

# Arsitektur dan Organisasi Komputer COM 60011

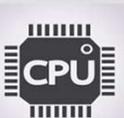
## Topik #1 – Konsep Dasar dan Evolusi Komputer



# Pendahuluan



- Tujuan
  - Memahami struktur dan fungsi umum pada komputer.
  - Mampu menjabarkan perkembangan dan evolusi komputer dari generasi ke generasi.
  - Mampu menjelaskan gambaran umum evolusi arsitektur x86.
  - Mampu menjelaskan *embedded system* dan kebutuhan dan batasan yang harus dipenuhi dalam berbagai jenis *embedded system*.
- Materi
  - Arsitektur dan Organisasi
  - Struktur dan Fungsi
  - Sejarah Komputer
  - Evolusi Arsitektur Intel x86
  - *Embedded System*
  - Arsitektur ARM
  - Cloud Computing

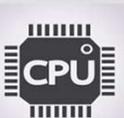




# Arsitektur dan Organisasi



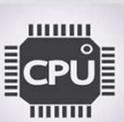
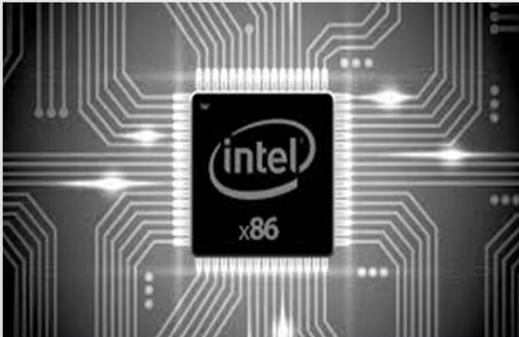
- **Arsitektur (how do I design the computer?)**
  - mengacu pada atribut-atribut dari sistem yang *visible* untuk programmer
  - atribut-atribut yang memiliki dampak langsung pada eksekusi logis pada suatu program
  - contoh → set instruksi, jumlah bit yang digunakan untuk mewakili berbagai tipe data (misalnya, angka, karakter), mekanisme I / O, dan teknik pengalamatan memori
- **Organisasi (how does a computer work?)**
  - unit-unit operasional dan interkoneksinya yang mewujudkan spesifikasi arsitektural
  - contoh → rincian hardware pendukung, seperti sinyal kontrol, antarmuka antara komputer dan peripheral, dan teknologi memori yang digunakan





# Arsitektur dan Organisasi

- **Arsitektur** → sama dan bertahan lama
- **Organisasi** → dapat berbeda dan menyesuaikan perkembangan teknologi
- Keluarga Intel x86 memiliki arsitektur yang sama, begitupun juga pada keluarga IBM System /370 memiliki arsitektur yang sama. Kompatibilitas kode
- Organisasi berbeda jika versi berbeda

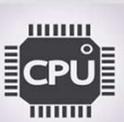




# Struktur dan Fungsi



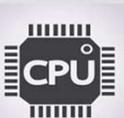
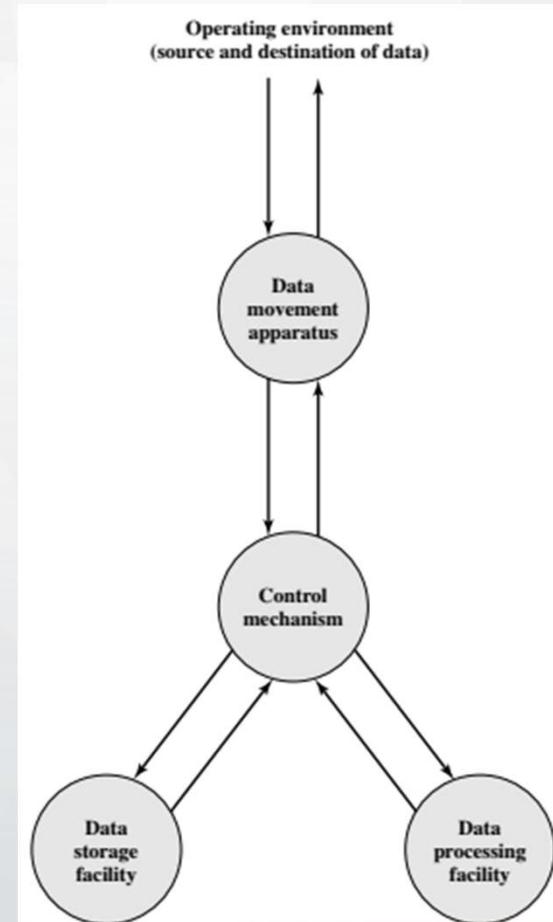
- **Struktur** → bagaimana masing-masing komponen saling berhubungan satu sama lain
- **Fungsi** → operasi dari masing-masing komponen sebagai bagian dari struktur





# Fungsi Komputer

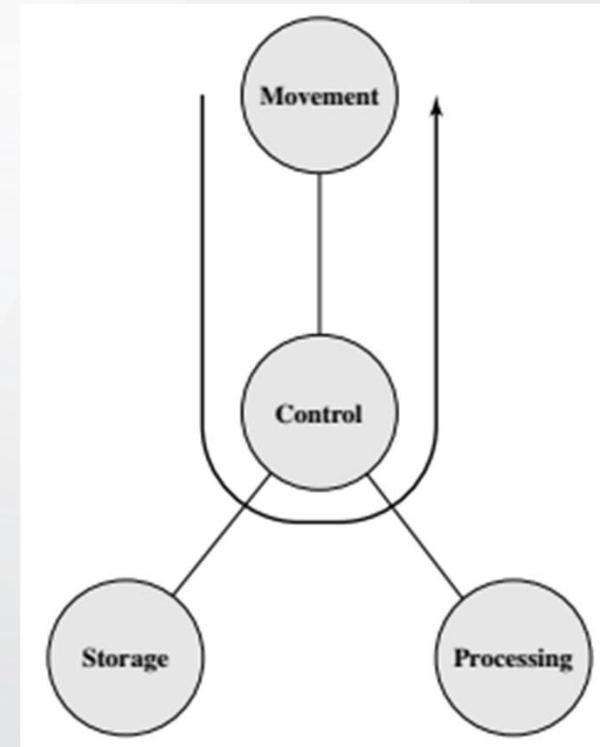
- Secara umum ada 4 fungsi dasar komputer:
  - Data processing (pengolahan data)
  - Data storage (penyimpanan data)
  - Data movement (pemindahan data)
  - Control (kontrol)





# Pemindahan Data

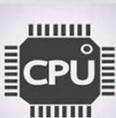
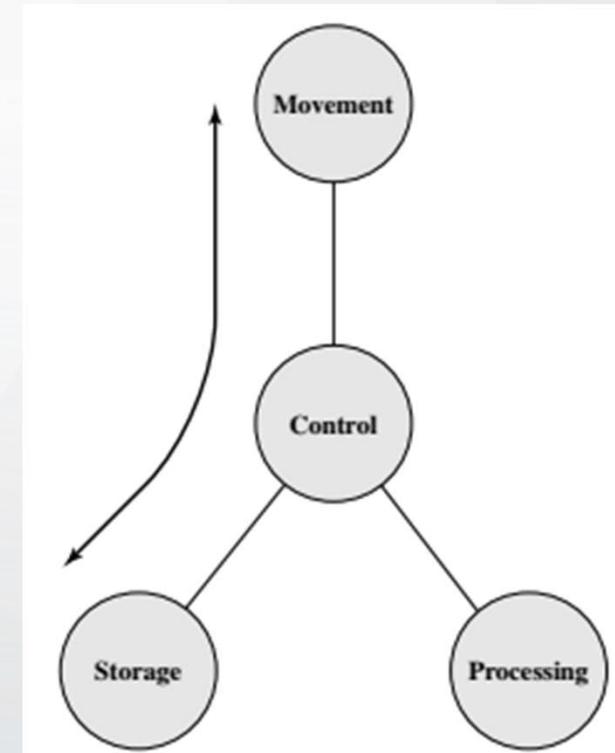
- Pemindahan data dari peripheral/saluran komunikasi ke perangkat lainnya
- **I/O** → ketika data diterima atau dikirim ke perangkat (peripheral) yang terhubung langsung dengan komputer
- **Komunikasi data** → data dipindahkan dalam jarak yang lebih jauh, ke atau dari perangkat jarak jauh
- **Contoh:**
  - Pemindahan karakter dari keyboard ke monitor





