

Sistemi Elettronici Automazione e Robotica

**DOCENTE: Prof. Sergio Saponara (Martedì 3 ore,
Giovedì 2 ore, 60 ore totali)**

Dip. Ingegneria dell'Informazione (via G. Caruso 16, Pisa)

- ✧ **E-mail: sergio.saponara@unipi.it**
- ✧ **Ricevimento (sempre con appuntamento via e-mail)**
- ✧ **Materiale didattico fornito dal docente e reso disponibile su aula virtuale TEAMS**



Sistemi Elettronici Automazione e Robotica

NOVITA': nelle 60 ore,

Ing. Alessandro Bastoni

Functional Safety Expert,

Senior member @ STMicroelectronics

ciclo di seminari dall'industria high-tech

progettazione di sistemi Functional Safe

**Materiale didattico fornito dal docente e reso disponibile
su aula virtuale TEAMS**



Sistemi Elettronici Automazione e Robotica

Statistiche scorso anno:

2020: 80 esami in 1 anno, media 26.89

2021: 49 esami in 1 anno, media 26.5

2022: 70 esami in 1 anno, media 26.66

2023: 86 esami in 1 anno, media 26.97

2024: 10 esami in 1 anno, media 26.60

2025: 42 esami fino a Sett, media 26.81

Sistemi Elettronici Automazione e Robotica

9 possibilità in 1 anno: 1 Preappello + 8 Appelli

Pre-appello: Giovedì 16/12/2025, esercitazione scritta con 4-5 esercizi in 2h/2h30m

Almeno 1 esercizio sulla parte dei seminari su Functional Safety dell'Ing. Bastoni

Almeno 3 esercizi sulle lezioni del Prof. Saponara

Comunicazione del voto entro 31/12, + discussione orale del compito svolto (data da concordare) con voto finale = voto esercitazione scritta +/- 1 punto.

Sistemi Elettronici Automazione e Robotica

8 Appelli (7 appelli da calendario + 1 appello straordinario aprile): 2 o 3 esercizi preliminari scritti da fare in 1 h, poi discussione orale degli esercizi svolti

Tracce degli esercizi saranno rese disponibili su canale TEAMS

Esempi di esercizi analoghi a quelli dati al preappello o durante le sessioni di esame saranno risolti durante il corso che si invita dunque a seguire

Lezioni con Prof. Saponara

Sistemi Elettronici

- Intro su sistemi elettronici
- Segnali analogici e digitali, dimensionamento conversione da analogico a digitale (ADC) e conversione da digitale ad analogico (DAC) e codici digitali
- esercitazioni

Elettronica di Potenza e Gestione dell'Energia:

- Componenti di potenza
- Modulazione PWM e convertitori di potenza
- AC/AC, AC/DC, DC/DC, AC/AC
- esercitazioni

Lezioni con Prof. Saponara

Richiami di Elettronica Analogica:

- Front-end analogico (amplificatori, filtri, circuiti per analog signal processing) e interfacce sensori
- esercitazioni

Elettronica Digitale:

- Microcontrollori
- Controller Area Network (CAN)
- Memorie
- esercitazioni

Lezioni con Prof. Saponara

Le esercitazioni riguarderanno sia sistemi embedded per controlli che esempi in ambito veicolistico/meccatronico/robotico

Sistemi elettronici nella vita quotidiana

- Smart Phones/Smart Watches
- Apparecchi radio (Transceiver: Trasmettitore/Ricevitore)
- Televisione
- Sistemi audio e video
- Personal computer/Tablet
- Sistemi di controllo industriale
- Sistemi di sicurezza su autovetture (e.g. ABS)
- Sistemi di iniezione e di accensione
- Domotica
- Sistemi di controllo posizionamento e movimento di droni (Unmanned Aerial/Ground/Underwater Vehicle- UAV, UGV, UUV)
- Sistemi di controllo di attuatori

Sistemi elettronici per veicoli e robot

Trend dei veicoli oggi è racchiuso in acronimo

ACES

A-Autonomous (da guida assistita a mobilità autonoma)

