



## BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

Öğr. Gör. Dr. Alper VAHAPLAR  
2013 – 2014

## BİL2007 – Bilgisayar Mimarisi

Hafta	Konular
1	Bilgisayar mimarisine giriş
2	Kümeler ve fonksiyonlar, boolean algebra
3	Sayı sistemleri
4	Temel devre elemanları
5	Temel devre elemanları – devam
6	8086 mimarisi, pin fonksiyonları
7	Temel işlemci tasarımı, veriyolları, adresleme,
8	Arasınav
9	Performans ölçümü
10	Aritmetik ve mantık
11	Aritmetik ve mantık – devam
12	Bellek ve depolama
13	Assembly diline giriş
14	Interrupt, temel giriş/çıkış işlemleri, RISC ve CISC

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

2

## BİL2007 – Bilgisayar Mimarisi

- Bu ders neden lazım?
  - Donanımın nasıl çalıştığını anlamak
  - Teknolojik gelişmeleri takip edebilmek
  - Donanımın sistem yazılımları ve uygulamalara etkisi
  - İşletim sistemleri, derleyici ve programlama dillerinin işleyişini anlamak
  - Donanıma uygun kod geliştirebilmek

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

3

## BİL2007 – Bilgisayar Mimarisi

- Bu ders neden lazım?
  - Modern bilgisayar mimarilerini tanımak
  - İşlemci tasarımını anlamak
  - Donanım ile sistem yazılımları arasındaki arayüzü anlamak
  - Giriş-çıkış birimleri
  - Vs.

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

4

Modern dijital  
bilgisayarların  
gelişimindeki  
bazı mil taşları

Year	Name	Made by	Comments
1834	Analytical Engine	Babbage	First attempt to build a digital computer
1926	Z1	Zuse	First working relay calculating machine
1943	COLOSSUS	British gov't	First electronic computer
1944	Mark I	Aiken	First American general-purpose computer
1946	ENIAC I	Eckert/Mauchly	Modern computer history starts here
1949	EDSAC	Wilkes	First stored-program computer
1951	Whirlwind I	M.I.T.	First real-time computer
1952	IAS	Von Neumann	Most current machines use this design
1960	PDP-1	DEC	First minicomputer (50 sold)
1961	1401	IBM	Enormously popular small business machine
1962	7094	IBM	Dominated scientific computing in the early 1960s
1963	BS2000	Burroughs	First machine designed for a high-level language
1964	360	IBM	First product line designed as a family
1964	6600	CDC	First scientific supercomputer
1965	PDP-8	DEC	First mass-market minicomputer (50,000 sold)
1970	PDP-11	DEC	Dominated minicomputers in the 1970s
1974	8080	Intel	First general-purpose 8-bit computer on a chip
1974	CRAY-1	Cray	First vector supercomputer
1978	VAX	DEC	First 32-bit superminicomputer
1981	IBM PC	IBM	Started the modern personal computer era
1981	Osborne-1	Osborne	First portable computer
1993	Lisa	Apple	First personal computer with a GUI
1995	386	Intel	First 32-bit ancestor of the Pentium line
1985	MIPS	MIPS	First commercial RISC machine
1987	SPARC	Sun	First SPARC-based RISC workstation
1990	RS6000	IBM	First superscalar machine
1992	Alpha	DEC	First 64-bit personal computer
1993	Newton	Apple	First palmtop computer