# Penyimpanan Data

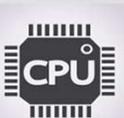
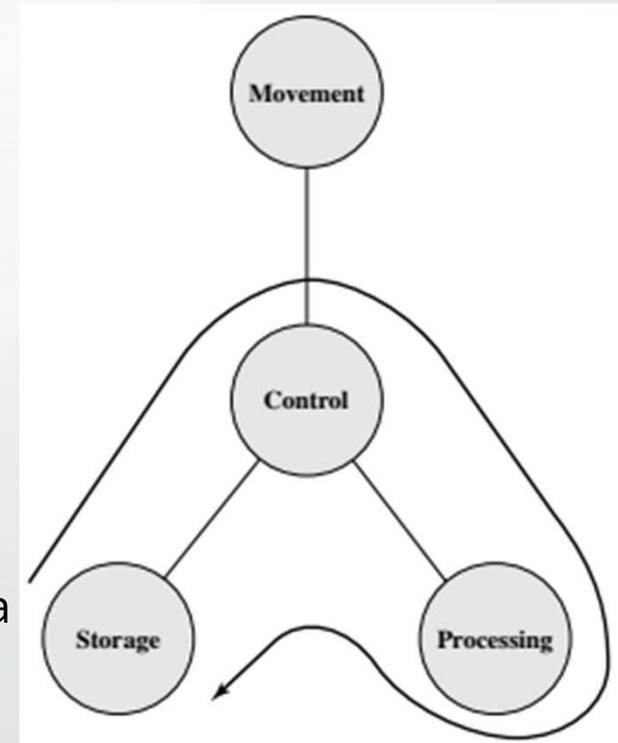
- Komputer sedang memproses data dengan cepat yaitu, data masuk dan diproses, dan hasilnya segera keluar
- **Short-term (jangka pendek)**
  - komputer harus menyimpan sementara setidaknya potongan data yang sedang dikerjakan pada saat tertentu
- **Long-term (jangka panjang)**
  - File data disimpan di komputer untuk pengambilan dan pembaruan selanjutnya
- **Contoh:**
  - download file dari internet





# Pengolahan Data dari/ke Penyimpanan

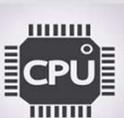
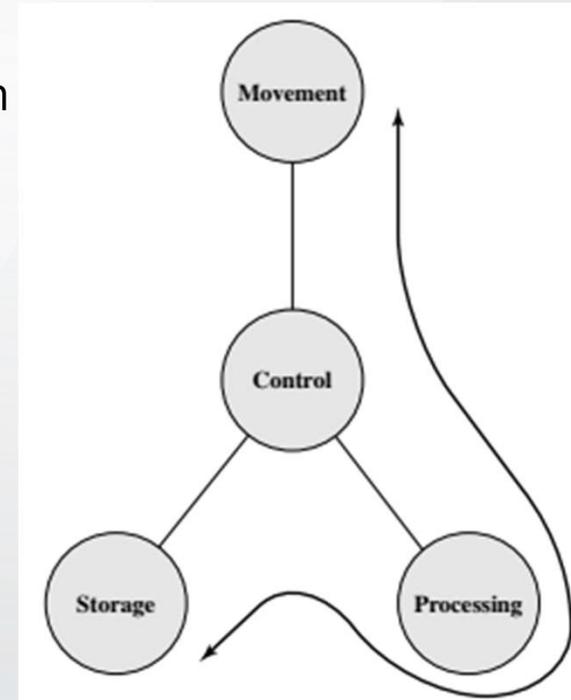
- Data dapat mengambil berbagai bentuk dan persyaratan pengolahan yang luas
- Data diproses dan diubah menjadi bentuk **informasi yang lebih berguna dan lebih bermakna**
- Beberapa **metode/siklus pengolahan data**
  - Input
  - Proses
  - Penyimpanan
  - Output
- **Contoh:**
  - menjalankan proses aritmatika dan logika pada data data yang disimpan





# Pengolahan Data dari Penyimpanan ke I/O

- Operasi yang melibatkan pengolahan data atau perpindahan antara tempat penyimpanan dan lingkungan luar (eksternal)
- **Contoh:**
  - pencetakan dokumen dari berkas yang terdapat di media penyimpanan ke printer

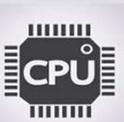




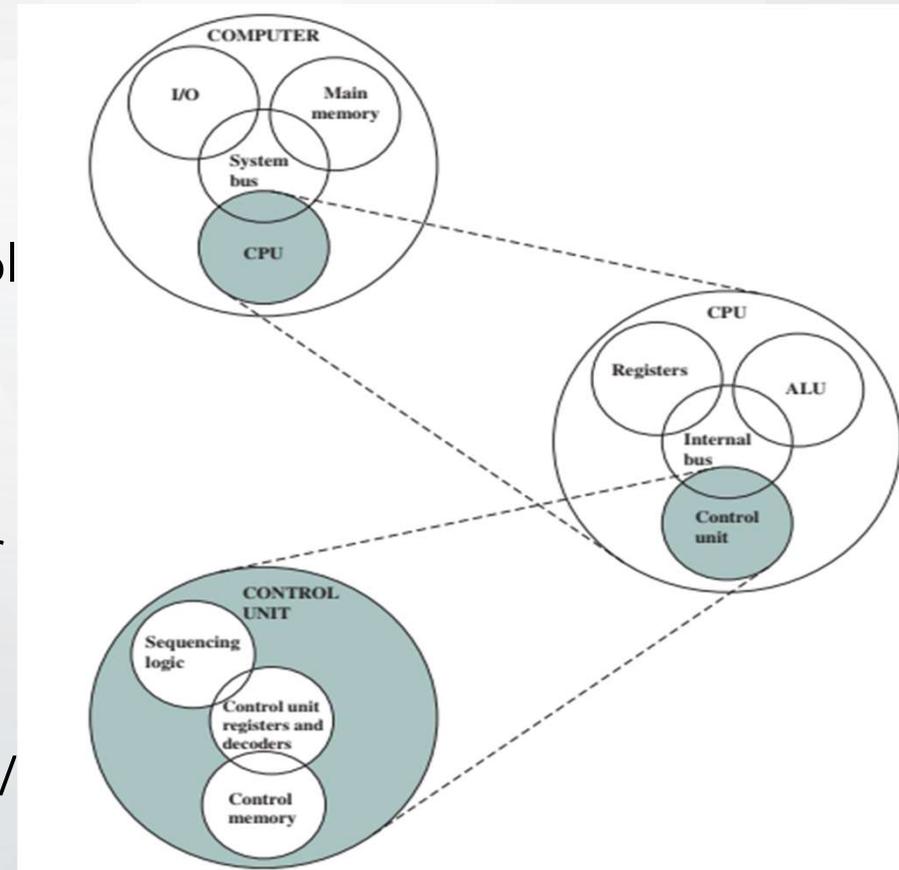
# Kontrol



- Digunakan untuk pengaturan pada 3 fungsi (pengolahan, penyimpanan, dan pemindahan data)
- Dilakukan oleh individu yang memberikan instruksi pada komputer
- **Control unit** → bagian yang digunakan untuk mengelola sumber daya komputer dan mengatur kinerja bagian fungsionalnya



