



# Lezione #4

## Sistemi di controllo distribuito

- Introduzione ai sistemi di controllo distribuito
- Modello CIM (Computer Integrated Manufacturing)
- Reti per l'automazione
- Classificazione delle reti, topologia
- Standard ISO-OSI

# Sistemi di controllo distribuito

- L'automazione industriale prevede la presenza di **celle automatizzate** dedicate all'esecuzione di singole lavorazioni
- Tali isole possono essere realizzate mediante dispositivi di controllo eterogenei

# Sistemi di controllo distribuito

Il passo successivo è quello di realizzare un'**integrazione** tra i vari sottosistemi



**Sistemi di controllo distribuito (DCS)**

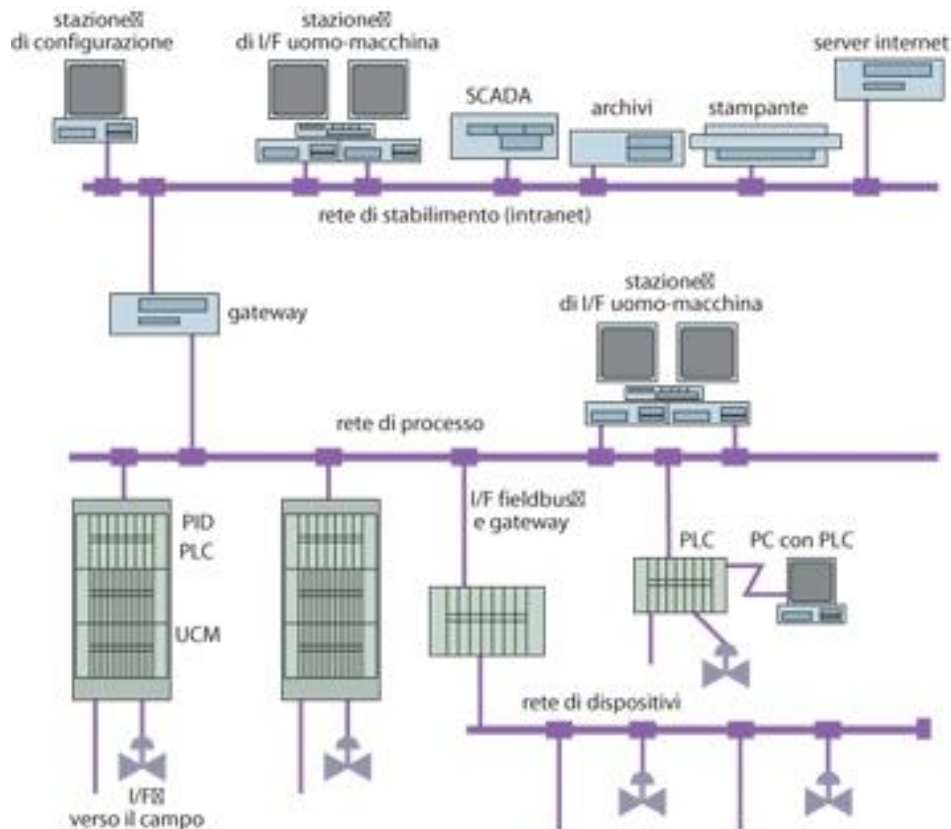
# Sistemi di controllo distribuito

“

*Lo scopo di un DCS è di unificare le operazioni di controllo ad alto livello degli impianti industriali di grandi dimensioni in un unico sistema che permetta agevolmente l'interazione con gli operatori umani, eventualmente da sale di controllo remote.*

-Treccani

# Sistemi di controllo distribuito



- **Rete di stabilimento:** consente le operazioni di più alto livello e la gestione delle basi di dati dell'impianto
- **Rete di processo:** collega tra loro e con stazioni di HMI i dispositivi di controllo (dotati di periferiche standard per il collegamento con la rete)
- **Rete di dispositivi:** pensata per ridurre i collegamenti analogici ancora presenti in molti impianti (non molto usate – e.g. PROFIBUS DP)