C-Connected (comunicazioni V2X vehicle to everything ovvero veicolo-veicolo V2V, veicolo-pedoni V2P, veicolo-infrastruttura V2I, veicolo to smart grid V2SG)

E-Electrified (propulsione ibrida con motori elettrici + motore a combustione interna di dimensioni ridotte oppure propulsione solo elettrica; attuazione elettrica invece che pneumatica o idraulica o oleodinamica)

S-Shared/Service (mobilità condivisa, industria evolve da vendere veicoli a vendere servizi di mobilità con veicoli condivisi)

Sistemi elettronici per veicoli e robot

Spin-off da veicoli a robotica e industria 4.0

Video 1 (5 minuti)

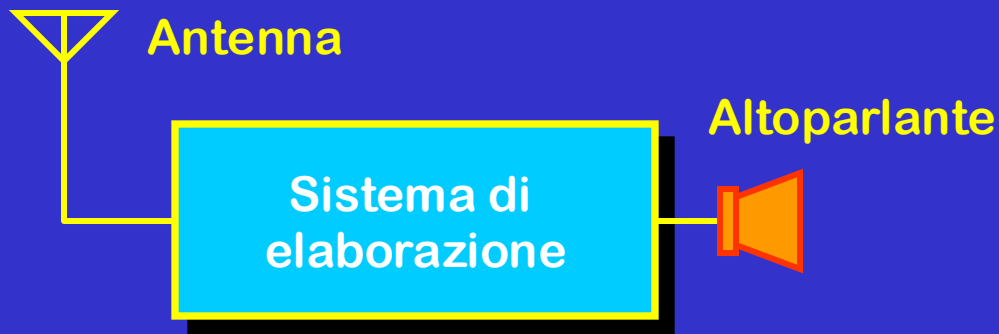
<https://www.youtube.com/watch?v=Bg8zw1SWiJA&feature=youtu.be>

Video 2 (1 ora)

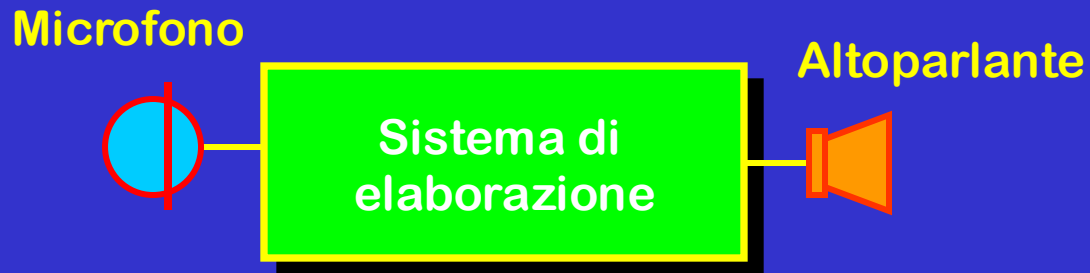
<https://www.facebook.com/IEEEIMS/videos/699365854024701>

