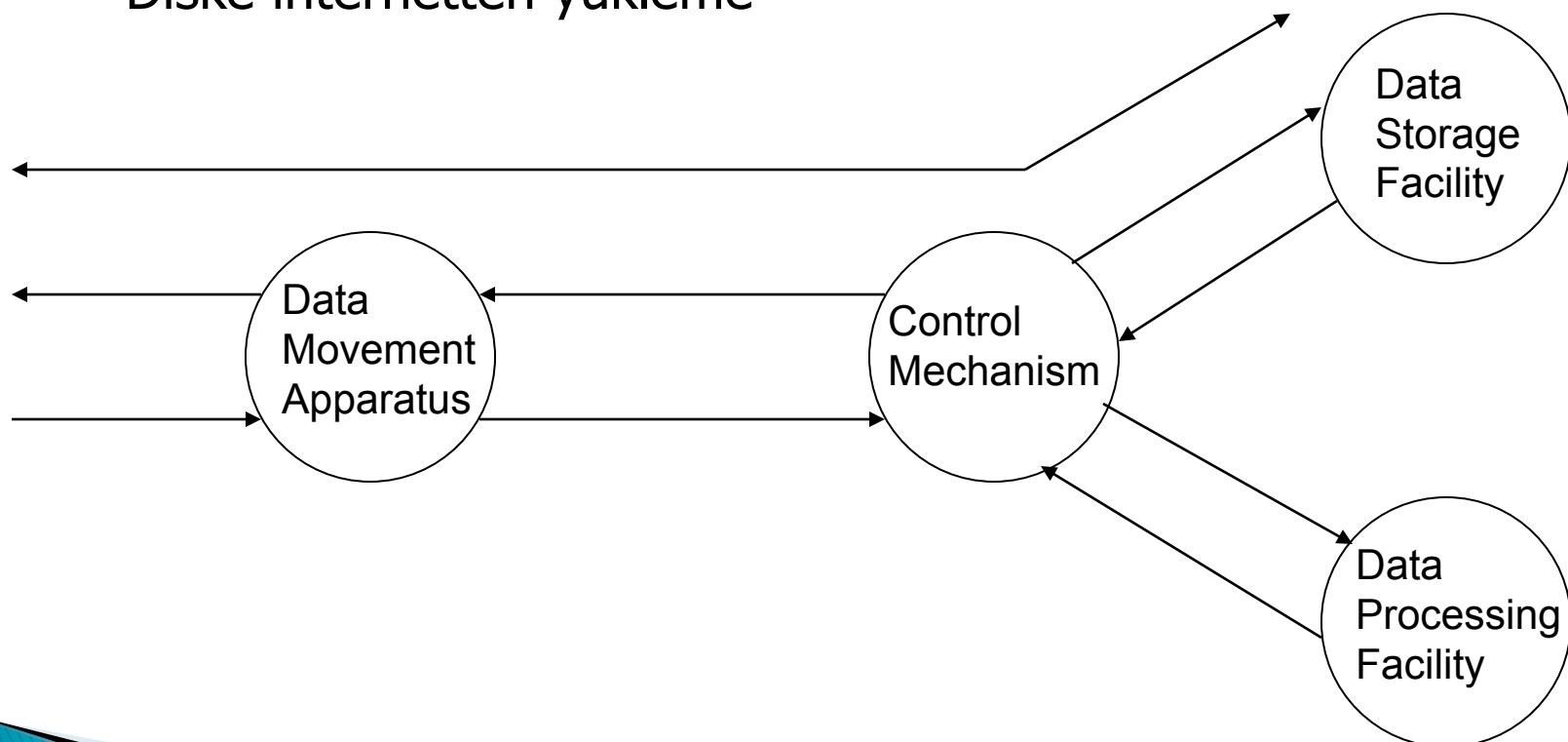
İşlemler / Operations (1)

- ▶ Data hareketi: klavyeden ekrana veya uzun mesafeli data iletişimini



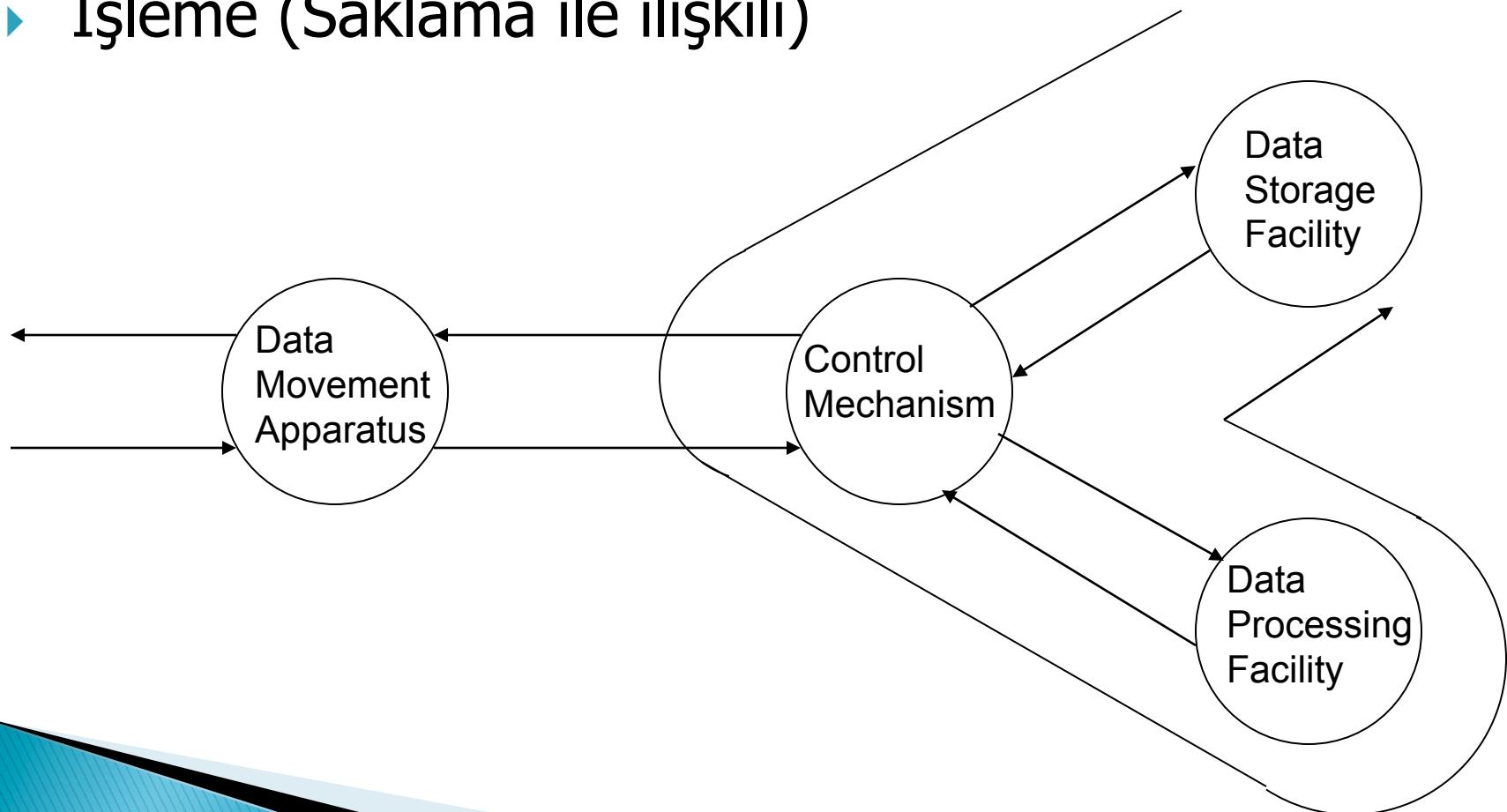
İşlemler (2)