- Pada komputer single-processor, ada 4 komponen struktural utama:
  - **CPU**
    - Mengatur operasi komputer dan menjalankan fungsi pengolahan data
  - **Main memory**
    - Menyimpan data
  - **I/O**
    - Memindahkan data antara komputer dan lingkungan eksternalnya
  - **System interconnection**
    - Mekanisme untuk komunikasi antara CPU, main memory, dan I/O
    - Contoh → sistem bus





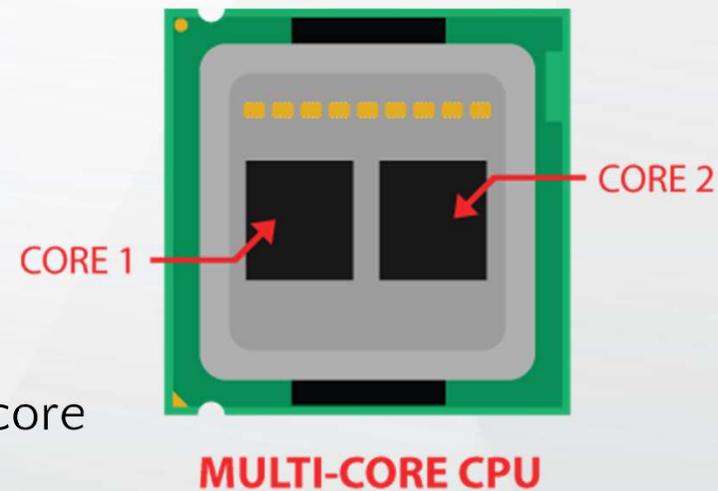
# Central Processing Unit (CPU)

- Pada, komputer single-processor, ada 4 komponen struktural utama CPU:
  - **Control Unit (CU)**
    - Mengatur pengoperasian CPU dan komputer
  - **Arithmetic and Logic Unit (ALU)**
    - Melakukan fungsi pengolahan data komputer
  - **Registers**
    - Menyediakan penyimpanan internal ke CPU
  - **CPU Interconnection**
    - Mekanisme yang menyediakan komunikasi antara CU, ALU, dan Registers



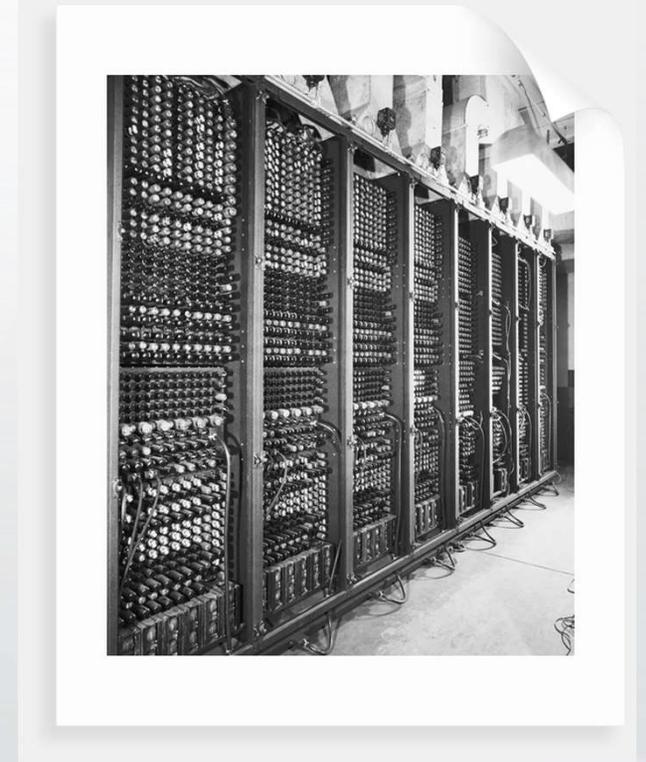
# Struktur Komputer Multicore

- Umumnya komputer modern memiliki banyak processor, ketika banyak processor berada pada 1 chip → **multicore**
- **CPU** → nama lain dari processor pada single unit
  - Fetch dan eksekusi instruksi
  - ALU, CU, Registers
- **Core**
  - Unit pemrosesan individu pada chip processor
  - Fungsinya sama dengan CPU pada single unit
- **Processor**
  - Sepotong silikon yang terdapat satu atau lebih core
  - Menterjemahkan dan mengeksekusi instruksi
  - Disebut multicore processor jika memiliki banyak core



# Komputer Generasi Pertama: Vacuum Tubes

- **Pertama kali → ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)**
  - Dibuat 1943, selesai 1946, digunakan sampai 1953
  - Tabung vakum untuk elemen logika digital dan memori
  - 18.000 tabung vakum
  - Diprogram manual dengan saklar
  - Berat 30 ton