Esempi di Sistemi Elettronici

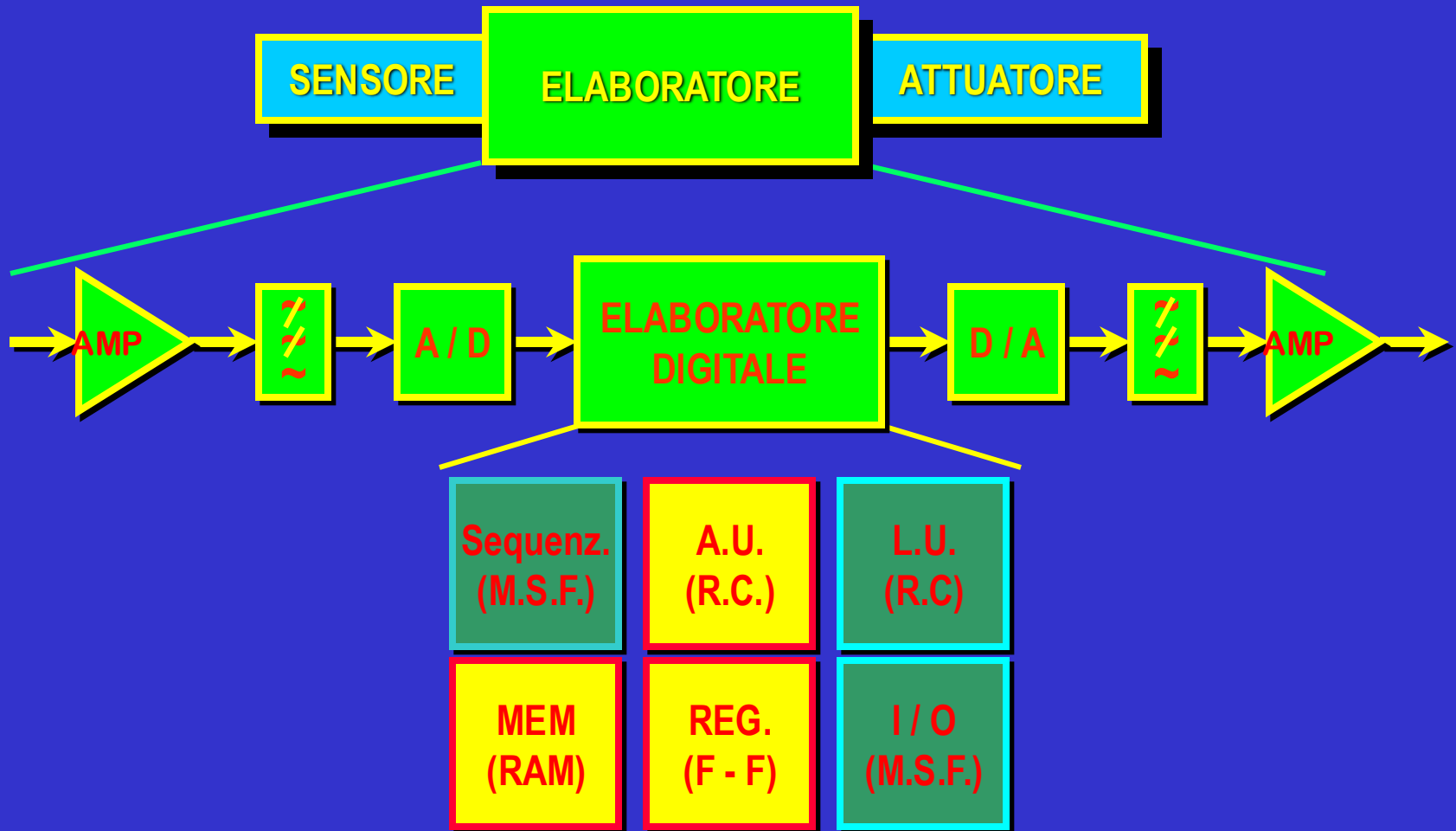
✧ Esempio 1: Ricevitore radio



Esempio 2: Amplificatore audio



Sistema Elettronico



Blocchi Fondamentali

✧ Sensore/trasduttore

- Trasforma la grandezza fisica che si vuole acquisire in un segnale elettrico (tensione, corrente, variazione di resistenza, capacità, induttanza, etc.)

✧ Attuatore

- Trasforma un segnale elettrico in una grandezza fisica di interesse (movimento, forza, luce, etc.)

✧ Sistema di elaborazione

- esegue operazioni lineari e/o non lineari sul segnale d'ingresso per fornire in uscita il segnale di pilotaggio dell'attuatore

Blocchi Fondamentali

✧ Sistema di elaborazione

SISO: single input single output

MIMO: Multi input multi output

Sistemi attuali (aerei, treni, robot industriali, satelliti, ...) sono sistemi complessi (sono difatti dei sistemi di sistemi) in cui il controllo è distribuito tra tante ECU (Electronic Control Unit), con connessione spesso mista cablata e wireless, ognuna delle quali è un sistema di elaborazione MIMO.