- ▶ Saklama (okuma ve yazma)
 - Diske internetten yükleme



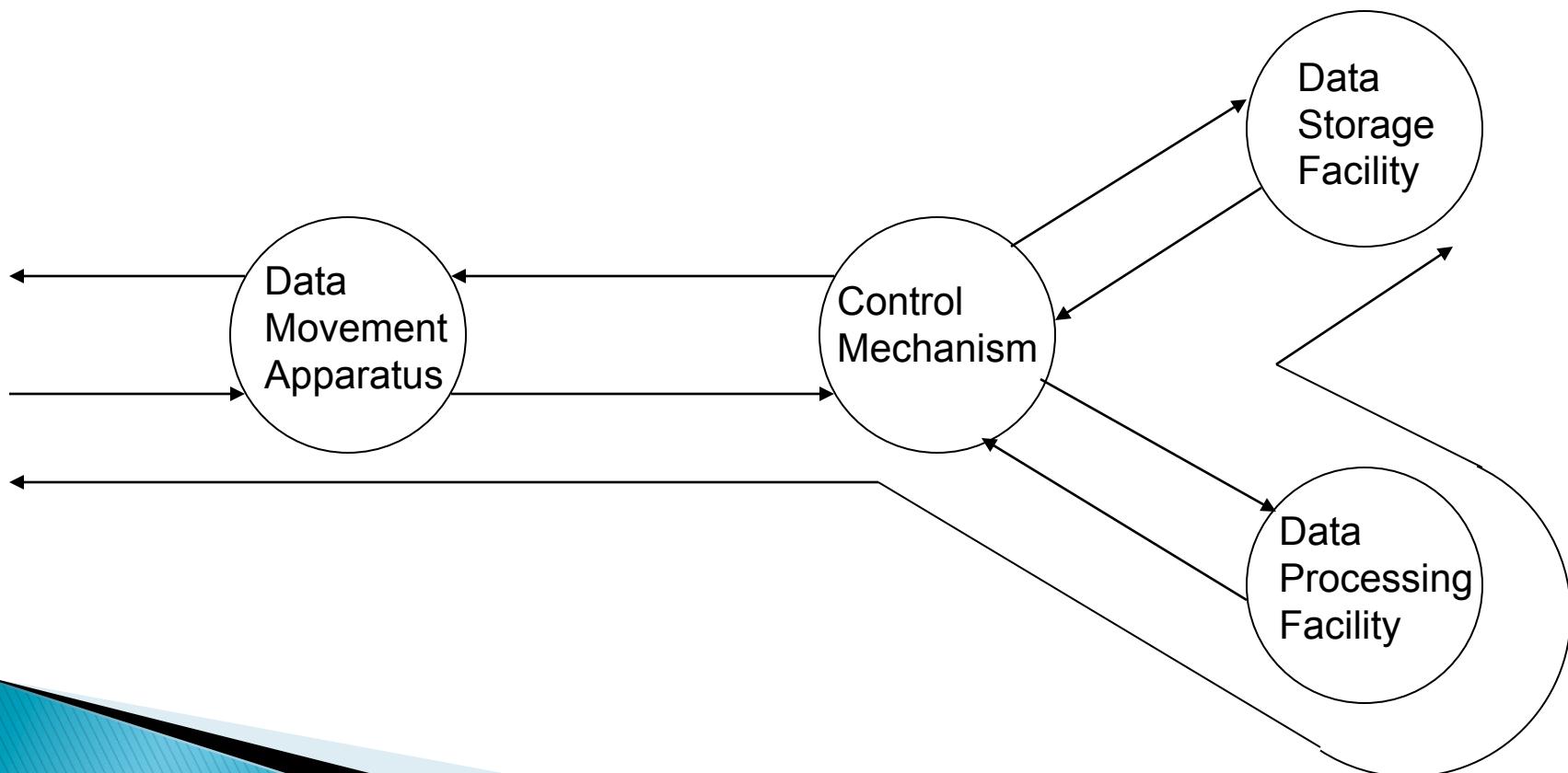
İşlem (3)

- ▶ İşleme (Saklama ile ilişkili)

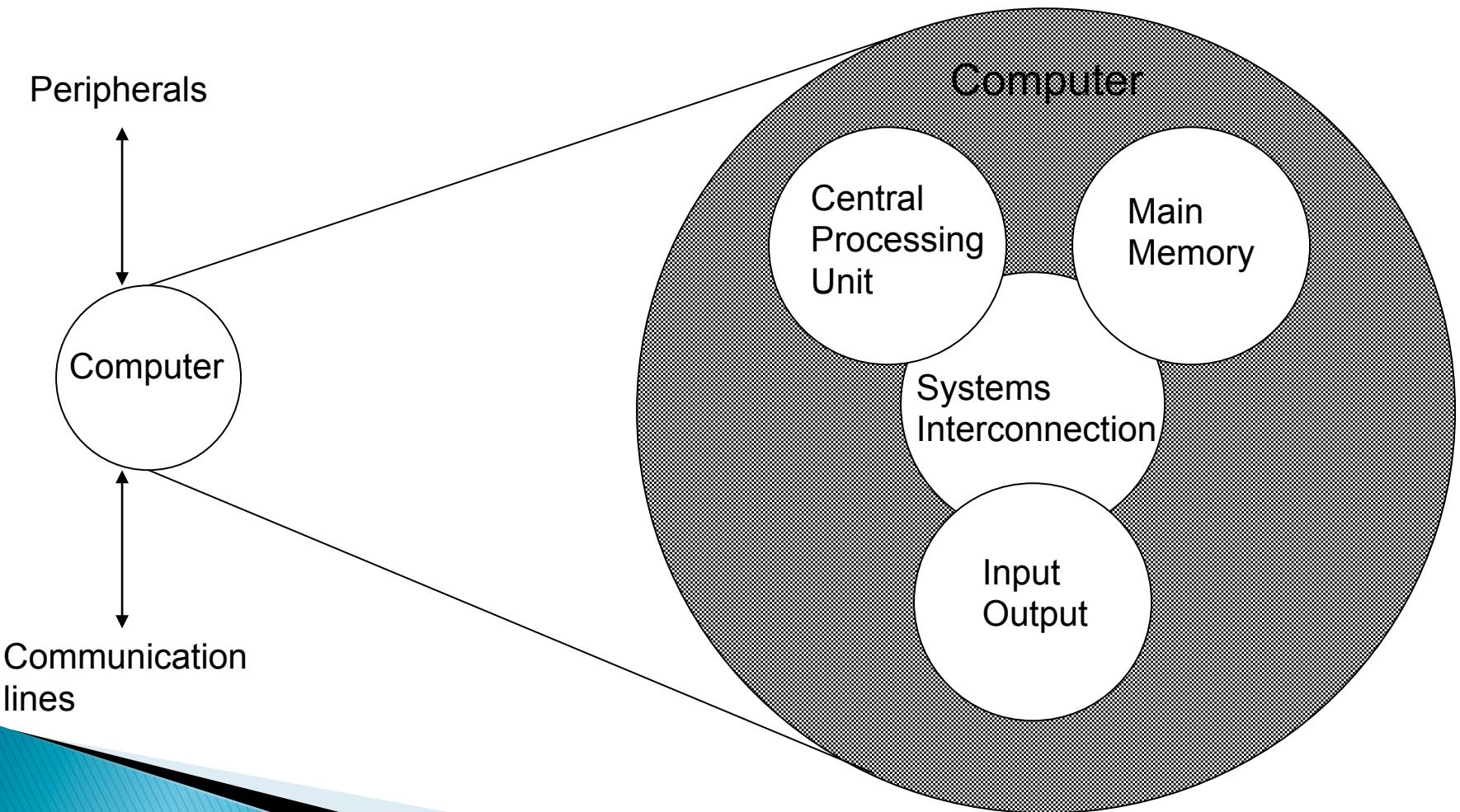


İşlem (4)

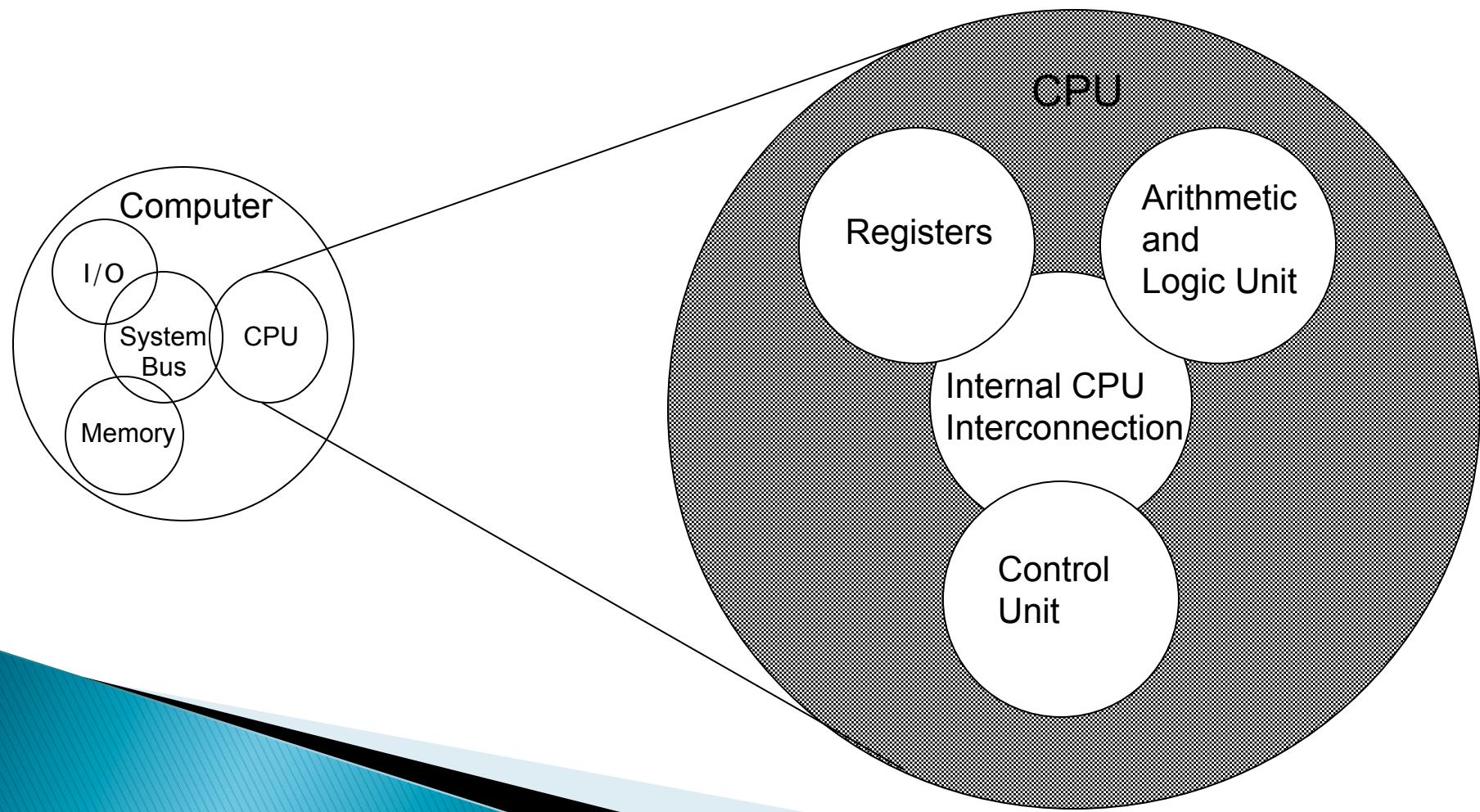
- ▶ Saklama ve I/O sistem arasında yönlendirme