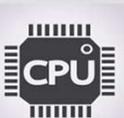




# Komputer Generasi Pertama: Komputer IAS

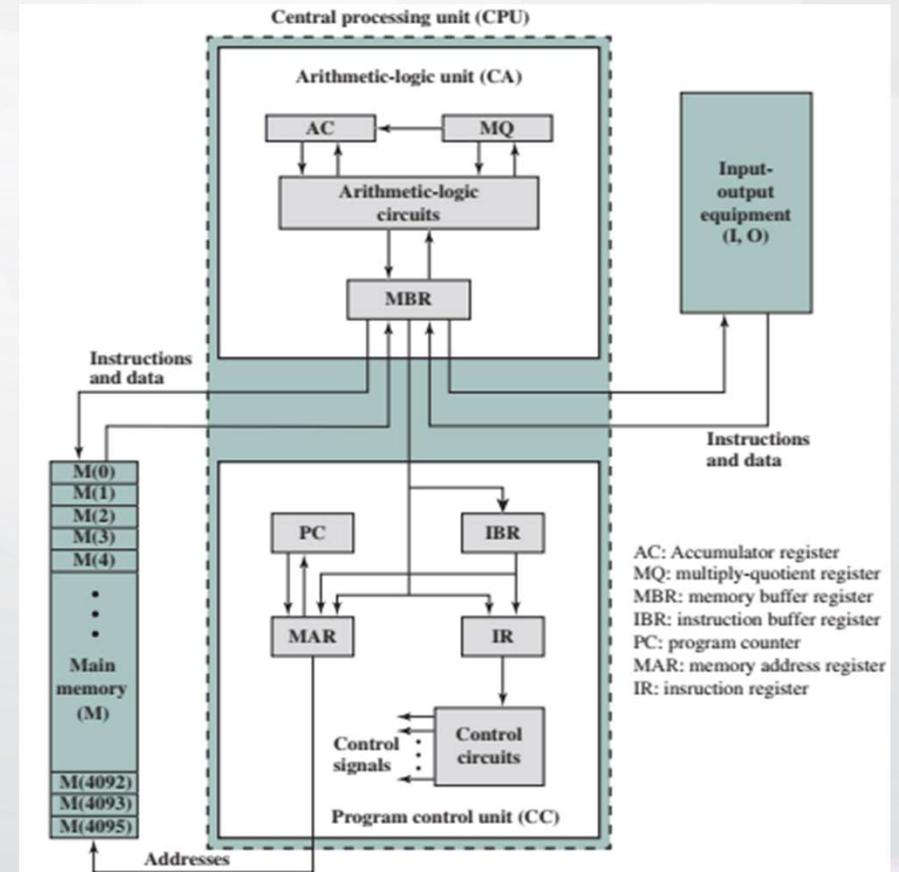


- Generasi pertama paling terkenal → komputer IAS (Princeton Institute for Advanced Studies)
  - Konsep stored-program
  - Penggagas ide **John Von Neumann**. Dikembangkan idenya oleh **Alan Turing**
  - Publikasi pertama 1945 (Von Neumann) → EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer)
  - Desain 1946, berakhir 1952 meski belum selesai



# Struktur Komputer IAS / Von Neumann

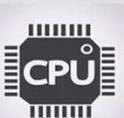
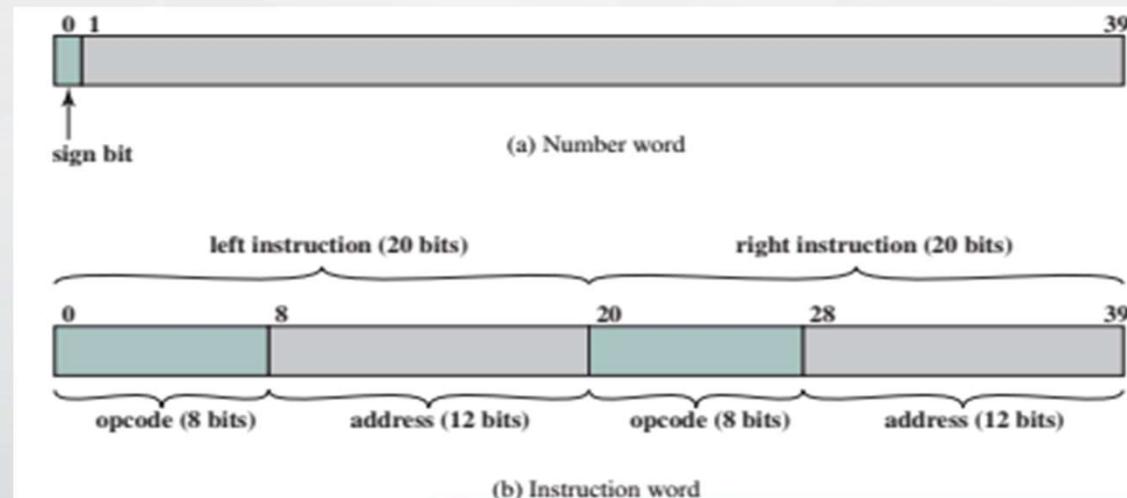
- Struktur komputer IAS dari proposal Von Neumann
  - **Memori utama** → menyimpan data dan instruksi dalam bentuk biner
  - **ALU** → beroperasi pada data biner
  - **Control Unit** → menginterpretasikan instruksi dalam memori kemudian dieksekusi
  - **I/O** → peralatan yang dioperasikan oleh Control Unit





# Memori IAS

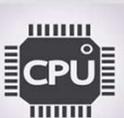
- Terdapat 4096 lokasi penyimpanan → **words**
- **Words** terdiri dari 40 bit
  - 40 bit (2 x 20 bit instruksi)
  - Setiap instruksi → 8 bit opcode dan 12 bit alamat
  - Menyimpan data dan instruksi
  - Bilangan dalam bentuk biner
  - Setiap instruksi adalah kode biner
  - Setiap bilangan direpresentasikan oleh sign bit dan nilai 39 bit





# Registers

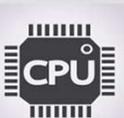
- Control Unit mengoperasikan IAS dengan mengambil instruksi dari memori dan mengeksekusinya satu per satu
- Control Unit dan ALU berisi lokasi penyimpanan yang disebut **registers**
  - **Memory Buffer Registers (MBR)** → word disimpan dalam memori atau dikirim ke I/O, atau digunakan untuk menerima word dari memori atau dari I/O
  - **Memory Address Registers (MAR)** → menentukan alamat dalam memori dari word yang akan ditulis atau dibaca ke dalam MBR
  - **Instruction Registers (IR)** → berisi instruksi opcode 8-bit yang sedang dieksekusi
  - **Instruction Buffer Registers (IBR)** → menahan sementara instruksi sebelah kanan dari word dalam memori
  - **Program Counter (PC)** → berisi alamat dari pasangan instruksi selanjutnya yang akan diambil dari memori
  - **Accumulator (AC)** dan **Multiplier Quotient (MQ)** → menahan operand sementara dan hasil operasi ALU





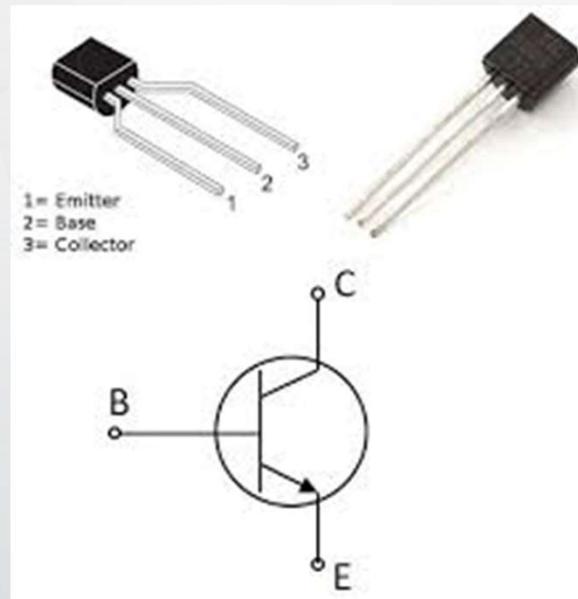
# Set Instruksi IAS

Instruction Type	Opcode	Symbolic Representation	Description
Data transfer	00001010	LOAD MQ	Transfer contents of register MQ to the accumulator AC
	00001001	LOAD MQ,M(X)	Transfer contents of memory location X to MQ
	00100001	STOR M(X)	Transfer contents of accumulator to memory location X
	00000001	LOAD M(X)	Transfer M(X) to the accumulator
	00000010	LOAD -M(X)	Transfer -M(X) to the accumulator
	00000011	LOAD  M(X)	Transfer absolute value of M(X) to the accumulator
	00000100	LOAD - M(X)	Transfer - M(X)  to the accumulator
Unconditional branch	00001101	JUMP M(X,0:19)	Take next instruction from left half of M(X)
	00001110	JUMP M(X,20:39)	Take next instruction from right half of M(X)
Conditional branch	00001111	JUMP + M(X,0:19)	If number in the accumulator is nonnegative, take next instruction from left half of M(X)
	00010000	JUMP + M(X,20:39)	If number in the accumulator is nonnegative, take next instruction from right half of M(X)
Arithmetic	00000101	ADD M(X)	Add M(X) to AC; put the result in AC
	00000111	ADD  M(X)	Add  M(X)  to AC; put the result in AC
	00000110	SUB M(X)	Subtract M(X) from AC; put the result in AC
	00001000	SUB  M(X)	Subtract  M(X)  from AC; put the remainder in AC
	00001011	MUL M(X)	Multiply M(X) by MQ; put most significant bits of result in AC, put least significant bits in MQ
	00001100	DIV M(X)	Divide AC by M(X); put the quotient in MQ and the remainder in AC
	00010100	LSH	Multiply accumulator by 2; that is, shift left one bit position
00010101	RSH	Divide accumulator by 2; that is, shift right one position	
Address modify	00010010	STOR M(X,8:19)	Replace left address field at M(X) by 12 rightmost bits of AC
	00010011	STOR M(X,28:39)	Replace right address field at M(X) by 12 rightmost bits of AC



