

---

# **BİLGİSAYAR MİMARİSİ**

# **COMPUTER ARCHITECTURE**

**2018-2019 Bahar Yarıyılı**

**Prof.Dr. Ahmet SERTBAŞ**

**İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa**  
**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

# Değerlendirme

---

- **Yıliçi Sınavı % 30**
- **Proje % 20**
- **Final % 50**

## **Computer Architecture : A Quantitative Approach**

David A. Patterson and John Hennessy – Morgan Kaufmann Publ.

## **Computer Organization and Architecture**

William Stallings- 2013

- **Computer System Architecture**

M.Morris Mano- Pritice Hall Int. - Third Edition

# Dersin İçeriği

---

- **Bilgisayar Mimarisine Giriş**
- **Komut Kümesi Tasarımı**
- **Temel Pipeline Sistemi**
- **İleri Pipeline Yapısı – Komut Seviyesinde Paralellik**
- **Bellek Organizasyonu**
- **Veri Saklama Sistemleri**
- **Giriş-Çıkış Organizasyonu**
- **Performans Ölçümü ve Analizi**
- **Çoklu İşlemci Mimarileri**
- **Alternatif Bilgisayar Mimariler**

# BİLGİSAYAR MİMARİSİNE GİRİŞ

---

- *Bilgisayar Mimarisi Nedir?*
- *Bilgisayarın Ana Bileşenleri*
- *Von Neumann Mimarisi*
- *Komut Seti Mimarisi Nelerle İlgilenir?*
- *Teknolojik Gelişme ve Performans İlişkisi*
- *Bilgisayar Performans Ölçümü*
- *CPU Performans Denklemi*
- *Amdall Kanunu*
- *Zaman Ölçümü ile Performans Belirleme*

---

# Bilgisayar Mimarisi Nedir?

- 
- **Bir programcıya görünen, program icrası üzerine doğrudan etkiye sahip sistemin tüm unsurlarıdır.**
  - **3 ana kategoriye ayrılabilir:**
  - **1. Komut Kümesi Mimarisi (ISA):** Assembler programcının gördüğü tüm komutlar, bellek adres modları, data ve adres formatları vs.
  - **2. Mikromimari (Bilgisayar Organizasyonu):** Daha alt seviyede sistem tanımlama, sistemi oluşturan parçaların nasıl bağlanacağı ve ISA yı gerçeklemek için bu sistemin nasıl çalışacağı ile ilgilidir.

**3. Sistem Tasarımı (Donanım):** Bir hesaplama sistemi içinde yeralan tüm donanımların tasarımı

Sistem arabağlantı yolları (ortakyol – buses) ve anahtarlar

Bellek kontrol elemanı ve bellek düzeni

Doğrudan Bellek Erişim Ünitesi

Çokluışleme

# Gerçekleme

---

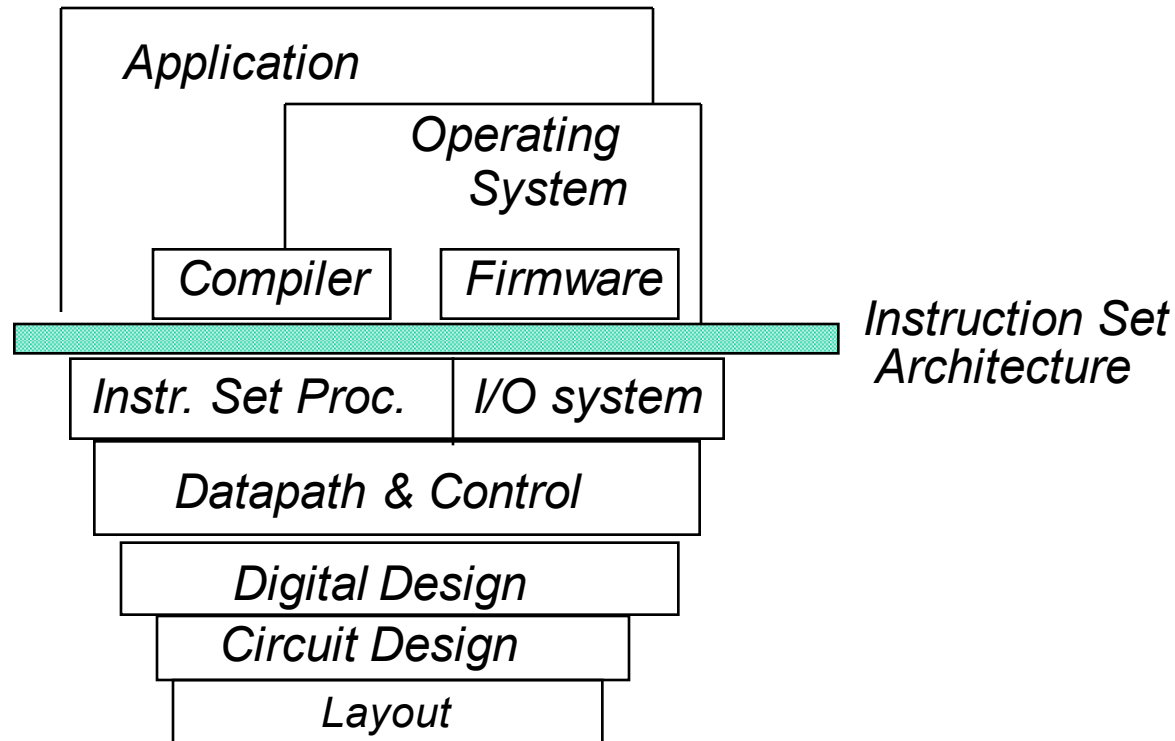
- ISA ve mikromimari belirlendikten sonra, bilgisayarı donanımsal olarak tasarımına **gerçekleme işlemi** denilir, bu tasarım mühendisliği işidir.
- **Lojik Gerçekleme:** Mikromimaride tanımlanan blokların tasarımı  
Bu RTL ve kapı seviyesinde bir tasarımıdır.
- **Devre gerçekleme :** Tranzistor seviyesinde gerçekleme  
Temel kapılar, mux elemanları ve tutucu gibi elemanlar  
Daha büyük ALU veya cep bellek tasarımları
- **Fiziksel Gerçekleme :** Çip düzeyinde devre elemanları ile gerçekleme  
Örneğin CPU tasarımı tüm aşamaları içerir.