# Sistemi di controllo distribuito

- Un elemento chiave dei DCS è lo **SCADA**  
(*Supervisory Control And Data Acquisition*)

→ Parleremo dei sistemi SCADA nella prossima lezione

# Sistemi di controllo distribuito

- La realizzazione di un DCS richiede che l'intero sistema informatico sia progettato in maniera metodica
  - Diventa necessario utilizzare **dispositivi standardizzati**
  - Vanno gestiti i **flussi di informazione** tra i vari dispositivi
  - Vanno **coordinati i fattori produttivi** (inclusa la presenza dell'uomo, in qualità di gestore, supervisore e manutentore dell'impianto)

# Sistemi di controllo distribuito

- L'integrazione presenta diversi benefici:
  - Migliore utilizzo delle risorse tramite un'accurata pianificazione (eventualmente in tempo reale)
  - Massima flessibilità di produzione
  - Riduzione dei tempi di produzione
  - Miglioramento della progettazione (dovuta alla necessità di fornire alle macchine informazioni non ambigue)
  - Identificazione, conservazione e riutilizzo delle informazioni relative ai prodotti
  - Miglioramento dei controlli sulla produzione (e.g. estensivi invece che a campione)
  - Riduzione degli scarti di lavorazione
  - Riduzione delle scorte (produzione *just in time*)

