

A faint, light gray globe with latitude and longitude lines is centered in the background of the slide.

Embedded Systems

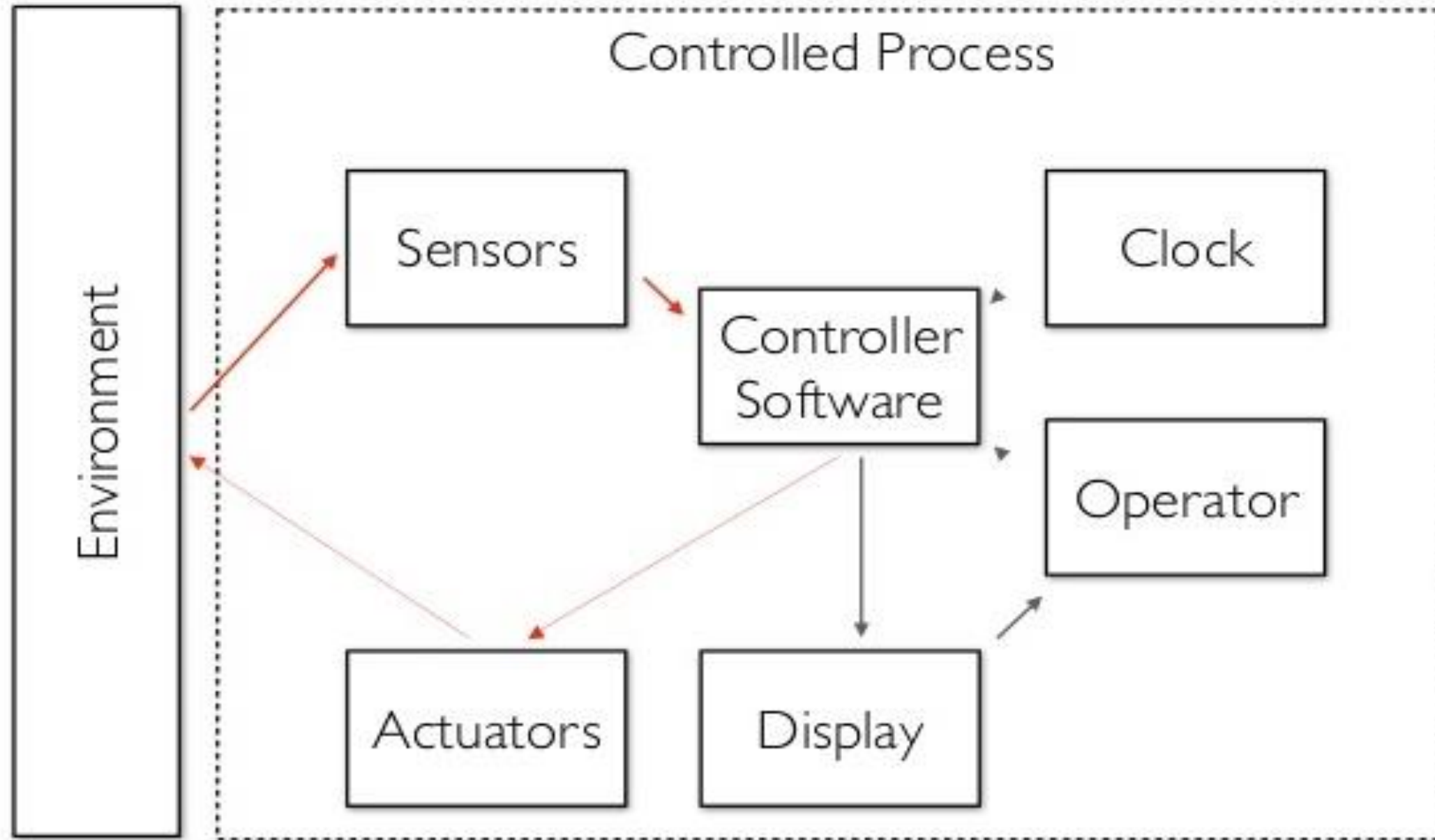
“Gömülü Sistemlerin Temel Bileşenleri”

Dr. Cahit Karakuş, Mart - 2021

Gömülü sistem

- Makine gücünün gerçekleştirdiği tümü işleri bilgisayar denetiminde (Donanımsal ve yazılımsal) kontrol eden sisteme **otomasyon** denir.
- Sistemlerin ve makinelerin davranışlarını izlemek ve yönetmek amacıyla, fiziksel dünyadaki değişimlerin tespit edilerek, algılanarak ve ölçülerek gerçek zamanlı hesaplama ve mantıksal işlevleri gerçekleştirecek olan otomasyon işlevine ait tüm verilerin üzerinde toplandığı özel tasarlanmış, mikroişlemci tabanlı bir donanım ve yazılım birimine de **gömülü sistem** denir.
- **Bilgisayar sistemlerini oluşturan temel elemanlar:** Mikroişlemci, bellek (Ram, Rom), I/O; sistem bus (Veri haberleşmesi: Adres, Data, Control), clock ve timing(Eş güdümlü veri transferi ve işleme). Bu temel elemanlar normal bir bilgisayar sisteminde ayırık bulunur. Gömülü sistemlerde ise bu temel elemanlar tek bir chip üzerinde bulunur. İşletim ve uygulama yazılımları da içinde gömülüdür.
- Gömülü bir sistemin karmaşıklığı, tasarlandığı göreve bağlı olarak önemli ölçüde değişir.
- Üretilen tüm mikroişlemcilerin yüzde 98 kadarı gömülü sistemlerde kullanılmaktadır.

Gömülü sistem



History of Embedded Operating Systems

- İlk modern, gerçek zamanlı gömülü bilgi işlem sistemi, 1960'larda Apollo Programı için Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Dr. Charles Stark Draper tarafından geliştirilen Apollo Rehberlik Bilgisayarı idi. Apollo Kılavuz Bilgisayarı, verileri otomatik olarak toplamak ve Apollo Komuta Modülü ve Ay Modülü için görev açısından kritik hesaplamalar sağlamak üzere tasarlanmıştır.
- 1971'de Intel, piyasada bulunan ilk mikroişlemci birimi olan Intel 4004'ü piyasaya sürdü - destek mantık devreleri ve harici bellek gerektiren ilklerden bir mikroşlemcidir; 1978'de Ulusal Mühendislik İmalatçıları Derneği, programlanabilir mikro denetleyiciler için bir standart yayınladı ve gömülü sistem tasarımını geliştirdi; ve 1980'lerin başında, bellek, giriş ve çıkış sistemi bileşenleri işlemciyle aynı yongaya entegre edilerek bir mikro denetleyici oluşturuldu.
- Mikrodenetleyici tabanlı gömülü sistem, kredi kartı okuyucularından cep telefonlarına, trafik ışıklarından termostatlara kadar tüketicilerin günlük yaşamlarının her yönüne dahil edilmeye devam edecek.
- Mikrodenetleyiciler gömülü sistemlere dönüştü.

Future Trends in Embedded Systems

- Sanayi – Otomasyon – Robot – Yapay Zeka
- Yapay Zeka (AI), Sanal Gerçeklik (VR) , İnteraktif etkileşim ve Artırılmış Gerçeklik (AR), makine öğrenimi, derin öğrenme ve Nesnelerin İnterneti'nin (IoT: Birbirleri ile iletişim ve etkileşim halinde ortak zeka geliştiren otonom gezgin makineler) sürekli gelişimi ile gömülü sistemler endüstrisinin hızla büyümeye devam etmesi bekleniyor. Bilişsel gömülü sistem tüm trendlerin merkezinde olacak: azaltılmış enerji tüketimi, gömülü cihazlar için geliştirilmiş güvenlik, bulut bağlantısı ve ağ oluşturma, derin öğrenme uygulamaları ve gerçek zamanlı verilerle görselleştirme araçları.
- Otonom algoritmalar: Veri yığınınından kendine kendine öğrenerek insandan bağımsız davranış geliştiren algoritmalar ve matematiksel modeller.
- Gömülü sistemler endüstrisi için küresel pazar 2020'de 70 milyar dolar olarak değerlendirildi ve 2025'in sonunda 110 milyar dolara yükselmesi bekleniyor.
- Artificial Intelligence (AI),
- Sanal Gerçeklik (Virtual Reality - VR),
- Artırılmış, Bütünleştirilmiş Gerçeklik (Augmented Reality - AR),
- Makine Öğrenmesi (Machine learning),
- Derin Öğrenme (Deep learning),
- Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT).

Gömülü Sistem Disiplinleri

- Bilgisayar Organizasyonu
- Yazılım: Python, C++, Assemble, Matlab, Java Script
- Elektronik ile ilgili, açık kaynaklı bir mikrodenetleyici ve gömülü uygulama platformları. G/Ç (I/O) kartı ve Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamından oluşan bir fiziksel programlama platformu.
- Sayısal tasarım
- Elektronik devre elemanları ve ölçümler
- Elektronik pasif devre elemanları: Direnç, Kapiste, Endüktans
- Elektronik aktif devre elemanları: Transistor, Diyot, Op-Amp

Gömülü Mikroişlemciler ve Mikrodenetleyiciler

- CPU işlevleri
- CPU Mimarisi ve Organizasyonu
- Yapısal CPU tasarımı
- Gömülü Sistem Tasarımı
- Arayüz ve bütünleştirme
- Sürücü kartlar ya da sistemler

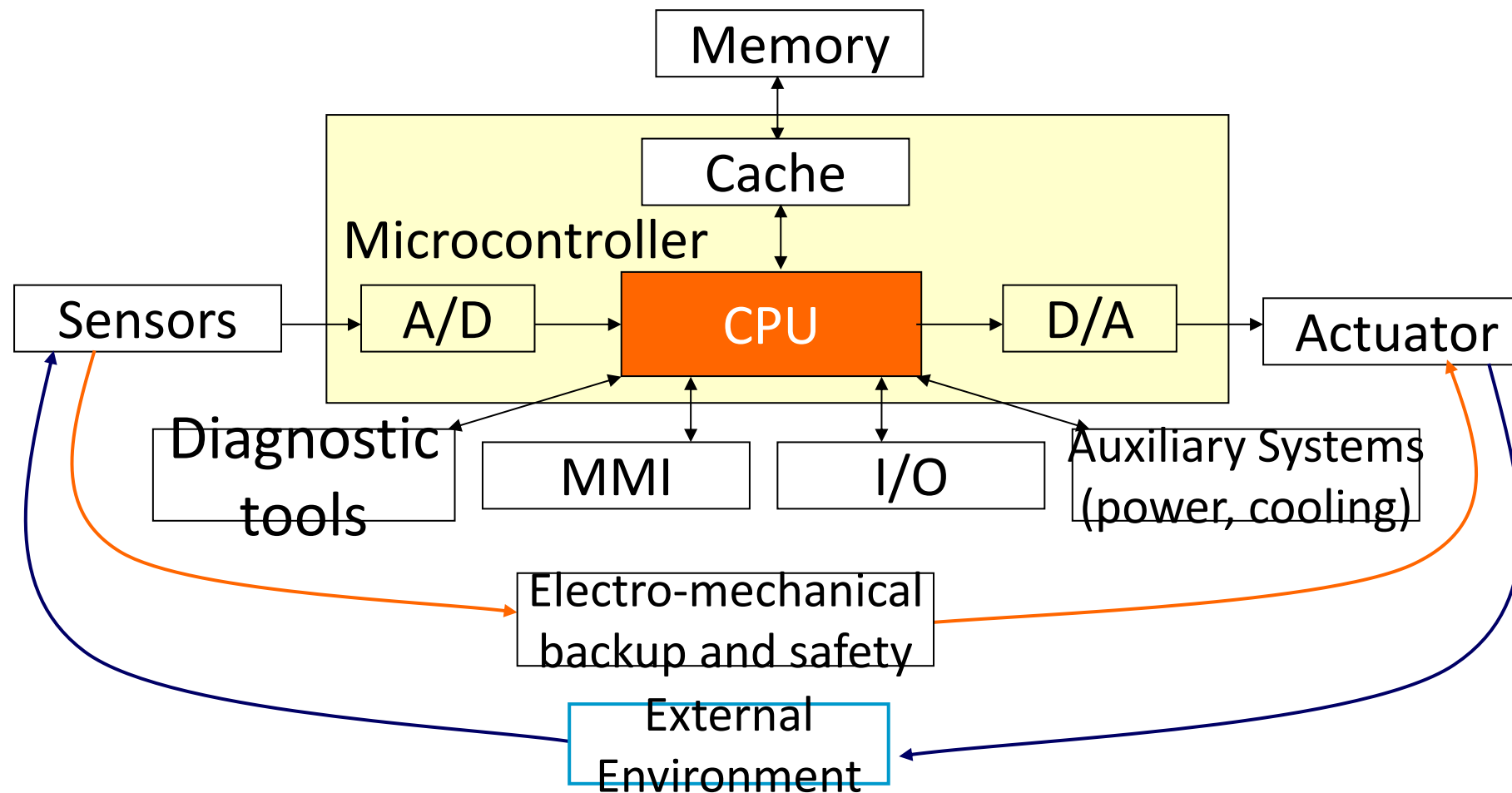
A Typical Embedded System

An Embedded Designer's View...

- CPU: Performance, Compilers, Operating Systems, Cost.
- Memory Size, I/O connections, peripherals, Cost.
- Functionality, Timetomarket, Cost & Cost.

And a customer's view...:

- Reduced Cost
- Increased Functionality
- Improved Performance
- Increased Dependability



Gömülü Sistem Ekipmanları

- Algılayıcılar ve Ölçerler
- Aktüatörler
- Dijital, Analog Giriş- Çıkış Birimleri
- Motor Sürücüler
- Şaft kodlayıcıları
- Fiziksel arayüz standartları ve sistemleri
- Standart Protokolleri

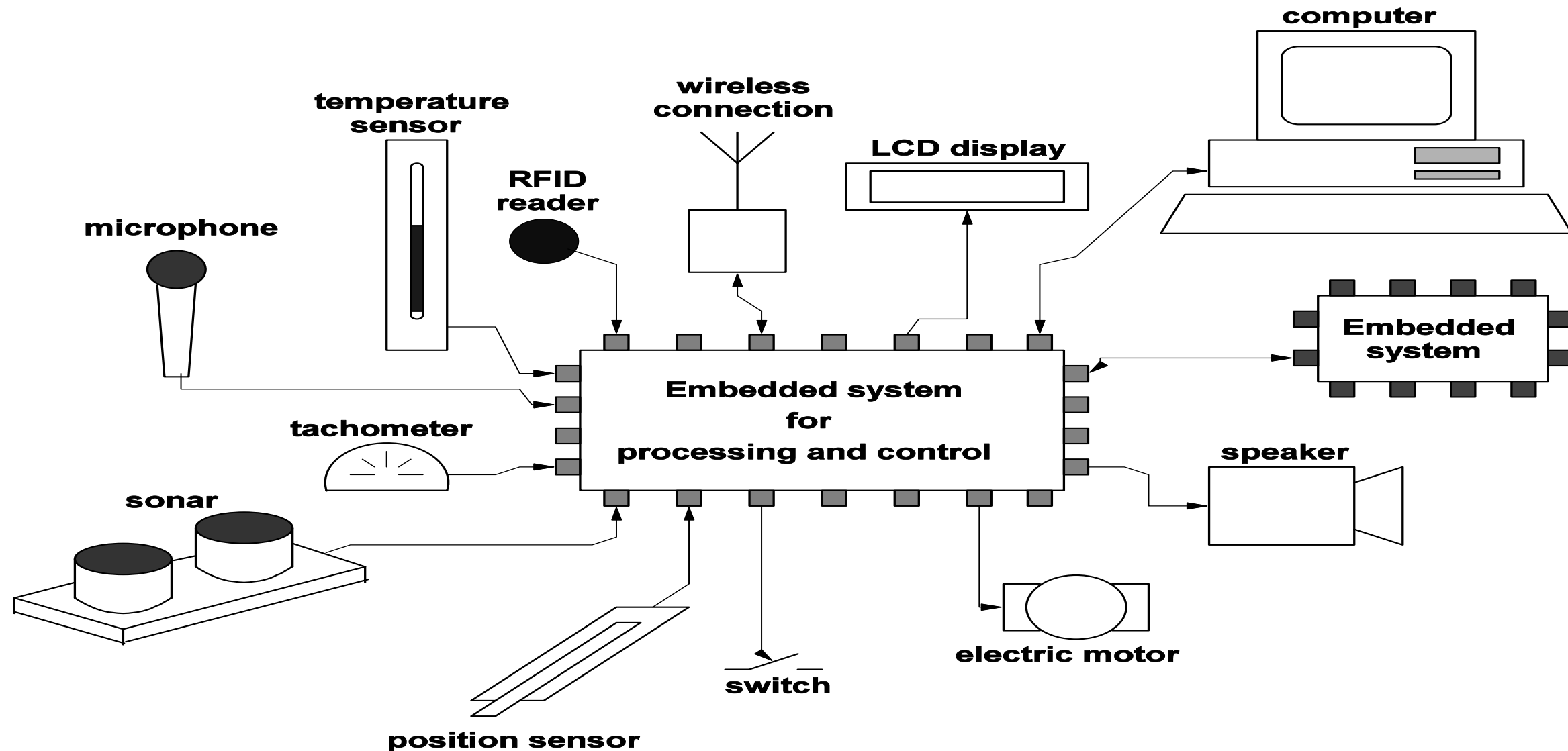
Gömülü Sistemler için Programlama

- Assembly
- C++
- Matlab
- Gerçek Zamanlı Sistemler
- Tek bir kod setinin birden fazla işlemci tarafından farklı yürütme aşamalarında kullanılabildiği çoklu iş parçacıkları
- Veri Yapıları
- Programlama Teknikleri
- Cihaz Sürücü Yazılımları

