

**SUPSI**

# Progettazione di sistemi embedded

Ing. Stefano Guatieri

Prof. Ivan Defilippis

## presentazioni

- Docente: Ing. Stefano Guatieri
- Docente: Ing. Armando Rivero

SUPSI-DTI-ISEA

Stefano Guatieri

stefano.guatieri@supsi.ch

Armando Rivero

armando.rivero@supsi.ch

## Organizzazione del corso

- Modalità: Istruzione (4 ore di lezioni settimanali)
- 2 ore di lezione
- 2 ore di laboratorio
- Discussioni e feedback durante le ore di lezione.
- Sviluppo di un piccolo progetto di un sistema embedded.
- Presenza verificata durante le 4 ore settimanali

## Scopi del modulo

- Poter capire (analizzare) un embedded system
- Sapere come si può progettare e realizzare un embedded system
  - Valutare i requisiti e i vincoli (costi, ingombri, consumi...)
  - Valutare la suddivisione hardware/software
  - Saper sviluppare le componenti hardware (mancanti)
  - Saper sviluppare le componenti software (mancanti)
  - Assemblare il sistema
  - Testarlo
- Saper svolgere funzioni di supporto
  - Presentarlo (ad esempio vendita)

# Parte 1: introduzione

## Indice

- Definizione di sistema embedded
- Esempi di sistemi embedded
- Campi di applicazione dei sistemi embedded
- Caratteristiche funzionali e differenze con i computer
- Microprocessori e microcontrollori
- Microelettronica e legge di Moore
- Gerarchia HW/SW
- Classificazione secondo la funzionalità
- Sviluppo dei sistemi embedded e utensili

## Prerogativa del corso

- La curiosità ci porta a conoscere di più, a capire di più. Per trovare come funziona un determinato oggetto.
- Ognuno può spingere lo sviluppo in una nuova dimensione
- Le opinioni sulla risoluzione dei problemi di ingegneria cambiano man mano che la tecnologia evolve.
- Ognuno ha la sua opinione. Non tutti la pensano allo stesso modo.

## Nuovi design

- ogni nuovo sviluppo può essere visto dall'interno, normalmente da chi lo sviluppa o dall'esterno e normalmente è l'utilizzatore finale.
- Gli sviluppatori che riescono a porsi in un'ottica "esterna" normalmente sono quelli che ottengono i risultati migliori.
- Esaminiamo i dettagli di alto livello e poi passiamo a quelli inferiori.

Si potrebbe discutere con i nostri colleghi che stanno sviluppando l'interfaccia grafica per fare in modo che piaccia all'utente.

## Domande da porsi

- È sempre bene porsi qualche domanda prima di iniziare a sviluppare:
- Cosa stiamo progettando?
- Come lo useranno le persone?
- Qual è il suo comportamento?
- Che effetto avrà sul suo funzionamento?
- Quali sono gli input?
- Quanto bene bisogna che svolga il suo lavoro? (quali sono i vincoli?)



## Nuove sfide

- Con l'avanzare della tecnologia, siamo in grado di fare sempre di più.
- Dobbiamo disporre di strumenti che ci aiutano a capire la complessità dei progetti di oggi.
- Strumenti che aiutano a portare a termine il lavoro più rapidamente e in modo più efficiente.


liberiamo la nostra immaginazione e diventiamo gli ingegneri e scienziati di domani!

## Avere competenze in sistemi embedded

- Per lavorare con i sistemi embedded bisogna sviluppare competenze multidisciplinari, in particolare nei settori:
  - hardware digitale design, architettura, schema funzionale (di quello che fa il sistema embedded)
  - software limiti, firmware -> legato all'hardware che si utilizza
  - networking connettività (prot. comunicazione), fisico (radiofrequenze)
  - sicurezza dati sensibili (cryptare info), robusto
- Il campo dei sistemi embedded richiede abilità da molti campi diversi. Senza quelle abilità il sistema non può esistere.