**Le variabili con cui rappresentiamo a
livello fisico (physical layer-PHY)
segnali e dati sono le grandezze
elettriche**

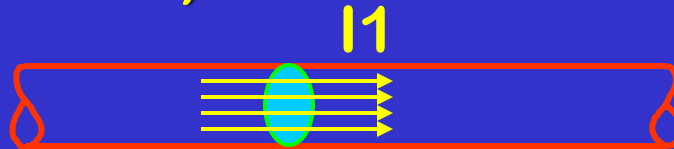
**segnali → ci si riferisce alla forma
d'onda (es. segnale periodico
modulato)**

**dati → ci si riferisce all'informazione
rappresentata dal segnale che spesso è
stato convertito in forma digitale**

Grandezze elettriche

✧ **Corrente elettrica (si misura in Ampere es $I_1=3\text{ A}$)**

- Quantità di cariche elettriche (elettroni) che attraversano una sezione nell'unità di tempo
 - (analogia idraulica)



✧ **Tensione elettrica (Si misura in Volt)**

- Differenza di potenziale che causa il passaggio di corrente (sempre riferita alla differenza tra 2 punti, Es. $V_{ab}=3\text{ V}$)
 - (analogia idraulica)



Elementi circuitali [GENERATORI]

- ✧ Generatore di tensione o di corrente sono in DC: direct current (in continua ovvero segnale costante a frequenza nulla) o in AC: Alternate current (in alternata cioè variabile con frequenze diverse da zero)
- ✧ In DC IDC e VDC sono sia media che picco
- ✧ In AC: $I_{media}=0$, $V_{media}=0$, I_M e V_M sono il picco, $2I_M$ e $2V_M$ il picco-picco, $I_M/\sqrt{2}$ o $V_M/\sqrt{2}$ il valore efficace (in inglese rms: root mean square)

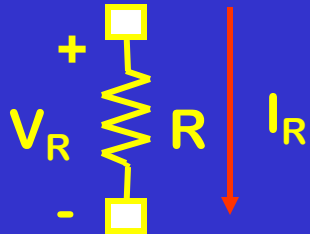


Elementi circuitali [GENERATORI]

- ✧ Potenza elettrica $P=V \cdot I$, se segnali sono costanti
 $P_{DC}=I_{DC} \cdot V_{DC}$, se segnali sono in alternata Potenza di picco
 $P_M=V_M \cdot I_M$ ma è più corretto considerare come potenza
mediamente erogata $P_{eff}=V_{eff} \cdot I_{eff}=V_M/\sqrt{2} \cdot I_M/\sqrt{2}$
 $V_M \cdot I_M/2 \rightarrow P_{eff}=P_M/2$ (in inglese P_{eff} si chiama P_{rms})
- ✧ Potenza è in Watt, W
- ✧ Energia è Potenza * Tempo e si misura in Joule, $1J=1 W \cdot 1 s$
- ✧ Accumulatori (es. batterie) dichiarano la capacità
dell'accumulatore in A*H, es Batteria da 12V e 72Ah ha
contenuto energetico pari a $12V \cdot 72 A \cdot 3600 s= 3110400 J$

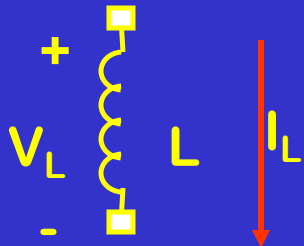
Elementi circuitali [Elementi Passivi]

✧ Resistenza



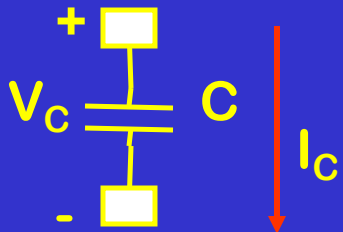
$$v_R = R \cdot i_R \quad [R \text{ si misura in Ohm, } \Omega]$$

✧ Induttanza



$$v_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} \quad [L \text{ si misura in Henry, H}]$$

✧ Capacità



$$v_C = \frac{1}{C} \cdot \int i_C \cdot dt \quad [C \text{ si misura in Farad, F}]$$

Elementi circuitali [Elementi Passivi]