Gömülü Sistem Bileşenleri

- Gömülü Sistem
- Board Tasarımı
- Aktüatörler
- Algılayıcılar
- Kontrol Sistemleri
- Haberleşme Sistemleri
- İşaret İşleme
- Gömülü sistemler uygulama yazılımları

Sensing and actuation devices in embedded applications



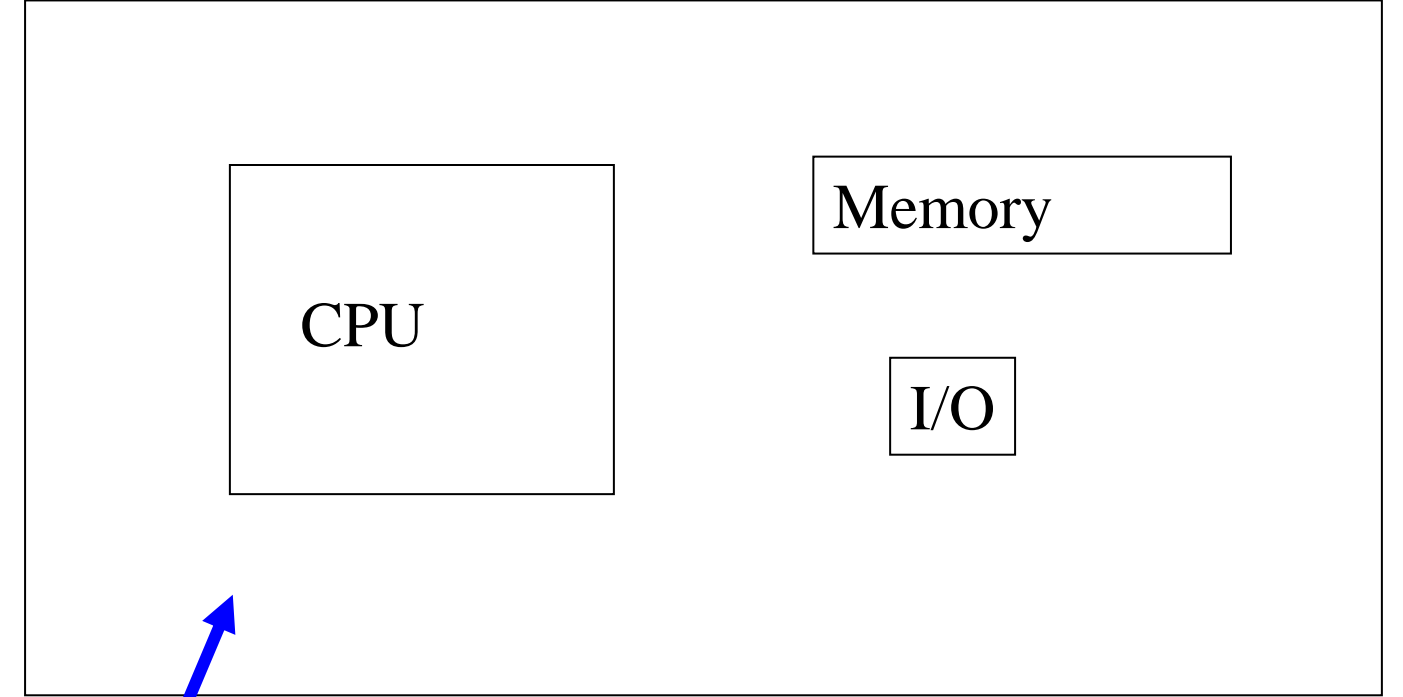
Gömülü sistem, veri işler, kontrol eder ve yönetir.



Structure of Embedded Systems

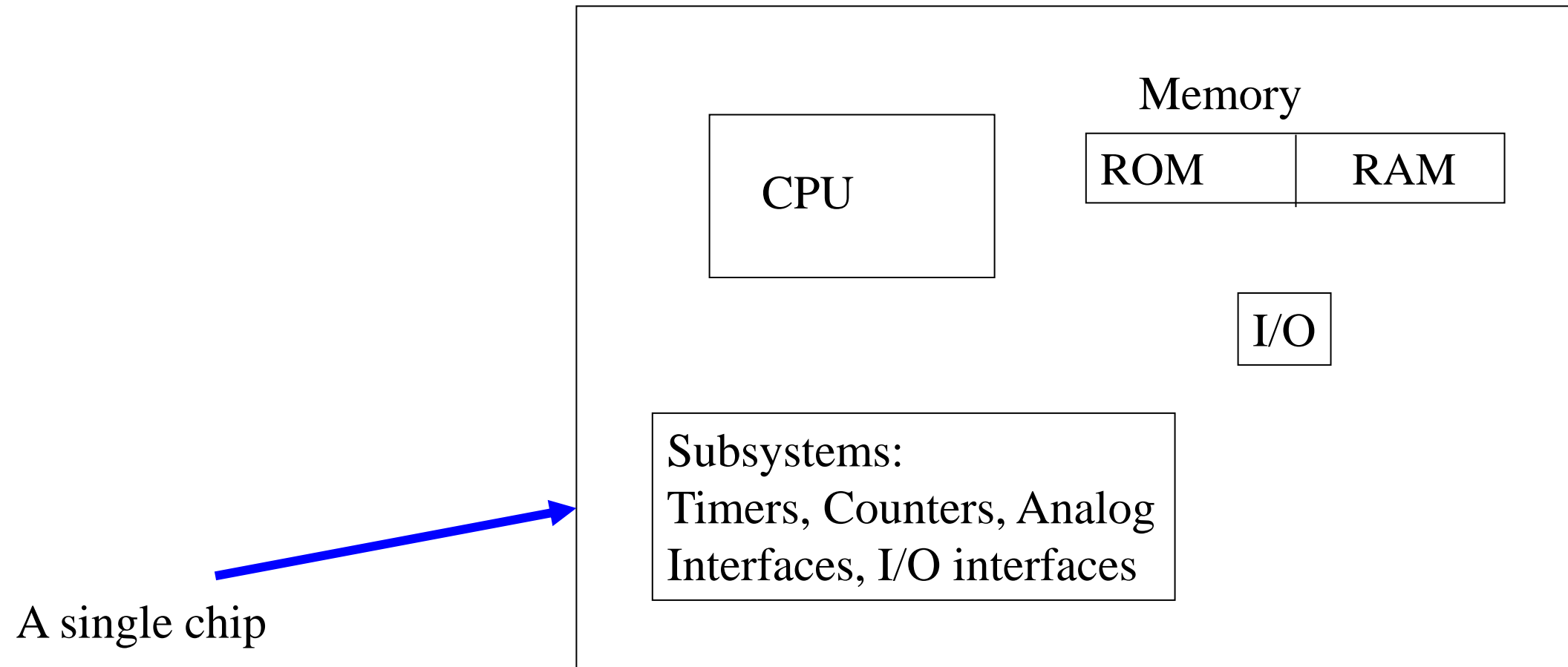
Bir bilgisayarın temel bileşenleri

- CPU
- Memory
- I/O
- Haberleşme Yolları (System Bus)

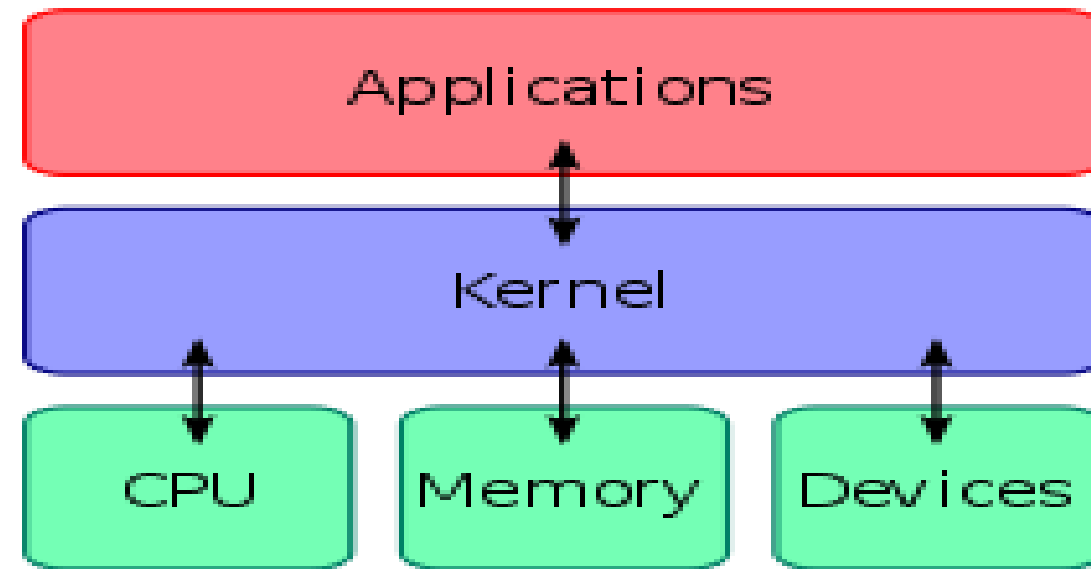


Farklı yongalar (chip) aynı board üzerinde bütünleşmiştir.

Gömülü Mikrodenetleyiciler



Operating System



Cross Development Tools

- Preprocessor
- Compiler
- Assembler
- Linker
- Libraries
- Loader
- Debugger
- Archiver
- Simulator
- Emulator

Predictable Computer Architecture

- What we need:
 - Timing Predictability
 - Isolation
- Göreceğimiz şey: bilgisayar mimarisi tasarımınızın bu tür gereksinimleri karşılamak için nasıl değişmesi gerektiği.
- Bu, mimarinin tüm ana bileşenlerini içerir:
 - Pipeline (Parelel ardışıl işlevler; CPU'nun ana komutsal işlevleri: fetch, execute, ALU, I/O ve other elements of the core, birden fazla komutların ana işlevleri parçalarak aynı anda farklı parçaları çalıştırılıyor.)
 - Ön Bellekler (Caches)
 - Ara Bağlantılar (Interconnects)
 - Memory controllers
 - I/O Çevre Birimleri (Peripherals)

Classification

Embedded Systems



Functionality

- Bağımsız gömülü sistemler (Stand-alone embedded systems)
- Gerçek zamanlı gömülü sistemler: Donanımsal gerçek zamanlı sistemler ve Yazılımsal gerçek zamanlı sistem
- Ağa bağlı gömülü sistemler (Networked embedded systems)
- Gezgin Gömülü sistemler (Mobile Embedded systems).

Performance

- Small scaled embedded system
- Medium scaled embedded system
- Large scaled embedded system.

SINIFLANDIRMA

Stand-alone Embedded systems: Kendi kendine çalışır. Bilgisayar gibi herhangi bir ana sistem gerektirmeyen bağımsız bir cihazdır - Örneğin: Sıcaklık ölçüm sistemleri, MP3 çalarlar, dijital kameralar ve mikrodalga fırınlar.

Real-time embedded systems: Belirli bir zamanda (Zaman sınırı) gerekli çıktıyı verir.

Soft Real-Time system: Zaman kısıtlamalarının ihlali yalnızca kalitenin düşmesine neden olur, ancak sistem çalışmaya devam edebilir. EX: Çamaşır makinesi, TV kumandası

Hard Real-Time system: Zaman kısıtlamalarının ihlali, kritik arızaya ve can veya mal kaybına veya felakete neden olacaktır. Ör: Füze kontrol gömülü sistemde son tarih, Gaz sızıntısı sırasında gecikmeli alarm, araba hava yastığı kontrol sistemi

Networked embedded systems: Kaynaklara erişmek için ağ arayüzlerine sahip bir ağ ile ilgilidir. Bağlı ağ bir LAN veya WAN veya İnternet olabilir. Bağlantı kablolu veya kablosuz olabilir. Örneğin: Ev güvenlik sistemi.

Mobile Embedded systems: Mobil ve cep telefonları, dijital kameralar, MP3 oynatıcılar, PDA. Sınırlama Bellek ve diğer kaynaklardır.

Küçük ölçekli gömülü sistem: Yonga üzerinde RAM ve ROM ile 8–16 bitlik tek bir Mikroişlemci tarafından desteklenir.

Orta ölçekli gömülü sistem: Harici RAM ve ROM ile 16–32 bit Mikroişlemci / Mikroişlemci tarafından desteklenir.

Büyük ölçekli gömülü sistem: Dağıtılmış işleri gerçekleştirebilen 32-64 bit çoklu yongalarla desteklenir.

Applications of embedded systems

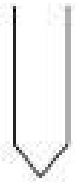
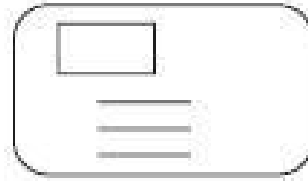
Telecom



- Mobile Computing
- Wireless
- Networking

(a)

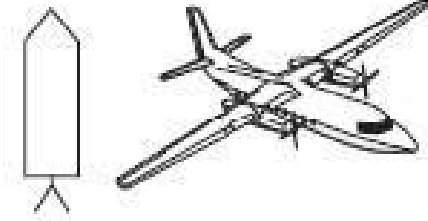
Smart
Cards



- Banking
- Telephone
- Security

(b)

Missiles and
Satellites



- Defence
- Aerospace
- Communication

(c)

Applications of embedded systems

Computer Networking
Systems and Peripherals



- Networking Systems
- Image processing
- Printers
- Networks Cards
- Monitors and Displays

(d)

Digital
Consumer
Electronics



- DVDs
- Set top boxes
- High definition TVs
- Digital cameras

(e)

Automotive



- Motor Control System
- Cruise Control
- Engine/Body Safety
- Robotics in Assembly Line
- Car Entertainment
- Car Multimedia
- Mobile and E-Com Access

(f)

Applications

Home Appliances: Dishwasher, washing machine, microwave, Top-set box, security system , HVAC system, DVD, answering machine, garden sprinkler systems etc..

Office Automation: Fax, copy machine, smart phone system, modern, scanner, printers.

Security : Face recognition, finger recognition, eye recognition, building security system , airport security system, alarm system.

Academia: Smart board, smart room, OCR, calculator, smart cord.

Instrumentation: Signal generator, signal processor, power supplier, Process instrumentation.

Telecommunication: Router, hub, cellular phone, IP phone, web camera

Automobile: Fuel injection controller, anti-locking brake system, air-bag system, GPS, cruise control.

Entertainment: MP3, video game, Mind Storm, smart toy.

Applications Conti...

Aerospace : Navigation system, automatic landing system, flight attitude controller, space explorer, space robotics.

Industrial automation : Assembly line, data collection system, monitoring systems on pressure, voltage, current, temperature, hazard detecting system, industrial robot.

Personal : PDA, smart phone, palmtop, data organizer.

Medical : CT scanner, ECG , EEG , EMG ,MRI, Glucose monitor, blood pressure monitor, medical diagnostic device.

Banking & Finance : ATM, smart vendor machine, cash register ,Share market

Miscellaneous : Elevators, tread mill, smart card, security door etc.

Gömülü Sistem Beklentileri

- Belirli bir görevi yerine getirmek için tasarlanır.
- Her zaman bağımsız cihazlar değildir.
- Sınırlı bilgisayar donanımı kaynaklarıyla çalışır: az bellek, küçük veya var olmayan klavye ve / veya ekran.
- Minimum boyut ve ağırlık için maksimum performans sunar
- Verimlilik.
- Güvenilirlik.
- Gerçek zamanlı kısıtlamalarla çalışır.