# Sistemi di controllo distribuito

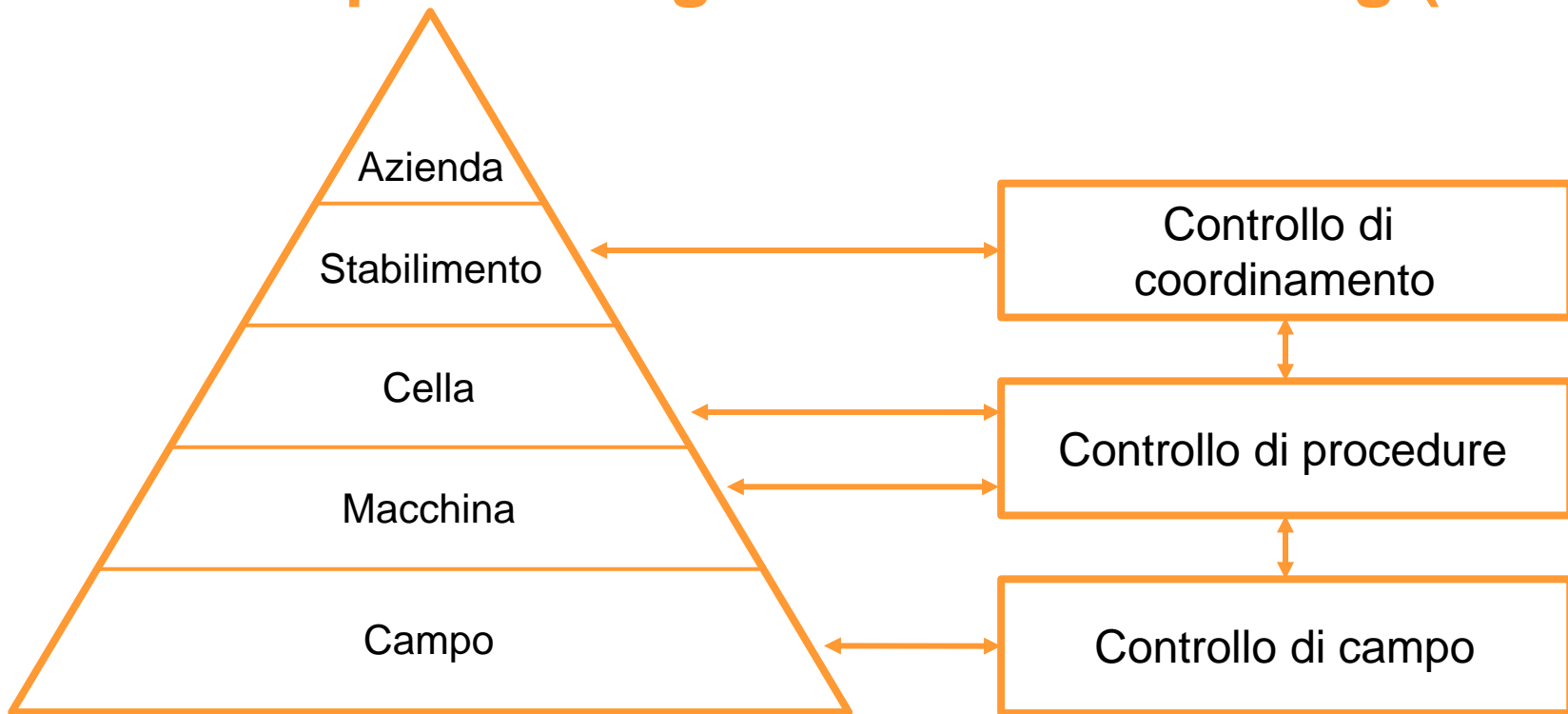
## Computer Integrated Manufacturing

- Modello di riferimento  
→ **Computer Integrated Manufacturing (CIM)**
- Il modello prevede il **rilevamento**, il **coordinamento** e la **trasmissione** di informazioni tra vari sottosistemi mediante l'utilizzo di **reti informatiche**

# Sistemi di controllo distribuito

## Computer Integrated Manufacturing

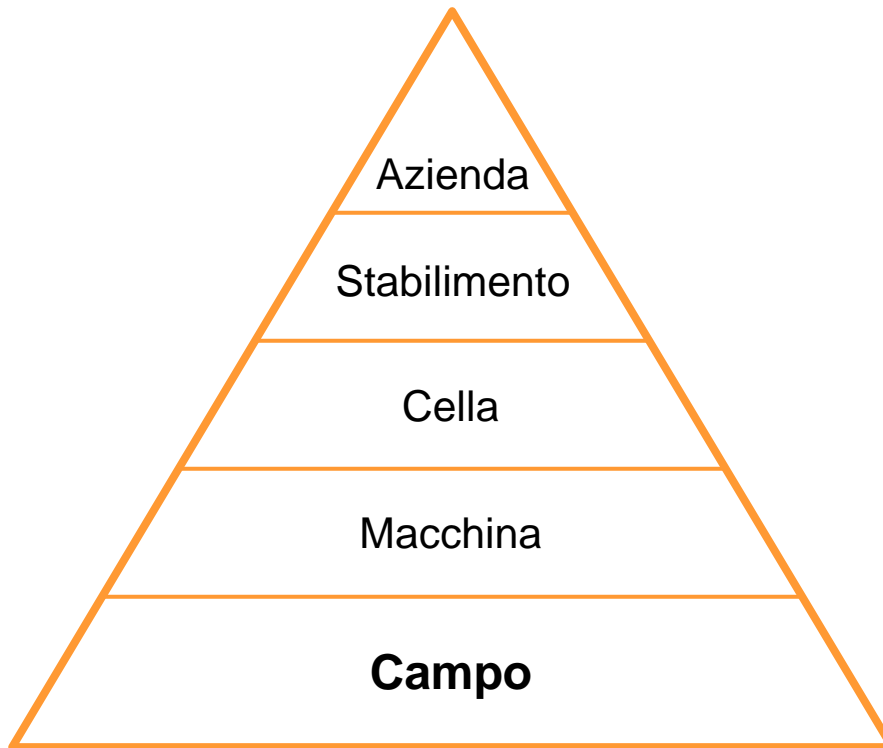
- Modello di riferimento
  - **Computer Integrated Manufacturing (CIM)**



Classificazione dei sistemi di controllo in un sistema CIM  
secondo lo standard ANSI/ISA-S88.01-1995