- 
- **Computer Architecture is the science and art of selecting and interconnecting hardware components to create computers that meet functional, performance and cost goals.” -**
  - **WWW Computer Architecture Page**

# Bilgisayar Mimarisi İşlemi

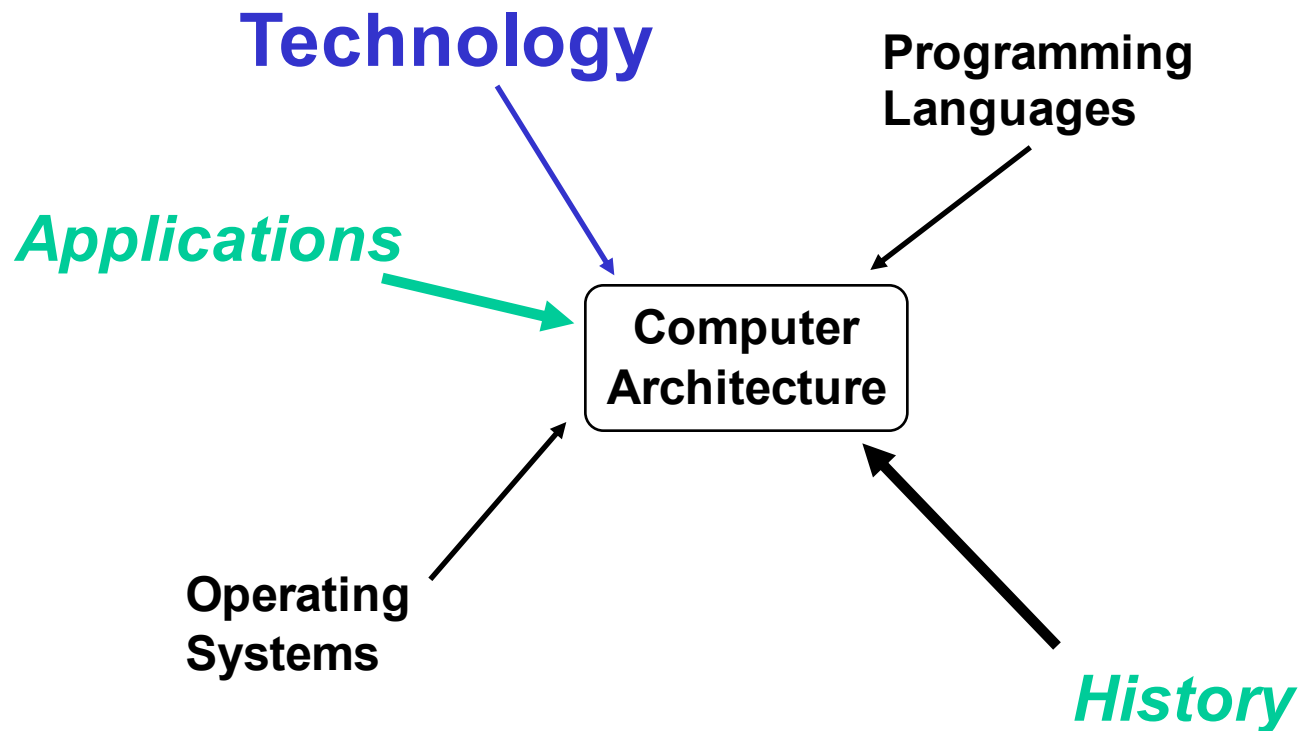
---



- **Çeşitli Seviyelerdeki işlemlerin koordinasyonu**
- **Tasarım, Ölçüm ve Değerlendirme**

# Mimariye etki eden faktörler

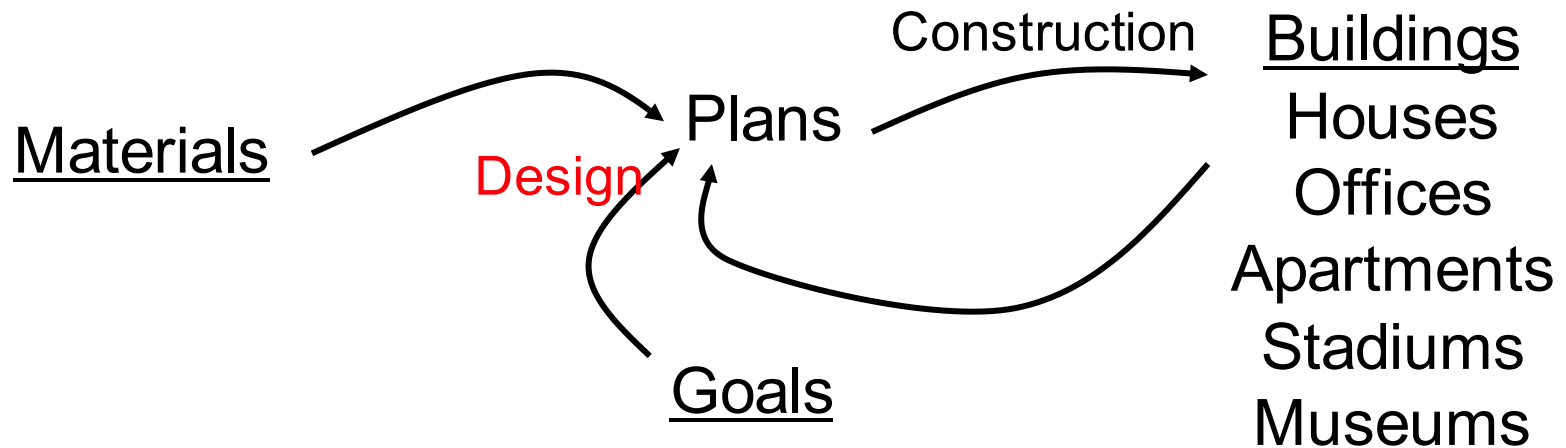
---



# What is ~~Computer~~ Architecture?

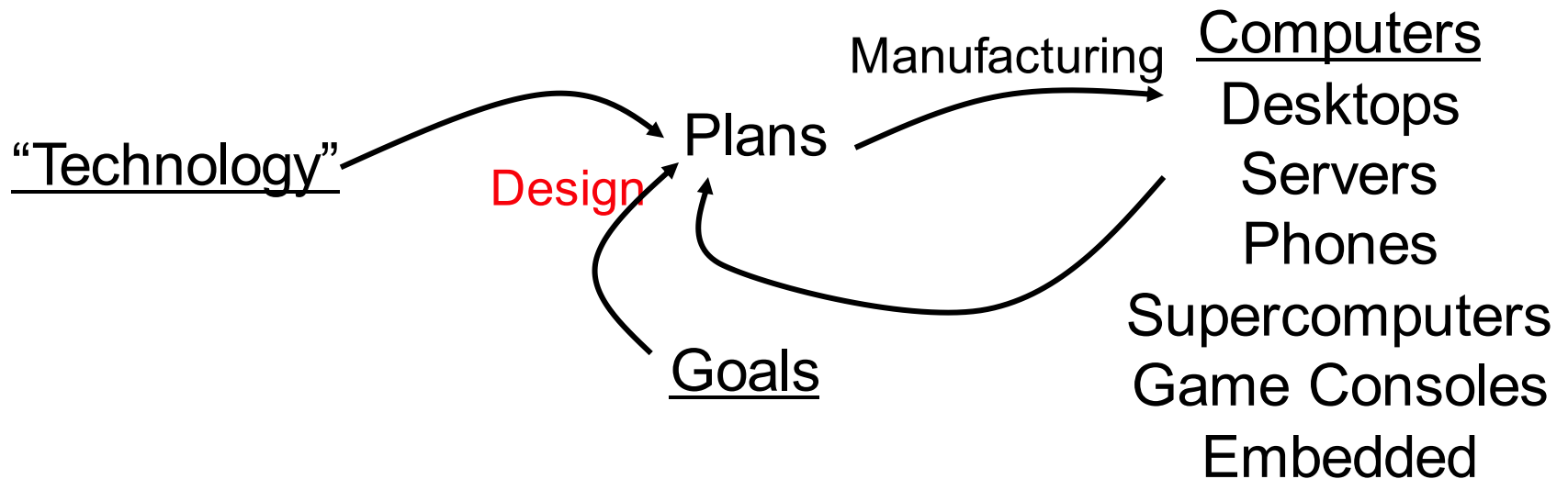
---

The role of a *building* architect:



# What is Computer Architecture?

The role of a **computer** architect:



**Important differences:** age (~70 years vs thousands), rate of change, automated mass production (magnifies design)

# Computer Architecture Is Different...

---

- **Age of discipline**
  - 60 years (vs. five thousand years)
- **Rate of change**
  - All three factors (technology, applications, goals) are changing
  - Quickly!
- **Automated mass production**
  - Design advances magnified over millions of chips
- **Boot-strapping effect**
  - Better computers help design next generation

# Design Goals & Constraints

---

## ◦ Functional

- Needs to be correct
- What functions should it support

## ◦ Reliable

- Does it *continue* to perform correctly?
- Hard fault vs transient fault

## ◦ High performance

- “Fast” is only meaningful in the context of a set of important tasks
- Not just “Gigahertz” – truck vs sports car analogy
- Impossible goal: fastest possible design for all programs

# Design Goals & Constraints

---

- **Low cost**
  - Per unit manufacturing cost (wafer cost)
  - Cost of making first chip after design (mask cost)
  - Design cost
- **Low power/energy**
  - Energy in (battery life, cost of electricity)
  - Energy out (cooling and related costs)
- **Challenge: balancing the relative importance of these goals**
  - And the balance is constantly changing
    - No goal is absolutely important at expense of all others
  - Our focus: *performance*, only touch on cost, power, reliability



# Shaping Force: Applications/Domains

---

- Another shaping force: **applications** (usage and context)
  - Applications and application domains have different requirements
    - Domain: group with similar character
  - Lead to different designs
- **Scientific**: weather prediction, genome sequencing
  - First computing application domain: naval ballistics firing tables
  - Need: large memory, heavy-duty floating point
  - Examples: CRAY T3E, IBM BlueGene
- **Commercial**: database/web serving, e-commerce, Google
  - Need: data movement, high memory + I/O bandwidth
  - Examples: Sun Enterprise Server, AMD Opteron, Intel Xeon

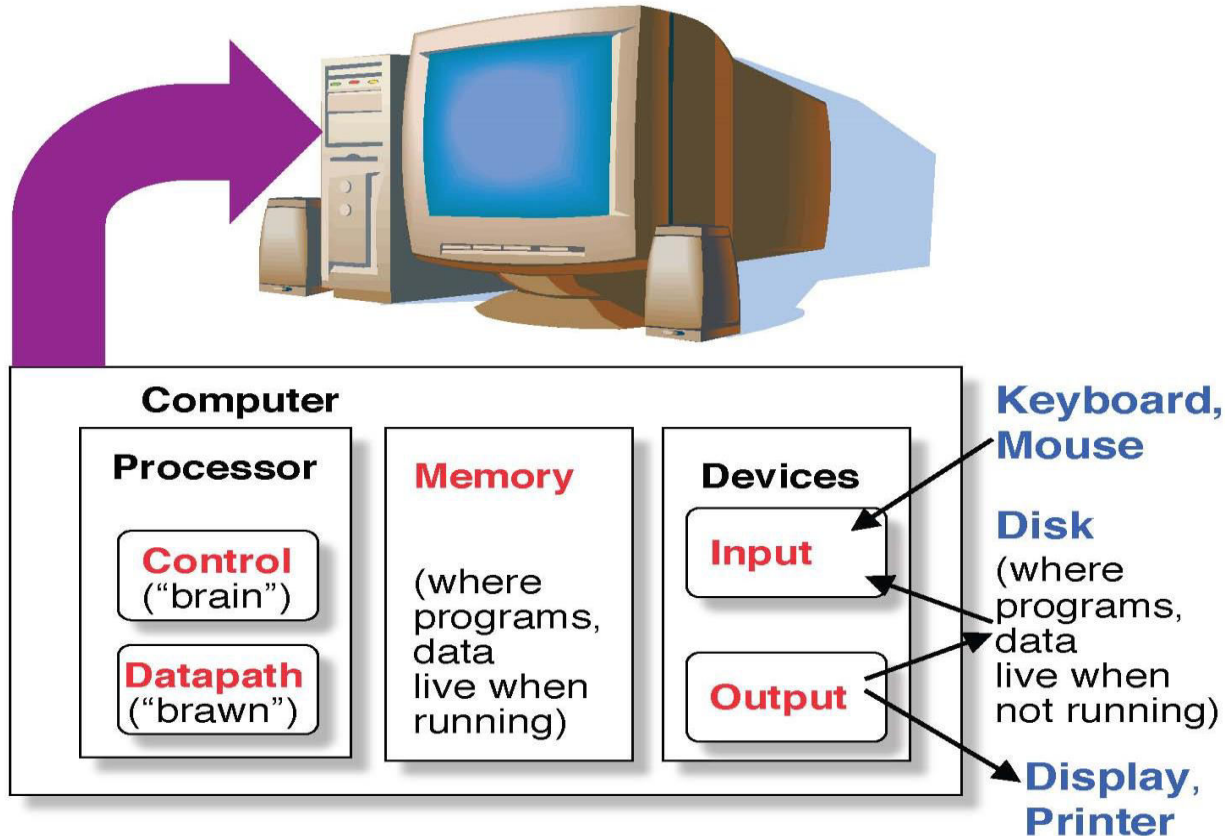
# More Recent Applications/Domains

---

- **Desktop:** home office, multimedia, games
  - Need: integer, memory bandwidth, integrated graphics/network?
  - Examples: Intel Core 2, Core i7, AMD Athlon
  
- **Mobile:** laptops, tablets, phones
  - Need: **low power**, integer performance, integrated wireless
  - Laptops: Intel Core 2 Mobile, Atom, AMD Turion
  - Smaller devices: ARM chips by Samsung, Qualcomm, Apple
  
- **Embedded:** microcontrollers in automobiles
  - Need: low power, **low cost**
  - Examples: ARM chips, dedicated digital signal processors (DSPs)
  - Over 6 billion ARM cores sold in 2010 (multiple per phone)