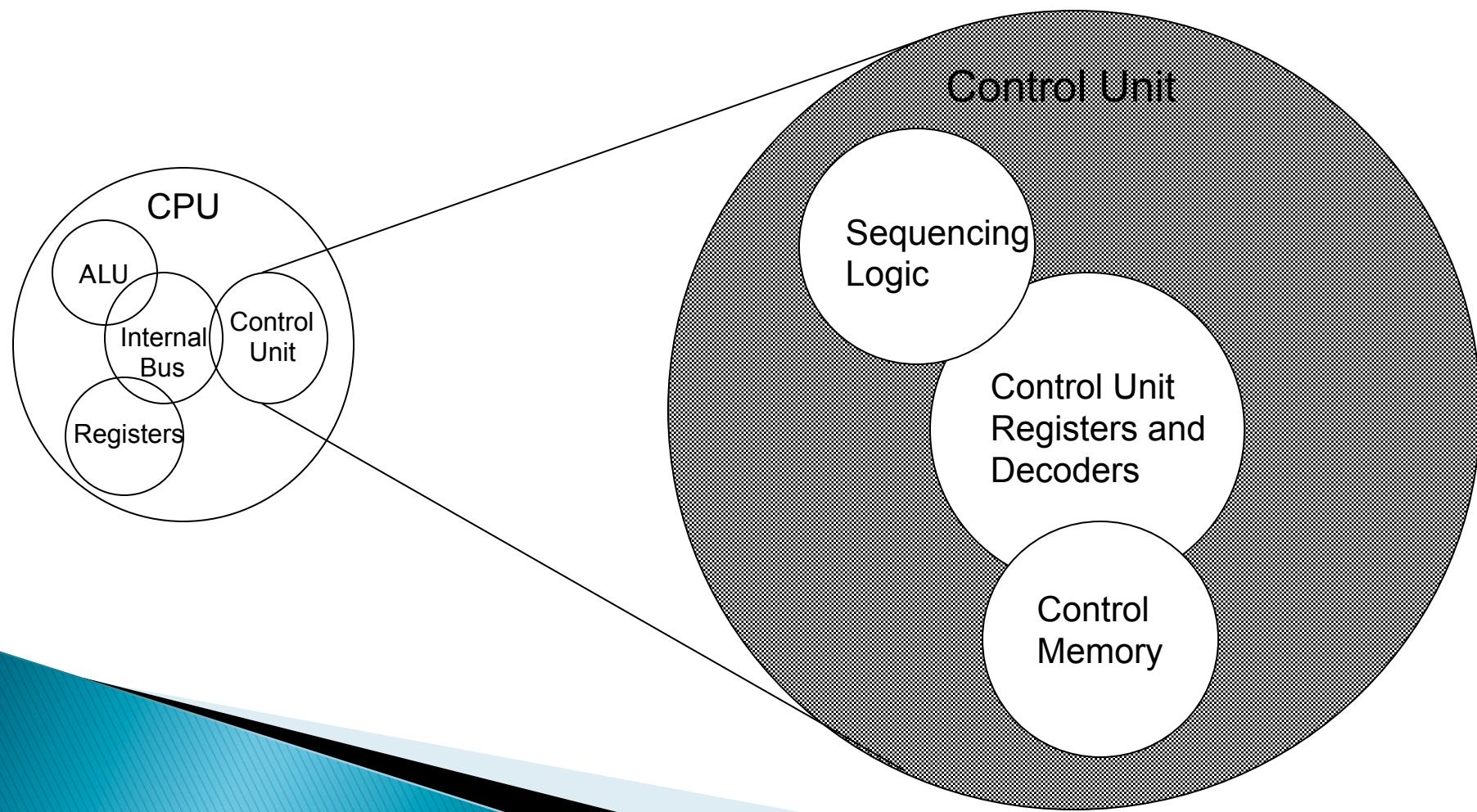
Yapı: Top Level



Yapı - CPU



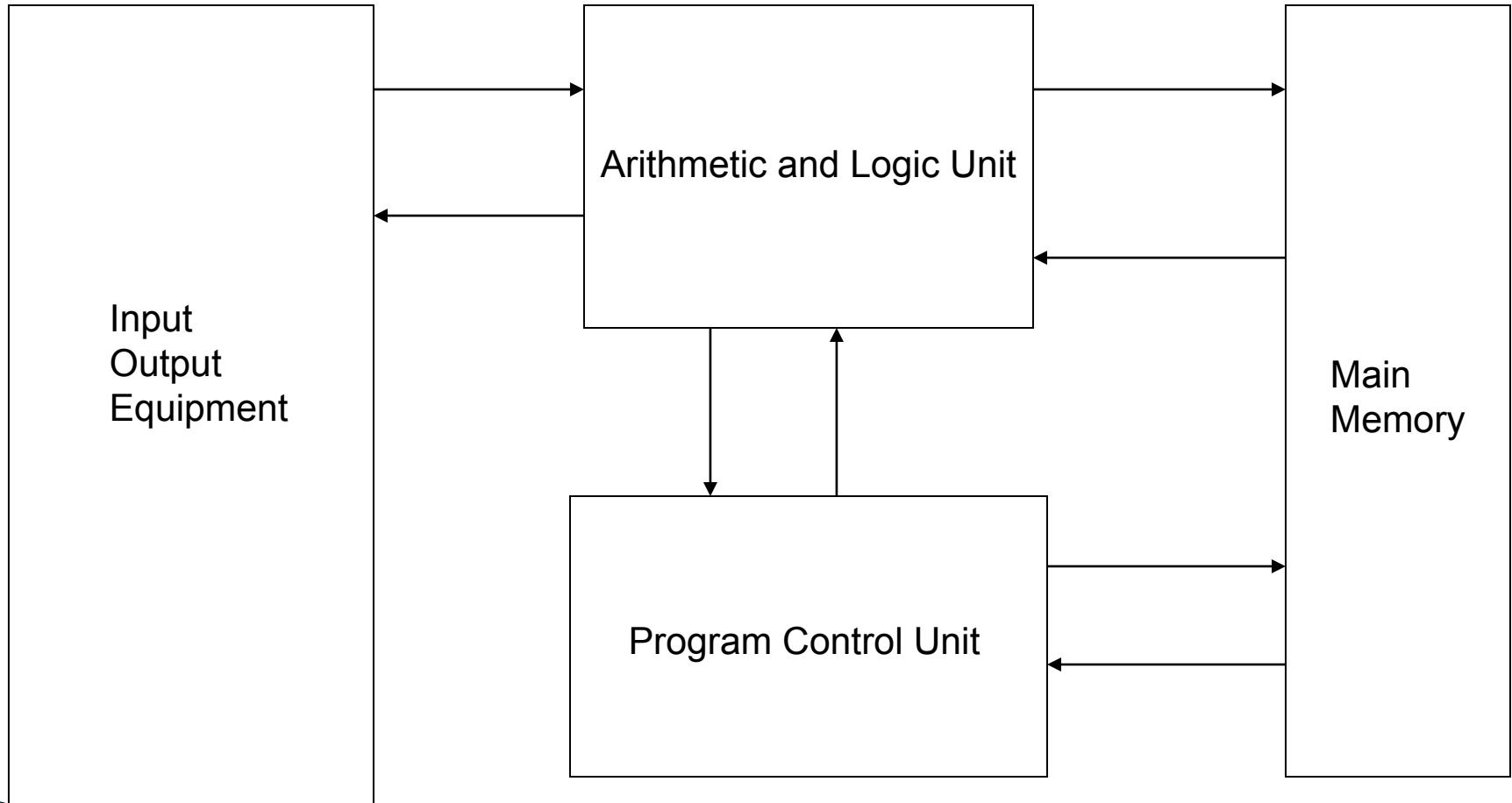
Yapı - Kontrol Ünitesi



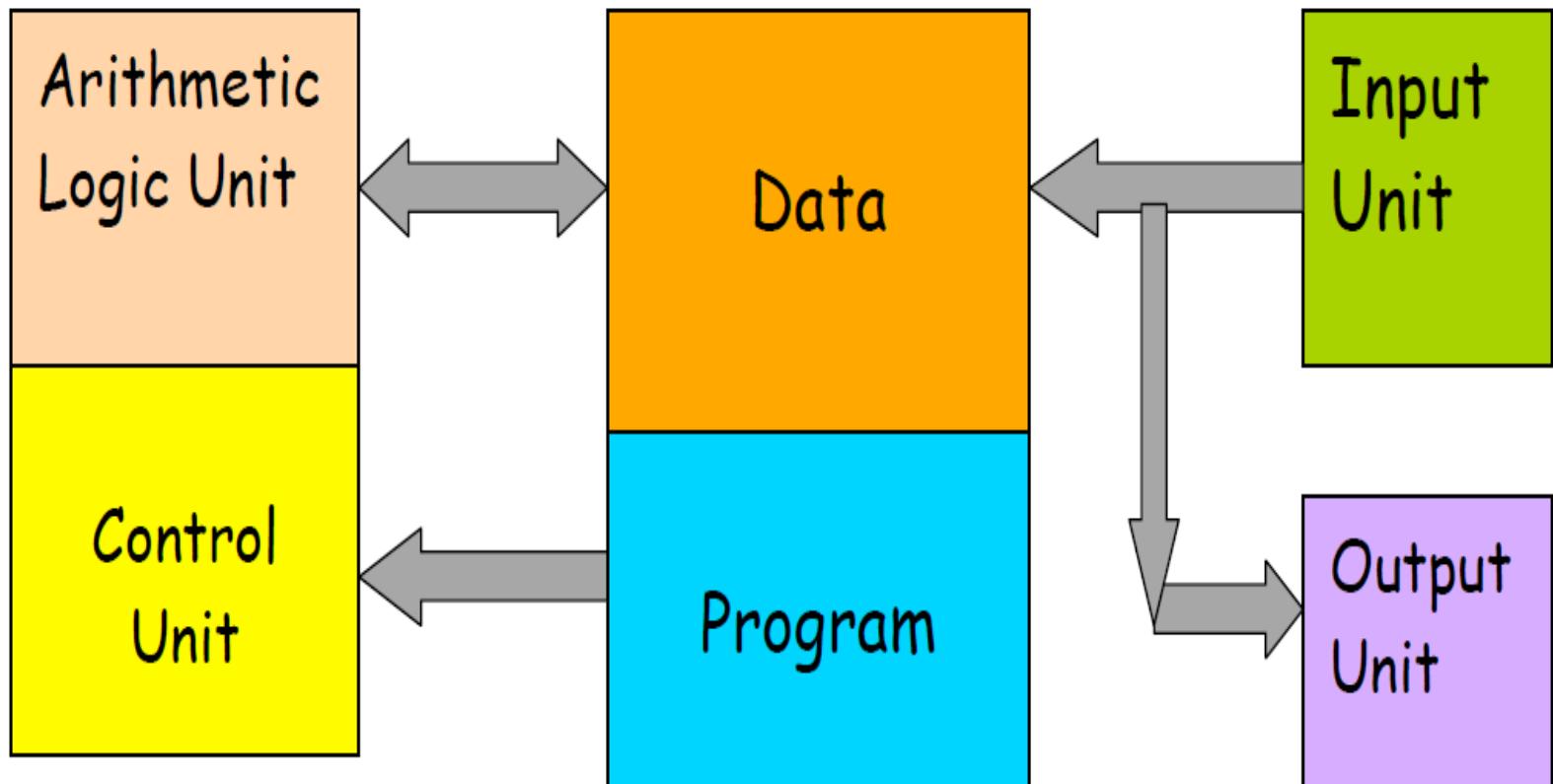
Von Neumann / Turing

- ▶ Programı saklama kavramı
- ▶ Program ve datanın ana bellekte saklanması
- ▶ ALU ikili data işleme
- ▶ Kontrol Ünitesi: Bellekten alınan komutları yorumlama ve icrası
- ▶ Giriş-Çıkış elemanları
- ▶ 1952 yılında, Princeton Institute for Advanced Studies IAS tarafından tanımlandı...