- ✧ Resistenza (dissipa potenza, $P=V*I= R*I^2= V^2/R$)
- ✧ Induttanza (inerziale alle variazioni di corrente, accumula energia $E=0.5*L*I^2$)
- ✧ Capacità (inerziale alle variazioni di tensione, accumula energia $E=0.5*C*V^2$)
- ✧ Es. 1 Capacità di 1000 F a 12V ha 72000 J, ovvero può erogare 1000 W per 72 s ($J = W*s$)

Esempi di Attuatori

- ✧ **Riscaldatori resistivi**
 - per produrre calore (calore è sempre energia)
- ✧ **Diodi e/o Laser emettitori di luce, variatori di luce**
 - per controllare la luminosità
- ✧ **Solenoidi**
 - per produrre campi magnetici che esercitano delle forze su apparati meccanici
- ✧ **Motori elettrici (es. rotore e statore con avvolgimenti elettrici, gabbia metallica, magneti permanenti,..)**
 - per produrre coppia (Torque) e causare spostamenti (angolari che opportuni sistemi di trasmissione possono trasformare in spostamenti es. lineari)

Esempi di Attuatori

- ✧ **Altoparlanti e trasduttori ultrasonici**
 - per produrre suoni
- ✧ **Trasduttori piezoelettrici**
 - per produrre deformazioni e/o spostamenti