# Bilgisayarın Ana Bileşenleri

## Anatomy: 5 components of any Computer

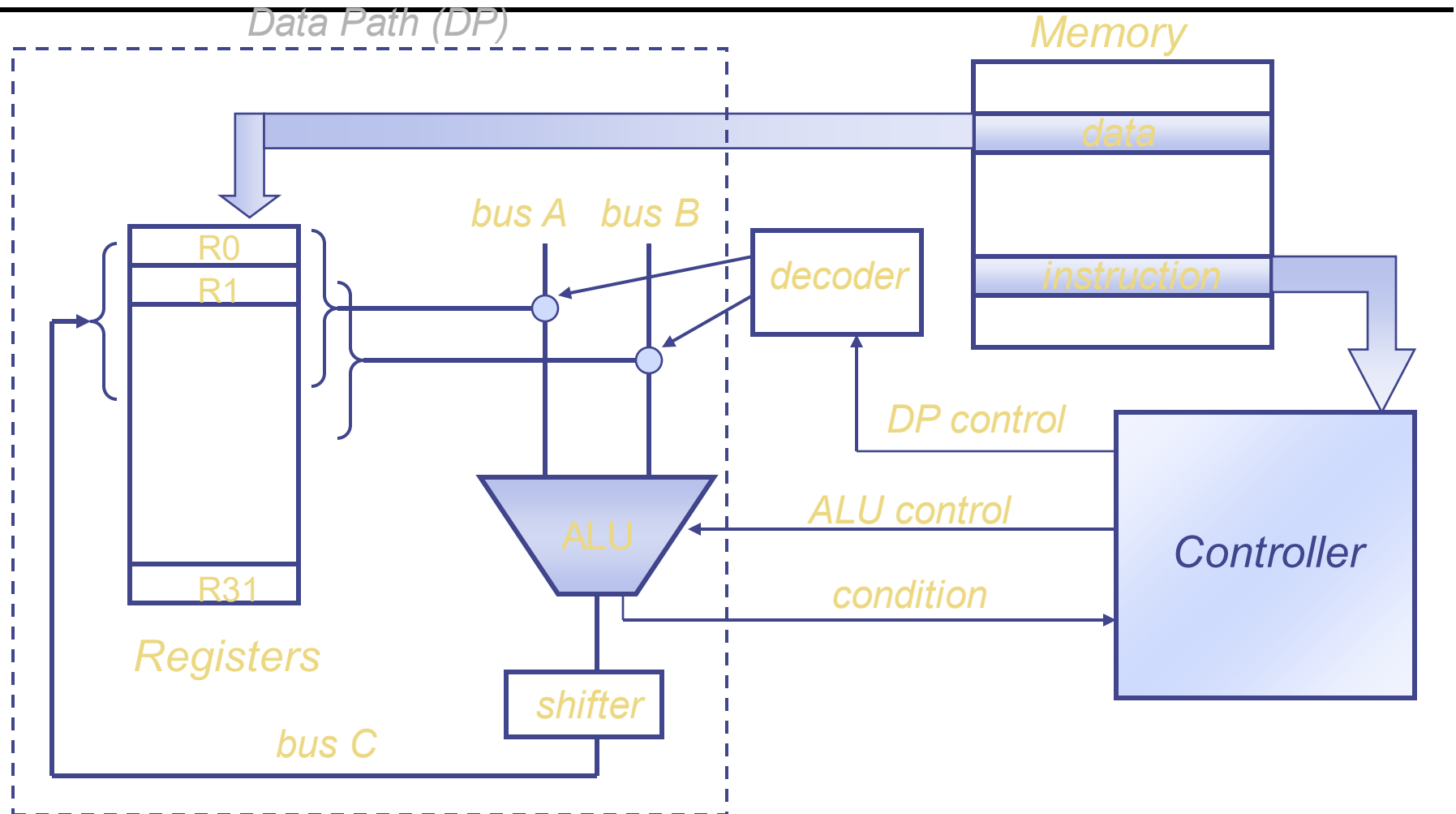


# Bilgisayarın Ana Bileşenleri

---

- Tüm bilgisayarlar 5 ana bileşenden oluşurlar:
  - İşlemci (1) *datapath* (2) Kontrol
  - (3) *Bellek*
  - (4) Giriş elemanları ve (5) Çıkış elemanları
- Bellek tek bir eleman değildir...
  - *Cep (cache)*: hızlı (pahalı)bellek işlemciye daha yakın
  - *Ana bellek daha ucuz ve kapasitesi yüksek*
- Giriş-Çıkış elemanları (I/O) düzensiz organizasyona sahiptir:
  - Hızları farklı: klavye ve grafik
  - Gereksinimleri farklı: hız, standart, fiyat ...
  - Daha az araştırma yapılmış

# Typical computer structure (stored-program)



- *von Neumann* vs. *Harvard* architecture

# Tipik bilgisayar yapısı (program saklamalı)

## Memory buffer register (MBR)

Memory address register (MAR):

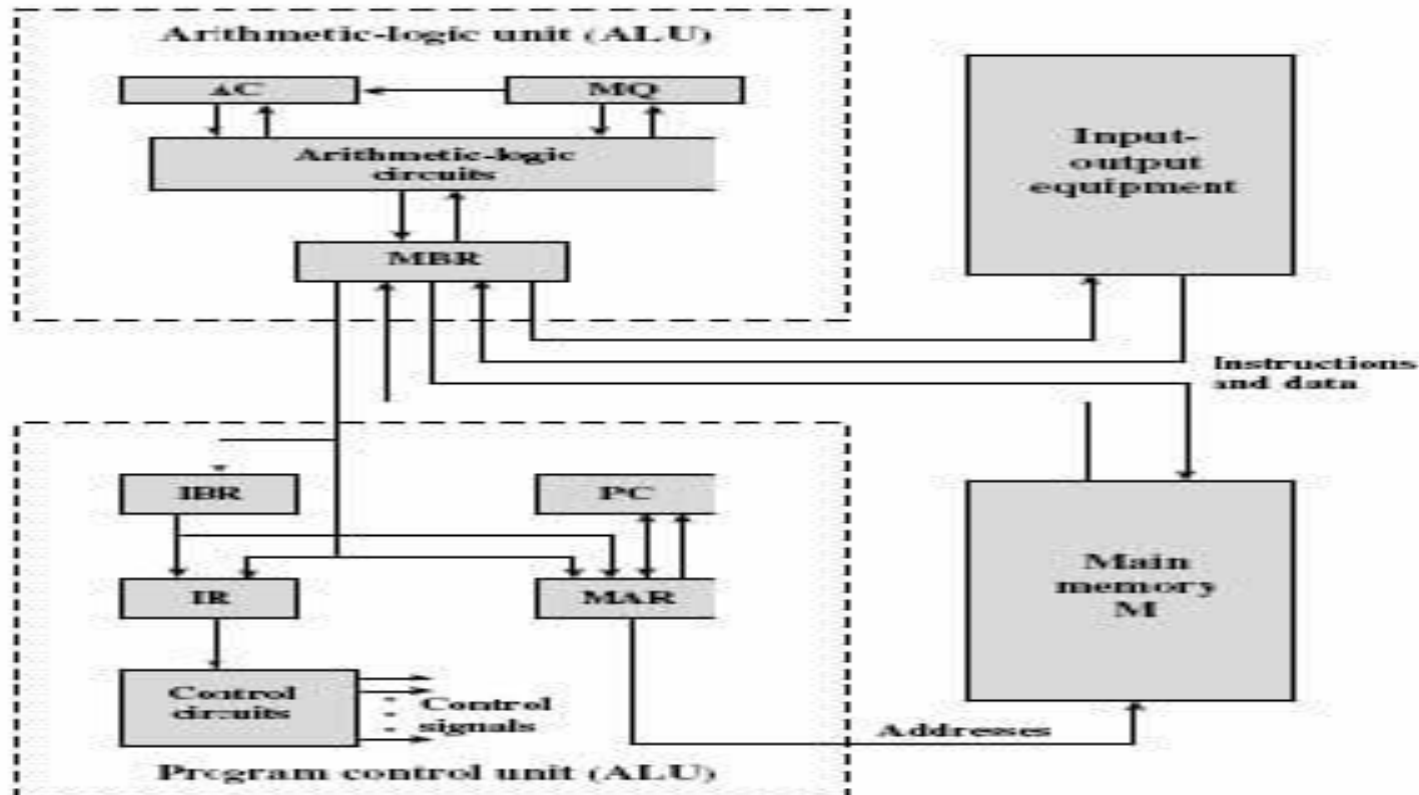
Instruction buffer register (IBR):

Accumulator (AC)