# Komputer Generasi Kedua: Transistor

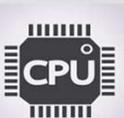
- Pengganti vacuum tube
- Lebih kecil dan lebih murah
- Disipasi panas sedikit
- Perangkat **solid-state** terbuat dari **silikon**
- Ditemukan tahun 1947 di Bell Labs, tahun 1950 mulai komersil



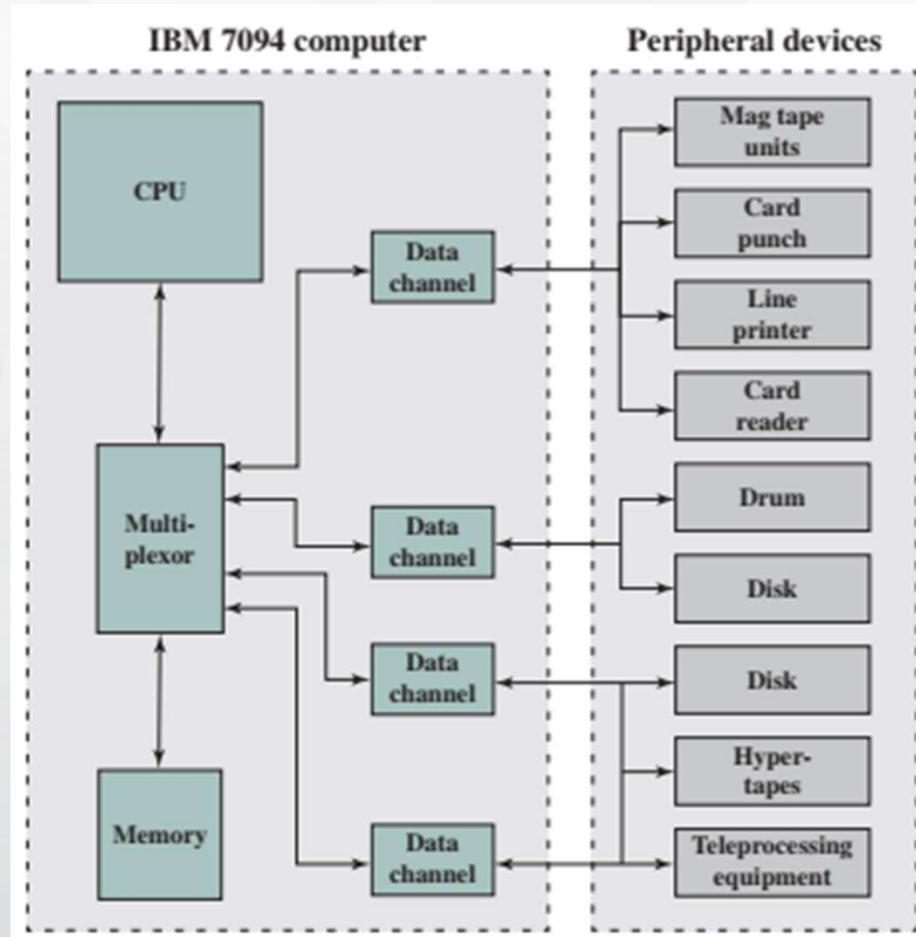


# Karakteristik Generasi Kedua

- ALU dan Control Unit yang lebih kompleks
- Penggunaan bahasa **pemrograman tingkat tinggi**
- Menyediakan sistem perangkat lunak yang mampu untuk:
  - Load program
  - Memindahkan data ke peripheral
  - Library untuk komputasi umum
- Contoh: IBM 7094



# IBM 7094

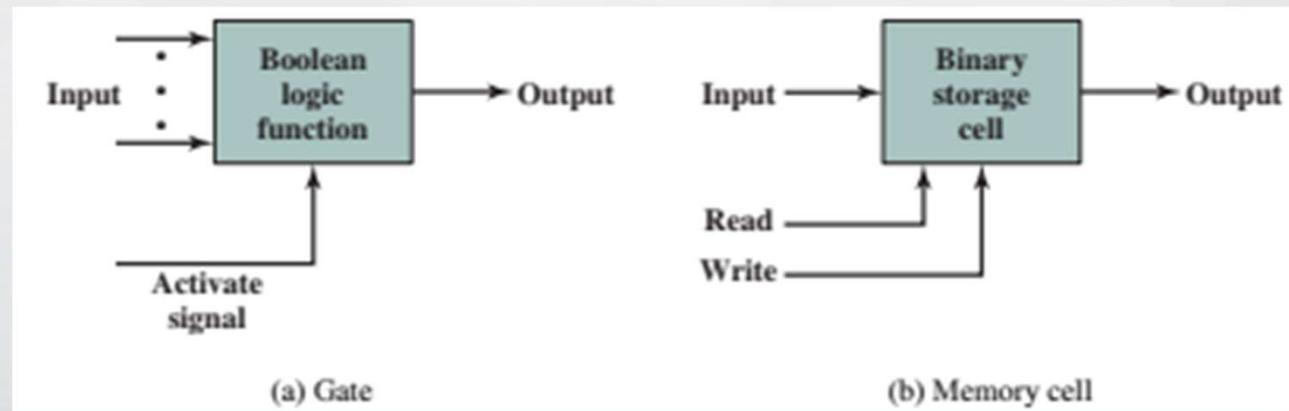


# Komputer Generasi Ketiga: Integrated Circuit (IC)

- Era mikroelektronik → **Integrated Circuit (IC)** ditemukan tahun 1958
- Komponen diskrit
  - **Tunggal** dan **self-contained transistor**
  - Diproduksi secara terpisah, dikemas dalam wadahnya sendiri, dan disolder atau disambungkan bersama ke papan sirkuit mirip masonit
  - Proses pembuatannya mahal dan tidak praktis
- Contoh IBM System/360 dan DEC PDP-8