Alper VAHAPLAR

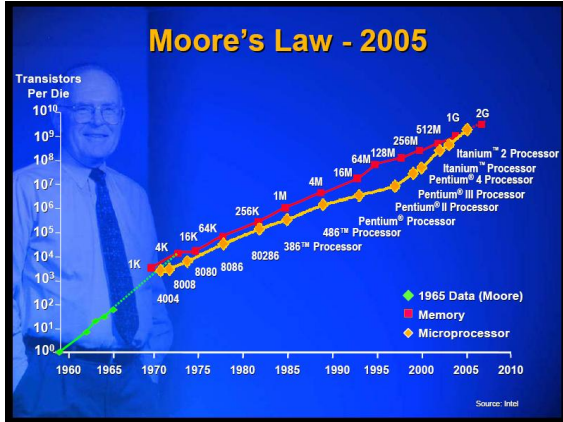
## Moore Yasası

- Intel'in kurucularından Gordon Moore
- 19 Nisan 1965
- “Her 18 – 24 ayda bir
  - Parça büyüklükleri 0.7 kat azalmaktadır,
  - Bir devre üzerine yerleştirilebilecek bileşen sayısı 2 katına çıkmaktadır,
  - Transistörlerin hızı 1.35 katına çıkmaktadır.”
- 13 Nisan 2005
  - “Bu öngörü kısa bir zaman sonra geçerliliğini yitirecektir.”
- 2017’de fiziksel kısıtlara takılabılır.

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

6



Processor	Transistor count	Date of introduction	Area
Intel 4004	2,300	1971	12 mm <sup>2</sup>
Intel 8008	3,500	1972	14 mm <sup>2</sup>
Intel 8086	29,000	1978	33 mm <sup>2</sup>
Intel 80286	134,000	1982	49 mm <sup>2</sup>
Intel 80386	275,000	1985	104 mm <sup>2</sup>
Intel 80486	1,180,235	1989	173 mm <sup>2</sup>
Pentium	3,100,000	1993	294 mm <sup>2</sup>
Pentium II	7,500,000	1997	195 mm <sup>2</sup>
Pentium III	9,500,000	1999	128 mm <sup>2</sup>
Pentium 4	42,000,000	2000	217 mm <sup>2</sup>
Core 2 Duo	291,000,000	2006	143 mm <sup>2</sup>
Dual-Core Itanium 2	1,700,000,000	2006	596 mm <sup>2</sup>
Atom	47,000,000	2008	24 mm <sup>2</sup>

## Teknolojik Gelişim

- Ölçümler
  - Performans (Performance)
  - Maliyet (Cost)
  - Devamlılık, Kullanılabilirlik (Availability)
  - Güç Tüketimi (Power Consumption)

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

9

## Performans

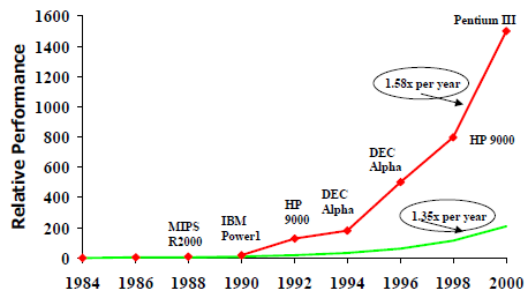
- Nasıl ölçülür?
- Yanıt/Çalışma Zamanı (Response/Execution)
  - Bir olayın başlama ve bitişi arasında geçen zaman
- İşlem Hacmi (Throughput)
  - Birim zamanda bitirilen iş miktarı
- Bağlı Performance
  - Çalışma Süresi  $(x)$  / Çalışma Süresi  $(y)$
- Gerçek zaman / CPU süresi
  - Her bir komut için geçen süre