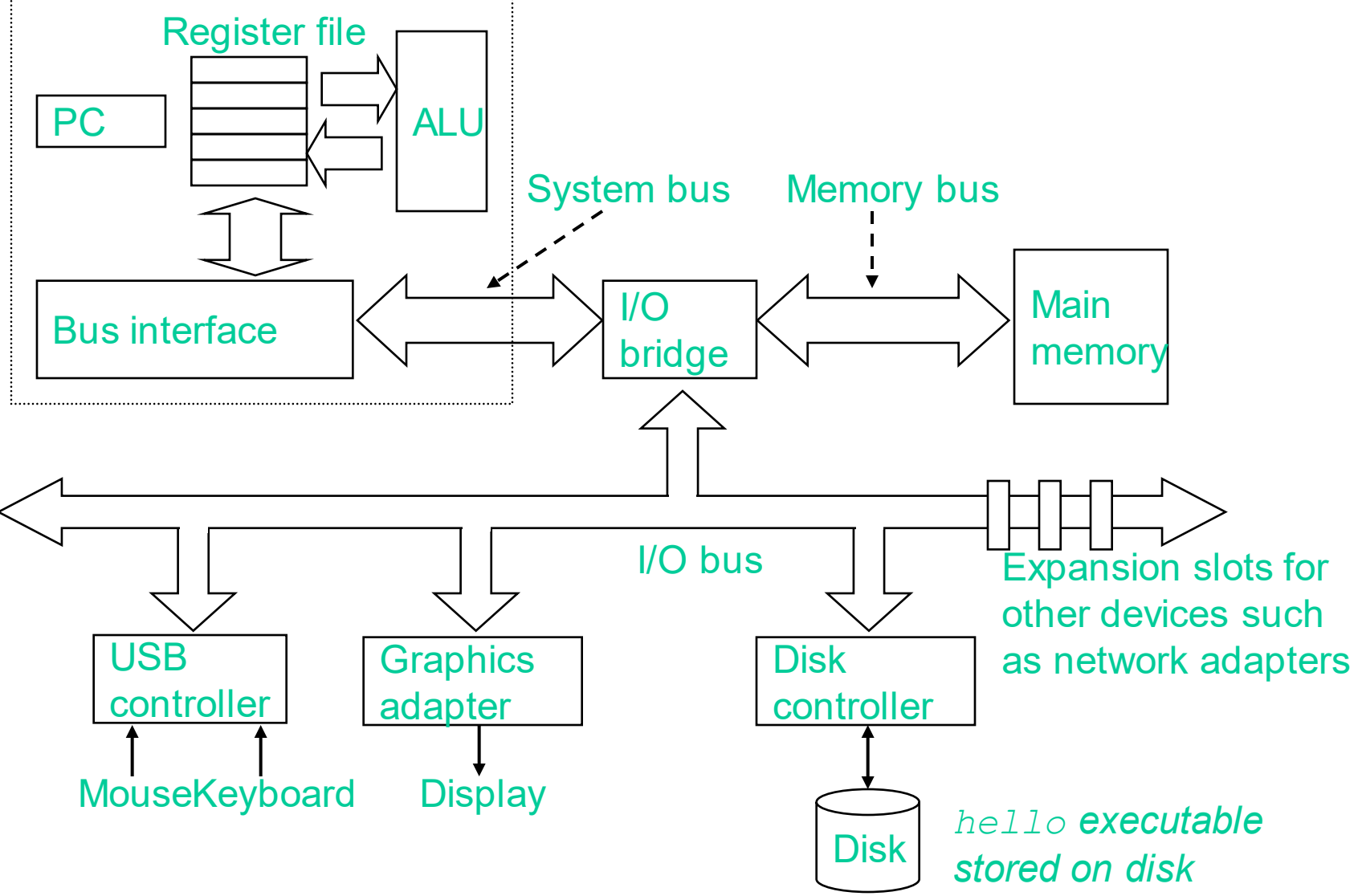
Instruction register (IR):

Program Counter (PC):

Multiplier quotient (MQ):



# CPU



---

◦ **BUS** (genelde 32 bit (4 byte) veya 64 bit (8 byte))

◦ **I/O bus**

**2 adet giriş elemanı Mouse, klavye**

**1 adet çıkış elemanı Display ,**

**1 adet Hard Disk (uzun süreli data/program saklama için)  
(I/O elemanlar adaptor veya controller ile bağlı)**

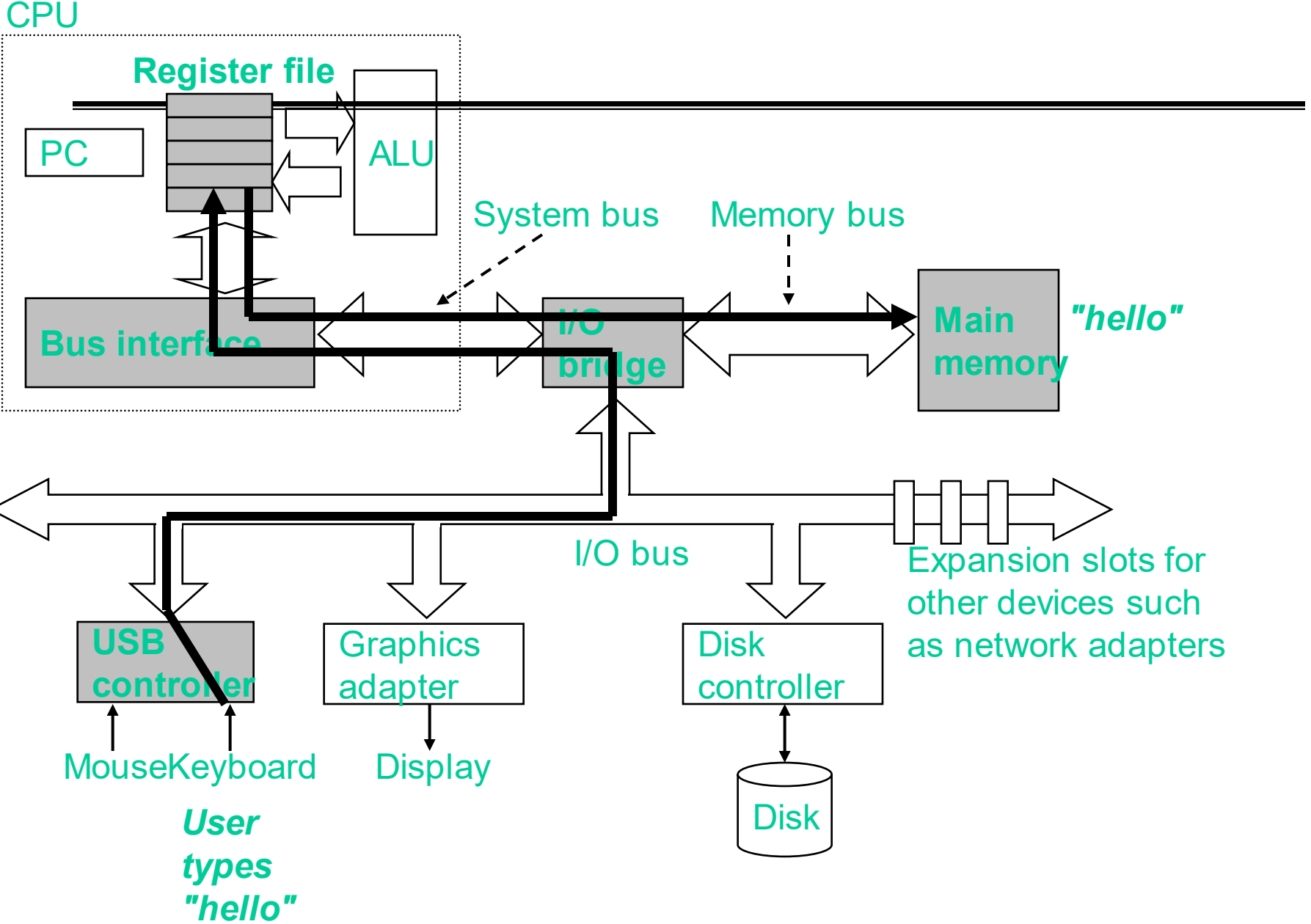
**Controller: Eleman çipinin içinde veya anaboard üzerinde**