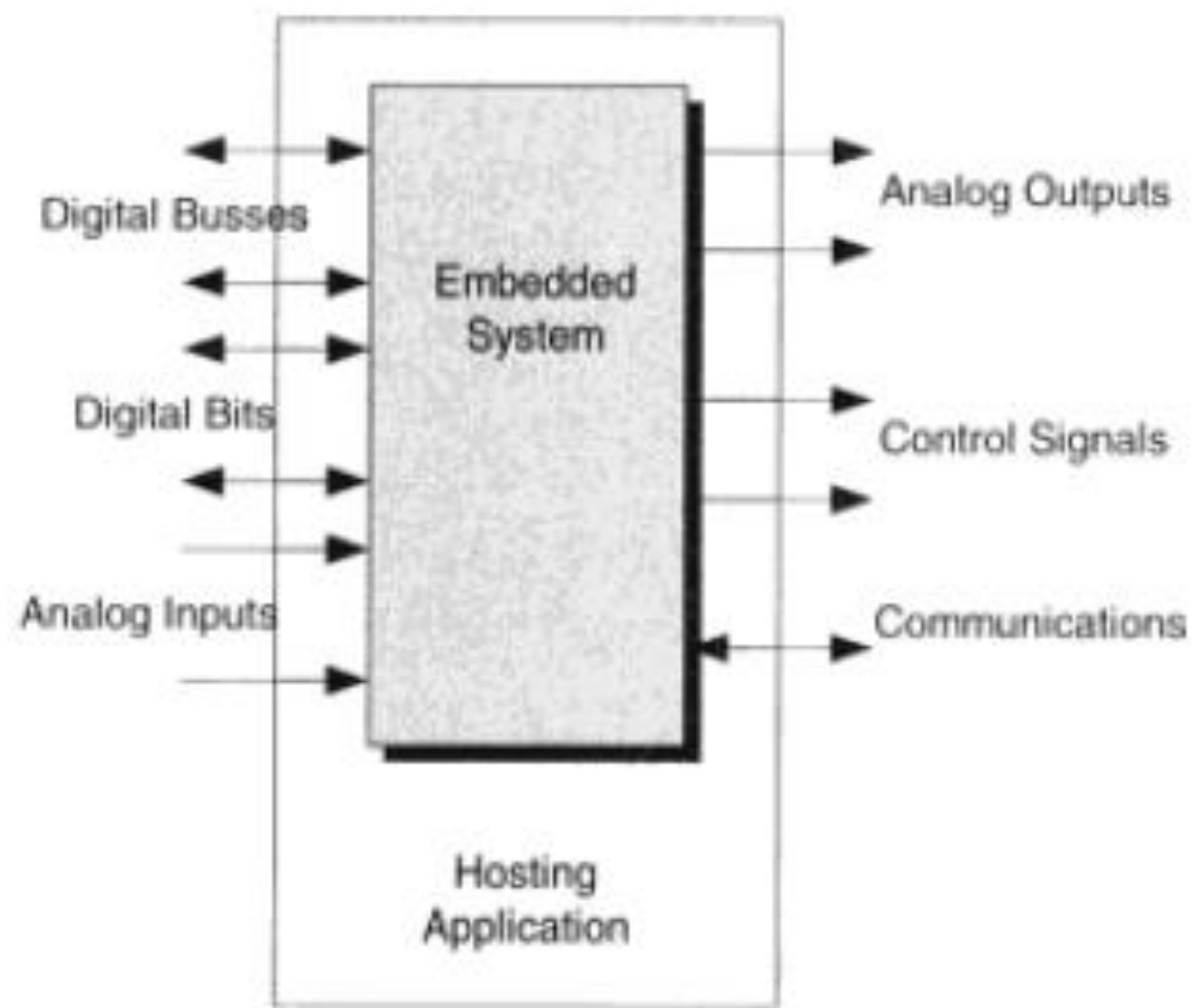
Microprocessor is heart of Computer system.	Micro Controller is a heart of embedded system.
It is just a processor. Memory and I/O components have to be connected externally	Micro controller has external processor along with internal memory and i/O components
Since memory and I/O has to be connected externally, the circuit becomes large.	Since memory and I/O are present internally, the circuit is small.
Cannot be used in compact systems and hence inefficient	Can be used in compact systems and hence it is an efficient technique
Cost of the entire system increases	Cost of the entire system is low
Due to external components, the entire power consumption is high. Hence it is not suitable to used with devices running on stored power like batteries.	Since external components are low, total power consumption is less and can be used with devices running on stored power like batteries.
Most of the microprocessors do not have power saving features.	Most of the micro controllers have power saving modes like idle mode and power saving mode. This helps to reduce power consumption even further.
Since memory and I/O components are all external, each instruction will need external operation, hence it is relatively slower.	Since components are internal, most of the operations are internal instruction, hence speed is fast.
Microprocessor have less number of registers, hence more operations are memory based.	Micro controller have more number of registers, hence the programs are easier to write.
Microprocessors are based on von Neumann model/architecture where program and data are stored in same memory module	Micro controllers are based on Harvard architecture where program memory and Data memory are separate
Mainly used in personal computers	Used mainly in washing machine, MP3 players

Components of Embedded Systems

Hardware: Processor/controller, Timers, Interrupt controller, I/O Devices, Memories, Ports, etc

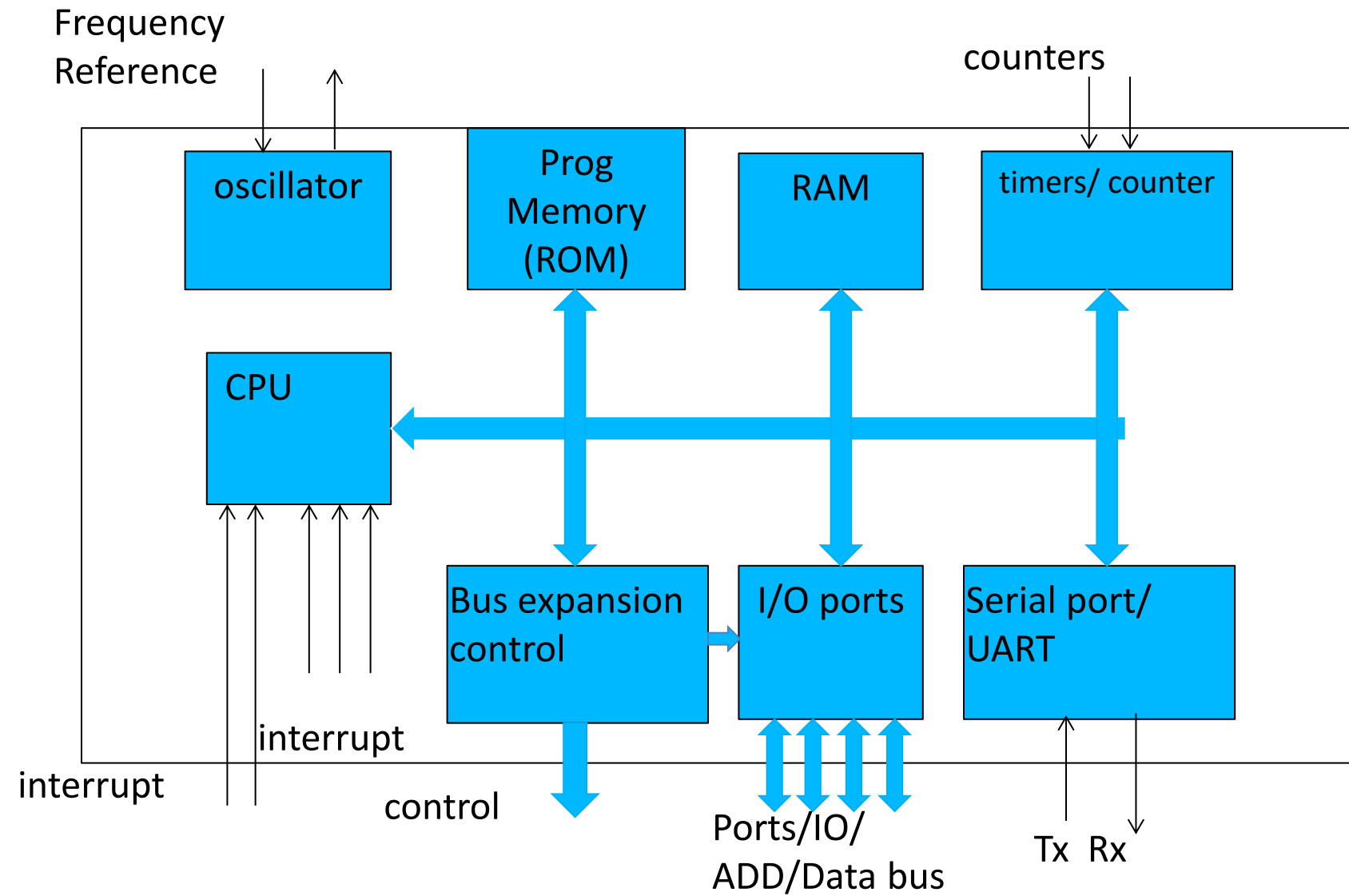
Application Software : Which may perform concurrently the series of tasks or multiple tasks

RTOS (Real Time Operating System) : RTOS defines the way the system work. Which supervise the application software. It sets the rules during the execution of the application program. A small scale embedded system may not need an RTOS.



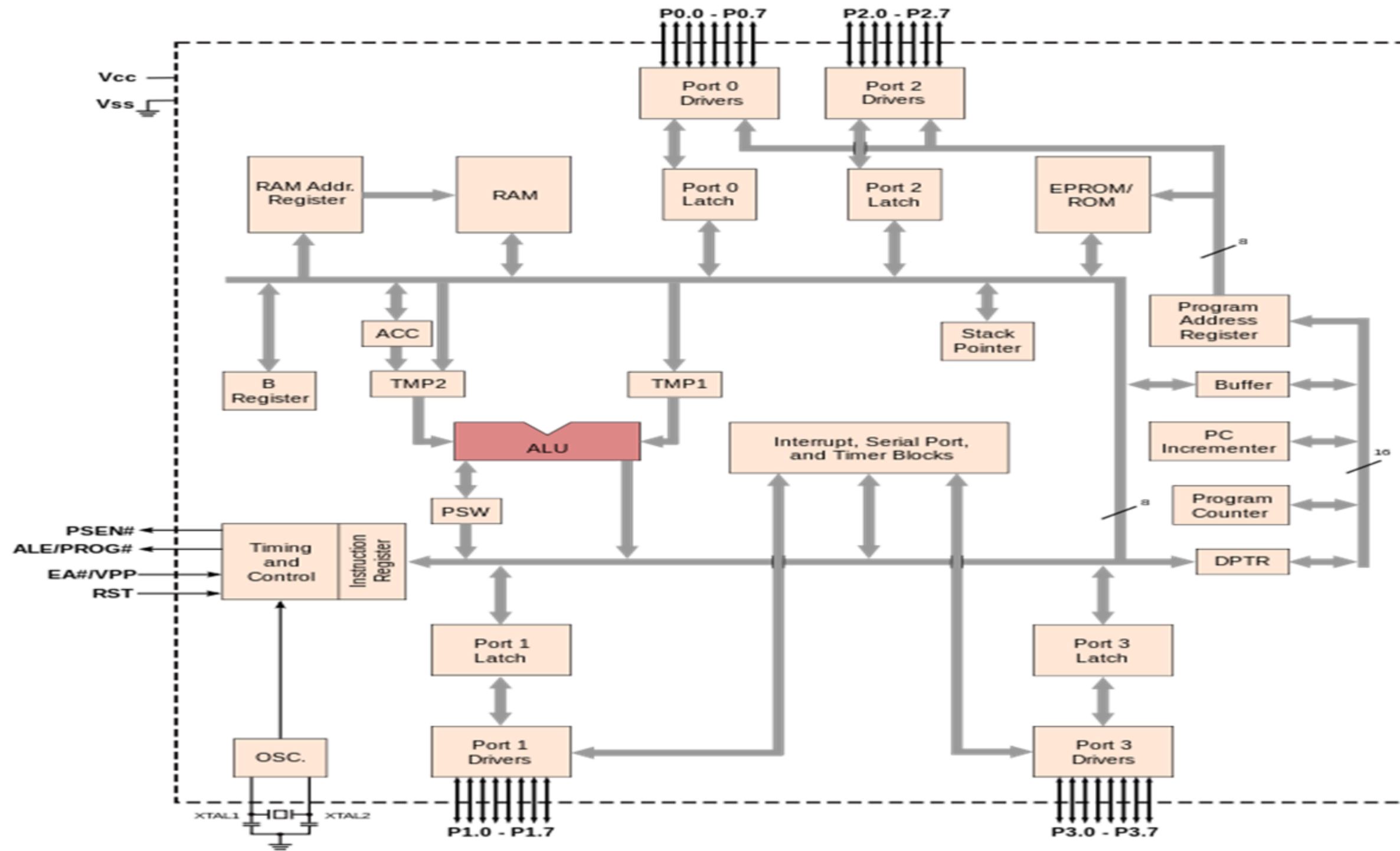
Interfacing to the outside world

Gömülü Sistem Blok Şeması

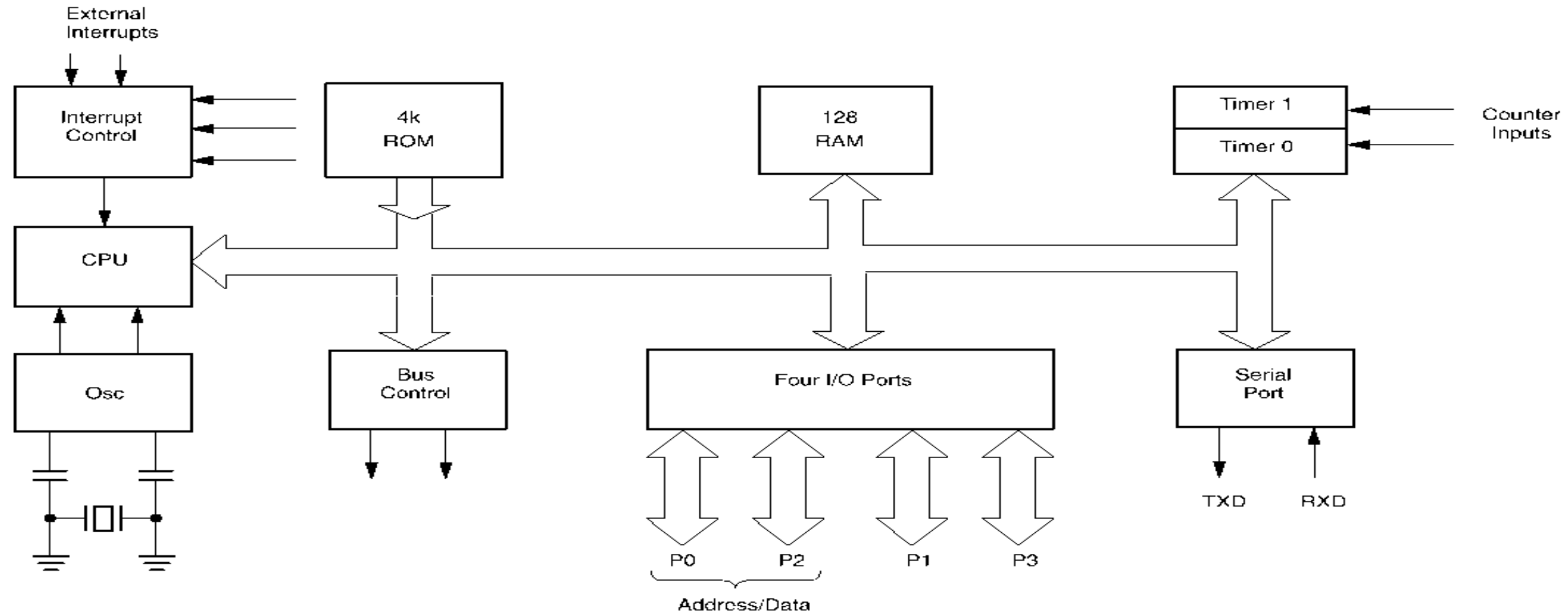


Embedded System Features

- The microcontroller is a processor
 - The CPU can work on 8 bits of data at a time
 - Clock
- The Embedded Systems has
 - RAM and ROM
 - Timers
 - Serial ports
 - I/O ports, each 8 bits wide
 - External and internal interrupt sources



Block Diagram



Donanımsal Yazılım Mühendisliği

Computer Org.