## Avere competenze in sistemi embedded

- Gli ingegneri informatici o elettronici che lavorano con sistemi embedded contribuiscono a tutti gli aspetti dello sviluppo:
  - pianificazione
  - progettazione
  - produzione
  - test
  - Marketing
- la robustezza di un device sta nel bagaglio di conoscenze teoriche e pratiche che il progettista ha acquisito nel tempo,



studi di ingegneria

## Introduzione ai sistemi embedded

- I sistemi **embedded** sono uno degli elementi fondamentali della **tecnologia informatica odierna**.
- Oggi il microprocessore e il suo software sono praticamente dentro tutto quello che tocchiamo.
- Abbiamo in tasca un computer più potente di quelli che i primi astronauti hanno portato nello spazio o che abbiamo inviato su Marte.
- Questa capacità offre a ingegneri, medici e molti altri, nuove libertà di mettere insieme in modo creativo sistemi sostanzialmente più complessi con nuove funzionalità.

## Definizione Sistemi embedded

- A livello internazionale il campo dei sistemi embedded ha superato molte delle sue tradizionali descrizioni.
- Forse un modo semplice per definire il termine senza entrare nel tecnico è:

**Un sistema embedded è un sistema computerizzato costruito appositamente per la sua applicazione.**

- Il campo dei sistemi embedded è ampio e vario ed è difficile definirlo o descriverlo con precisione.
- Ricordiamoci che i sistemi embedded non sono un campo isolato. I sistemi embedded usano praticamente quasi tutte le discipline dell'ingegneria elettronica e informatica.

## Che cosa è un sistema embedded

Alcune spiegazioni possono essere superate ed è importante poterne discutere in modo consapevole. Ecco alcune delle descrizioni più comuni di un sistema embedded:

**I sistemi embedded sono più limitati in termini di funzionalità hardware e/o software rispetto ai PC.**

- Ciò vale per un sottoinsieme dei sistemi embedded.
- Questa definizione è vera solo in parte oggi.
- Schede e software che si trovavano tipicamente nei PC del passato, sono state riconfezionate in progetti di sistemi embedded più complessi.

## Che cosa è un sistema embedded

Il termine “limitazioni hardware” può significare limitazioni di:

- Elaborazione core clock più basse rispetto a un pc
  - Prestazioni
  - consumo energetico
  - memoria
  - funzionalità hardware
- 
- Nel software invece questo significa:
    - Applicazioni ridotte
    - nessun sistema operativo o un sistema operativo limitato
    - codice ad un livello di astrazione inferiore



## Che cosa è un sistema embedded

Un'altra possibile definizione:



Un sistema **embedded** è progettato per **svolgere una funzione dedicata.**

- La maggior parte sono progettati principalmente per una funzione specifica.
- Tuttavia, ora vediamo dispositivi come i cellulari ( o PDA, personal data assistant) che sono in grado di svolgere una varietà di funzioni primarie.
- i più recenti televisori digitali includono applicazioni interattive non correlate alla funzione “TV” ma altrettanto importanti, come e-mail, navigazione web e giochi.



## Che cosa è un sistema embedded

Altra definizione:

**Un sistema embedded è un sistema informatico con qualità e affidabilità superiori rispetto ad altri sistemi informatici.**

- È vero per alcune famiglie. Ad esempio se il controllo del motore di un'auto si arresta in modo anomalo durante la guida o se un dispositivo medico ha dei malfunzionamenti durante un intervento.
- Tuttavia ci sono anche dispositivi embedded, come TV, cellulari in cui si verificano malfunzionamenti, ma non sono situazioni pericolose per la vita.

## Discussioni sui sistemi embedded

- C'è qualche discussione sul fatto che i cellulari o i tablet non siano sistemi embedded. I sistemi che soddisfano alcune, ma non tutte le definizioni,

**sono da ritenersi comunque sistemi embedded?**

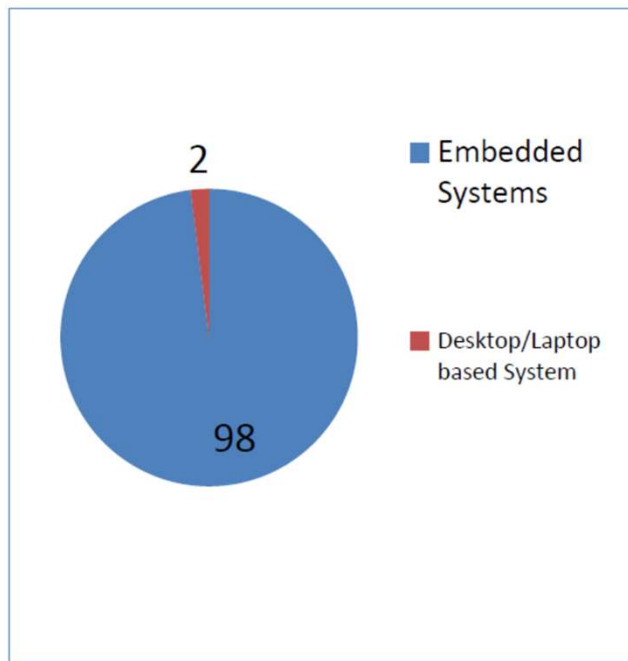
- Gli stessi ingegneri ritengono che i sistemi più complessi non dovrebbero essere definiti embedded.
- Se le definizioni tradizionali dovessero evolversi in un nuovo campo di sistemi informatici, si potranno scorporare dalla definizione classica.