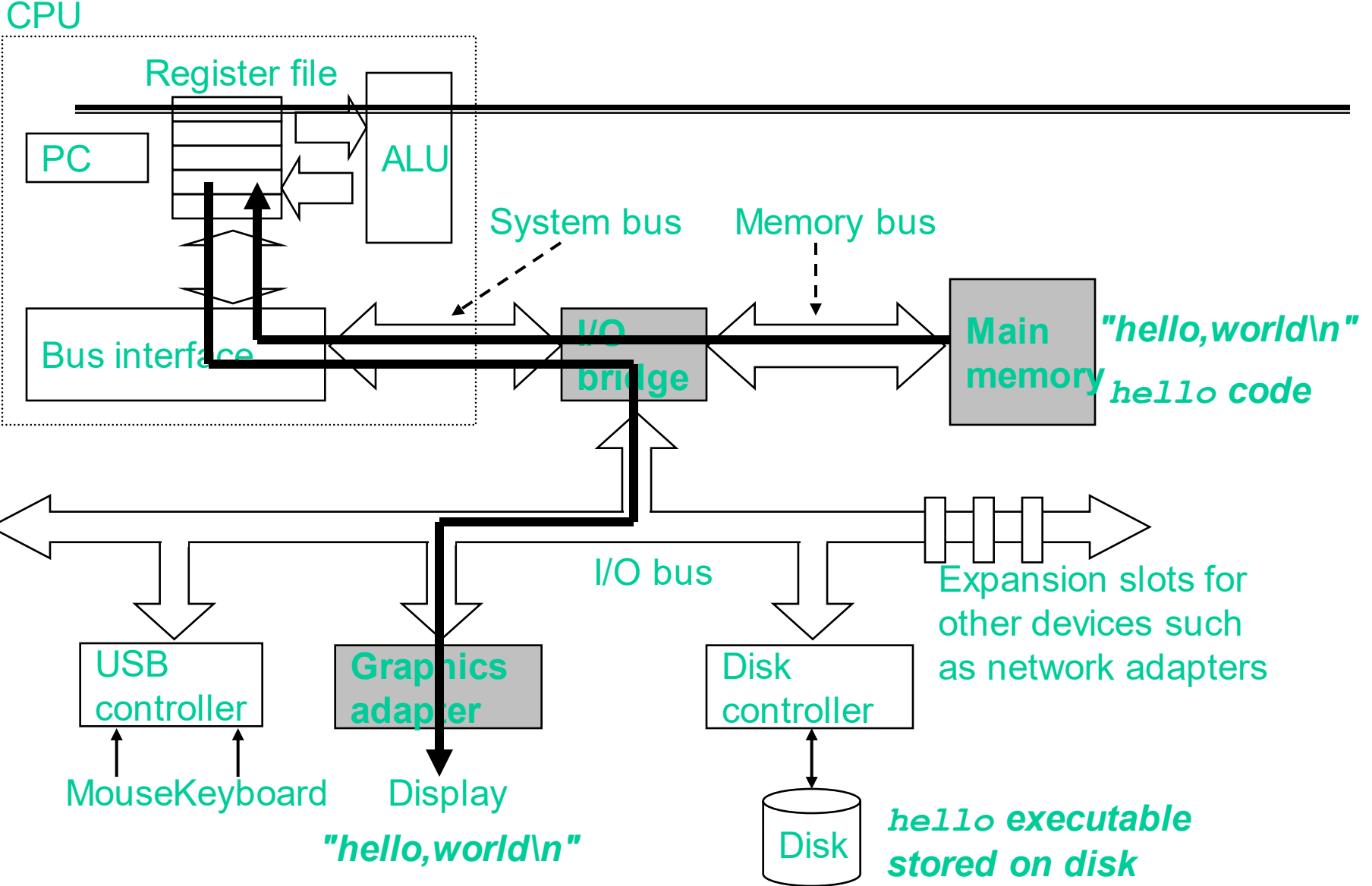
**Adaptor: Anaboard üzerine takılı slotlarda**