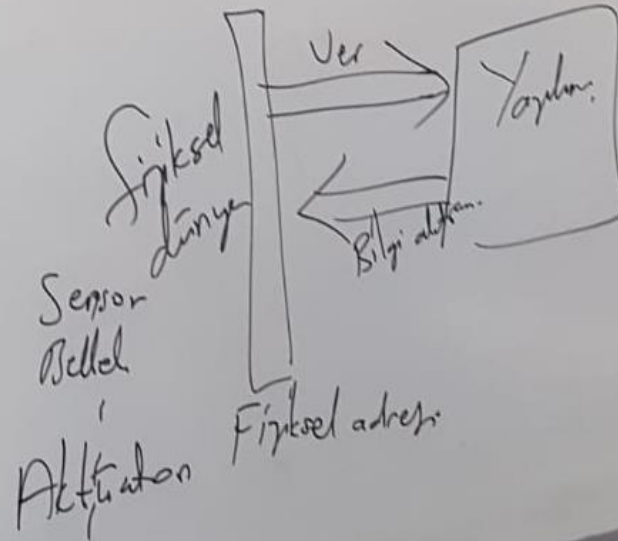
CPU - Mimarisı

Bellek.

Gömütü.

Sensör → Algılama
Telemetry → ölçüm.
Veri Yığılı.

Information Control system ⇒ Embedded Systems.



Haberleşme.
Toplama
Saklama

İşleme
Yönetme → sistem yönetimi
Aktivatörler.

Yazılım
Hızlı kütüphaneler.
- Cihazlar/Portlar/Keplerler yığılı.
- İşlemsel fonksiyonlar.
- Blok şemalar ile
Altyapı yapımı.
Temel yazılım / Görselleştirme

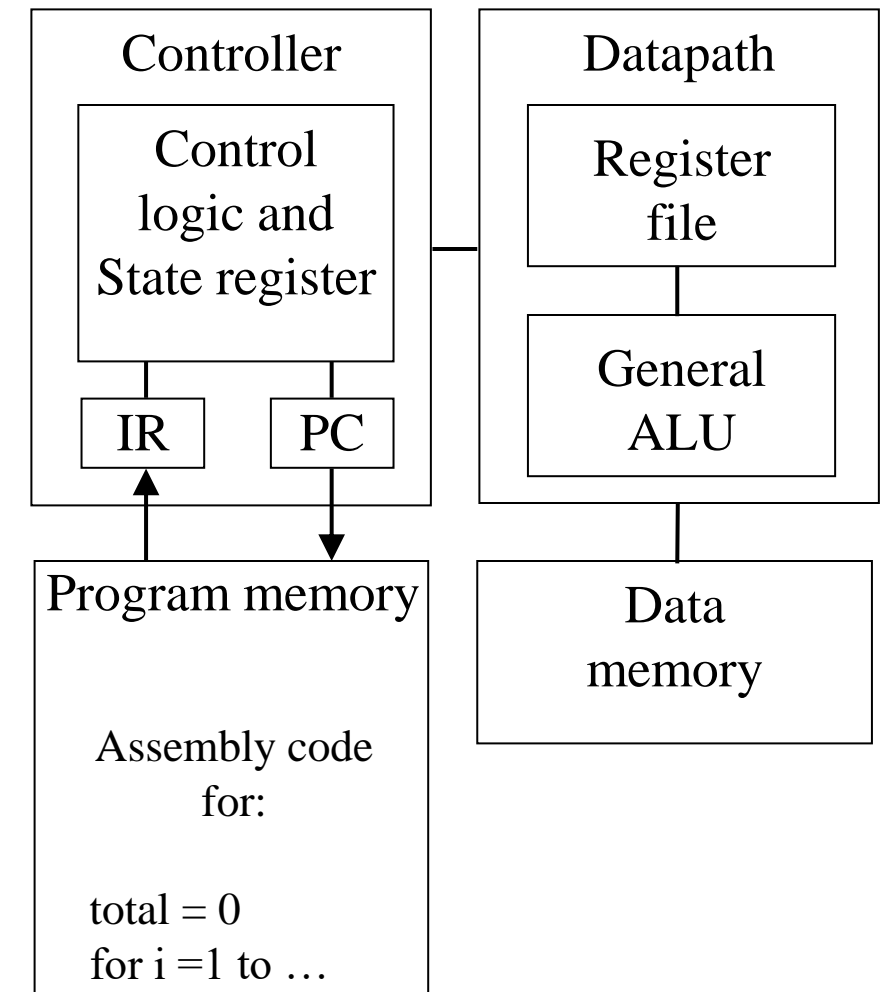
- Zayıf elektrikli sinyaller.
- Cihazlar yönetimi Sinyali Yönetim.
- Adres seçimi (Elektronik)
- Port/Bellek girişi/çıkışı
- Yayıncular.



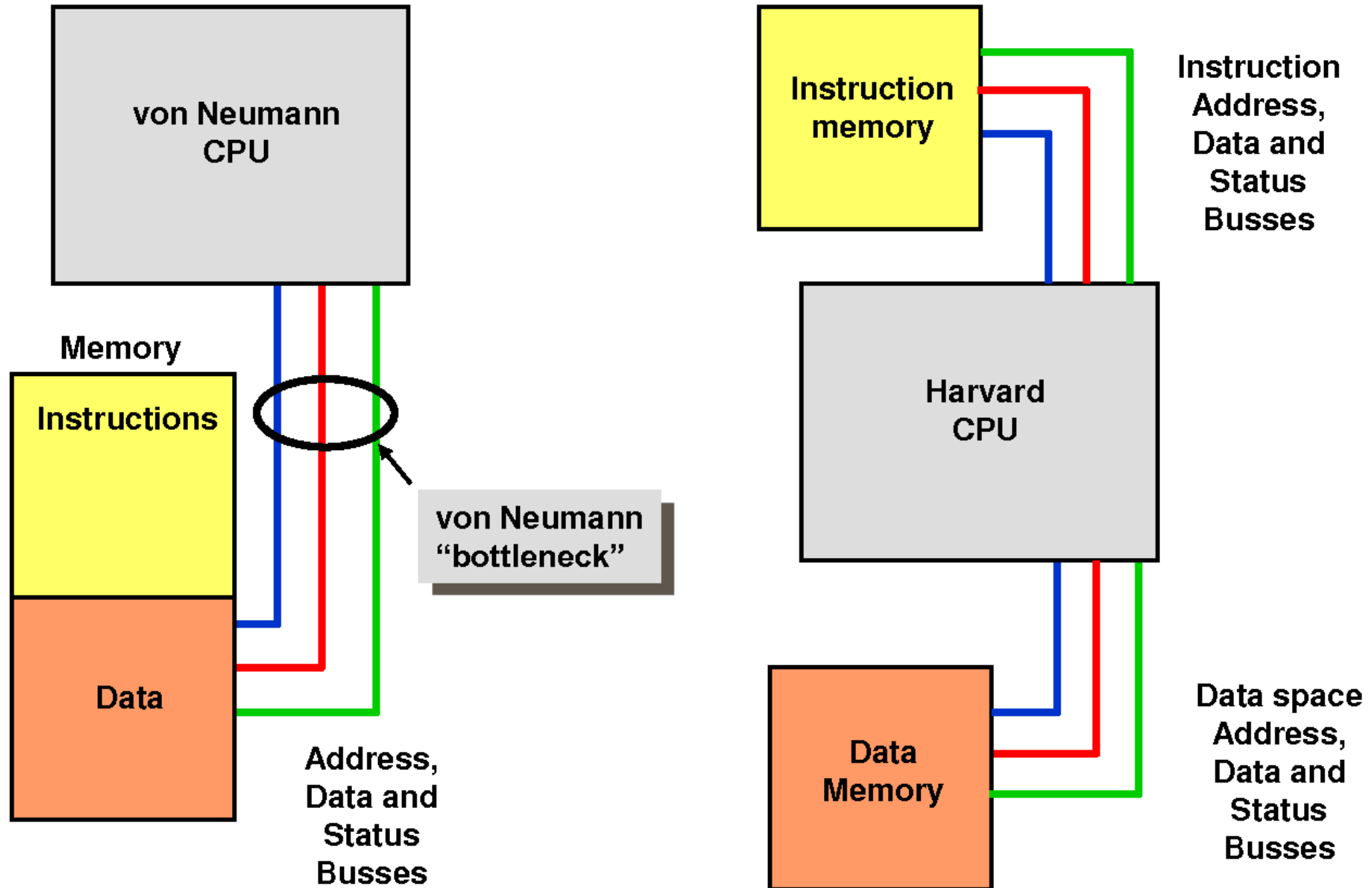
Gömülü Sistemlerin Mimarisi

General-purpose processors

- Programmable device used in a variety of applications
 - Also known as “microprocessor”
- Features
 - Program memory
 - General datapath with large register file and general ALU
- User benefits
 - Low time-to-market and NRE costs
 - High flexibility
- Examples
 - Pentium, Athlon, PowerPC



von Neumann and Harvard Architectures



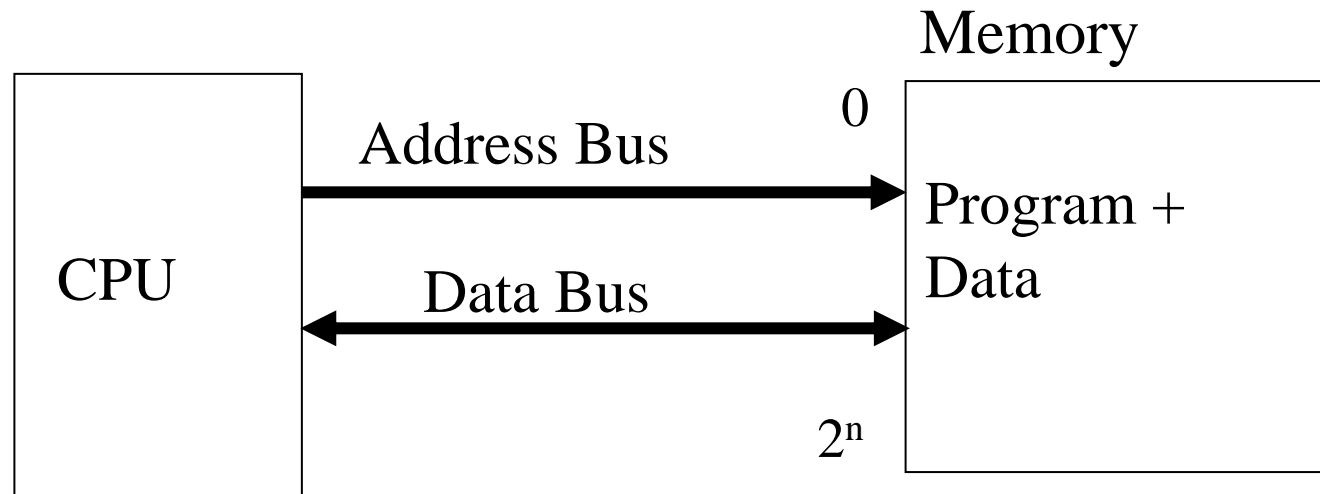
Von Neumann

- John von Neumann
- Tek depolama belleği (veri ve program).
- Bellekten tam talimat çıkarmak için daha fazla bellek döngüsü gerektirir.
- Özel "Tablo okuma" talimatları gerekli değildir.
- Ardışık düzende komut işleme mümkün değildir (Pipelining is not possible).
- Daha az verimli.

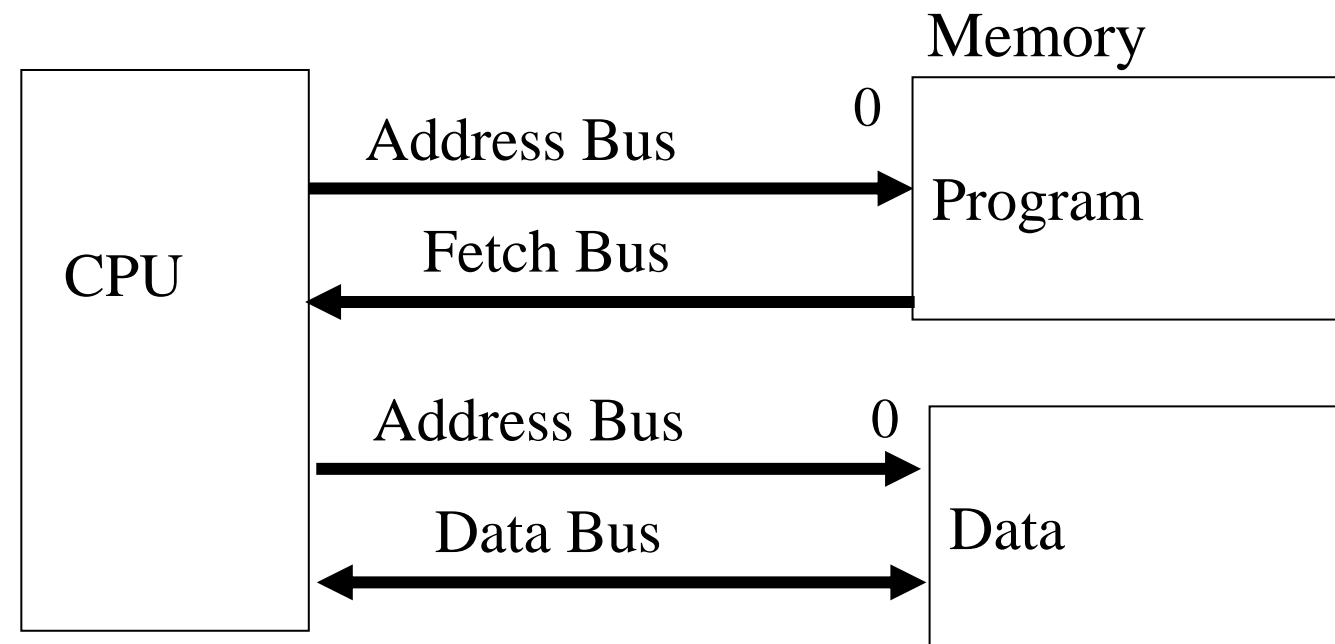
Harvard

- Depolama ve veri için ayrı hafızalar.
- Bellekten tam talimatı çıkarmak için daha az bellek döngüsü gerektirir.
- Özel "Tablo okuma" talimatları gereklidir.
- Doğru stratejilerle (Pipelining) ardışık düzende komut işleme mümkündür.
- Daha verimli.

Architecture



Von Neumann Architecture



Harvard Architecture

RAM ve ROM bellek tipleri nasıl ifade edilir?

- RAM: Data
- ROM: Program

Data Bellek: Hem yazılır, hem okunur.
Program bellek sadece okunur.

Harvard mimarisinde data bellekte data bus kaç yönlüdür?

- Çift yönlüdür.

Harvard mimarisinde program bellekte data bus kaç yönlüdür?

- tek yönlüdür.

Von Neumann Mimarisinde data bus kaç yönlüdür?

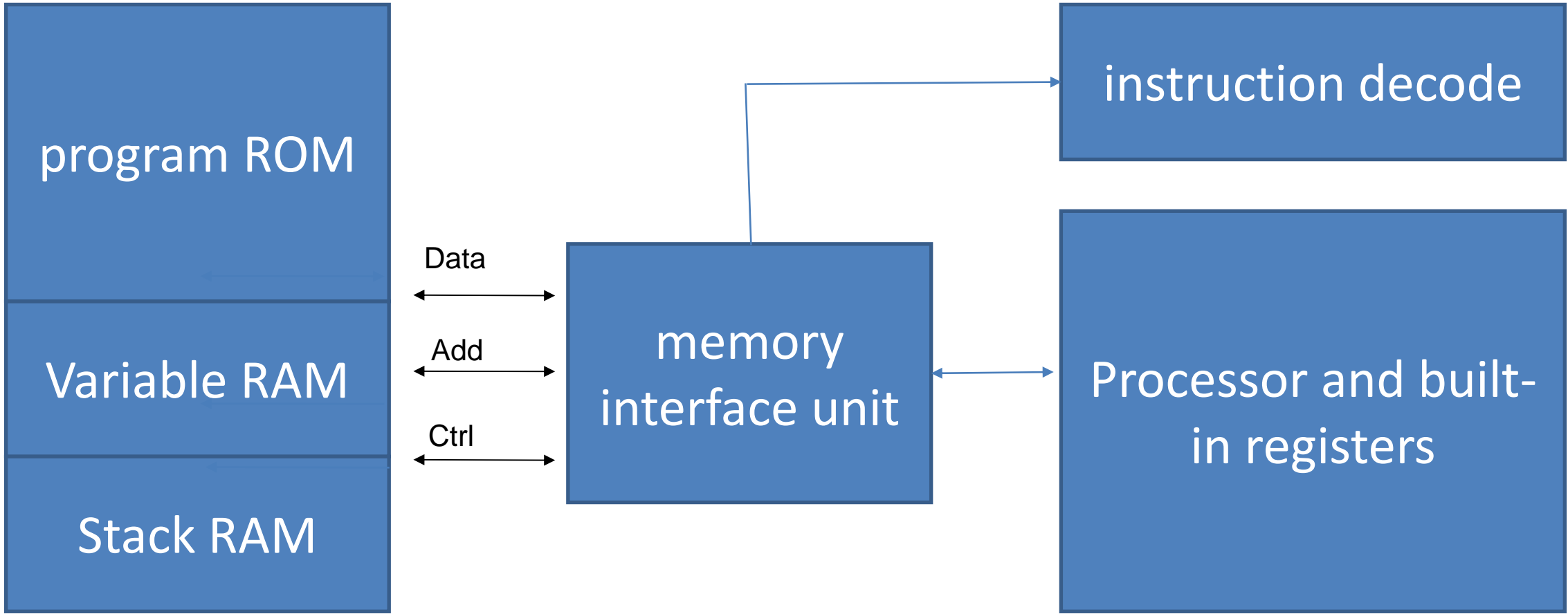
- iki yönlüdür.