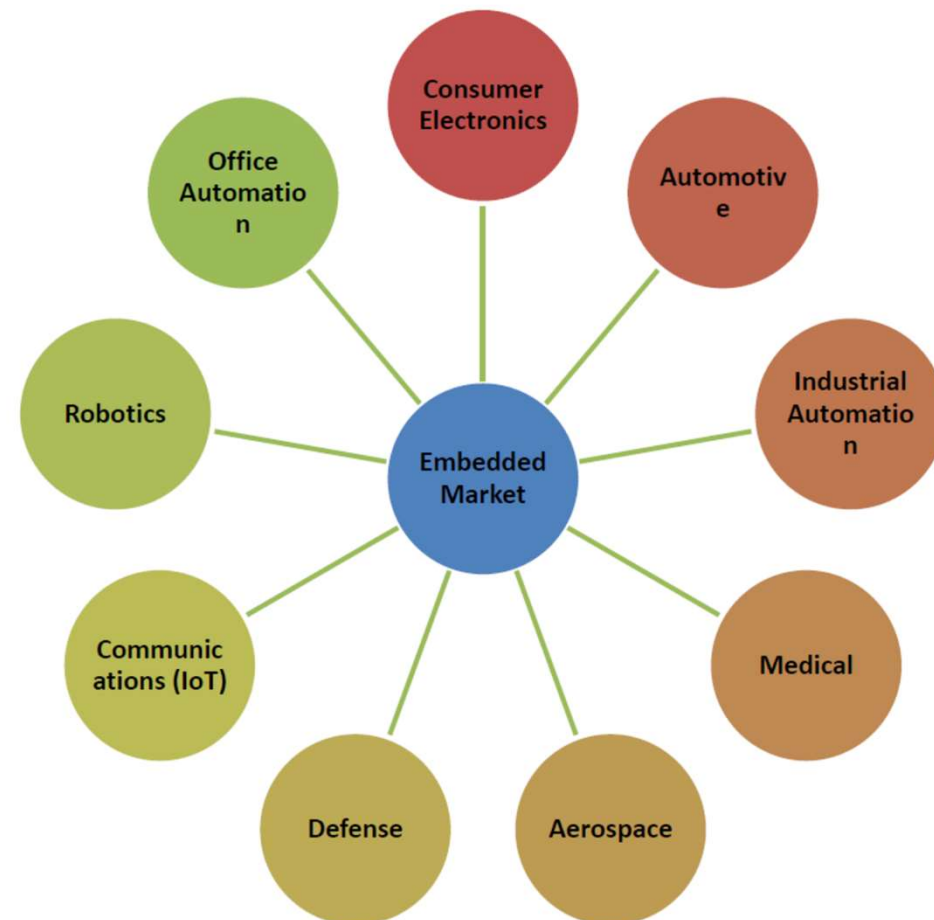
**Ma fino a che non succede per me rimangono tutti sistemi embedded**