Alper VAHAPLAR

Bil2007 Bilgisayar Mimarisi

10

## Moore Yasası – Performans

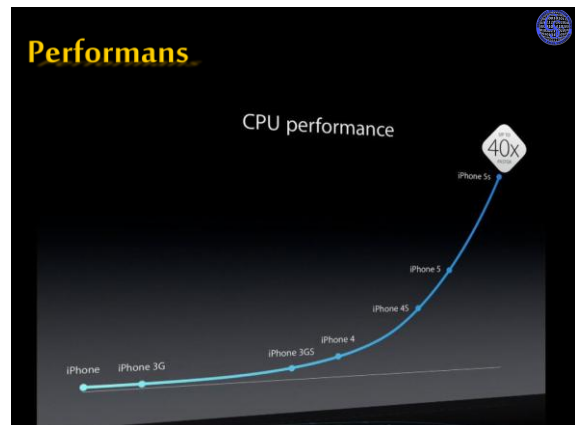


Alper VAHAPLAR

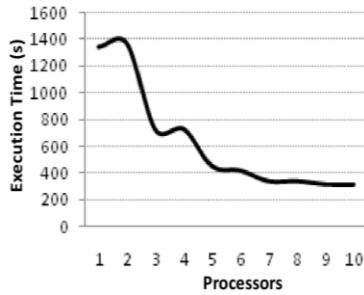
Bil2007 Bilgisayar Mimarisi

11

## Performans



## Performans



Alper VAHAPLAR

BIL2007 Bilgisayar Mimarisi

13

## Performans – Maliyet

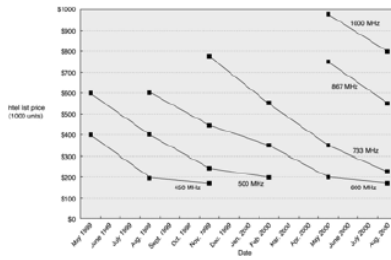
- Moore Yasası
  - Aynı işlemciyi daha ucuza mal etmek
  - Aynı fiyata daha iyi işlemci mal etmek

Alper VAHAPLAR

BIL2007 Bilgisayar Mimarisi

14

## Performans – Maliyet



## Sayı Sistemleri

- Decimal System (10'luk Sayı Sistemi)
- Neden "10"?
  - 10 parmağımız var.
- 10 farklı rakam (0, 1, 2, ..., 8, 9)
- Birler, Onlar, Yüzler, Binler, Onbinler, ...
- $7325 = 5 \times 1 + 2 \times 10 + 3 \times 100 + 7 \times 1000$

## Sayı Sistemleri

- Metrik Birimler (Decimal System için)

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
$10^{-3}$	0.001	milli	$10^3$	1,000	Kilo
$10^{-6}$	0.000001	micro	$10^6$	1,000,000	Mega
$10^{-9}$	0.000000001	nano	$10^9$	1,000,000,000	Giga
$10^{-12}$	0.000000000001	pico	$10^{12}$	1,000,000,000,000	Tera
$10^{-15}$	0.000000000000001	femto	$10^{15}$	1,000,000,000,000,000	Peta
$10^{-18}$	0.000000000000000001	atto	$10^{18}$	1,000,000,000,000,000,000	Exa
$10^{-21}$	0.000000000000000000001	zepto	$10^{21}$	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
$10^{-24}$	0.00000000000000000000001	yocto	$10^{24}$	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta

## Sayı Sistemleri

- Octal System (8'lik Sayı Sistemi)
- Neden "8"?
  - Mickey Mouse'un 8 parmağı var.
- 8 farklı rakam (0, 1, 2, ..., 6, 7)
- Birler, Sekizler, AltmışDörtler, ...
- $7325 = 5 \times 1 + 2 \times 8 + 3 \times 64 + 7 \times 512$
- Bazı eski bilgisayar mimarilerinde bellek adreslerinin gösterimi için kullanılırdı.
- Bir octal sayı ile 3 bitlik herşey ifade edilebilir.

## Sayı Sistemleri

- Hexadecimal System (16'lık Sayı Sistemi)
- Neden "16"?
  - ☺
- 16 farklı rakam (0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F)
- Birler, OnAltılar, İkiYüzEliAltılar, ...
- $7325 = 5 \times 1 + 2 \times 16 + 3 \times 256 + 7 \times 4096$
- Modern mimarilerinde bellek adreslerinin gösterimi için kullanılır.
- 1 hex sayı ile 4 bit'in gösterebileceği herşey ifade edilebilir.