Adres bus bellek ve bellek gözünü seçer.

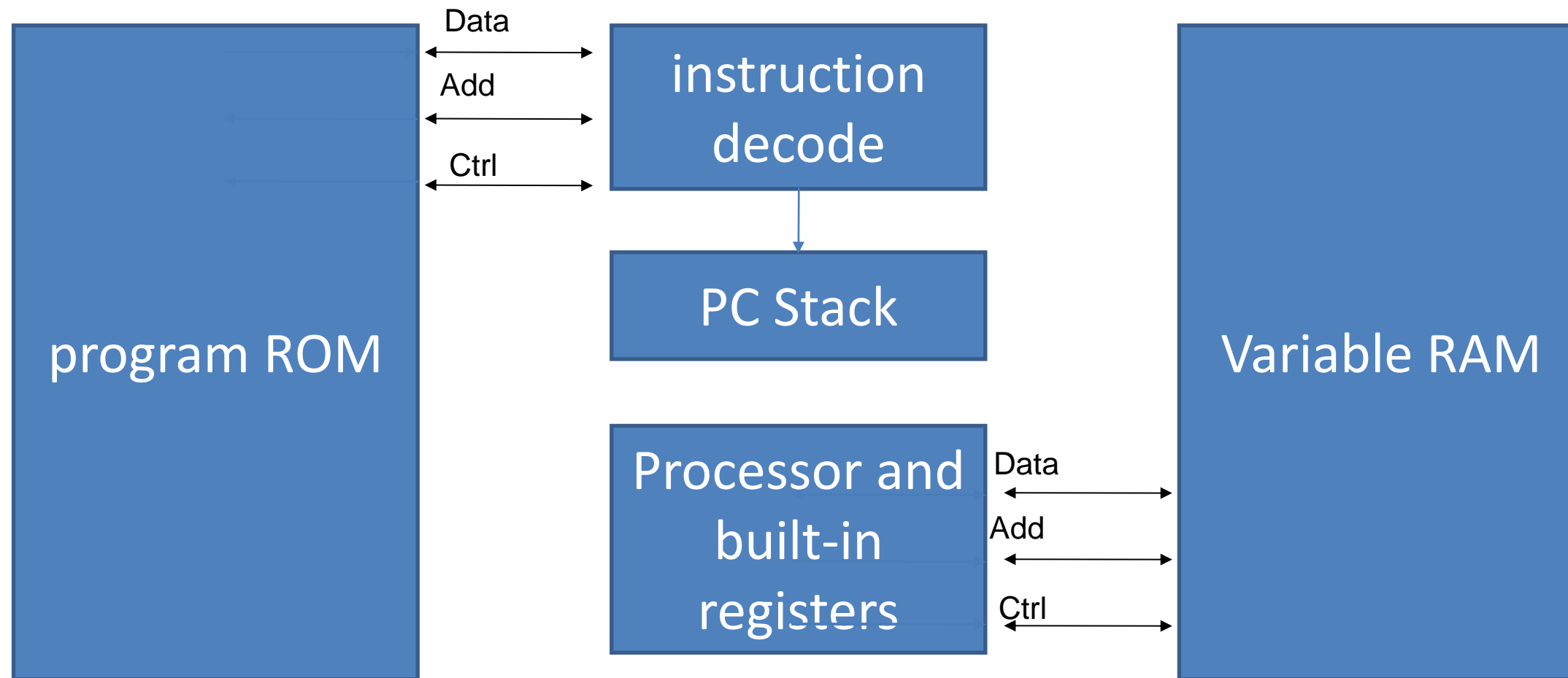
Princeton Architecture

- Princeton, program ve verileri depolamak için ortak bellek alanının kullanıldığı "Von Neumann" mimarisini sağladı.
- Bellek birimi, talimatların okunması, işlemci ve dahili yazmaçları (Registers) ile verilerin ileri geri iletilmesi arasındaki bellek boşluğuna keyfi erişimden sorumludur.
- Avantajlar: basit bellek arabirimi ve yönetimi.
- Harvard, program depolama, işlemci yığını ve değişken RAM için ayrı bellek bankaları kullanan bir tasarım önerir.
- Avantaj: Talimatı Von Neumann'dan daha az döngüde yürütür.

Princeton architecture block diagram

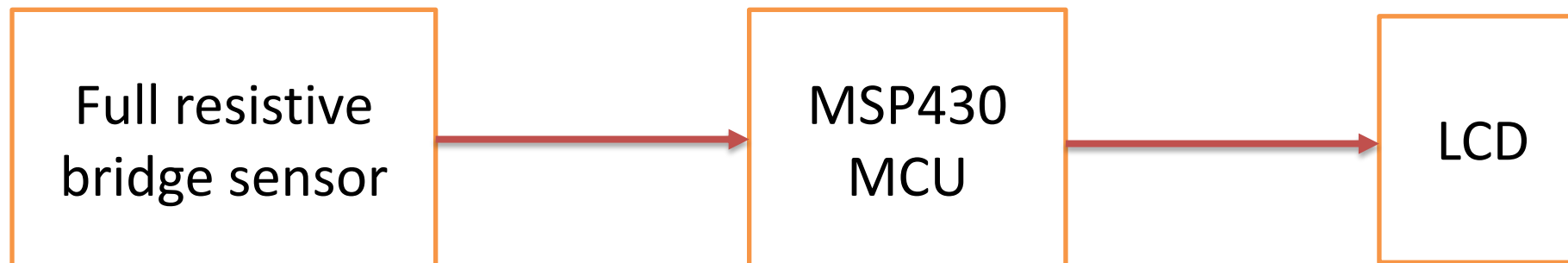
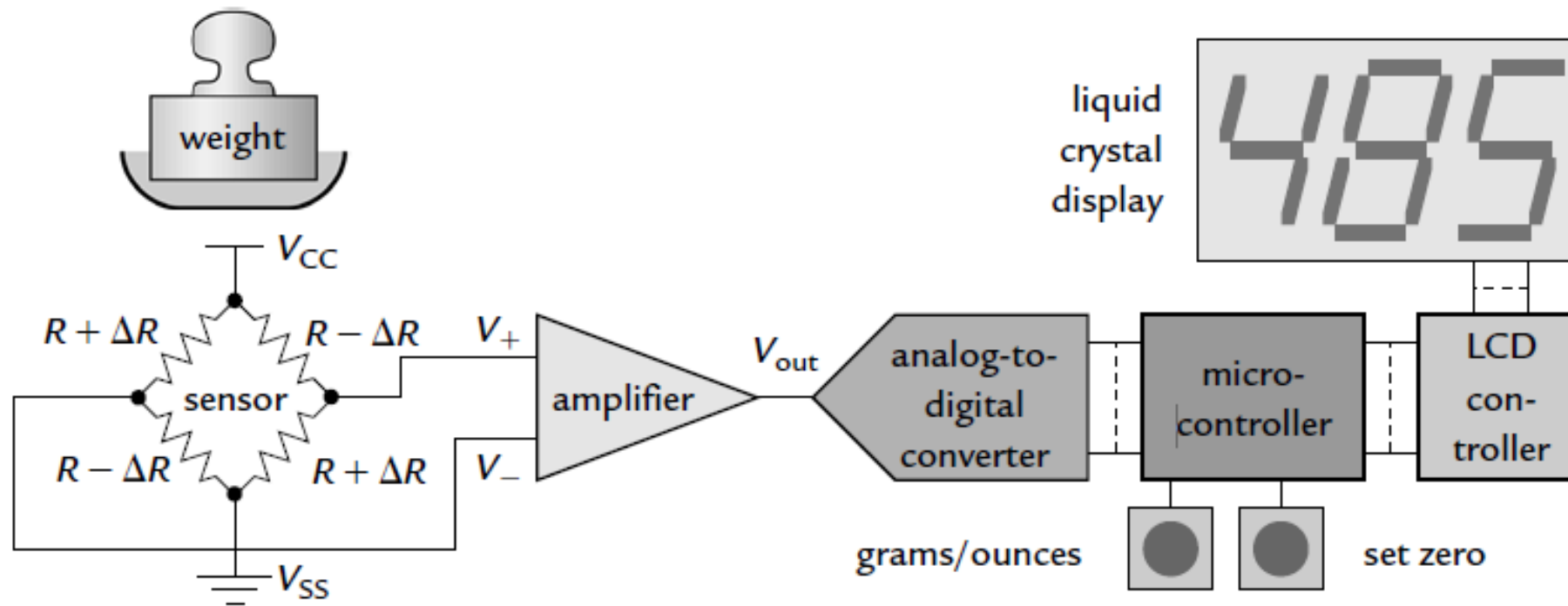


Harvard architecture block diagram



- CISC ve RISC
 - RISC, "Azaltılmış Komut Seti Bilgisayarları" anlamına gelir. Talimatlar, kullanıcıların kendi işlemlerini tasarlamalarına izin vermek için olabildiğince çıplaktır.
 - Gömülü sistemlerde RISC mimari kullanılır.
 - CISC, "Karmaşık Komut Seti Bilgisayarları" anlamına gelir. Her biri aynı işlemin farklı bir permütasyonunu gerçekleştiren çok sayıda talimat.

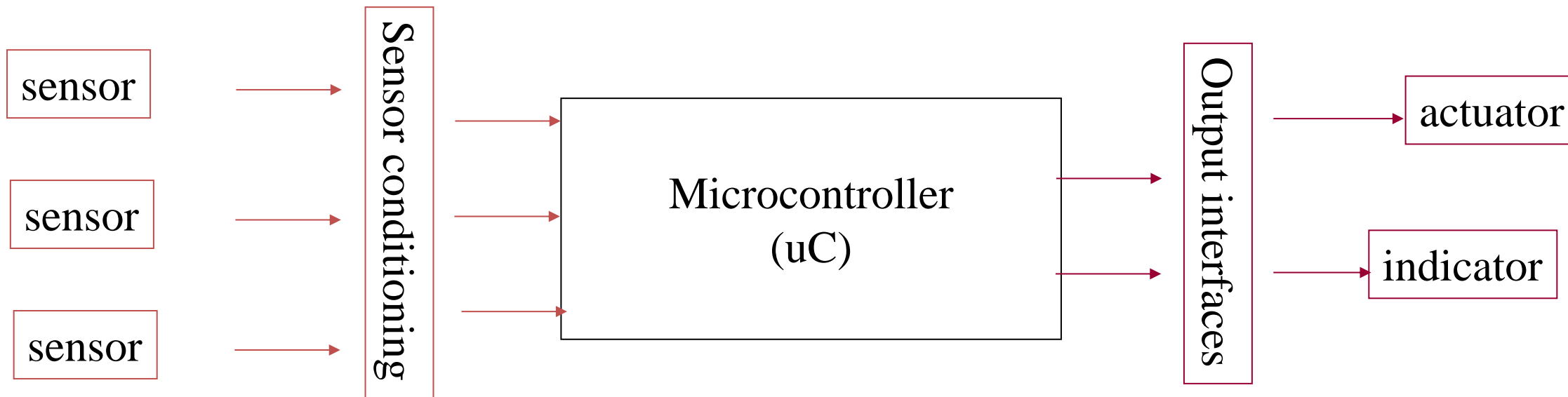
Sample Embedded system on Microcontroller



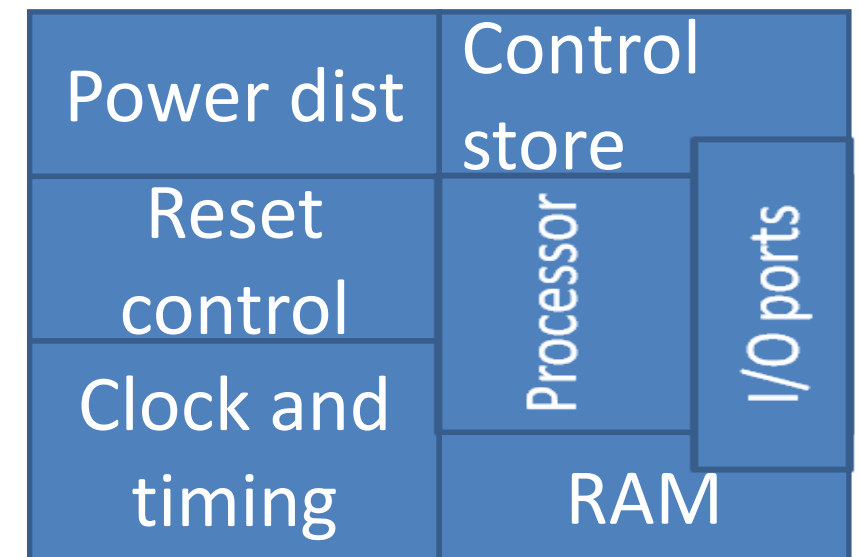


Mikrodenetleyiciler ***(Microcontrollers)***

Embedded System General Block Diagram



- Gömülü bir mikrodenetleyici, tüm destek işlevlerine (saat ayarı ve sıfırlama), belleğe ve cihazda yerleşik olarak bulunan G / Ç'ye sahip bir bilgisayar işlemcisi olan bir yongadır.



Microcontroller block diagram

the memory bus on a microcontroller

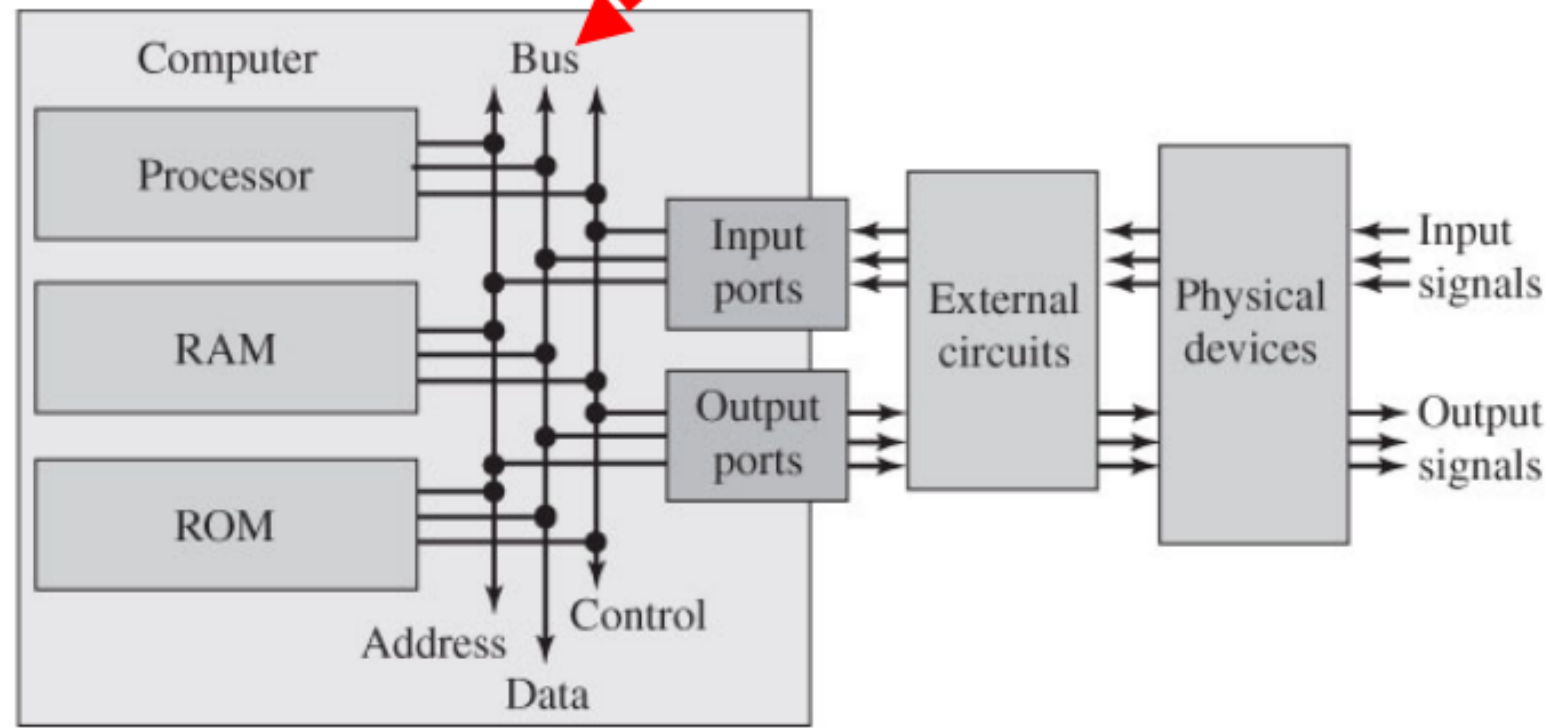
◆ Used to transfer data to and from processor

- Various types of memory
- I/O data as well
- Carries: address, data and control signals

Gömülü sistem bir bilgisayar sistemidir.