## Sistemi embedded nel mercato

% Presence of Embedded System

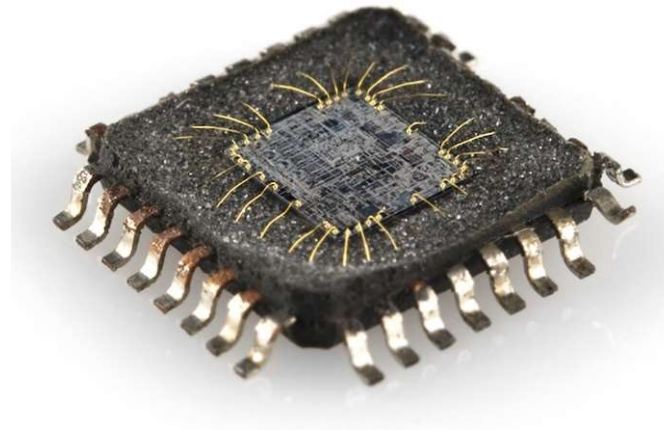


Domain wise presence



## VLSI –Very Large-Scale Integration

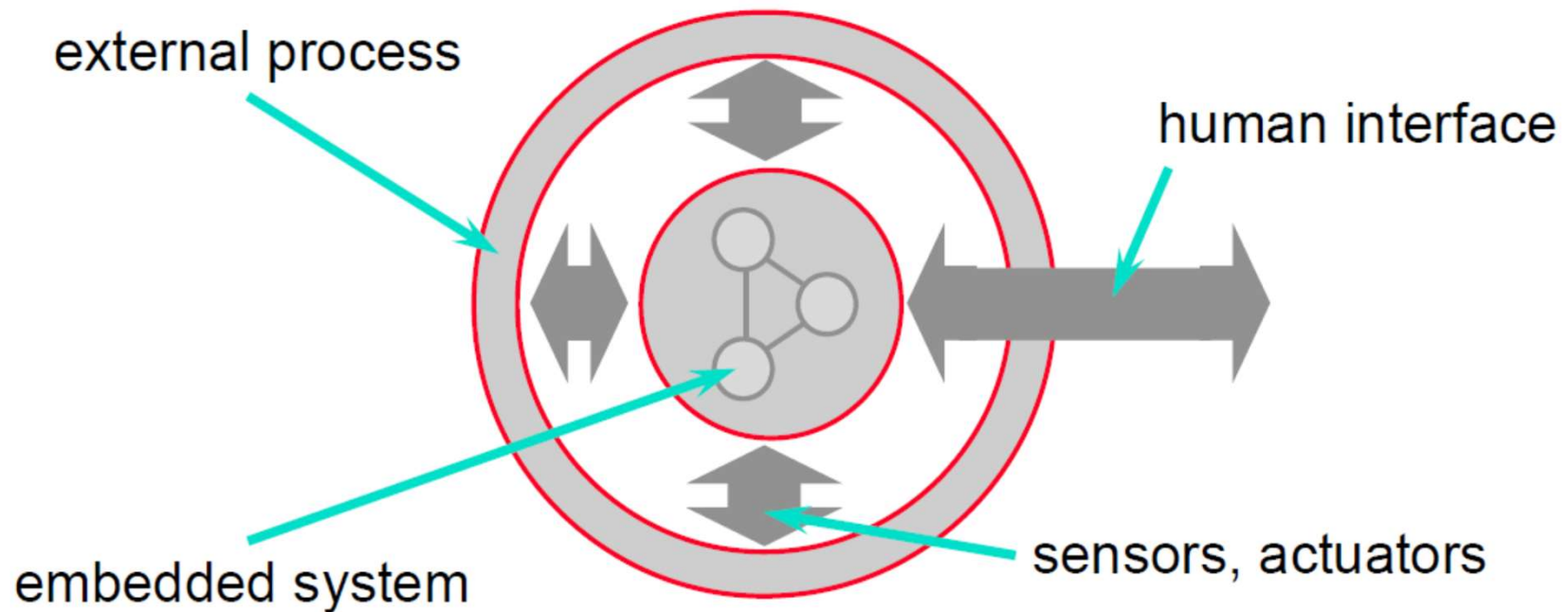
- Sono i componenti chiave, consentono che tutto ciò avvenga.
- con i VLSI pensiamo in termini di milioni di transistor raccolti in un unico circuito integrato.
- Quanto grande è very Large
  - SSI (small scale integration)
  - 7400 series, 10-100 transistors
  - MSI (medium scale)
  - 74000 series 100-1000
  - LSI 1,000-10,000 transistors
  - VLSI > 10,000 transistors
  - ULSI/SLSI (Not so popular)
- I sistemi embedded non sarebbero fattibili senza i VLSI, e i VLSI servirebbero a poco senza sistemi embedded.



integrato

## Descrizione di sistema embedded

- In molti casi, un sistema embedded è lui stesso una componente di un sistema più complesso (e.g. macchina per il caffè, centralina per l'automobile...)