Von Nuemann model yapısı



Von Nuemann model yapısı



CPU or Processor

MEMORY

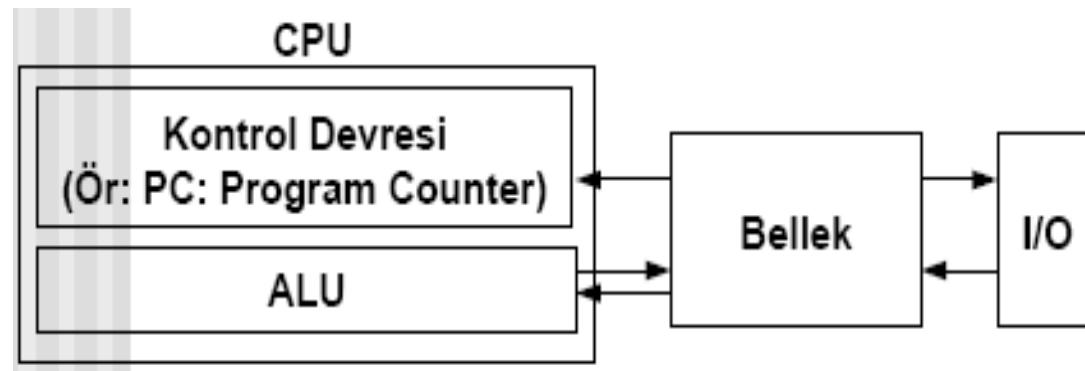
I/O

Temel Mimariler

▶ Von Neumann Mimarisi

Program ve veri belleğini aynı bellek alanında kullanma temeline dayanan mimari

- Genel amaçlı mikroişlemciler

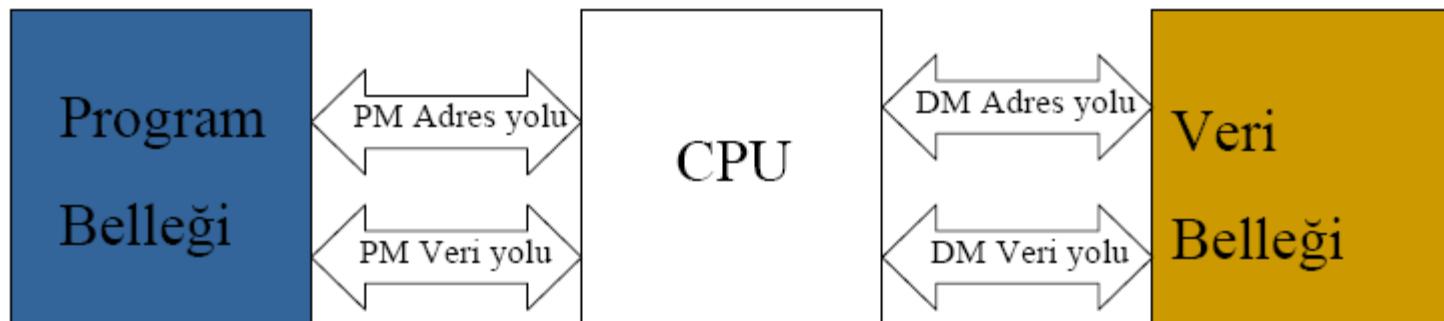


Temel Mimariler

▶ Harvard Mimarisi

Program ve veri için aynı anda çalışabilen birbirinden farklı iki bellek alanı kullanımına dayanan mimari

- ENIAC
- DSP işlemcileri..



Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

- Bilgisayar denildiğinde ilk akla gelen kişisel bilgisayarlar ilk defa 1981 yılında IBM tarafından geliştirildi ve bir anda endüstriyel standart haline geldi. IBM PC'ler Intel işlemciliydi ve beraberinde verilen Microsoft DOS işletim sistemi ile çalışmaktadır.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Mekanik çağ

- MÖ 500 yılında ilk mekanik hesap makinesi olan **abacus** babilliler tarafından geliştirilmiştir.
- 1642 yılında Blaise Pascal dişliler ve tekerleklerden oluşan bir hesap makinesi geliştirdi.
- Her dişlide 10 diş bulunmaktadır. Bir tur atıldığında diğer bir diş atlayarak hesap yapmaktadır.
- 1947 yılında Charles Babbage Analytical Engine isimli bir hesap makinesi geliştirmeye başlamıştır. Augusta Ada Byron'ın yardımıyla geliştirdiği bu makine punch card kullanmaktaydı.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Elektrik çağı

- 1800'lü yıllarda elektrik motorlarındaki gelişmelerin sonucunda Pascal tarafından mekanik olarak geliştirilen hesap makinesi motorlar tarafından çalıştırılır hale gelmiştir.
- 1970'li yıllara kadar işyerlerinde yaygın olarak kullanılmıştır.
- 1970'li yıllarda el hesap makinesi **Bomar Brain** geliştirilmiştir.
- Konrad Zuse 1936 yılında mekanik ve 1941 yılında ise elektromekanik hesap makinesini geliştirmiştir.
- 1940'lı yıllarda Konrad Zuse Z3 isimli ilk modern bilgisayarı geliştirmiştir.
- Z3 5.33 Hz clock frekansına sahipti.
- 1943 yılında Alan Turing tarafından vakum tüplerle **Colossus** isimli elektronik hesap makinesi geliştirilmiştir.
- Colossus yeniden programlamamaktadır ve özel amaçlı (special-purpose) bilgisayar olarak adlandırılmaktadır.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

İlk jenerasyon : Vakum tüpleri

- **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer) ilk genel amaçlı elektronik bilgisayardır.
- ENIAC 1946 yılında tamamlanmıştır. 30 ton ağırlığında yaklaşık 1500 m^2 ve 17000 adet vakum tüpten oluşmaktadır.
- ENIAC 140 kW gücünde ve saniyede 5000 toplama işlemi yapabiliyordu.
- John von Neumann 1945 yılında hem datanın hem de programın hafızada saklanması fikrini ortaya atmış ve **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Computer) isimli bilgisayarı geliştirmiştir.(stored-program)
- Daha sonraki yıllarda **UNIVAC** (Universal Automatic Computer) gibi ticari bilgisayarlar geliştirilmiştir.

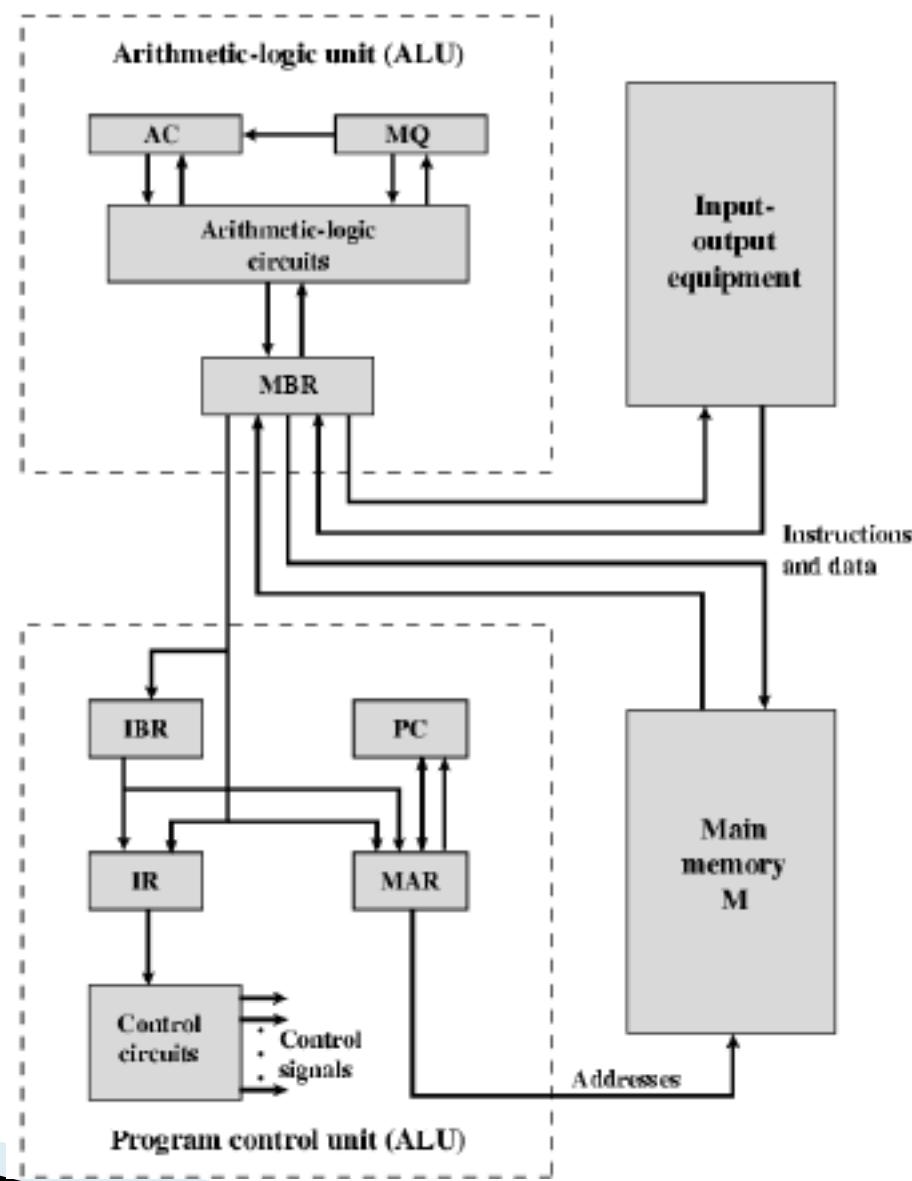
Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

IAS Bilgisayar

- von Neumann ve arkadaşları IAS (Institute for Advanced Studies) bilgisayarı geliştirdiler.
- 1000 x 40 bit words
 - Binary number
 - 2 x 20 bit instructions
- Register'lar (CPU içinde)
 - Memory Buffer Register
 - Memory Address Register
 - Instruction Register
 - Instruction Buffer Register
 - Program Counter
 - Accumulator
 - Multiplier Quotient

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

IAS Bilgisayar - Mimarisi



Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

İkinci jenerasyon : Transistorler (10.000 transistörden oluşan bilgisayar)

- Elektronik bilgisayarlardaki en büyük değişim vakum tüplerin yerine transistorlerin kullanılmaya başlanmasıdır.
- Transistor 1947 yılında Bell laboratuarlarında bulunmuştur.
- 1950'li yılların sonlarında komple transistorlerden oluşan bilgisayarlar üretilmiştir.

Üçüncü jenerasyon : Entegre devreler

- Entegre devreler çok sayıda discrete eleman'dan (transistor) oluşmaktadır. Small/Medium Scale Integration olarak adlandırılır.

Dördüncü jenerasyon

- Large Scale Integration (bir chip içinde 1.000 transistor)

Beşinci jenerasyon

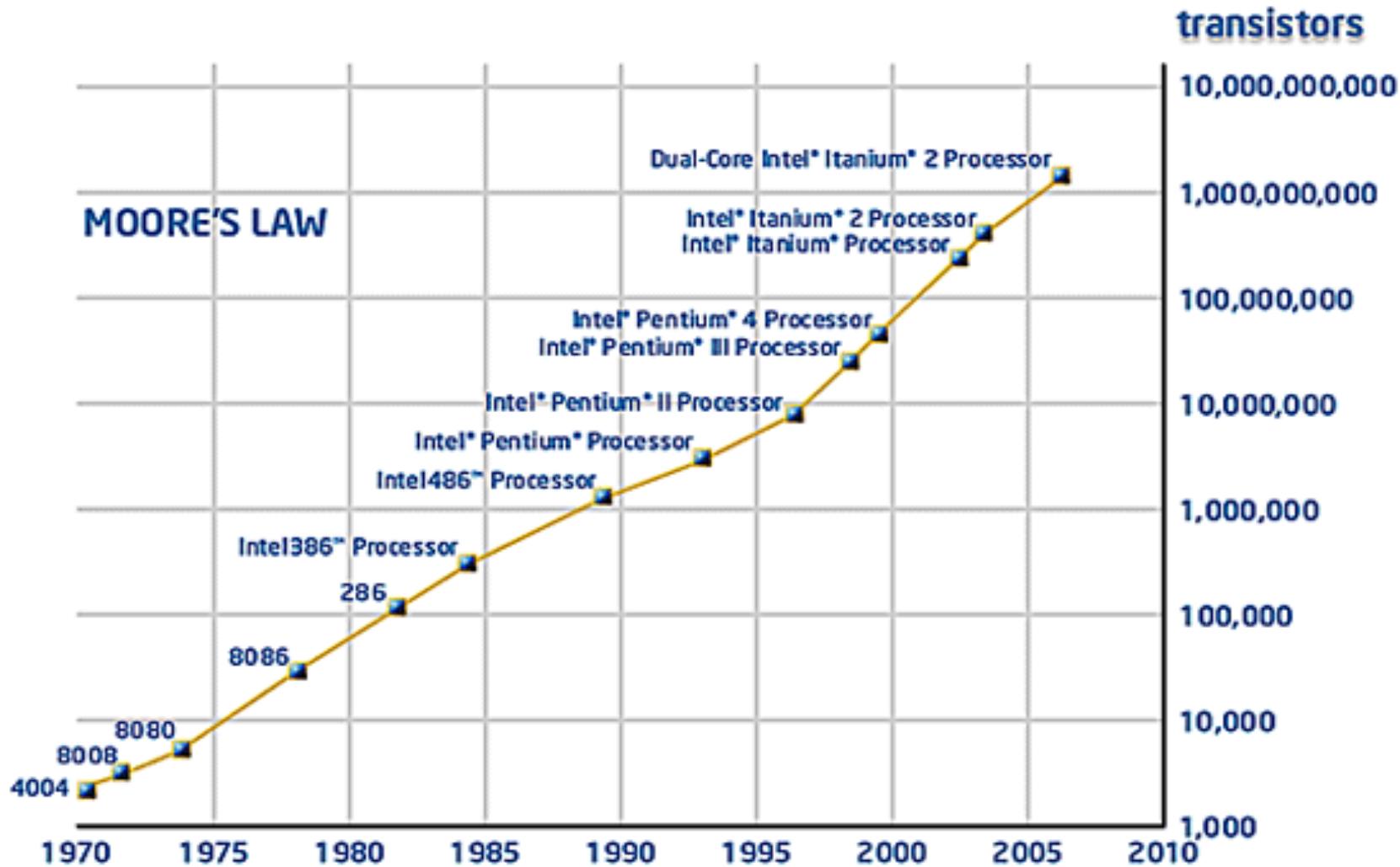
- Very Large Scale Integration (bir chip içinde 10.000 transistor)