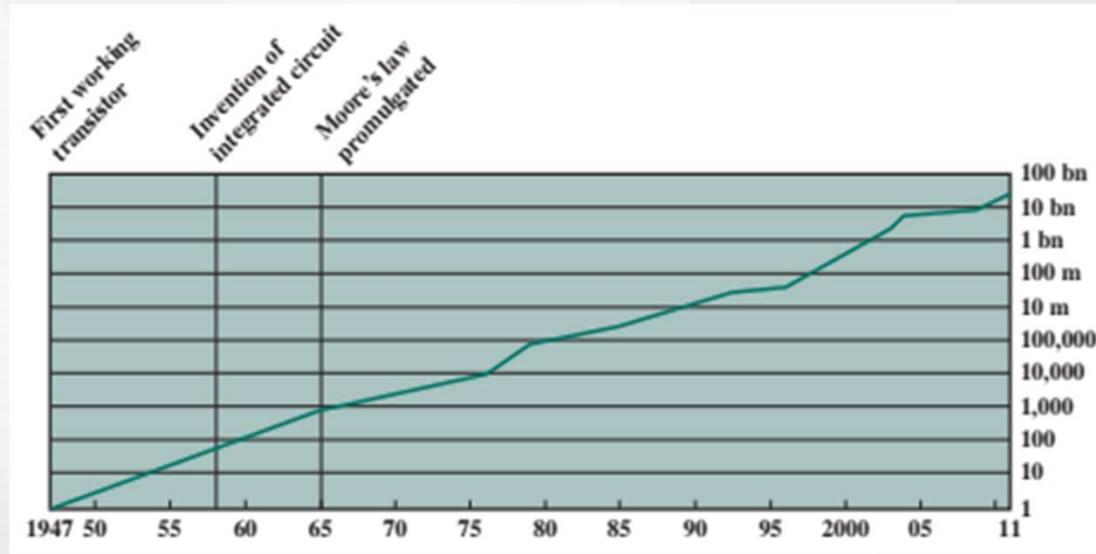


- Hanya dua tipe dasar komponen yang dibutuhkan yaitu gate dan memory cell
- **Gate** → perangkat yang mengimplementasikan boolean sederhana atau fungsi logika
- **Memory cell** → perangkat yang dapat menyimpan 1 bit data
- Sejumlah gate dikemas dalam 1 keping semikonduktor (**chip**)
- Komputer terdiri dari gate, memory cell, dan interkoneksi antar elemen
- Gate dan memory cell dibangun dari komponen elektronik sederhana, yaitu transistor dan kapasitor



# Hukum Moore

- **Gordon Moore** tahun 1965, cofounder **Intel**
- Meningkatkan kerapatan komponen dalam chip
- Jumlah transistor/chip meningkat **2x lipat per tahun**
- Sejak tahun **1970** melambat, **2x lipat setiap 18 bulan**
- Konsekuensi hukum moore:
  - Harga suatu chip tetap
  - Kerapatan tinggi meningkatkan kecepatan operasi
  - Ukuran semakin kecil, fleksibilitas meningkat
  - Penurunan daya
  - Sambungan sedikit, berarti lebih handal





# Generasi Selanjutnya

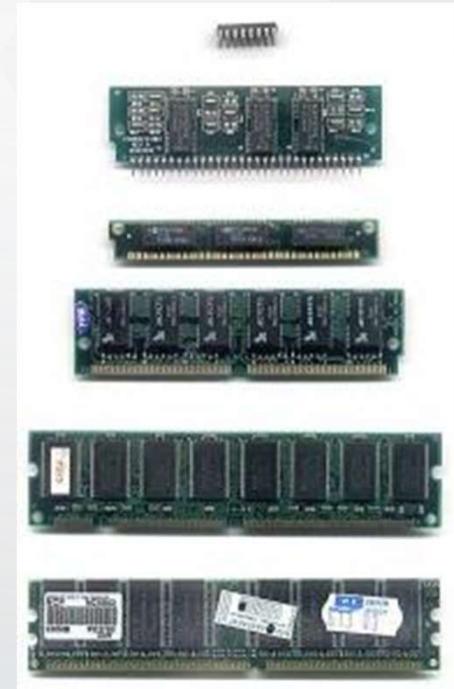
- Large Scale Integration (LSI)
  - lebih dari 1.000 komponen pada 1 chip IC
- Very Large Scale Integration (VLSI)
  - lebih dari 10.000 komponen pada 1 chip IC
- Ultra Large Scale Integration (ULSI)
  - lebih dari 1.000.000.000 komponen pada 1 chip IC
- Semiconductor Memory
  - dibahas selanjutnya
- Microprocessor
  - dibahas selanjutnya





# Memori Semikonduktor

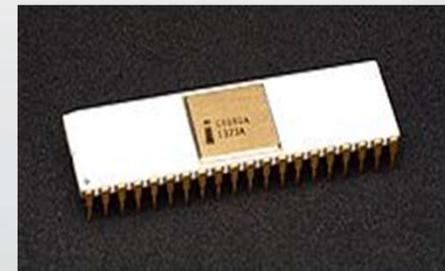
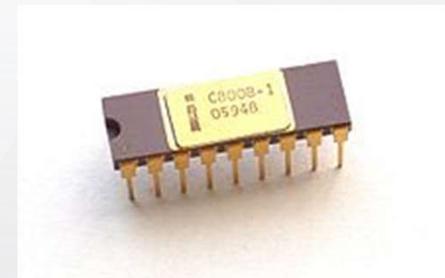
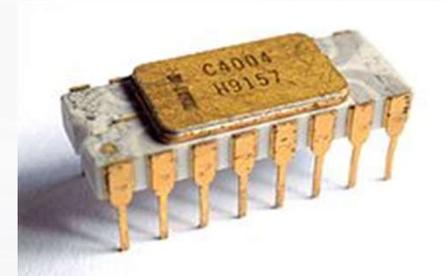
- Tahun 1970
  - Fairchild membuat memori semikonduktor pertama yang luas
  - Chip ini seukuran 1 core
  - Dapat menyimpan 256 bit memori
  - Non-destructive dan lebih cepat dari core
- Tahun 1974
  - Harga per bit memori semikonduktor turun di bawah harga per bit memori inti
  - Penurunan biaya memori disertai peningkatan kepadatan memori fisik
- Sejak 1970 memori semikonduktor telah melewati 13 generasi
  - Meningkatkan kepadatan penyimpanan
  - Penurunan biaya per bit
  - Penurunan waktu akses





# Mikroprosesor

- Tahun 1971 → Intel 4004
  - Mikroprosesor pertama
  - Semua komponen CPU dalam 1 IC (chip)
  - Operasi tambah 2 bilangan 4 bit dan perkalian dengan mengulang operasi tambah
- Tahun 1972 → Intel 8008
  - 8 bit
  - Hampir 2 kali lebih kompleks dari 4004
  - Untuk aplikasi spesifik
- Tahun 1974 → Intel 8080
  - General-purpose microprocessor generasi pertama
  - 8 bit
  - Lebih cepat, set instruksi lebih banyak, dan kapabilitas pengalaman yang besar





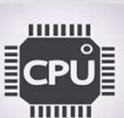
# Evolusi Mikroprosesor Intel (1)

(a) 1970s Processors

	4004	8008	8080	8086	8088
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	10	8	6	3	6
Addressable memory	640 bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

(b) 1980s Processors

	80286	386TM DX	386TM SX	486TM DX CPU
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6–12.5 MHz	16–33 MHz	16–33 MHz	25–50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	1.5	1	1	0.8–1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB





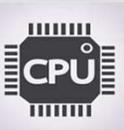
# Evolusi Mikroprosesor Intel (2)

(c) 1990s Processors

	486TM SX	Pentium	Pentium Pro	Pentium II
Introduced	1991	1993	1995	1997
Clock speeds	16–33 MHz	60–166 MHz,	150–200 MHz	200–300 MHz
Bus width	32 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	1.185 million	3.1 million	5.5 million	7.5 million
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	1	0.8	0.6	0.35
Addressable memory	4 GB	4 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	8 kB	8 kB	512 kB L1 and 1 MB L2	512 kB L2

(d) Recent Processors

	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core i7 EE 4960X
Introduced	1999	2000	2006	2013
Clock speeds	450–660 MHz	1.3–1.8 GHz	1.06–1.2 GHz	4 GHz
Bus width	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	1.86 billion
Feature size (nm)	250	180	65	22
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	1.5 MB L2/15 MB L3
Number of cores	1	1	2	6