# Computer Integrated Manufacturing

Livello di campo



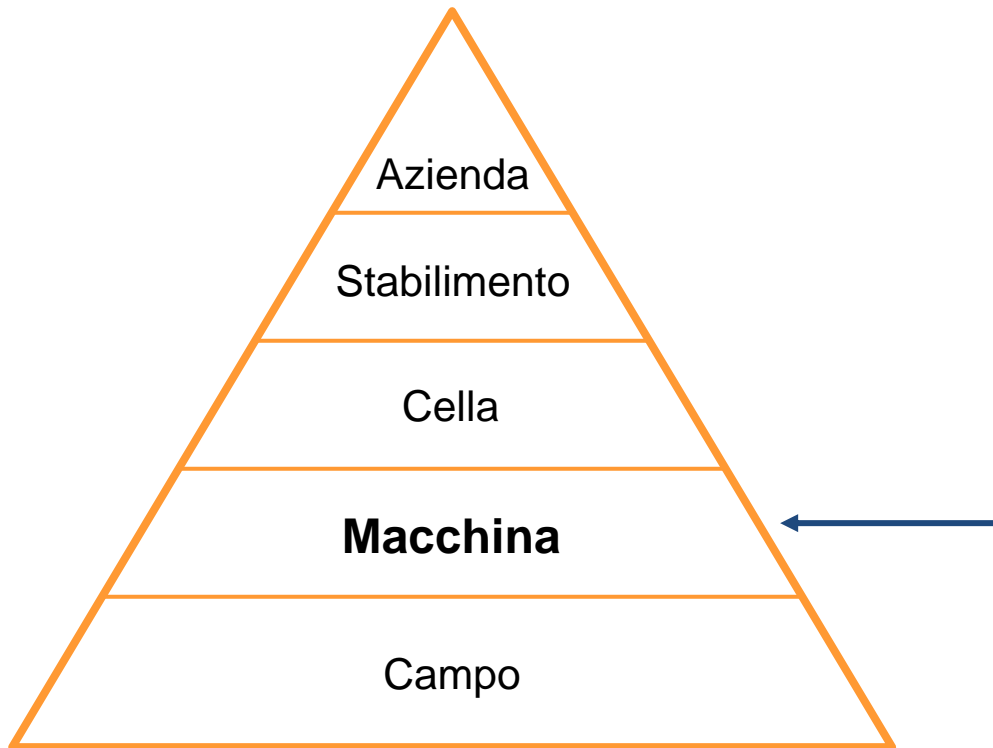
Il **livello di campo** comprende i vari componenti HW che realizzano le trasformazioni necessarie per la produzione e il loro controllo.

Realizza le **funzioni di misura e comando** sui processi produttivi.

A questo livello troviamo **sensori, attuatori e componenti** dell'impianto.