Altıncı jenerasyon

- Ultra Large Scale Integration (bir chip içinde 1 milyondan çok transistor)

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

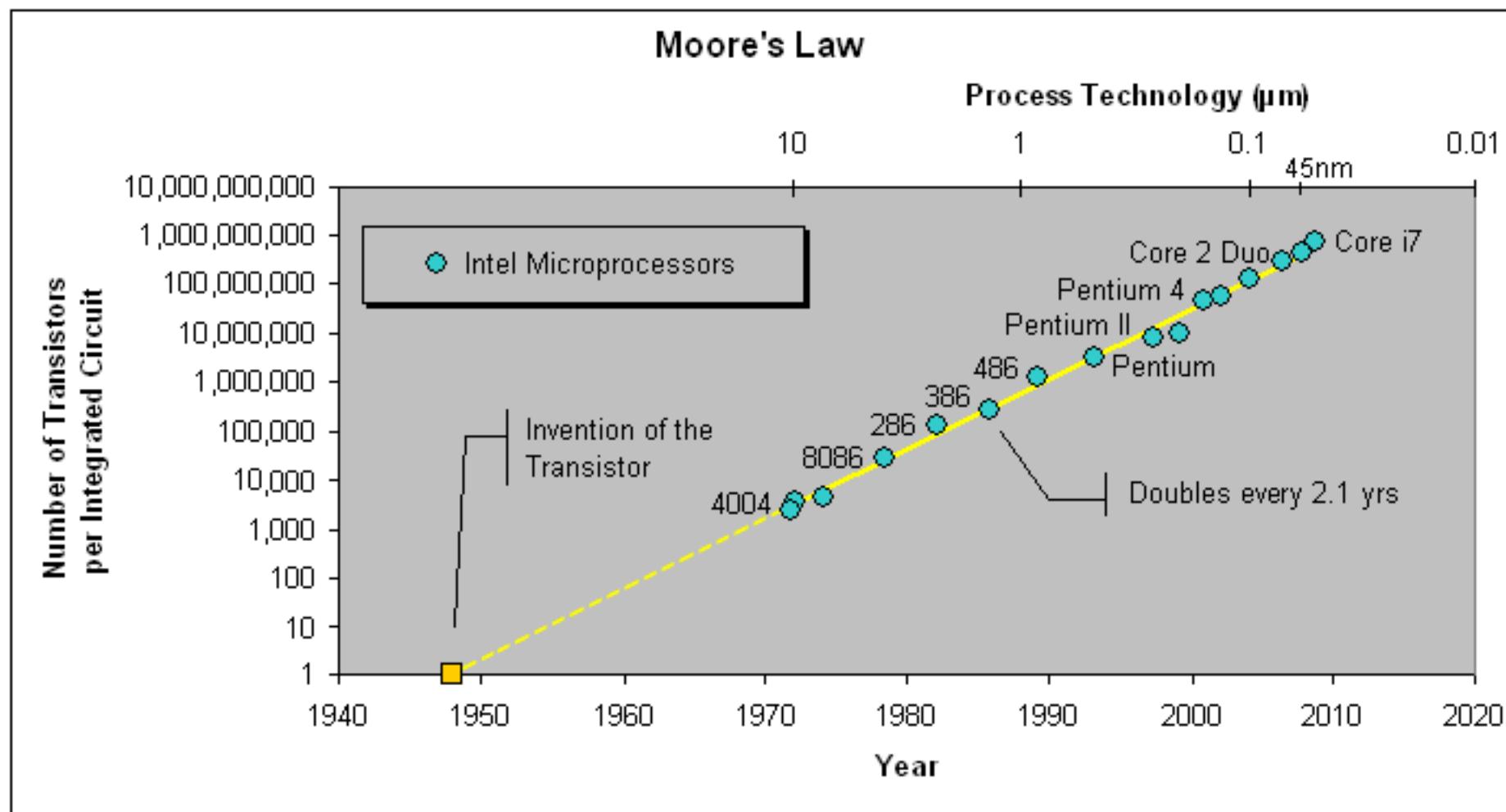
Moore Yasası



Graph taken from: <http://www.intel.com/technology/mooreslaw/index.htm>

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

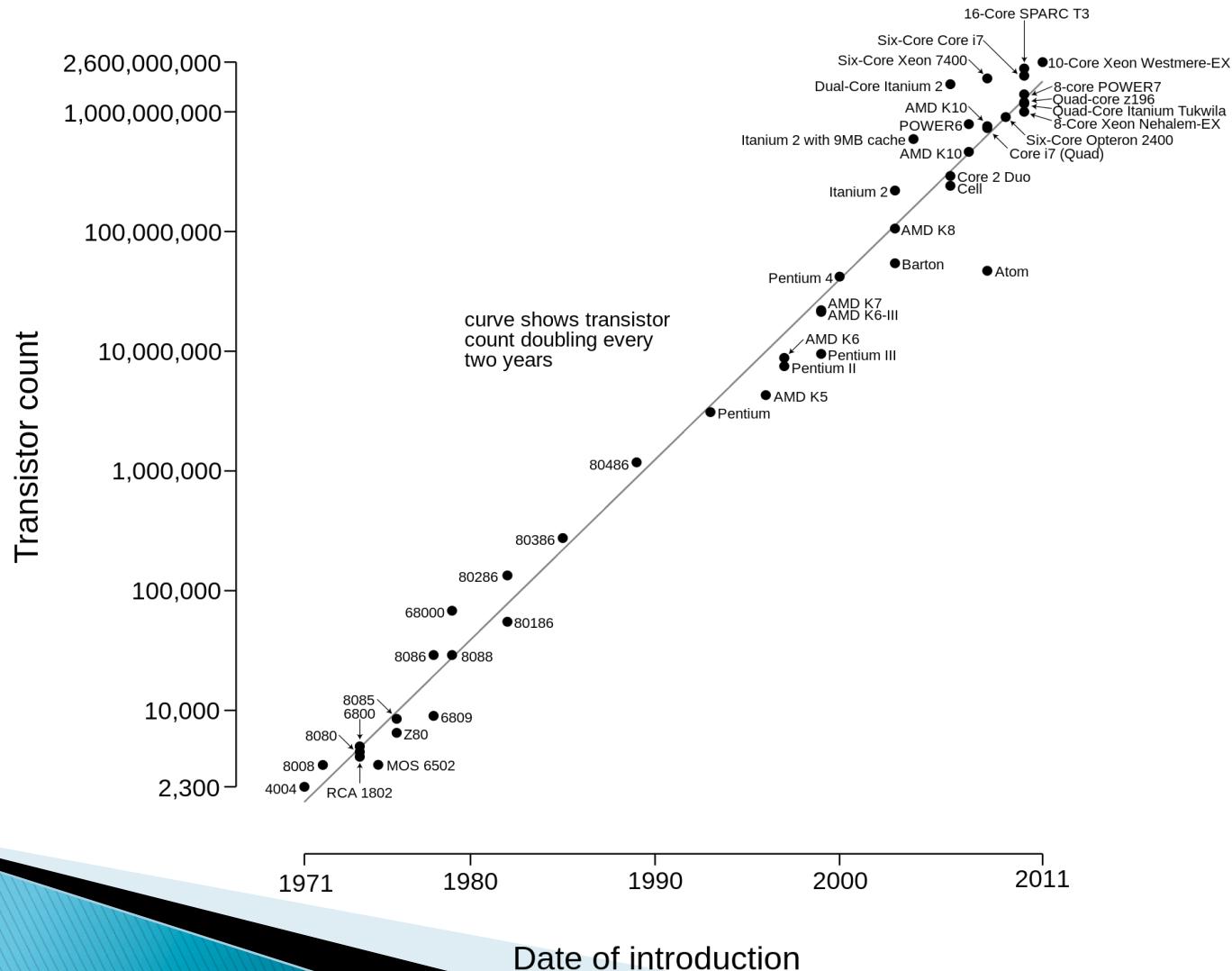
Moore Yasası



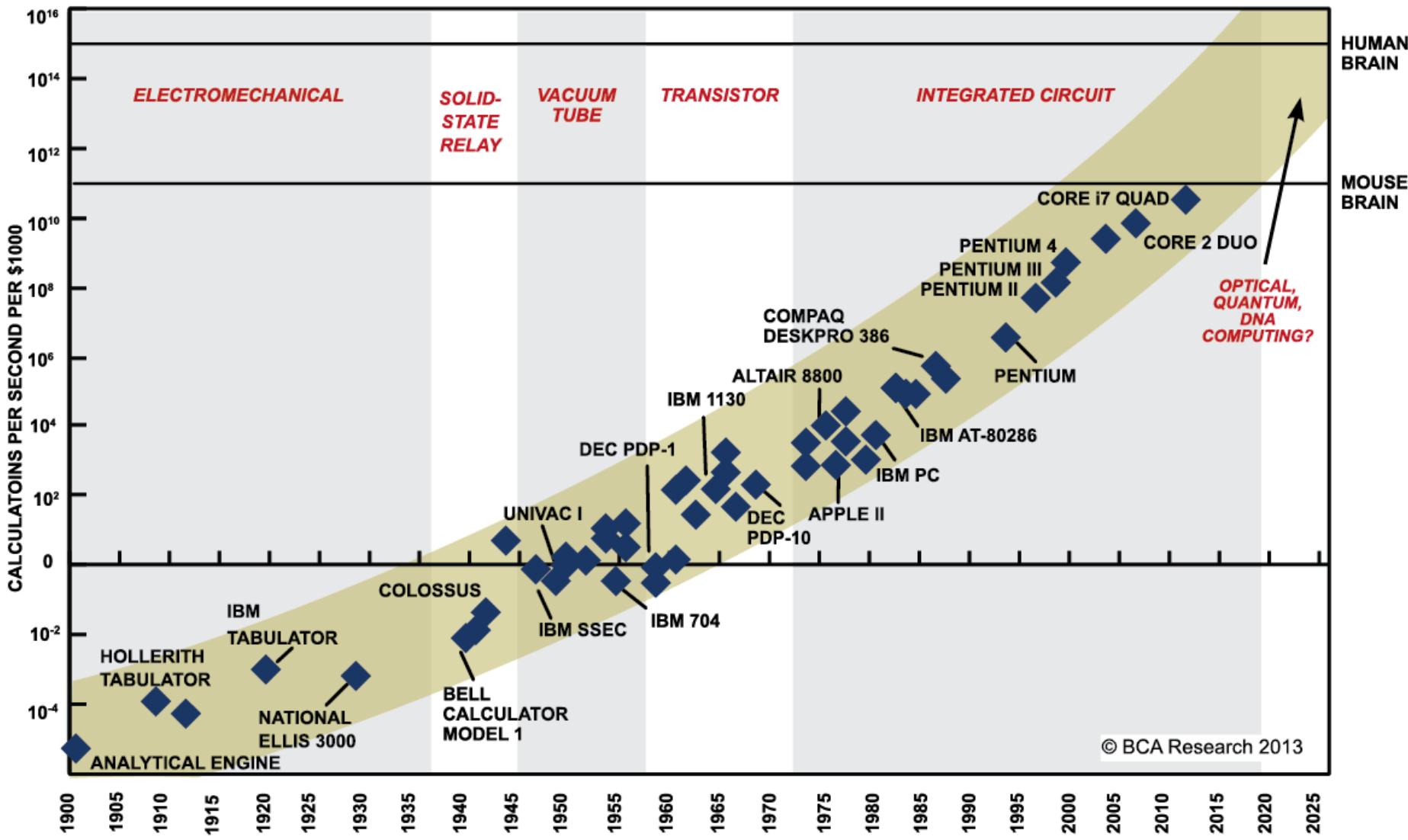
Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Moore Yasası

Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law



Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi



SOURCE: RAY KURZWEIL, "THE SINGULARITY IS NEAR: WHEN HUMANS TRANSCEND BIOLOGY", P.67, THE VIKING PRESS, 2006. DATAPoints BETWEEN 2000 AND 2012 REPRESENT BCA ESTIMATES.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Mikroişlemci çağı

- Intel 1971 yılında ilk mikroişlemci olan **4004** 'ü geliştirdi.
 - 4096 hafıza alanı adresleme kapasitesine sahiptir.
 - Her adres alanı 4 bit (nibble) genişliğindedir.
 - 4004 mikroişlemci komut kümesinde toplam 45 komut vardır.
 - Saniyede 50 KIPs (kilo-instructions per seconds) hızındadır.
 - 1946 yılında geliştirilen 30 ton ağırlığındaki ENIAC bilgisayar 100 KIPs hızındadır.
 - 4004 daha yavaştır ancak çok daha hafiftir.
- Intel 1972 yılında **8008** mikroişlemcisiyi geliştirdi.