**Ana Bellek: DRAM**

**CPU (Merkezi İşlem Ünitesi)**

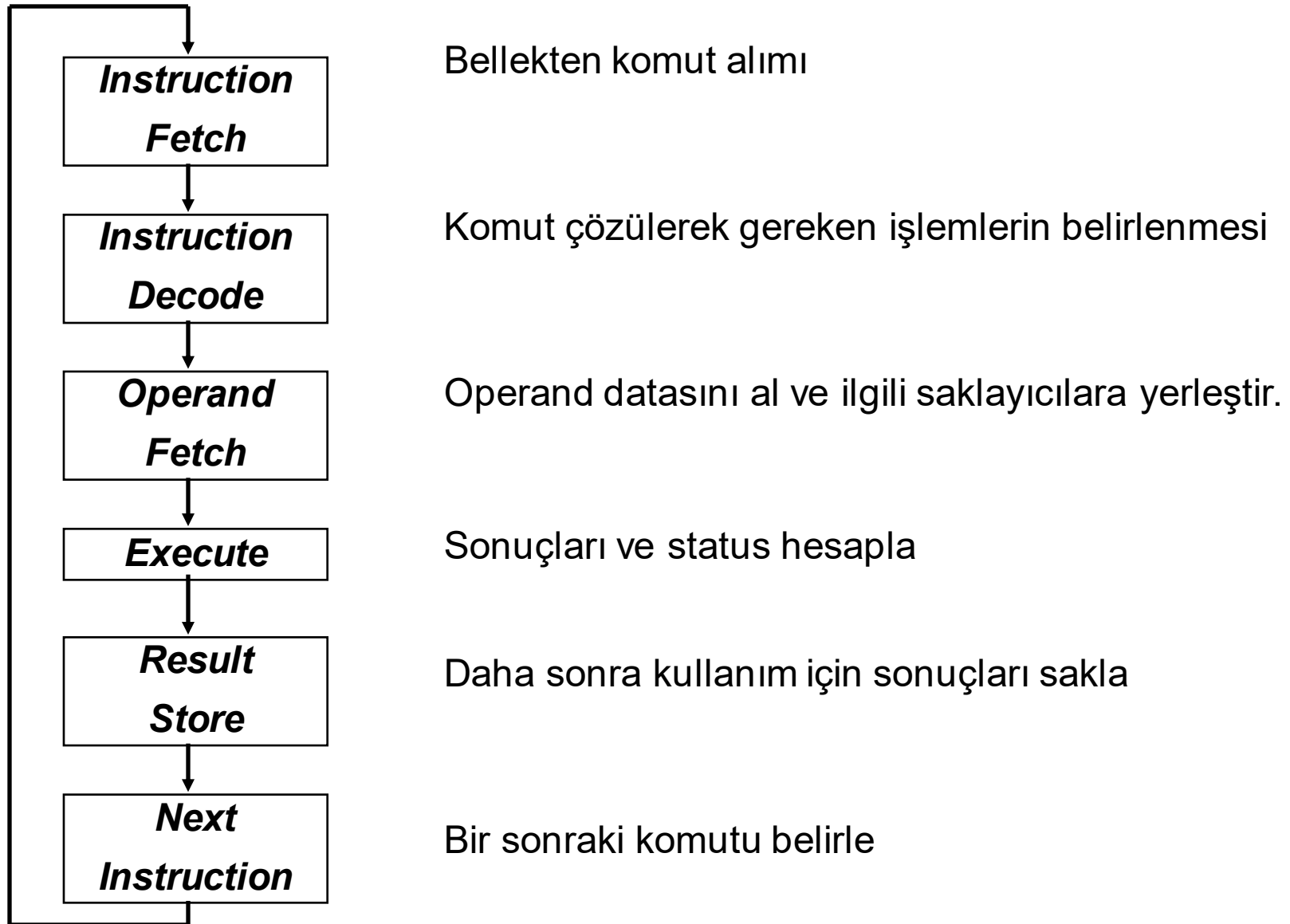






# Komut İcra Çevrimi

---

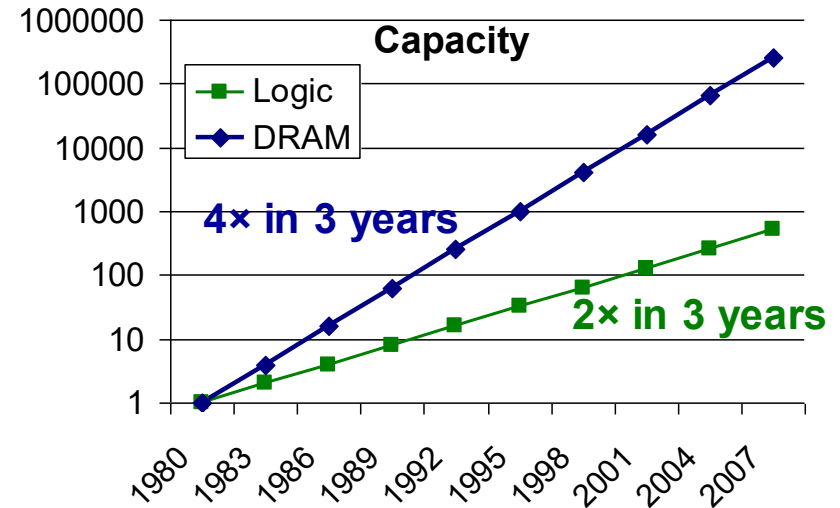
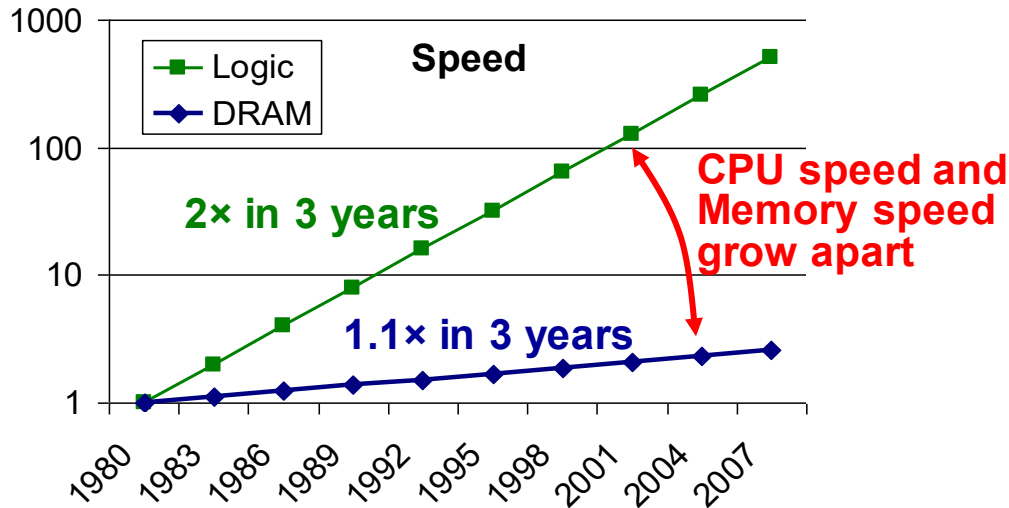


# Komut Kümesi Mimarisi : Neler Belirlenmeli?

---

- Komut Formatı ve kodları
  - Nasıl kod çözüleceği ?
- operand ve sonuçların tutulacağı yer
  - bellekten başka nerede saklanacağı?
  - operand türü?
  - bellek operandlarının nasıl yerleştirildiği ?
- Data türü ve miktarı
- İşlemler
  - Dallanma komutları
    - jumps, conditions, branches

# Teknolojik Gelişme ve Performans



- **Moore kanunu: Performanse her 18 ayda 2 kat artar.**
  - Eğim azalıyor: 'process scaling' azalırken, güç artıyor.
  - Gonzalez, transistör boyutlarının çok küçük olduğunu şöyle açıklıyor: 'Şu an 32nm ile çalışıyoruz (bir metrenin 32 milyarda biri) ve çok yakında 22nm'e ineceğiz. Bu, grip virüsünden bile küçük ve bir saç telinin çapından 10 bin kez küçük bir transistör anlamına geliyor.'

# Teknoloji : Büyük değişimi

---

## ◦ Moore kanunu

- Chip yoğunluğu (transistors) her 18 ayda 2 kat artar

## ◦ İşlemci

- Lojik kapasitesi: her yıl 30% artıyor
- clock rate:            yılda 20% artıyor..

## ◦ Bellek

- DRAM kapasite: 60% yıl başına (4x her 3 yılda)
- Bellek hızı:            10% yıl başına
- Bit başına maliyet: 25% yıldaki artış oranı

## ◦ Disk

- Kapasite: 60% yıl başına

# İşlemci Performansı (SPEC)

---

- Şuanki durum

- İşlemci hızları : 4,000 MegaHertz

- (4.0 GigaHertz)

- 5.2 GHz (IBM-zEnterprise teknolojisi dört çekirdekli

- 1.4 milyar transistor-512 milimetre karelik alan)

- Bellek kapasitesi: 65,536 MegaBytes

- (64.0 GigaBytes)

- Disk capacity: 2,000 GigaBytes

- (2.0 TeraBytes)