# Computer Integrated Manufacturing

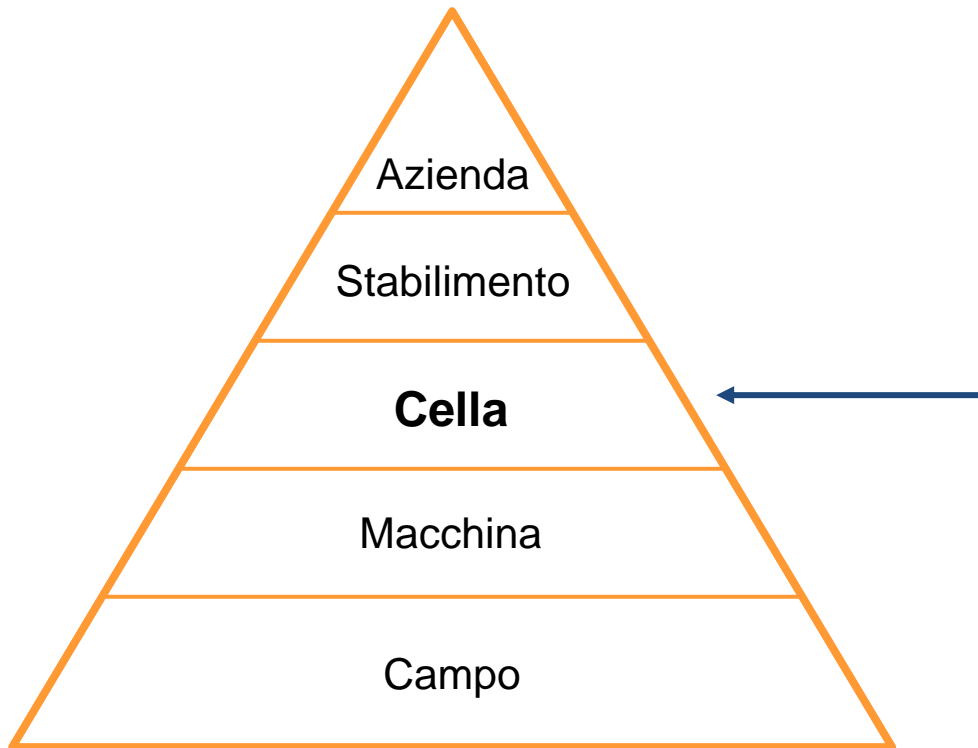
## Livello di macchina



Al **livello di macchina** vengono raggruppati i componenti sottostanti per **fornire una determinata funzionalità**, ad esempio una macchina utensile o un robot industriale. Se, ad esempio, a livello di campo si controlla posizione e velocità di un giunto, a livello di macchina si pianificano il movimento del robot nello spazio operativo e le operazioni che esso deve compiere.

# Computer Integrated Manufacturing

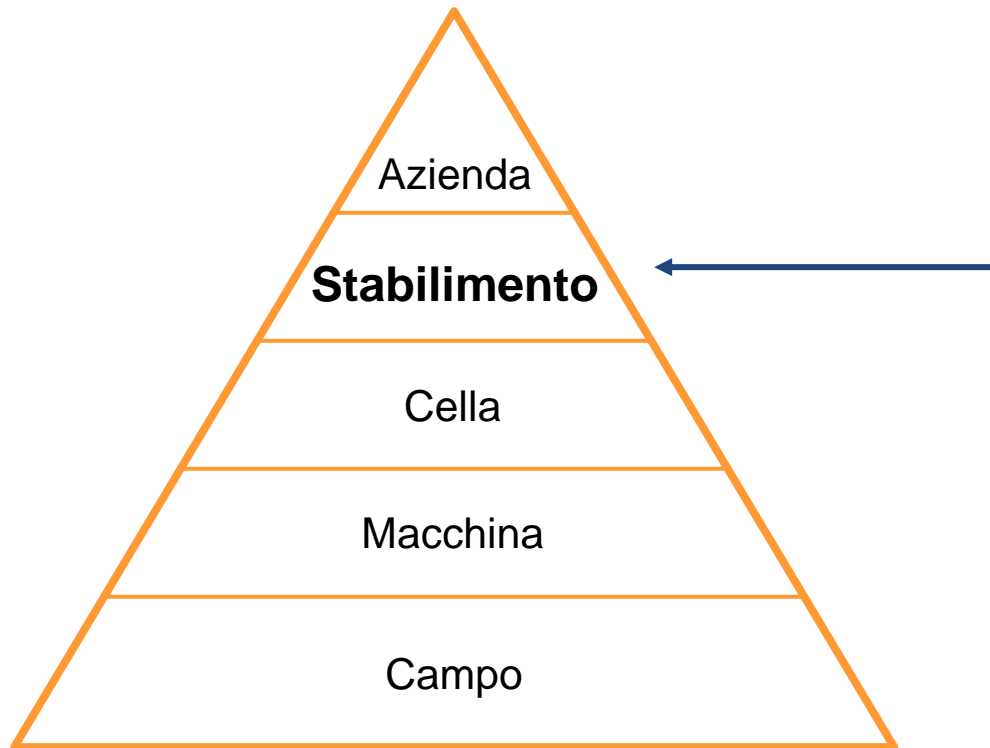
## Livello di Cella



Una **cella di produzione** è un insieme di **macchine interconnesse e controllate** in maniera coordinata in modo da portare a termine un ben definito processo produttivo. Al **livello di cella** il sistema di controllo si occupa di realizzare questa integrazione, regolando e supervisionando il funzionamento coordinato delle macchine facenti parte della cella.