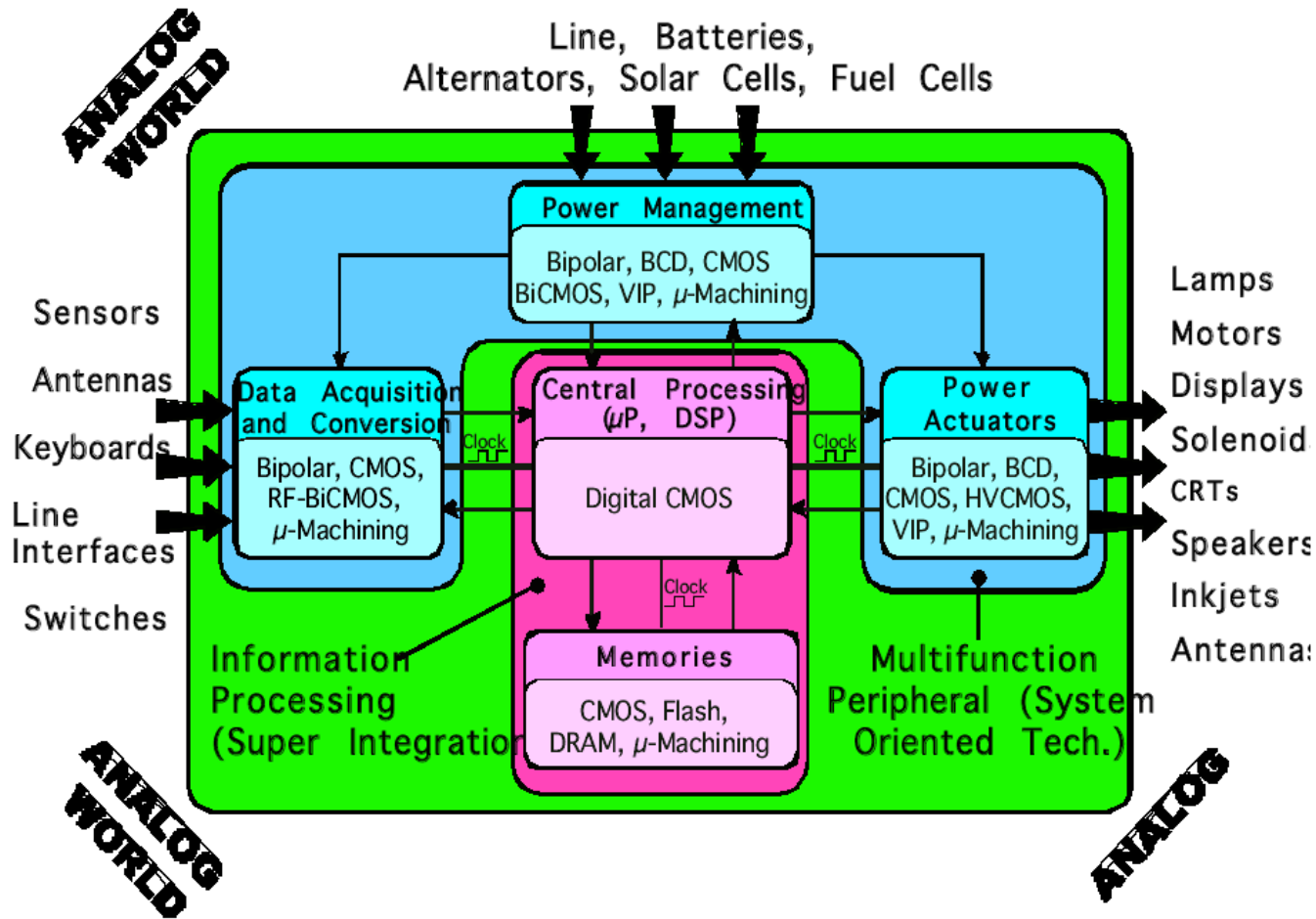
Esempi di Sensori

- ✧ **Termistori e termocoppie**
 - misura di temperatura
- ✧ **Foto diodi e foto transistori**
 - misura di luce
- ✧ **Materiali piezoelettrici e *strain gauges***
 - misura di deformazioni e forza (estensione e/o compressione)
- ✧ **Potenzimetri, sensori induttivi**
 - misura di lunghezza
- ✧ **Generatori tachimetrici, accelerometri, ...**
 - misura di velocità e accelerazione
- ✧ **Microfoni**
- ✧ **misura di onde acustiche**

Blocchi Base Sistema Elettronico

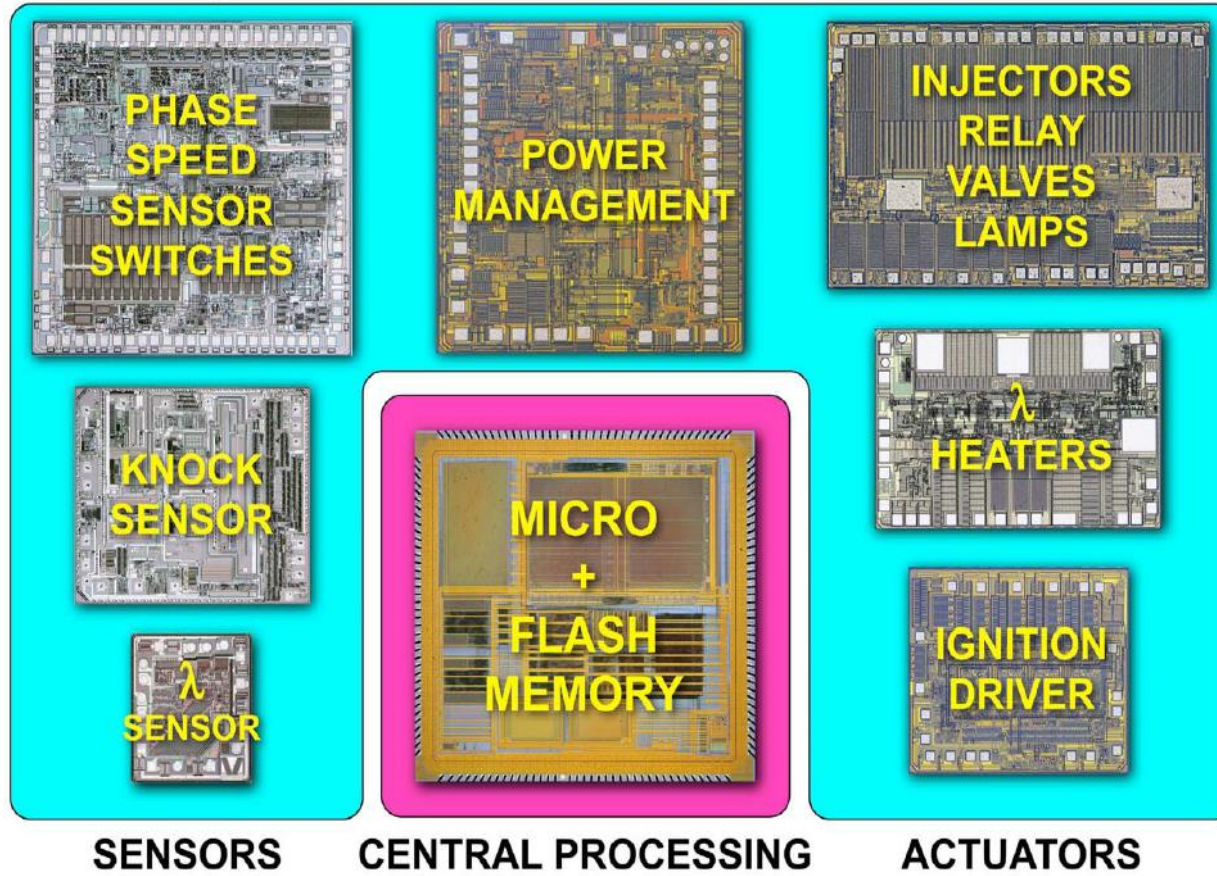
- ✧ **AMP** = Amplificatore
- ✧ **Filtro** = Elimina le frequenze inutili
(filtro anti aliasing – passa basso)
- ✧ **A/D** = Convertitore Analogico/Digitale
- ✧ **D/A** = Convertitore Digitale/Analogico
- ✧ **Filtro** = Interpolatore (passa basso)
- ✧ **AMP** = Amplificatore
- ✧ **El. Dig.** = Elaboratore “Numerico” (opera su grandezze numeriche e logiche)
- ✧ **Power Management** = Alimentatori per gestire conversione di potenza da sorgenti (grid o generatori AC, Batterie o fuel-cells DC) ad alimentazione circuiti o energy storage (DC) o Driver di attuatori (e.g. DC o AC motors)