## Sayı Sistemleri

- Neden 8'lik ve 16'lık sayı sistemleri kullandık?
- Eskiden 8 bit'lik bilgisayarlar vardı, o yüzden 8'lik sistem kullandık,
- Artık 16 bitlik yapılar var (veri yapısı, fiziksel saklama birimleri, vs)

## Sayı Sistemleri

- Binary System (2'lik Sayı Sistemi)
- Neden "2"?
  - Elektrik kullandığımız için (var/yok)
- 2 farklı rakam (0, 1)
- Birler, İkiler, Dörtler, Sekizler, OnAltılar, ...
- $10101 = 1 \times 1 + 0 \times 2 + 1 \times 4 + 0 \times 8 + 1 \times 16$

## Sayı Sistemleri

- Genelleme
- B-Based System (B'lik Sayı Sistemi)
- En küçük rakam = 0
- En Büyük rakam = B-1
- $(WXYZ)_B = Z \times B^0 + Y \times B^1 + X \times B^2 + W \times B^3$

$$(S)_B = T_n T_{n-1} T_{n-2} \dots T_0$$

$$(S)_B = \sum_{i=0}^n T_i B^i$$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

25

## Sayı Sistemleri

- 10'luk düzene çevirme
- $(123)_8 = 3 \times 1 + 2 \times 8 + 1 \times 64 = 83$
- $(123)_{16} = 3 \times 1 + 2 \times 16 + 1 \times 256 = 291$
- $(101)_2 = 1 \times 1 + 0 \times 2 + 1 \times 4 = 5$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

26

## Sayı Sistemleri

- 10'luk düzene çevirme
- $(123,45)_8 = 3 \times 1 + 2 \times 8 + 1 \times 64$   
 $+ 4 \times (1/8) + 5 \times (1/64)$   
 $= 83,578125$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

27

## Sayı Sistemleri

- Genelleme
- B-Based System (B'lik Sayı Sistemi)
- En küçük rakam = 0
- En Büyük rakam = B-1
- $(WX,YZ)_B = X \times B^0 + W \times B^1 + Y \times B^{-1} + Z \times B^{-2}$

$$(S)_B = T_n T_{n-1} T_{n-2} \dots T_0, K_1 K_2 \dots K_m$$

$$(S)_B = \sum_{i=0}^n T_i B^i + \sum_{j=1}^m K_j B^{-j}$$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

28

## Sayı Sistemleri – Binary System

- İşlemler
- Toplama (Addition)

101001	010101	111111
<u>+010110</u>	<u>+010100</u>	<u>+111111</u>
111111	101001	1111110

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

29

## Sayı Sistemleri – Binary System

- Tümlleme (Complement)
  - 1'e tümlleme (One's Complement)
  - 2'ye tümlleme (Two's Complement)
- One's Complement
  - 1'ler i 0'a, 0'ları 1'e çevir
  - Ör:  $10011 = 19$     $00011 = 3$     $11100 = -3$   
 $19 - 3 = 19 + (-3)$   
 $10011 - 00011 = 10011 + 11100 = 101111$   
Taşan bit, sonuca eklenir ( $01111 + 1 = 10000$ )

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

30

## Sayı Sistemleri – Binary System

- Tümlleme (Complement)
  - 1'e tümlleme (One's Complement)
  - 2'ye tümlleme (Two's Complement)
- Two's Complement
  - 1'ler i 0'a, 0'ları 1'e çevir, Sayıya 1 ekle
  - Ör:  $10011 = 19$     $00011 = 3$     $11101 = -3$   
 $19 - 3 = 19 + (-3)$   
 $10011 - 00011 = 10011 + 11101 = 110000$   
Taşan bit göz ardı edilir. (Sonuç = 10000)

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

31

## One's – Two's Complement

İkilik	Onluk	İkilik	Onluk
0000	0	0000	0
0001	+1	0001	+1
0010	+2	0010	+2
0011	+3	0011	+3
0100	+4	0100	+4
0101	+5	0101	+5
0110	+6	0110	+6
0111	+7	0111	+7
1000	-7	1000	-8
1001	-6	1001	-7
1010	-5	1010	-6
1011	-4	1011	-5
1100	-3	1100	-4
1101	-2	1101	-3
1110	-1	1110	-2
1111	0	1111	-1

BİL2007 Bilgisayar

32

## Sayı Sistemleri – Binary System

- İşlemler
- Çıkarma (Subtraction with complement)
 

101001	010101	110111
<u>-010110</u>	<u>-010100</u>	<u>-101111</u>
010011	000001	001000

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

33

## Binary – Octal Conversion

- Binary bir sayıyı Octal düzene çevirmek için, bitler sağdan itibaren 3'er 3'er ayrılır,
- Her 3 basamaklı sayının karşılığı yazılır.
- Ör:  $(100010111)_2 = (?)_8$   
 $(100 \ 010 \ 111)_2 = (427)_8$
- Soru: Neden "3"?