# Computer Integrated Manufacturing

## Livello di Stabilimento

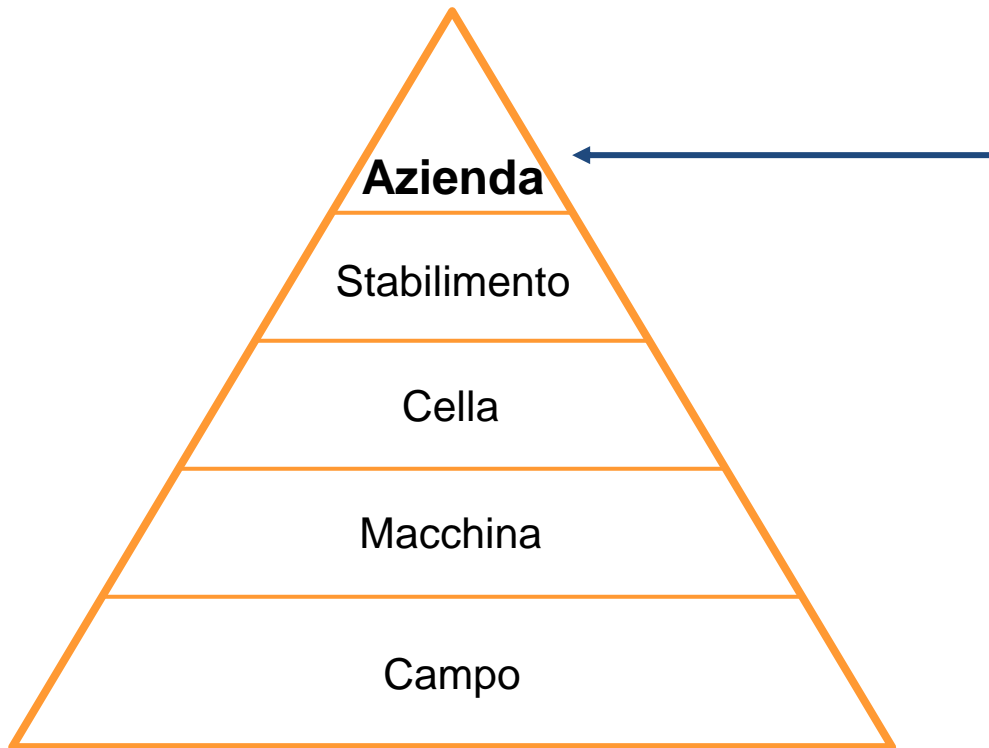


### Il **livello di stabilimento**

racchiude le celle o le linee produttive di un impianto industriale. Riceve le istruzioni dal livello gestionale e le attua sotto forma di piani operativi per la produzione. A questo livello si trovano i **Sistemi di Supervisione, Controllo e Acquisizione Dati (SCADA)**. Possono inoltre essere presenti sistemi tipo **MES** (Manufacturing Execution System) per la gestione della produzione, delle risorse e delle fasi di lavorazione. Da questo livello in su vengono a cadere i requisiti di esecuzione *real-time*.