# Evolusi Arsitektur Intel x86



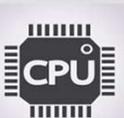
- Contoh keluarga prosesor pada buku ini → arsitektur Intel x86 dan ARM
- Intel x86 merepresentasikan desain pada Complex Instruction Set Computers (CISC)
  - Desain canggih digunakan pada mainframe dan superkomputer
- Alternatif desain prosesor lainnya adalah Reduced Instruction Set Computers (RISC)
  - Digunakan pada embedded system
  - Desain terbaik di market





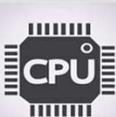
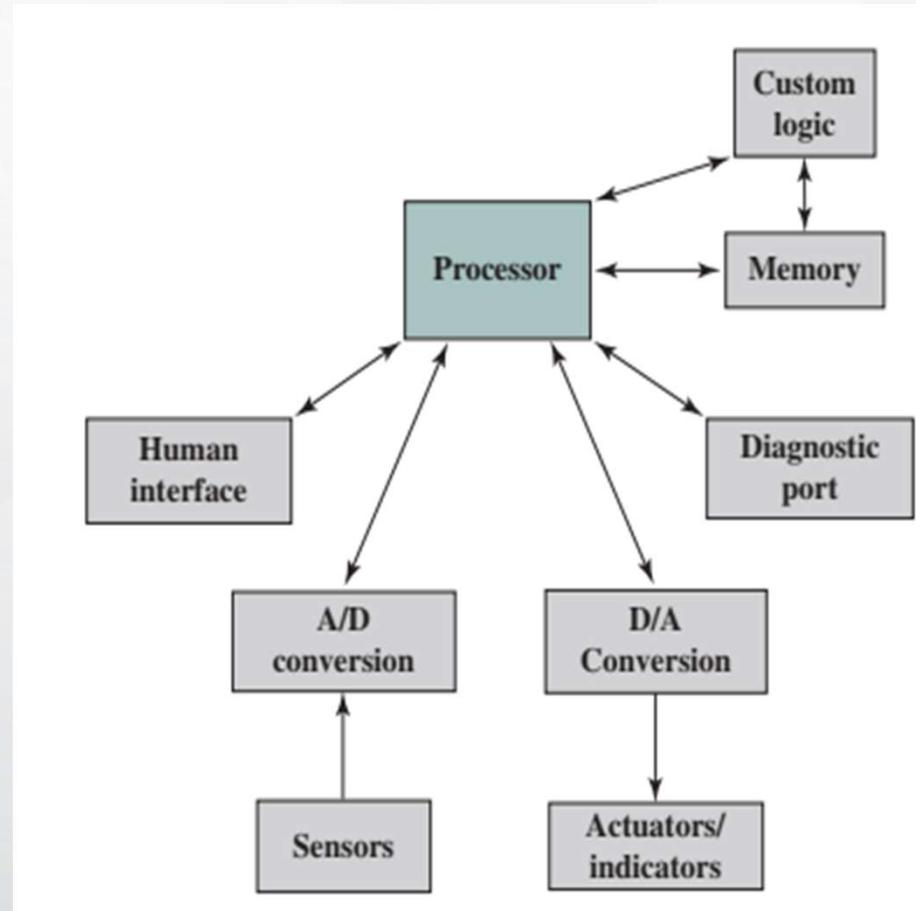
# Embedded System

- Embedded system → penggunaan elektronik dan software dalam suatu produk
- Special-purpose computer
- Sistem komputer tertanam dalam perangkat yang lebih besar
- Embedded system seringkali memiliki keterikatan dengan lingkungannya
  - Batasan real-time
  - Batasan seperti kecepatan gerak, ketepatan pengukuran, dan durasi waktu menyesuaikan waktu operasi software
  - Jika banyak aktivitas yang dikelola bersamaan, maka batasan real-time menjadi kompleks





# Organisasi pada Embedded System





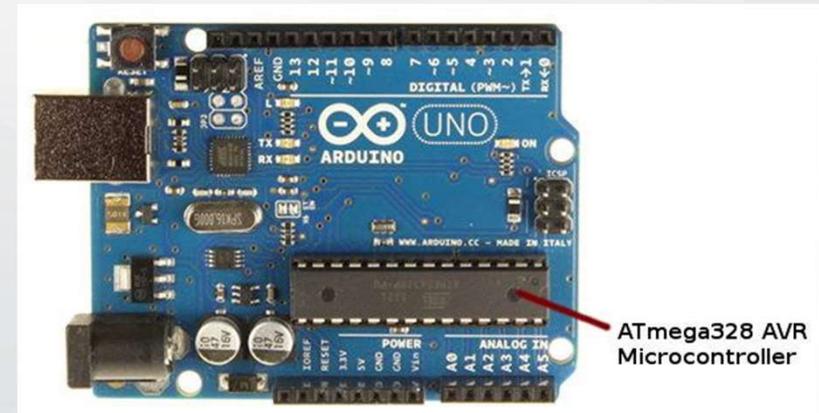
# Internet of Things (IoT)

- IoT → interkoneksi perangkat pintar yang luas, mulai dari peralatan hingga sensor berukuran kecil
- IoT digerakkan oleh embedded system
- Internet berkembang melalui 4 generasi yang penerapannya berujung pada IoT:
  - Information Technology (IT) → PC, server, router, firewall utamanya menggunakan koneksi kabel
  - Operational Technology (OT) → mesin kedokteran menggunakan koneksi kabel
  - Personal Technology → smartphone, tablet utamanya menggunakan koneksi nirkabel
  - Sensor/actuator Technology → perangkat single-purpose utamanya menggunakan koneksi nirkabel



# Mikroprosesor vs Mikrokontroler

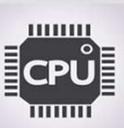
- Mikroprosesor merupakan CPU yang terbentuk dalam 1 chip, dimana CPU tersusun atas ALU, registers, Control Unit, instruction decoder, dll
- Mikrokontroler merupakan gabungan dari CPU, port I/O, memori, timer, dan rangkaian pendukung lainnya yang dikemas menjadi 1 chip
- Kecepatan pemrosesan mikrokontroler (umumnya MHz) lebih lambat dibandingkan mikroprosesor (umumnya GHz)
- Mikrokontroler tidak menyediakan interaksi manusia-komputer





# ARM

- Arsitektur ARM mengacu pada desain RISC untuk embedded system
- Didesain oleh ARM Holdings, Cambridge, England
- Chip ARM adalah prosesor berkecepatan tinggi dengan ukuran lebih kecil dan kebutuhan daya lebih rendah
- Banyak juga digunakan di smartphone, iPod, dan perangkat genggam lainnya termasuk game konsol genggam, music player, kalkulator, dll