## Definizione tecnica

- Sistema complesso miniaturizzato che comprende:
  - Una CPU
  - tutti i blocchi periferici necessari alla funzione da svolgere
- Caratteristiche:
  - Normalmente ha una sola funzione (e.g. telefonino, camera...)
  - Il computer è “nascosto all’utente”
  - Sempre più spesso a basso costo
  - Sempre più spesso a basso consumo -> Portabilità
- Può essere
  - Basato su componenti componenti acquistabili off-the-shelf
  - Integrato ad-hoc in silicio ASSP, ASIC hardware programmabile, collegamento fisico dei componenti
  - Basato su componenti configurabili (e.g. FPGA)

## Tipi di sistemi embedded basati sulle performance del microcontrollore

- La classificazione è fatta basandosi su:
  - Funzione o funzionalità multiple del sistema
  - Performance e requisiti del sistema
  - Quanto e quanto potente hardware impiegano
  - Complessità del software che utilizza

## Tipi di sistemi embedded basati sulle performance del microcontrollore

- Sistemi semplici
  - la maggior parte svolgono funzioni dedicate (o funzioni singole).
  - poche risorse hardware, in termini di capacità e risorse.
  - Software semplice, la maggior parte senza OS.
  - Sistemi basati su Microcontrollori.
  - Normalmente costi bassi.



## Tipi di sistemi embedded basati sulle performance del microcontrollore

- Sistemi di media complessità
  - Svolgono più di una funzione.
  - Le risorse hardware che utilizzano sono di media grandezza.
  - Architettura software con OS minimi o senza OS, possono avere RTOS.
  - Sistemi basati su microcontrollori.
  - Possono utilizzare Architetture basate su SoC.

## Tipi di sistemi embedded basati sulle performance del microcontrollore

- Media o alta complessità
  - Svolgono un grande numero di funzioni.
  - Utilizzano un grande numero di risorse hardware, anche configurabili.
  - Utilizzano sistemi operativi RTOS.
  - Normalmente usano Microprocessori.

## Esempi di sistemi embedded sotto classificazione basato sulle performance

- Sistemi semplici
  - Orologi digitali semplici
  - Telecomandi
  - Macchine da lavare
  - Unità di controllo dei motori
- Sistemi di media complessità
  - Wifi router
  - Decoder (Set-top box)
  - Sistemi per il pagamento (POS)
  - Music player
- Sistemi di media alta complessità
  - Smart phones
  - Video gaming gadgets
  - Videocamere di fascia alta

## Tipi di sistemi embedded basati sui requisiti funzionali

- Real-time, Standalone, Networked, mobile
- Sistemi embedded real-time
  - sviluppato per essere preciso nelle tempistiche di lavoro
  - questo sistema integrato in tempo reale è diviso in due tipi:
    - Sistemi embedded in soft real-time (il tempo/scadenza può non essere rigorosamente rispettato).
    - Sistemi embedded hard real-time (Il tempo/scadenza dell'attività è rigorosamente rispettato. L'attività deve essere completata in un intervallo di tempo.

## Tipi di sistemi embedded basati sui requisiti funzionali

- Sistemi embedded standalone
  - Sono sistemi indipendenti che non dipendono da un sistema host.
  - Prende l'input in forma digitale o analogica e fornisce l'output.
- Sistemi embedded in rete (Networked)
  - Sono collegati a una rete che può essere cablata o wireless forniscono l'output al dispositivo collegato.
  - Comunicano con il web server attraverso la rete.
- Sistemi embedded mobile
  - Sono piccoli e facili da usare e richiedono meno risorse.
  - Sono i sistemi embedded preferiti. Dal punto di vista della portabilità.