**“Memory” Bus
also does I/O**

The basic components of a computer system include processor, memory, and I/O.



Three criteria in Choosing a Microcontroller

- Bilgi işlem ihtiyaçlarını verimli ve uygun maliyetli bir şekilde karşılamak
 - Hız, ROM ve RAM miktarı, G / Ç bağlantı noktası ve zamanlayıcı sayısı, boyut, paketleme, güç tüketimi
 - Yükseltme (upgrade), Güncelleme (Update) kolay
 - birim başına maliyet
- Yazılım geliştirme araçlarının kullanılabilirliği
 - Derleyiciler (assemblers),
 - Hata ayıklayıcılar (debuggers),
 - C derleyicileri,
 - Öykünücü (emulator),
 - Simülatör,
 - Teknik destek
- Mikrodenetleyicilerin geniş kullanılabilirliği ve güvenilir kaynakları

Embedded processors

- Sistem üreticisi tarafından bir kez programlanır.
- Birkaç parametre ile tek bir programı (veya sınırlı bir paketi) yürütür.
- Göreve özgü özel uygulama için optimize edilebilir.
- Çevre ile birçok şekilde etkileşime girer.
 - doğrudan algılama ve sinyal kablolarının kontrolü
 - çevre ve diğer cihazlarla iletişim protokolleri
 - gerçek zamanlı etkileşimler ve kısıtlamalar
- Mikrodenetleyici türleri:
 - Gömülü: Uygulamayı çalıştırmak için gerekli tüm donanım çip üzerinde sağlanmıştır.
 - Tipik olarak: güç, sıfırlama, saat, bellek ve GÇ.
 - Harici hafızabazı mikro denetleyiciler harici belleğin bağlanmasına izin verir.

Microcontroller features

- Clock/Oscillator
- IO pins
- interrupts
- timers
- Peripherals
 - ADC inputs
 - DAC outputs
 - PWM outputs



Basic features

Açılımı Pulse Width Modulation yani Sinyal Genişlik Modülasyonu olan bu teknik, sinyal işleme ve sinyal aktarma gibi birçok alanda kullanılabilir. **Arduino** kartlarımızın dijital pinleri arasında bazı piller yanında dalgalı bir sembole gösterilir, bu pinler **PWM** modülasyonu kullanan bacaklar dır.

Comparing μC with μP

- General-purpose microprocessors contains
 - No RAM
 - No ROM
 - No I/O ports
- Microcontroller has
 - CPU (microprocessor)
 - RAM
 - ROM
 - I/O ports
 - Timer
 - ADC and other peripherals

Applications

- Home
 - Appliances, intercom, telephones, security systems, garage door openers, answering machines, fax machines, TVs, cable TV tuner, VCR, camcorder, remote controls, video games, cellular phones, musical instruments, sewing machines, lighting control, paging, camera, pinball machines, toys, exercise equipment.
- Office
 - Telephones, security systems, fax machines, microwave, copier, laser printer, color printer, paging.
- Auto
 - Navigation system, engine control, air bag, ABS, instrumentation, security system, transmission control, entertainment, climate control, cellular phone, keyless entry.

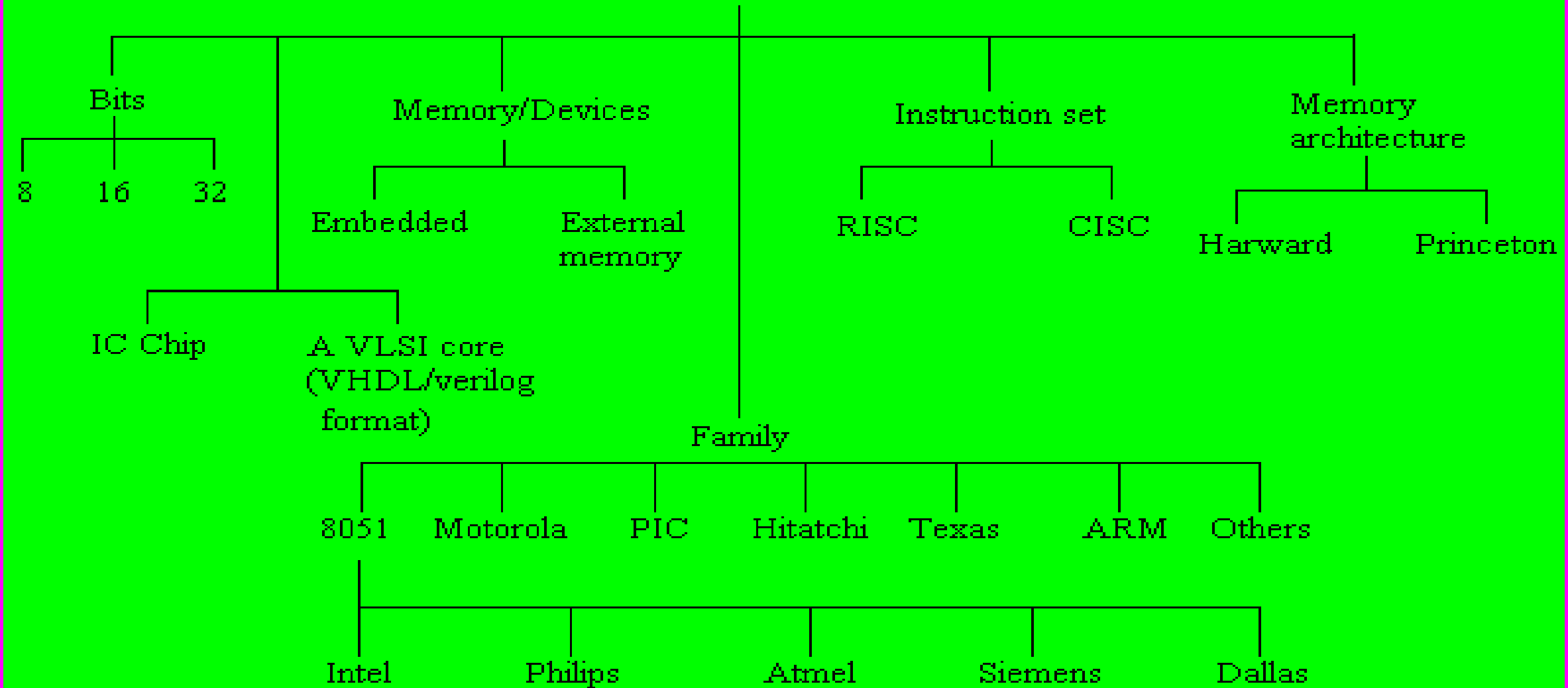
Examples of 8-bit μ C

- Motorola's 6811
- Intel's 8051
- Zilog's Z8
- Microchip's PIC

The 8051 family has the largest number of diversified (multiple source) suppliers:

- Intel (original)
- Atmel
- Philips/Signetics
- AMD
- Infineon (formerly Siemens)
- Matra
- Dallas Semiconductor/Maxim

TYPES OF MICROCONTROLLERS



Common Microcontrollers

- Atmel
- ARM
- Intel
 - 8-bit
 - 8XC42
 - MCS48
 - MCS51**
 - 8xC251
 - 16-bit
 - MCS96
 - MXS296
- National Semiconductor
 - COP8
- Microchip
 - 12-bit instruction PIC
 - 14-bit instruction PIC
 - PIC16F84
 - 16-bit instruction PIC
- NEC
- Motorola
 - 8-bit
 - 68HC05
 - 68HC08
 - 68HC11
 - 16-bit
 - 68HC12
 - 68HC16
 - 32-bit
 - 683xx
- Texas Instruments
 - TMS370, 16/32 bit
 - MSP430 , 16 bit**
- Zilog
 - Z8
 - Z86E02



***Bellek Adresleme ve Haritalama
Organizasyonu***

Gömülü Sistemlerde Bellek Tipleri

- Ön Bellek
- Ram
- Flash Bellek: Uygulama yazılımlarının saklandığı bellek. Elektrik kesildiğinde silinmez.
- Kontrol bellek

Gömülü Sistemlerde Kontrol Bellek Tipleri

- Program belleğidir.
- Önceden Yüklenir.
- Bu bellek alanı, mikro denetleyiciye yüklenebilen uygulamanın maksimum boyutudur ve uygulama ayrıca bir uygulamayı yürütmek için gerekli tüm düşük düzeyli kodu ve cihaz arayüzünü içerir.
- Uçucu olmayan bellektir.
- 5 farklı tipte kontrol bellek vardır: ROM, PROM, EPROM ve EEPROM / Flash

Gömülü Sistemlerde Veri Değişkenleri Bellekleri

- 4 çeşit veri değişkenleri belleği vardır:
 - bits,
 - registers,
 - RAM,
 - PC stack.
- They are implemented as SRAM.
- Program counter stack
 - part of the RAM.
 - LIFO memory.
 - must be initialized by the starting address of the stack area.

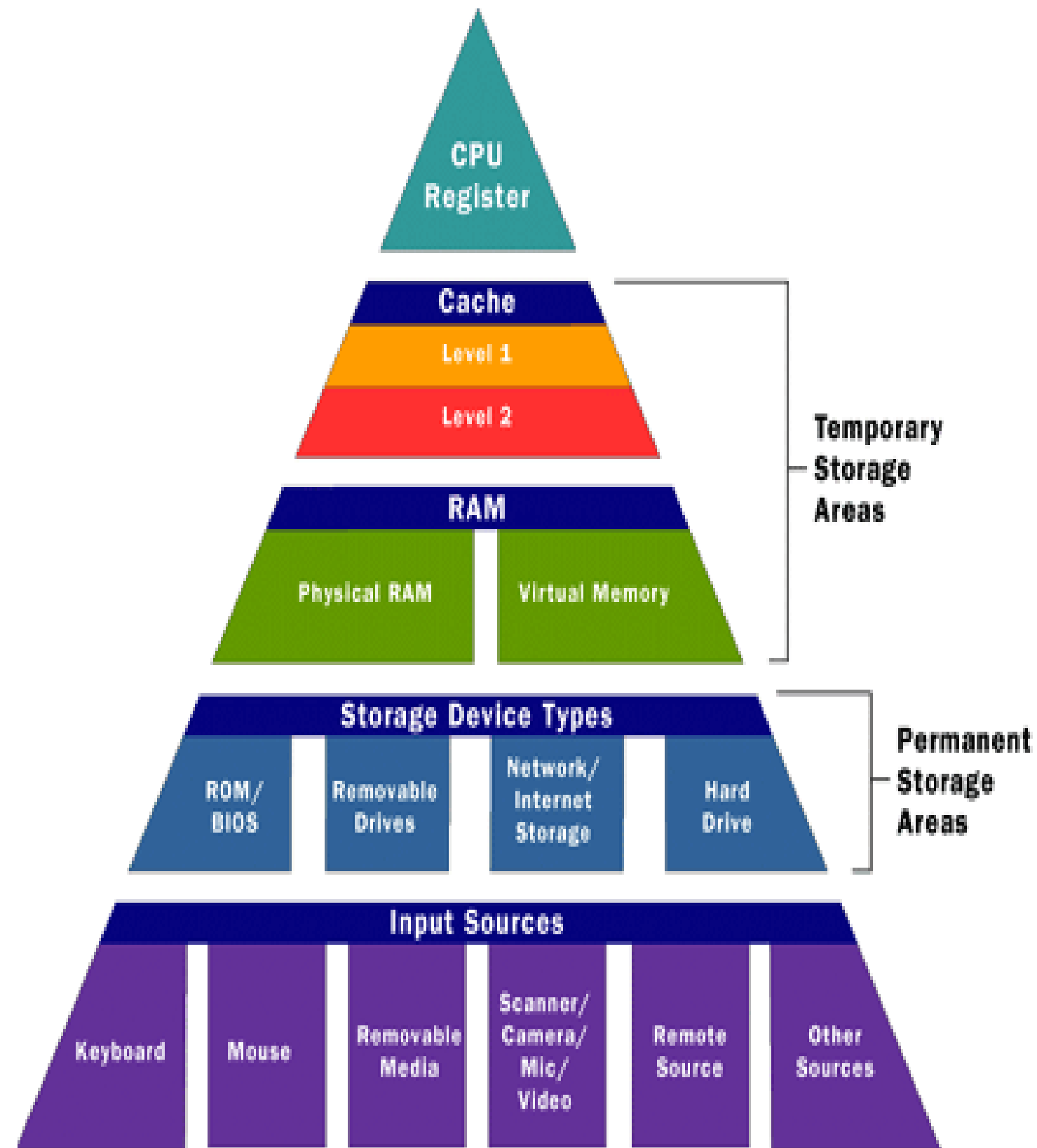
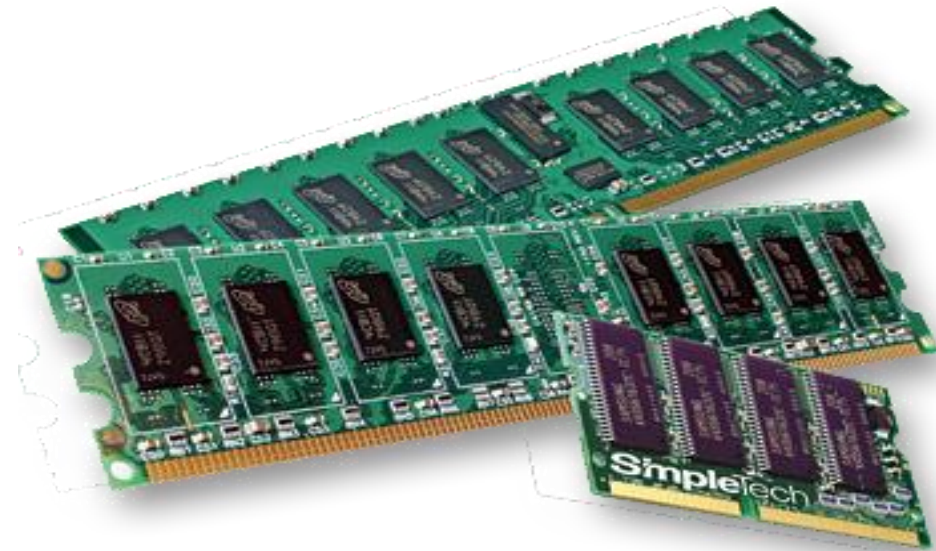
Bellek Hiyerarşisi

RAM - volatile: **Data Memory**

ROM - non volatile: Code Memory

EPROM

Flash/EEPROM



Example memory contents:

- A memory with 3 address bits & 8 data bits has:
- $k = 3$ and $n = 8$ so $2^3 = 8$ addresses labeled 0 to 7.
- $2^3 = 8$ words of 8-bit data

Memory Address		Memory Content
Binary	Decimal	
0 0 0	0	1 0 0 0 1 1 1 1
0 0 1	1	1 1 1 1 1 1 1 1
0 1 0	2	1 0 1 1 0 0 0 1
0 1 1	3	0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0	4	1 0 1 1 1 0 0 1
1 0 1	5	1 0 0 0 0 1 1 0
1 1 0	6	0 0 1 1 0 0 1 1
1 1 1	7	1 1 0 0 1 1 0 0

Örnek: Bellek gözü seçmek

8 bit veri gözlerine, 4 bit adres hattına sahip bir belleğin

Seçilecek göz sayısı= $2^n=16$ byte

Burada, n: bellek adres hattı sayısıdır.