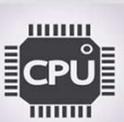




# Produk ARM

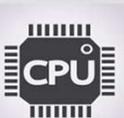
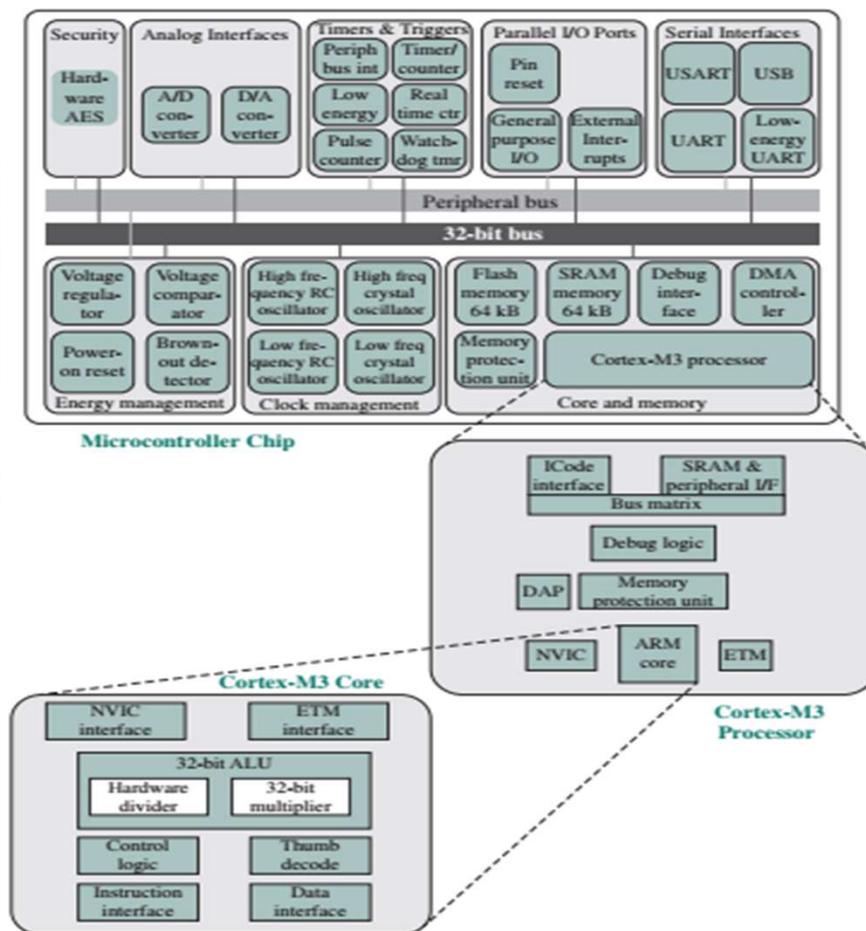


- Sebagian produknya dari keluarga Cortex. Ada 3 arsitektur sesuai label ARM yaitu, A, R, dan M
- Cortex-A (32 bit) /Cortex-A50 (64 bit)
  - Prosesor aplikasi → perangkat mobile (smartphone dan eBook readers), TV digital
  - Mendukung Memory Management Unit (MMU)
  - Clock frekuensi lebih tinggi (lebih dari 1 GHz)
- Cortex-R
  - Aplikasi real-time → Automotive Braking System (ABS), perangkat jaringan
  - Mendukung Memory Protection Unit (MPU)
  - Clock frekuensi cukup tinggi (200 MHz - 800 MHz)
- Cortex-M (M0, M0+, M3, M4)
  - Perangkat IoT, Wireless Sensor Network
  - Mikrokontroler dengan kebutuhan manajemen interupsi yang cepat dan tinggi
  - Jumlah gerbang dan konsumsi daya serendah mungkin
  - Mendukung Memory Protection Unit (MPU)





# Chip Mikrokontroler Cortex-M3





# Cloud Computing

- Menurut NIST, cloud computing adalah

“A model for enabling ubiquitous, convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction”

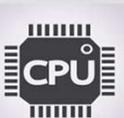
- Metode bayar “pay as you go”
- Tidak ada komitmen di awal
- Tidak ada kontrak jangka panjang
- Penyedia cloud menjamin keamanan data
- Scalable





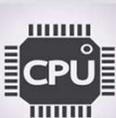
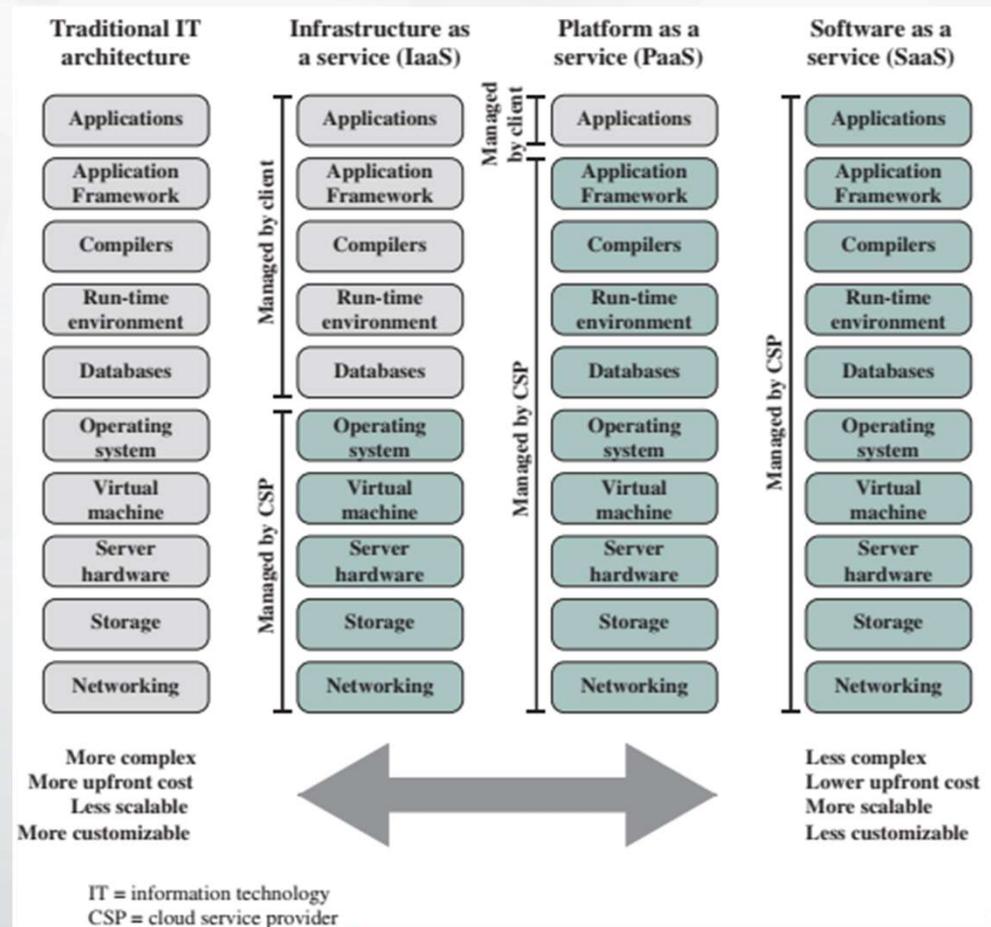
# Cloud Networking dan Storage

- Cloud networking
  - Fungsionalitas manajemen jaringan yang ditempatkan untuk cloud computing
  - Penyediaan sumberdaya jaringan dengan kinerja tinggi
  - Kemampuan untuk akses ke cloud, menghubungkan data center enterprise ke cloud, dan layanan keamanan jaringan
- Cloud storage
  - Berisi penyimpanan database dan aplikasi database yang dihosting jarak jauh pada server cloud
  - Penyimpanan data yang sesuai dengan kebutuhan bisnis kecil dan pengguna individu
  - Memanfaatkan aplikasi database tanpa memelihara atau mengelola aset penyimpanan





# Arsitektur Cloud Computing





Terima Kasih