 - 4004 mikroişlemcinin 8-bit versiyonudur.
 - 8008 16 KByte adresleme kapasitesine sahiptir.
 - 8008 komut seti toplam 48 komut vardır.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Mikroişlemci çağı (devam)

- Intel 1974 yılında **8080** 'i geliştirdi.
 - 64 KByte hafıza alanı adresleme kapasitesine sahiptir.
 - 8008'den 10 kat daha hızlıdır (500 KIPs)
 - MITS Altair 8800 bilgisayarda kullanılmıştır.
 - MITS Altair 8800 için BASIC dili yorumlayıcısı 1975 yılında Bill Gates ve Paul Allen tarafından geliştirilmiştir.
 - MITS Altair 8800 için assembler programı Digital research Corporation tarafından geliştirilmiştir.
- Intel 1977 yılında **8085** mikroişlemciyi geliştirdi.
 - 64 KByte hafıza alanı adresleme kapasitesine sahiptir.
 - Intel'in son 8-bit mikroişlemcidir.
 - Yaklaşık 769 KIPs hızındadır.

Bilgisayarın Tarihsel Gelişimi

Modern mikroişlemciler

- Intel 1978 yılında **8086** ve bir yıl sonra **8088**'i geliştirdi.
 - 16 bit mikroişlemcilerdir.
 - 1 MByte hafıza alanı adresleme kapasitesine sahiptirler (8085'ten 16 kat fazla).
 - 2.5 MIPS hızındadır (bir instruction 400ns).
 - 8086/8088 işlemcilerde ilk defa 4-6 byte cache kullanılmıştır ve bazı instruction'lar prefetch yapılmıştır.
- Intel 1983 yılında **80286** mikroişlemciyi geliştirdi.
 - 16-bit mikroişlemcidir.
 - 16 MByte adresleme kapasitesine sahiptir.
 - 4 MIPS hızındadır.