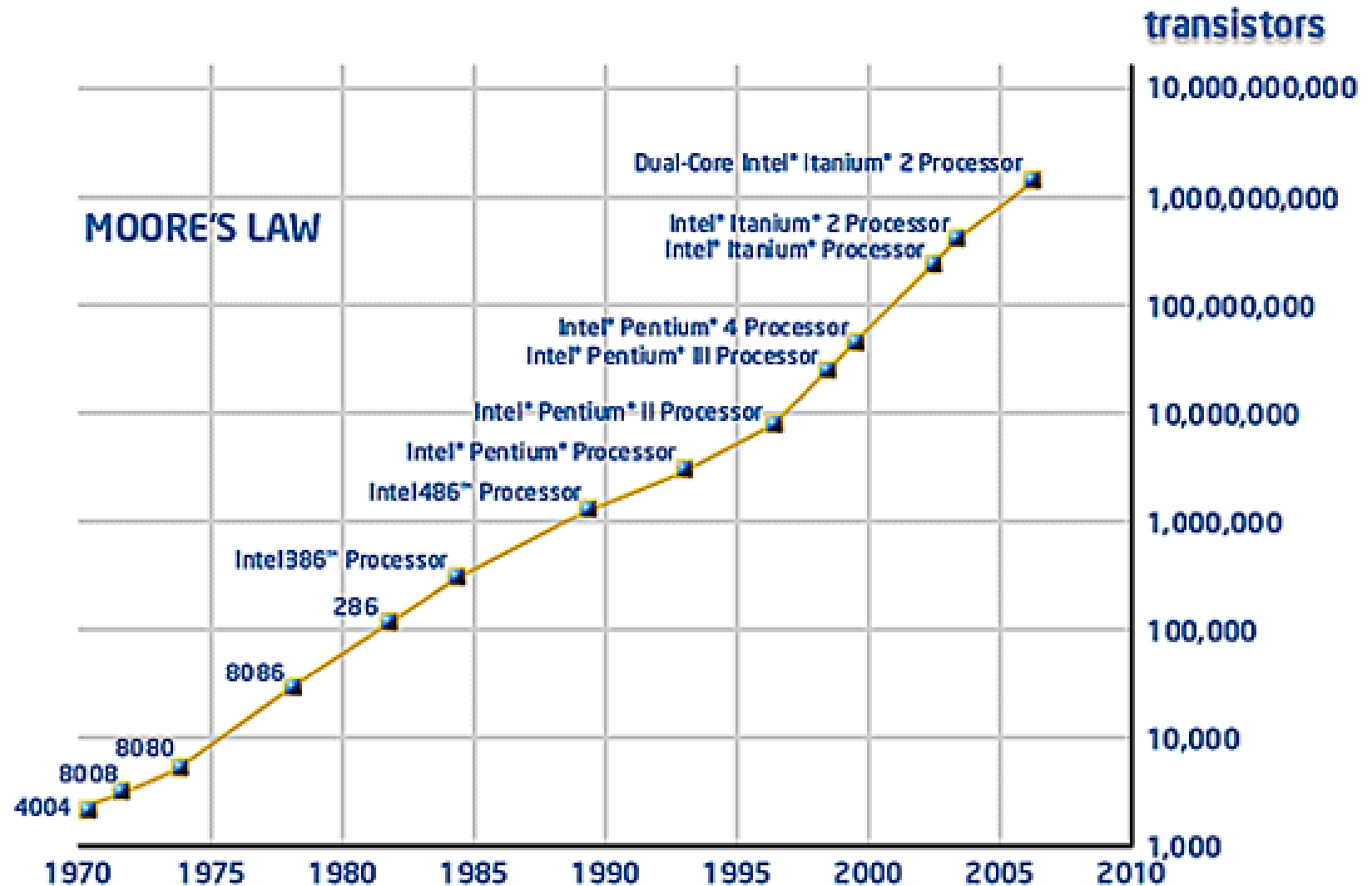
- Seagate** dünyanın ilk 3 TB kapasiteli hard diskini

- üretti. Bu diske **Freeagent Goflex Desk** adını verdi

Yotta =  $10^{24}$ )

✂ New units! Mega , Giga, Tera  
Peta, Exa, Zetta , Yotta

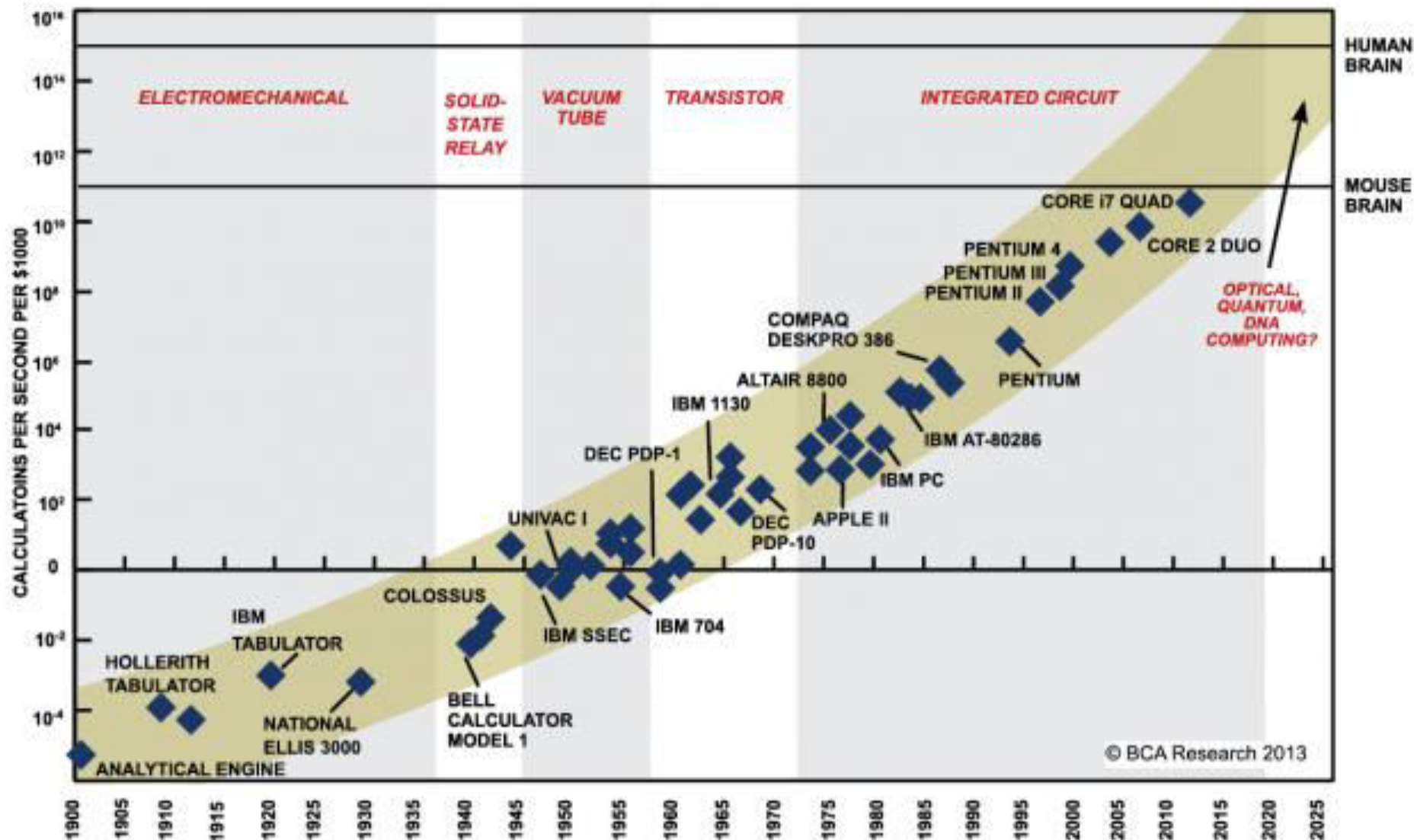
# Moore's Law



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



# MOORE's LAW



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.