## Caratteristiche di sistema embedded

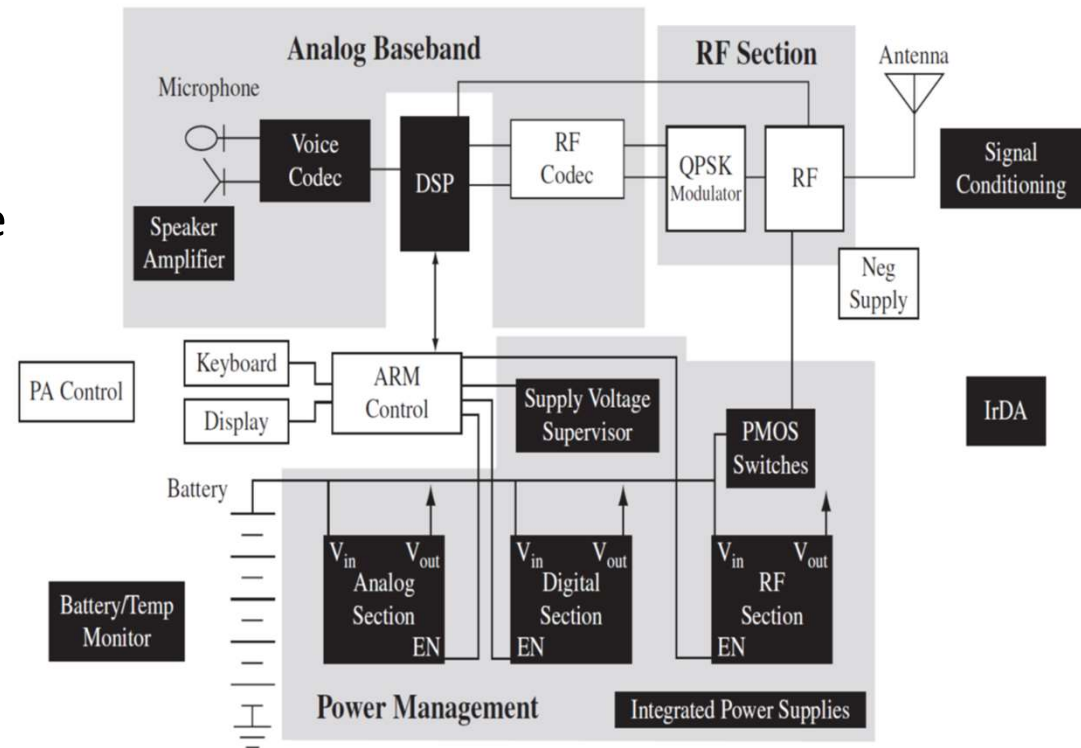
- Un tipico sistema embedded è un sistema “reattivo”:
  - reagisce all’ambiente tramite sensori
  - controlla l’ambiente tramite attuatori
- Il sistema embedded deve avere dei **requisiti che siano in linea con l’ambiente**.
- Esso usa una **combinazione di hardware e software** per rispondere ad eventi nell’ambiente, con **determinati vincoli**.
- Un sistema embedded pianificato **per l’elaborazione di eventi**, deve garantire **le prestazioni per i casi peggiori**.

## Campi d'applicazione dei sistemi embedded

Market	Embedded Device
<b>Automotive</b>	Ignition system Engine control Brake system
<b>Consumer electronics</b>	Digital and analog televisions Set-top boxes (DVDs, cable boxes, etc.) Personal data assistants (PDAs) Kitchen appliances (refrigerators, toasters, microwave ovens) Toys/games Telephones/cell phones Cameras Global Positioning Systems (GPS)
<b>Industrial control</b>	Robotics and control systems (manufacturing)
<b>Medical</b>	Infusion pump Dialysis machines Prosthetic devices Cardiac monitors
<b>Networking</b>	Routers Hubs Gateways
<b>Office automation</b>	Photocopiers Printers Monitors Scanners
<b>Aerospace</b>	Satellites Telescopes Rockets

## Esempio di sistema embedded

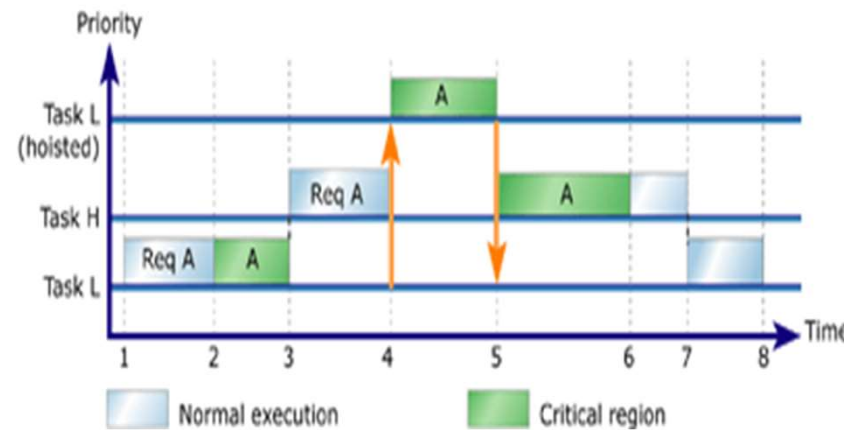
- Questa immagine mostra una implementazione di un “digital cell phone” (cellulare).
- Questo sistema embedded svolge una sola funzione, malgrado la presenza di una CPU riprogrammabile resterà sempre un sistema con un unico scopo: -Essere un cellulare-.
- I criteri adottati per sviluppare questi sistemi sono molto severe:
  - basso costo
  - basso consumo
  - dimensioni ridotte
  - massime performance