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

34

## Binary – Octal Conversion

- Octal bir sayıyı Binary düzene çevirmek için, her basamak 3 basamaklı binary sayıya dönüştürülür.
- Ör:  $(427)_8 = (?)_2$   
 $(427)_8 = (100 \ 010 \ 111)_2$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

35

## Binary – Hexadecimal Conversion

- Binary bir sayıyı Hexadecimal düzene çevirmek için, bitler sağdan itibaren 4'er 4'er ayrılır,
- Her 4 basamaklı sayının karşılığı yazılır.
- Ör:  $(1100101001000101)_2 = (?)_{16}$   
 $(1100 \ 1010 \ 0100 \ 0101)_2 = (CA45)_{16}$
- Soru: Neden "4"?

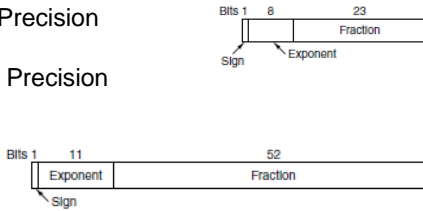
Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

36

## Floating Point Numbers

- Single Precision
- Double Precision



Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

37

## Floating Point Numbers

- 32 bit
- 11000000110110011001100110011010
- [1] [10000001] [10110011001100110011010]
- Sign exponent fraction
- Sign = [1] (yani sayı NEGATİF)
- Exponent = [10000001] = 129
- Fraction = [10110011001100110011010]
- $= 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} + 0 \cdot 2^{-5} + 0 \cdot 2^{-6} + \dots$
- $= 0.7000000476837158$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

38

## Floating Point Numbers

- [1] [10000001] [10110011001100110011010]
- Sign exponent fraction
- Fraction = [10110011001100110011010]
- $= 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 1 \cdot 2^{-4} + 0 \cdot 2^{-5} + 0 \cdot 2^{-6} + \dots$
- $= 0.7000000476837158$
- $(-1)^{\text{sign}} \cdot (1 + \text{fraction}) \cdot 2^{(\text{exponent} - \text{bias})}$
- $(-1)^1 \cdot (1.7000000476837158) \cdot 2^{129-127}$
- $= -6.8$

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

39

## Floating Point Numbers

- Ör: 0.085'i IEEE 754'e göre gösterin. (32 Bit)
- Sign Bit = 0 (sayı POZİTİF)
- 0.085'i scientific notation ile göster
- $0.085 = (-1)^0 \cdot (1 + \text{fraction}) \cdot 2^{\text{power}}$
- $0.085 / 2^{\text{power}} = (1 + \text{fraction})$
- 0.085'i (1+fraction) olana kadar böl

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

40

## Floating Point Numbers

- Ör: 0.085'i IEEE 754'e göre gösterin. (32 Bit)
- 0.085'i (1+fraction) olana kadar böl
- $0.085 / 2^{-1} = 0.17$
- $0.085 / 2^{-2} = 0.34$
- $0.085 / 2^{-3} = 0.68$
- $0.085 / 2^{-4} = 1.36$
- Power = -4 = (exponent - bias)
- Bias = 127
- Exponent = 123 (01111011)

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

41

## Floating Point Numbers

- Ör: 0.085'i IEEE 754'e göre gösterin. (32 Bit)
- Fraction = 0.36'yi 2'lik düzende göster
- $0.36 = (0/2) + (1/4) + (0/8) + (1/16) + (1/32) + \dots$
- $0.36 = 2^{-2} + 2^{-4} + 2^{-5} + \dots$
- $(0.36)_{10} \sim (0.01011100001010001111011)_2$

	Sign	Exponent	Fraction
Decimal	0	123	0.36
Binary	0	01111011	01011100001010001111011

Alper VAHAPLAR

BİL2007 Bilgisayar Mimarisi

42