Seçilecek gözlerin indislenmesi: 0, ..., 2^n-1

0,1,2, ... , 15

Bellek Gözü Adresleri					Bellek İçeriği								
Binary				Ondalık	Binary								Hex
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	B2h
0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	54h
0	0	1	0	2	1	0	1	0	0	1	0	1	A5h
0	0	1	1	3	1	1	0	0	1	1	0	0	CCh
0	1	0	0	4	0	0	1	0	0	1	0	0	24h
0	1	0	1	5	1	1	0	0	0	1	1	0	C6h
0	1	1	0	6	0	1	1	1	1	0	1	1	7Bh
0	1	1	1	7	0	0	1	1	0	0	1	1	33h
1	0	0	0	8	1	1	0	1	1	1	1	0	DEh
1	0	0	1	9	1	0	1	0	1	0	1	0	AAh
1	0	1	0	10	0	1	0	1	1	1	0	1	5Dh
1	0	1	1	11	1	1	1	0	1	0	0	0	E8h
1	1	0	0	12	1	0	0	1	1	1	0	0	9Ch
1	1	0	1	13	1	0	1	0	1	0	1	1	ABh
1	1	1	0	14	1	0	0	1	1	0	0	1	99H
1	1	1	1	15	1	1	0	0	1	0	0	1	C9h

Bellek Kapasitesi Gösterim Formatı

Bellekler (D Boyut x N) formatında gösterilir. D belleğin kapasitesini byte olarak gösterir. (K:Kilobyte= 2^{10} byte, M:Megabyte= 2^{20} byte, G:Gigabyte= 2^{30} byte, T: Terabeyte= 2^{40} byte, P:Petabyte= 2^{50} byte). N ise data bus hat sayısını bit olarak verir. N=8 bit(byte), 16bit(word), 32bit(Longword), 64 bit(Quadword) olur.

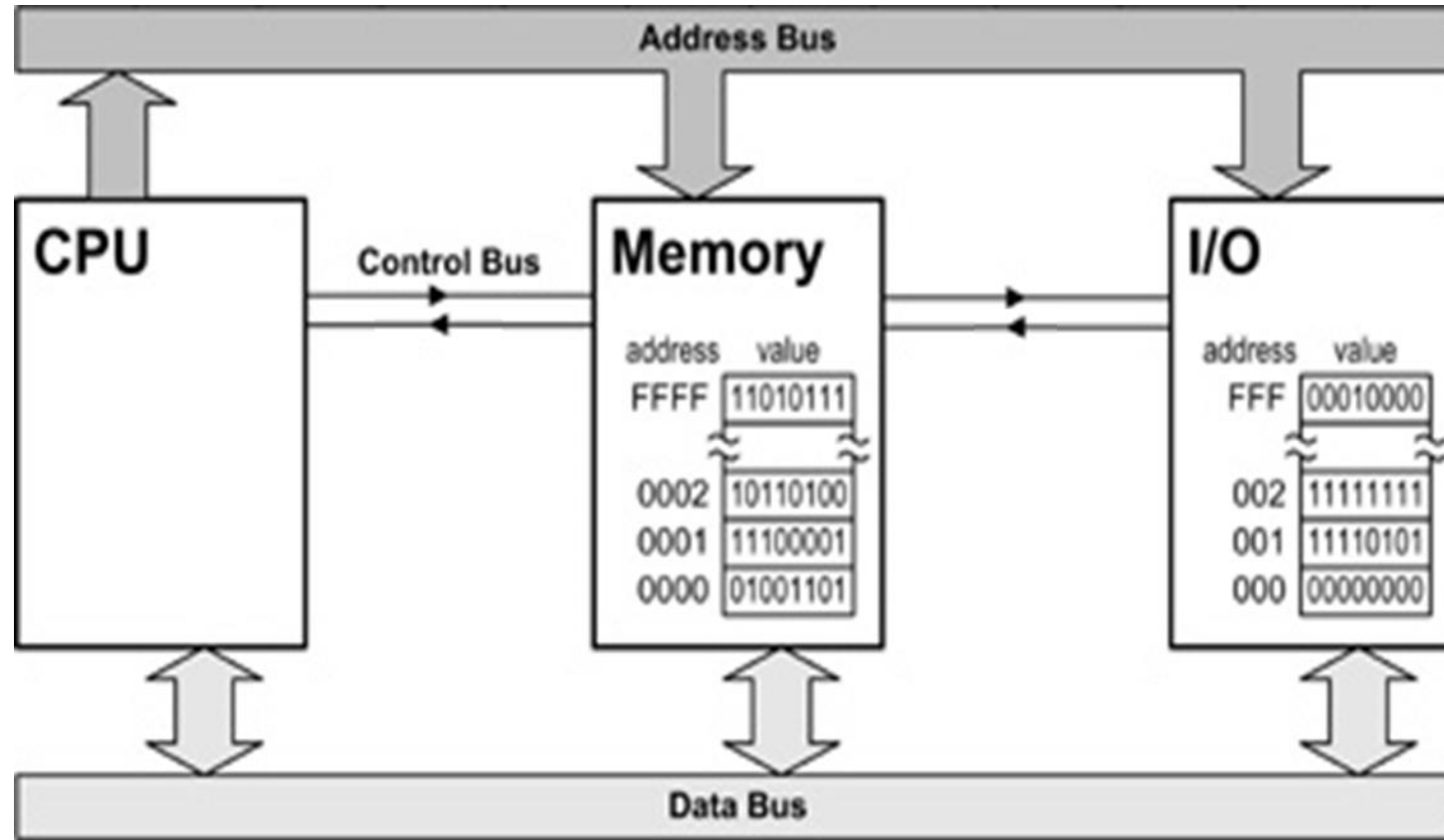
Soru: Bir belleğin gösterim formatı 16Kx8 ise belleğin veri saklama kapasitesini byte olarak, adres hattı sayısı adet olarak ve data bus hat sayısını bit olarak bulunuz.

- Belleğin veri saklama kapasitesi=16Kbyte (**16Kx8**)
- Belleğin adres hattı sayısının bulunması: Belleğin veri saklama kapasitesi=16KByte= 2^{14} Byte'dır ($2^4 * 2^{10}$). O halde 2 üzeri üs ifadesi belleğin adres hattı sayısını verir ki, adres hattı sayısı=14 adet bulunur.
- Data bus hattı sayısı=8 bit'dir. (16Kx**8**)



CPU Bileşenleri ve Veri Haberleşme Yolları

Data bus & Address bus



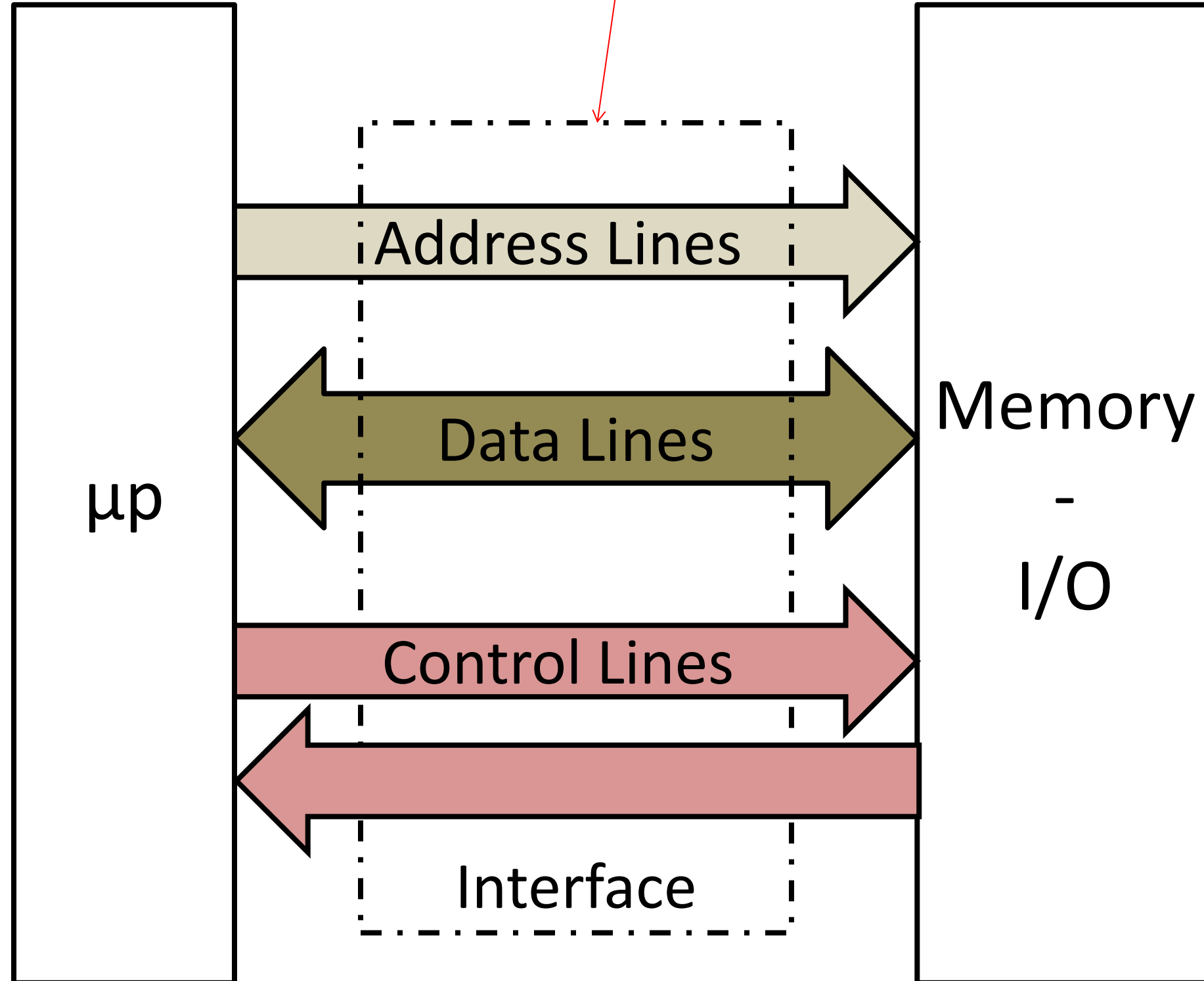
Address Bus : Adres bus, Giriş çıkış birimlerinde ya da belleklerde fiziksel bir adres belirlemek için ayrılmış bilgisayar sistemi veri yolunun bir parçasıdır.

Adres bus'ın hat sayısı 32 bit ise, o zaman kaç tane bellek konumunu işleyecektir?

4,294,967,296

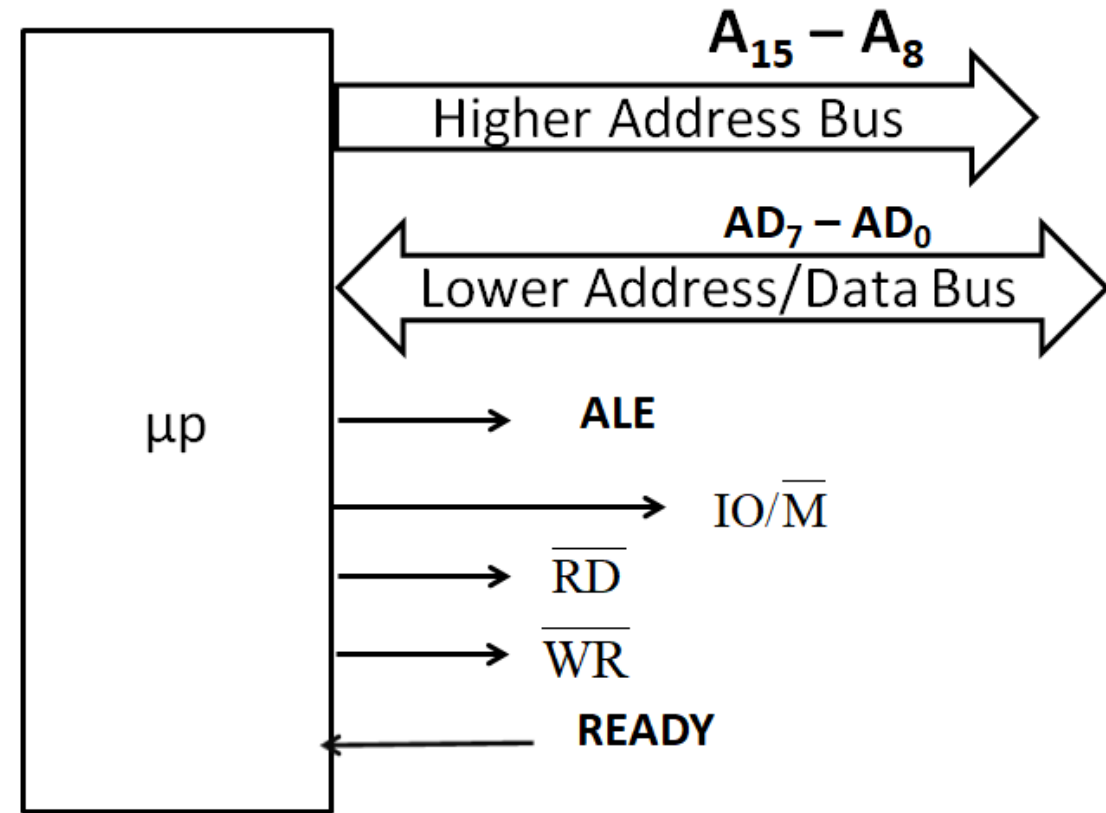
Data Bus : Sistem haberleşme yollarından veri yolu basitçe elektriksel olarak verileri taşır.

System Bus



- Adres Bus: Belleğin yazılıp okunacak gözünü seçer ya da I/O seçer. Bu göz 1 byte=8bit.
- Data Bus: Belleğin gözüne ya da I/O birimine yazılıp okunacak veriyi taşır.
- Control Bus: Bellek ile CPU arasındaki iş akışını yönetir, izler, bilgi verir: Yaz, Oku, Dur, Reset, Yeniden başlat, ...