# Computer Integrated Manufacturing

## Livello di Azienda

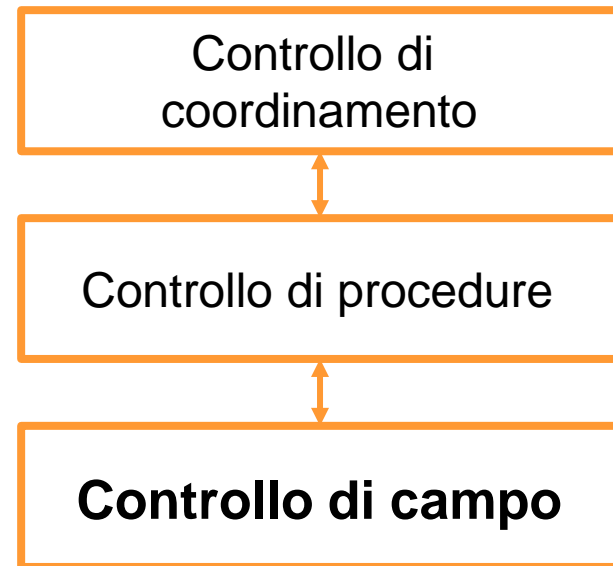


Il **livello di azienda** è il livello più alto della gerarchia, dove avvengono i processi gestionali di supporto per i livelli inferiori. Realizza sistemi di **supporto alla decisione** che consentono agli amministratori di pianificare i flussi fisici e finanziari necessari al mantenimento dei livelli di produzione e al loro miglioramento. Questo livello comprende anche i sistemi **ERP** (Enterprise Resource Planning) per la gestione di ordini, risorse, inventari, aspetti commerciali e finanziari, ecc.

# Computer Integrated Manufacturing

## Controllo di campo

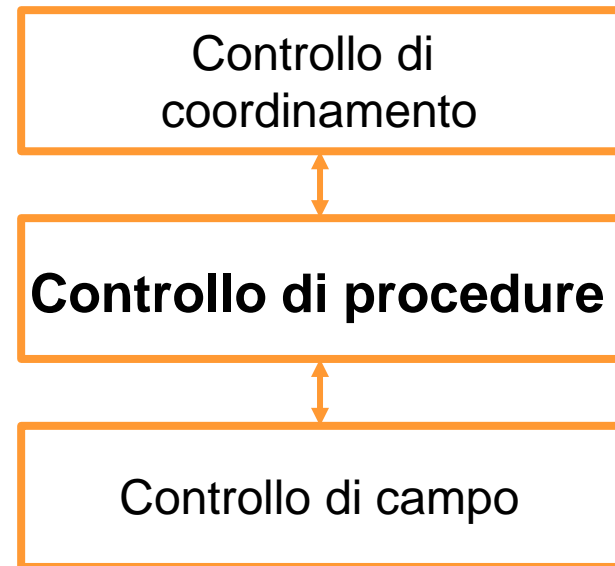
Il **controllo di campo** è il livello più basso di controllo. È esclusivamente di tipo modulante, ed è implementato su dispositivi quali controllori embedded o schede dedicate (ad esempio al controllo di motori elettrici).



# Computer Integrated Manufacturing

## Controllo di procedure

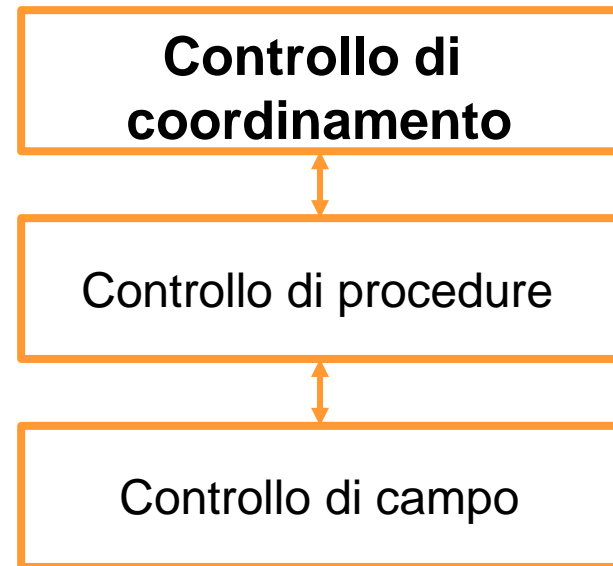
Il **controllo di procedure** si colloca ai livelli di macchina e di cella e può essere sia modulante che logico/sequenziale.