Performans için Tasarım

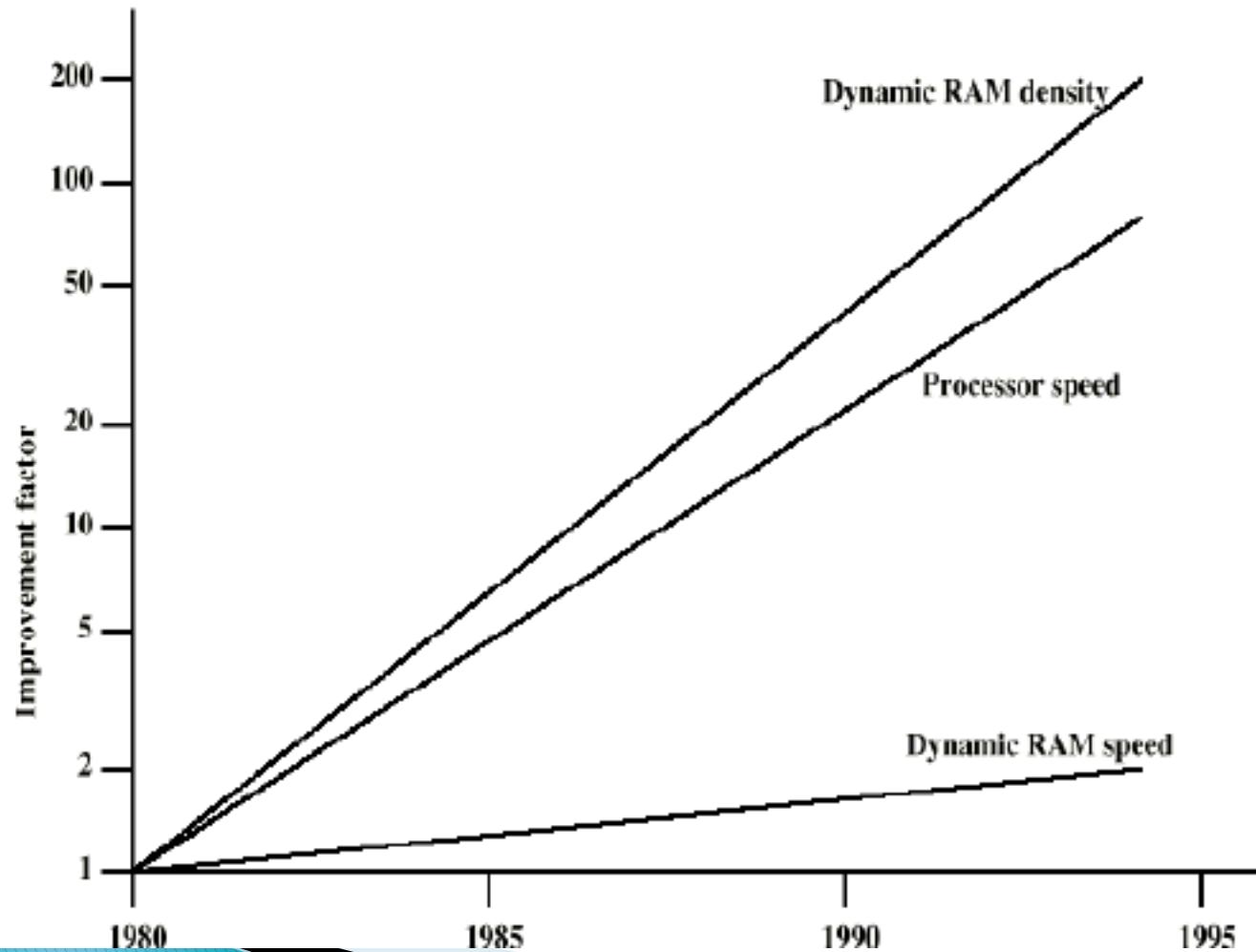
- Her geçen yıl bilgisayarların performansı ve kapasitesi artarken fiyatları önemli oranda düşmektedir.
- Resim işleme, konuşma algılama, video konferans, multimedya ve simülasyon uygulamaları yüksek performans gerektirir.
- Yaklaşık her üç yılda bir çip içerisindeki transistör sayısı dört katına çıkmıştır.
- Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler tek başına performansı istenen seviyede artırmaya yeterli olmamaktadır.
- Teknolojideki hız artısına paralel bir şekilde mikroişlemcide performansı artırmak için yeni teknikler geliştirilmiştir.

Performans için Tasarım

- **Branch prediction (Atlama tahmini)** - İşlemci hafızadan aldığı atlama komutlarını çalıştırmadan önce sonraki komutun hangisi olacağını tahmin etmeye çalışır.
- **Data flow analysis (Veri akış analizi)** - İşlemci komutları çalıştırırken birbirinin sonucuna bağlı olanları belirler ve çalışma sırasını bekleme olmayacak şekilde düzenler.
- **Speculative execution (ÖnceDEN çalışma)** - İşlemci bir komutu gerekmenden önce çalıştırıp sonucunu geçici olarak kaydeder ve gerektiğinde kullanır.

Performans için Tasarım

Mikroişlemciler farklı kapasitelere sahip elemanlar arasında performansı düzenlemek zorundadır.



Performans için Tasarım

- Program komutları ve verilerini daha yavaş olan hafızadan olabildiğince hızlı alabilmek için bazı teknikler kullanılır.
- Bir erişimde DRAM'den alınan veri miktarı artırılır. Bunun için daha geniş data bus kullanılır.
- DRAM ile mikroişlemci arasında sık kullanılan verileri saklayan önbellek (cache) yerleştirilir.
- Mikroişlemcinin hafızaya erişim sıklığı azaltıcı algoritmalar kullanılır.
- Mikroişlemci ile hafıza arasındaki bağlantı yolunun bant genişliği (hızı) artırılır.

Performans için Tasarım

- Mikroişlemci içindeki elemanların boyutları küçülürken birbirine daha yakın hale gelmiştir. Böylece yollar kısaltılmış ve sinyallerin erişim süreleri artmıştır.
- Önbellekler mikroişlemci içerisinde yerleştirilmiş ve erişim hızları artırılmıştır.
- Mikroişlemcilerde paralel çalışma yöntemleri geliştirilerek işlemci hızları artırılmıştır.
- Bütün bu gelişmeler yaşanırken kapı devrelerin boyutları çok küçülmüş ve saat hızı (clock speed) artmıştır. Bunun sonucunda aşağıdaki üç olumsuzluk performans artışını engellemeye başlamıştır:
 - Birim alanda harcanan enerji artmış ve ısınma problemleri ortaya çıkmaya başlamıştır.
 - İşlemci elemanları birbirine yaklaştıkça yollar hem birbirine yaklaşmış hemde incelmiştir. Yolların incelmesi sonucunda direnç (Resistance - R) artmış ve yolların birbirine yaklaşması sonucunda kapasitans (Capacitance - C) artmıştır. Bu ikisinin oluşturduğu RC gecikme (RC Delay) performansı engellemeye başlamıştır.
 - Mikroişlemci teknolojisindeki hız artışının çok fazla olmasından dolayı hafıza ile işlemci arasındaki fark giderek artmış ve hafıza işlemcinin performansını olumsuz etkilemeye başlamıştır.

Performans için Tasarım

- Pentium mikroişlemciler Complex Instruction Set Computer (CISC) mimarisine sahip bilgisayarların gelişimini, Power PC mikroişlemciler ise Reduced Instruction Set Computer (RISC) mimarisine sahip bilgisayarların gelişimini göstermektedir.

Pentium

- Intel geliştirmiş olduğu her mikroişlemcide mimari açıdan önemli değişiklikler yapmıştır.
- 8080: Dünyanın ilk genel amaçlı mikroişlemcisidir. 8-bit işlemcidir ve data bus 8-bit genişliğindedir.
- 8086: İlk 16-bit mikroişlemcidir. Geniş data bus yanında daha büyük register'lara, komut önbelleğine, kuyruk yapısına, komutları önceden hafızadan alan prefetch yapısına sahiptir.
- 80286: 8086 işlemcinin gelişmiş versiyonudur ve 1MB yerine 16-MB hafızayı adresleyebilmektedir.
- 80386: Intel'in ilk 32-bit mikroişlemcisidir. İlk çoklu görev (multitasking) çalışma kapasitesine sahip mikroişlemcidir.
- 80486: Güçlü önbellek (cache memory) yapısına sahiptir, komut pipeline (boru hattı) yapısına sahiptir. Ayrıca yardımcı matematiksel işlemciye sahiptir.

Performans için Tasarım

- **Pentium:** Intel Pentium serisiyle superscalar işlemcileri tanıtmıştır. Birden fazla komut paralel bir şekilde çalıştırılabilir ve yönetilebilir.
- **Pentium Pro:** Superscalar işlemin yanı sıra, register renaming, branch prediction, data flow analysis ve speculative execution gibi dinamik yöntemlere sahiptir. Komutlar arasındaki veri bağımlılığının kaynaklanan gecikmelerini minimize edilmistir. Atlamalar önceden tahmin edilmeye çalışılmıştır. Komutlar arasındaki veri bağımlılıkları ortadan kaldırılmaya veya çalışma sıraları değiştirilmeye çalışmaktadır. Ayrıca gerektiği zamandan önce komutlar çalıştırılıp sonuçları saklanmakta ve kaynaklar olabildiğince çalışır durumda tutulmaktadır.
- **Pentium II:** Intel multimedya teknolojisine (MMX) sahiptir. Hareketli görüntü, ses ve grafik uygulamaları daha etkin çalıştırılabilir ve yönetilebilir.
- **Pentium III:** Ekstra floating-point komutlara sahiptir ve 3 boyutlu grafik yazılımlarını daha iyi destekler.
- **Pentium 4:** Multimedya ile ilgili ek özelliklere sahiptir.
- **Itanium:** 64-bit organizasyona sahip olan IA-64 mimarisine sahiptir.
- **Itanium 2:** Bu yeni itanium mimarisi hızı artırmak için ek donanımlara sahiptir.

Performans için Tasarım

Power PC

- IBM tarafından 1975 yılında RISC mimarisine sahip mimari yaklaşımı duyurulmuştur.
- 601: 32-bit işlemcidir ve Power PC ailesinin ilk üyesidir.
- 603: 601 gibi 32-bit mimariye sahiptir ancak daha ucuz ve yüksek performanslı mikroişlemcidir.
- 604: 32-bit mikroişlemcidir ve superscalar mimariye sahiptir.
- 620: Sunucu bilgisayarlar için geliştirilmiş olup 64-bit mimariye sahiptir.
- 740/750: G3 işlemci olarak bilinir. İki seviyeli önbelleğe sahiptir ve önemli oranda performans artışı sağlamıştır.
- G4: Paralellik sayesinde performans artışı sağlamaktadır.
- G5: Mikroişlemcinin iç mimarisi geliştirilerek hız artışı sağlanmıştır ve paralel çalışmadaki performans artırılmıştır.