## Proprietà di sistemi embedded: Real-Time

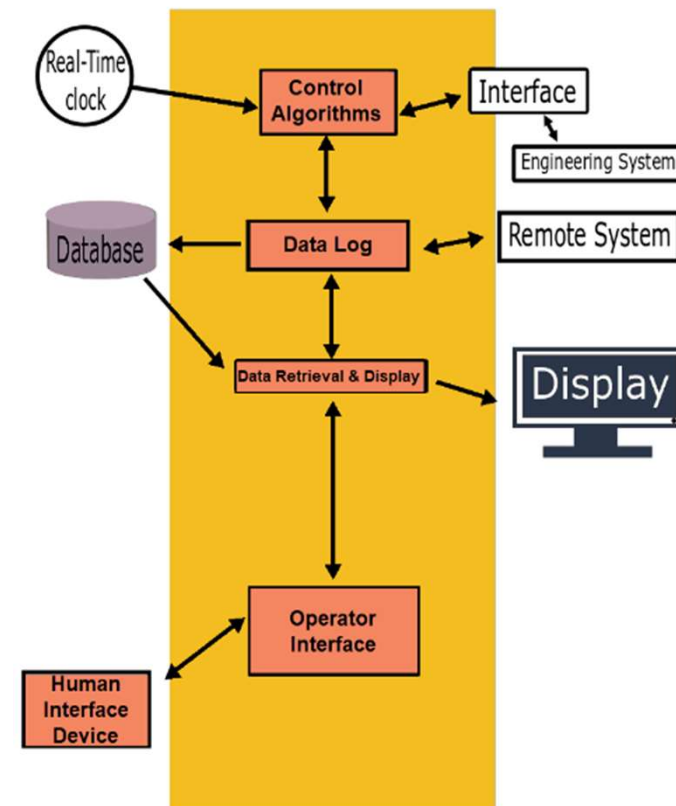
- **Real-time:** Spesso I sistemi embedded fanno parte di applicazioni time-critical, dove non è solo il corretto funzionamento ad essere importante ma anche un corretto timing.



## Proprietà di sistemi embedded: Affidabilità

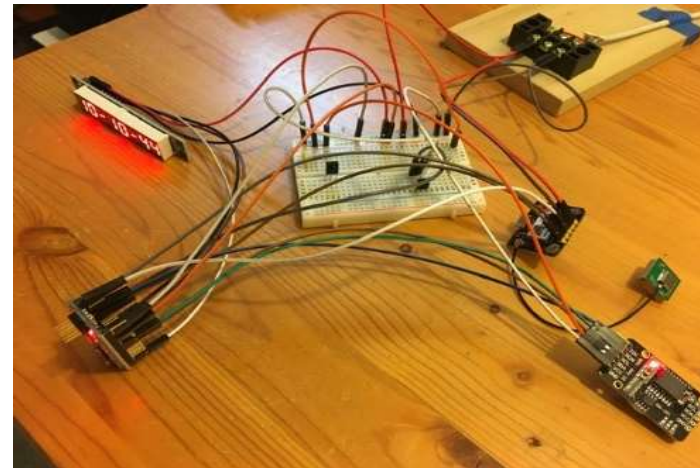
- **Affidabilità**

- Spesso i sistemi embedded devono processare e comunicare informazioni time-critical da sottosistemi affidabili e autonomi.
- Sia la funzione che il timing sono importanti. ( -> Real-time operating systems e scheduling).



## Proprietà di sistemi embedded: Eterogeneità

- **Eterogeneità**
  - Molto spesso i sistemi embedded vengono progettati usando tante varietà di modelli di elaborazione.
  - La loro implementazione consiste in vari componenti hardware e software sensori e attuatori (-> accesso alle risorse del sistema e sincronizzazione delle task).



## Proprietà di sistemi embedded: Implementazione distribuita

- **Implementazione distribuita**
  - Le componenti di un sistema embedded scambiano molto spesso informazioni tramite un sottosistema di comunicazione.
  - Utilizzano un protocollo specifico. (Task communication e I/O).