Sistema Elettronico di Controllo: Schema generale

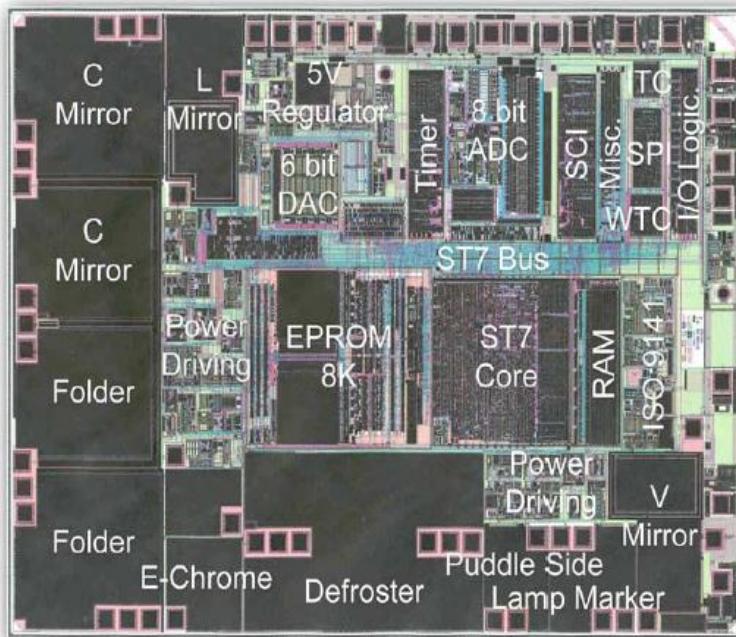


Sistema Elettronico di Controllo: Esempio Engine Control Unit

Engine Control Unit Architecture



Sistema Elettronico di Controllo: Esempio Intelligent Mirror in Car



Main Features:

- 8 MHz Internal Clock
- 8 Kb User EPROM/OPT
- 256 b Data RAM
- SPI
- SCI + ISO9141 Line Interface
- 8 bit AD Converter
- ISO9141 Line Interface
- Stand-By and Bus Wakeup
- Two Lamp Driver
- ElectroChrome & Defroster Driver
- Two 200 m Ω / 5 A DMOS Half Bridge
- Two 600 m Ω / 2 A DMOS Half Bridge
- HiQuad64, 32 mm²

Example of Intelligent Mirror in Modern Cars