adres ve data bus'da ortak hatlar

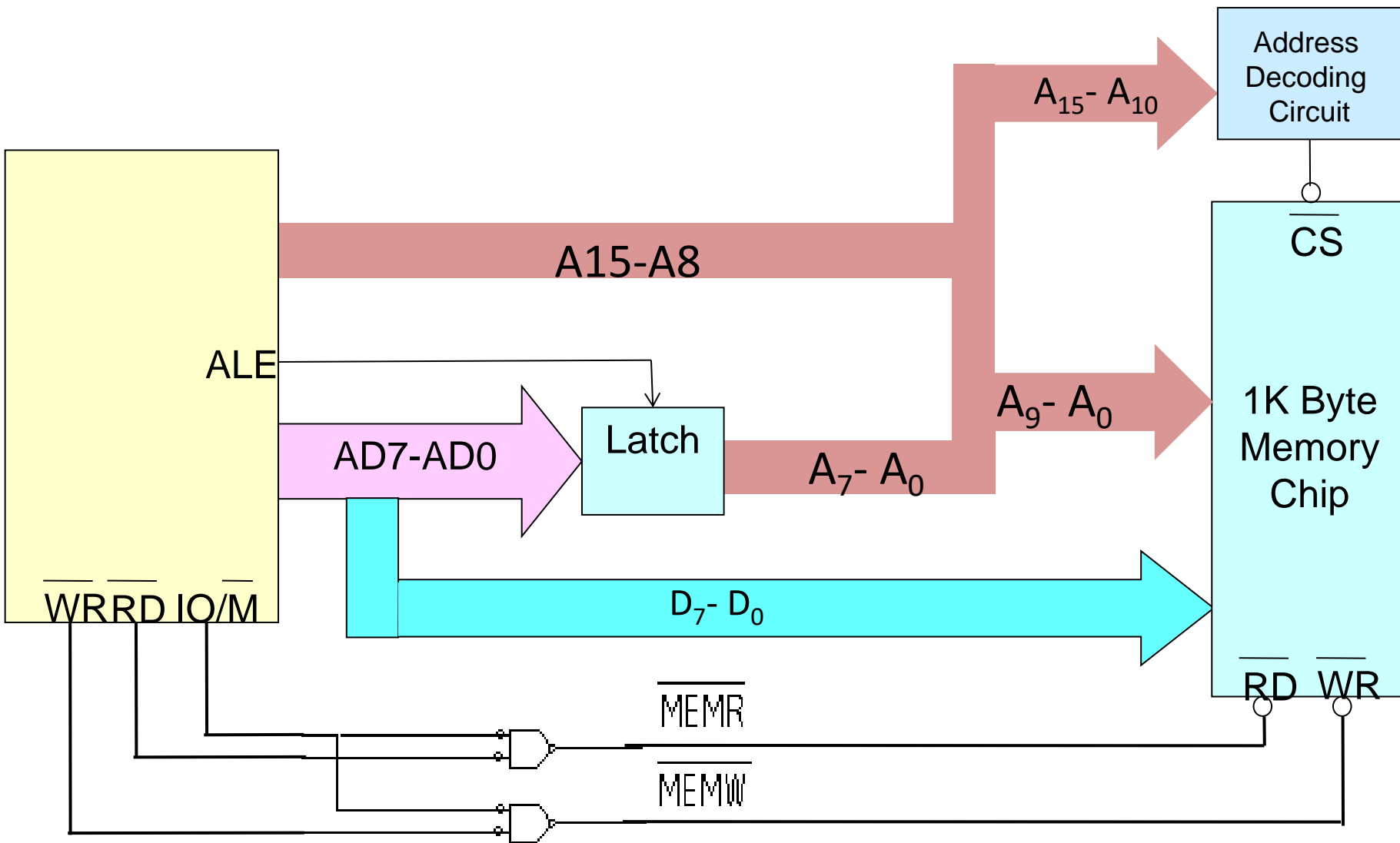


Adres Bus: A15-A8; AD7-AD0

Data Bus: AD7-AD0

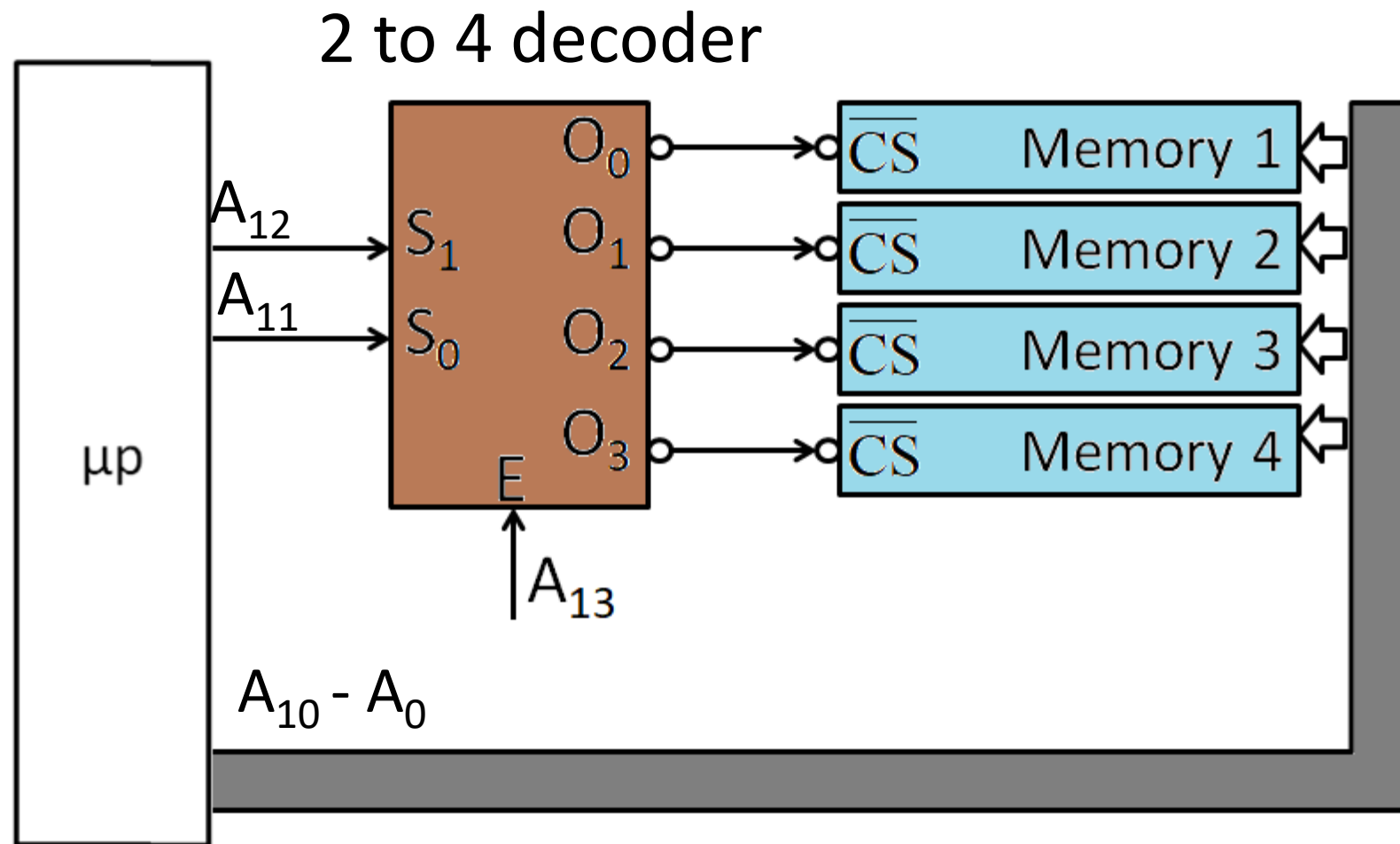
- Adres bus hat sayısı nedir: 16,
- Adres bus indislenmesi: A15 .. A8 AD7 ... AD0
- Adreslenecek fiziksel kapasite= 2^{16} Byte=64Kbyte
- Data hattı sayısı nedir? 8,
- Data Bus insleme: AD7 ... AD0
- Neden adres ve data bus'da ortak hatlar var? (AD7..AD0): Verinin belleğe yada giriş-çıkış birimlerine yazma veya okuma çevriminde önce adres bus üzerinden ilgili birim seçilir. Ardından veri yazılır ya da okunur.
- Adres ve data bus'da ortak hatların olmasının nedeni nedir? Pin sayısı azaltma hedeflenir. Adres bus ve Data bus üzerinde aynı anda işlem yapılmaz. Önce belleğin ya da giriş-çıkış birimim adresi seçilir. Sonra seçilen adrese veri yazılır ya da okunur.
- Control Bus hatları nelerdir?
 - ALE: Bellek ya da I/O veri yazmaya hazır...
 - $\overline{IO/M}$: 1 gelirse I/O seçilir. 0 gelirse bellek seçilir.

Latch



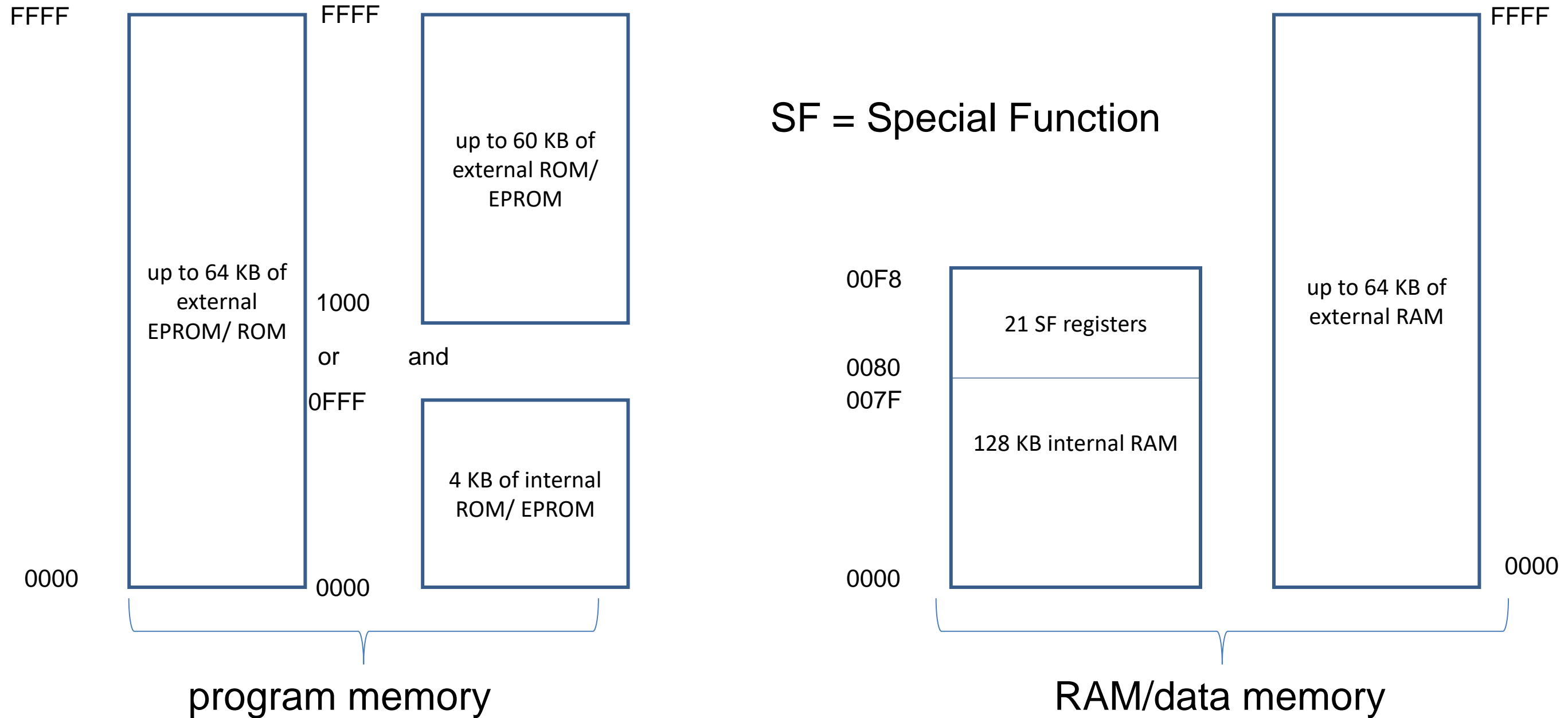
- Chip Selection Circuit, adres dekodung devresidir.
- Adres dekodung devresinin giriş sayısı 6 adettir. O halde çıkış sayısı= $2^6=64$. Toplam 64 adet bellekten birini seçer.
- Herbir belleğin kapasitesi=1Kbyte
- Belleğin adres hattı sayısı=10 adettir. $2^{10}=1\text{Kbyte}$
- Latch devresi: ALE çıkışı aktif olduğunda girişindeki değerleri çıkışına kurar. Bir sonraki ALE çıkışı aktif olana kadar çıkışlar durumlarını korur.

Address decoders

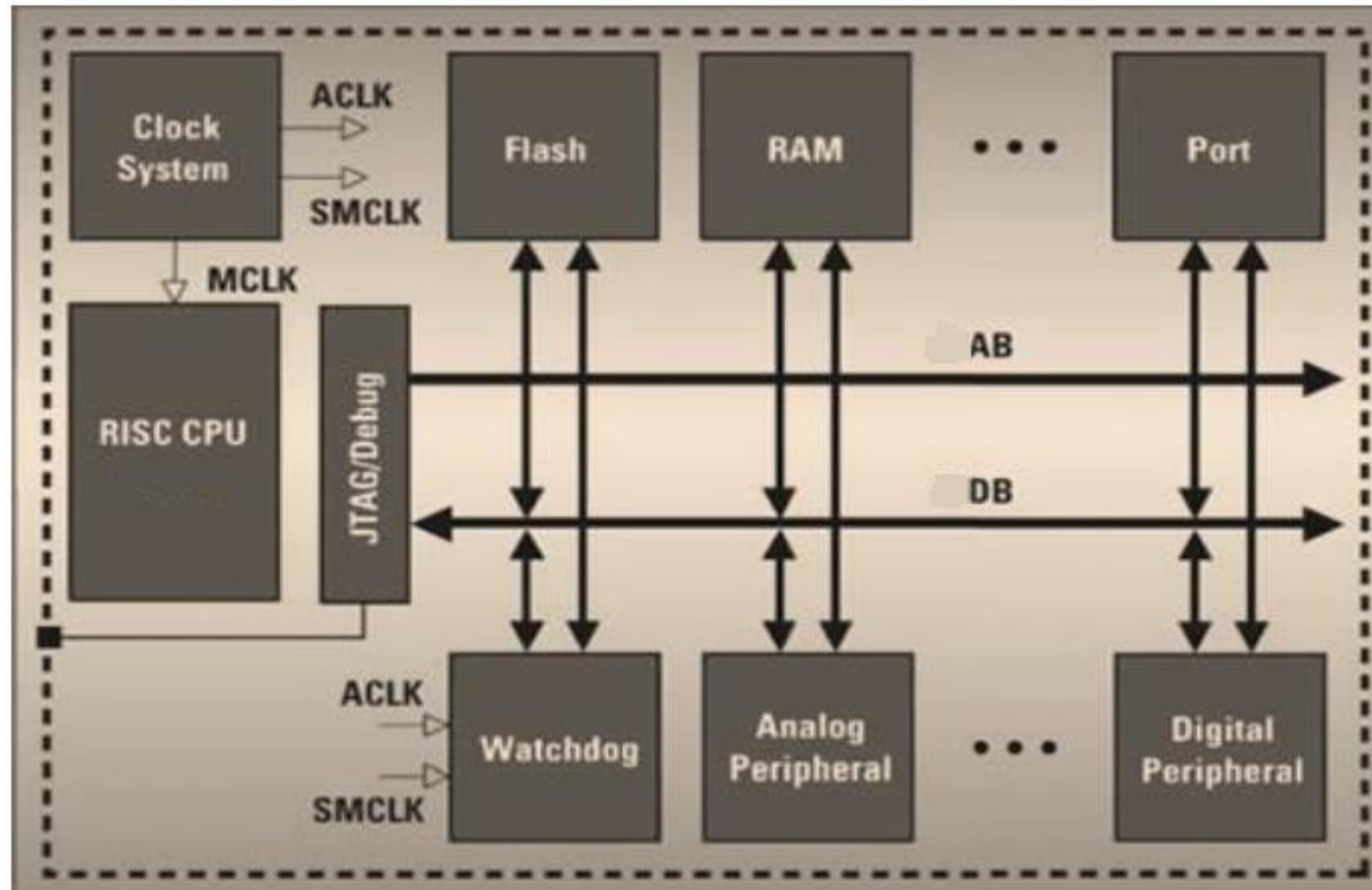


- CPU'dan çıkan hat sayısı=13 adet.
İndisleme: $A_{12} \dots A_0$
- CPU'nun Toplam Bellek kapasitesi kaç Kbyte'dır? Kapasite= 2^{13} byte=8Kbyte
- Bir belleğin kapasitesi nedir? İndis: $A_{10} \dots A_0$, 11 adet
- Belleğin Kapasitesi= 2^{11} Byte =2KByte
- A_{13} ne iş yapar? Adres Decoding devresini enable eder. Çıkışını onaylar, aktif eder.
 $A_{12}A_{11}:00$ ise Bellek-1, 01 ise Bellek-2, 10 ise Bellek-3, 11 ise Bellek-4 seçilir.

Example: Memory-register map



Functional Block Diagram



CPU

- CPU and its supporting hardware, including the clock generator.
- The main blocks are linked by the memory address bus (MAB) and memory data bus (MDB).
- These devices have flash memory and RAM.
- Include input/output ports
- Serial interface and analog-to-digital converter are particular features of this device.
- There are ground and power supply connections. Ground is taken to define 0V.
- The supply connection is VCC. For many years, the standard for logic was VCC =+5V but most devices now work from lower voltages and a range of 1.8–3.6V.
- Clocks for microcontrollers used to be simple. Usually a crystal with a frequency of a few MHz would be connected to two pins.
- It would drive the CPU directly and was typically divided down by a factor of 2 or 4 for the main bus.

Usage Notes

- A lot of slides are adopted from the presentations and documents published on internet by experts who know the subject very well.
- I would like to thank who prepared slides and documents.
- Also, these slides are made publicly available on the web for anyone to use
- If you choose to use them, I ask that you alert me of any mistakes which were made and allow me the option of incorporating such changes (with an acknowledgment) in my set of slides.

Sincerely,

Dr. Cahit Karakuş

cahitkarakus@gmail.com