# Computer Integrated Manufacturing

## Controllo di coordinamento

Il **controllo di coordinamento** riguarda principalmente il coordinamento e la gestione delle varie celle. Sfrutta algoritmi complessi che possono essere basati su **intelligenza artificiale** o **sistemi esperti**.

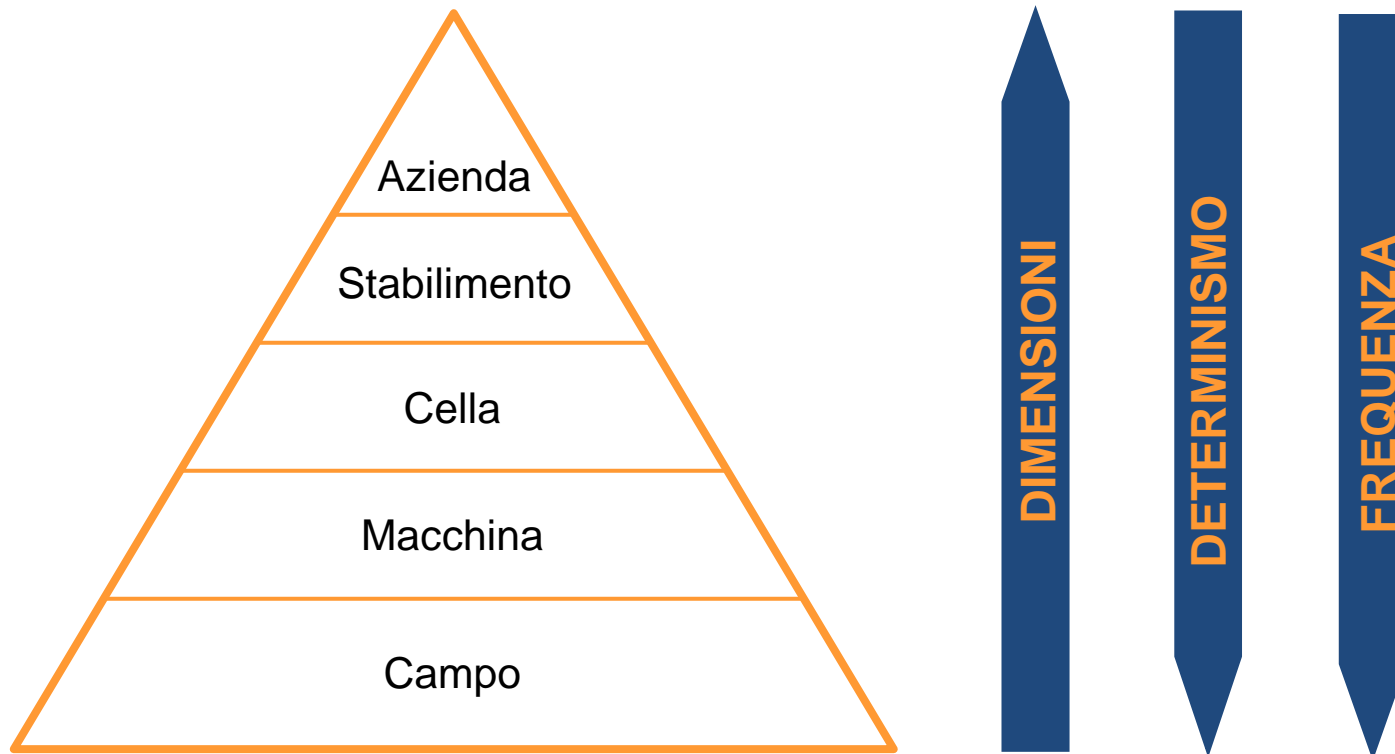


# Computer Integrated Manufacturing

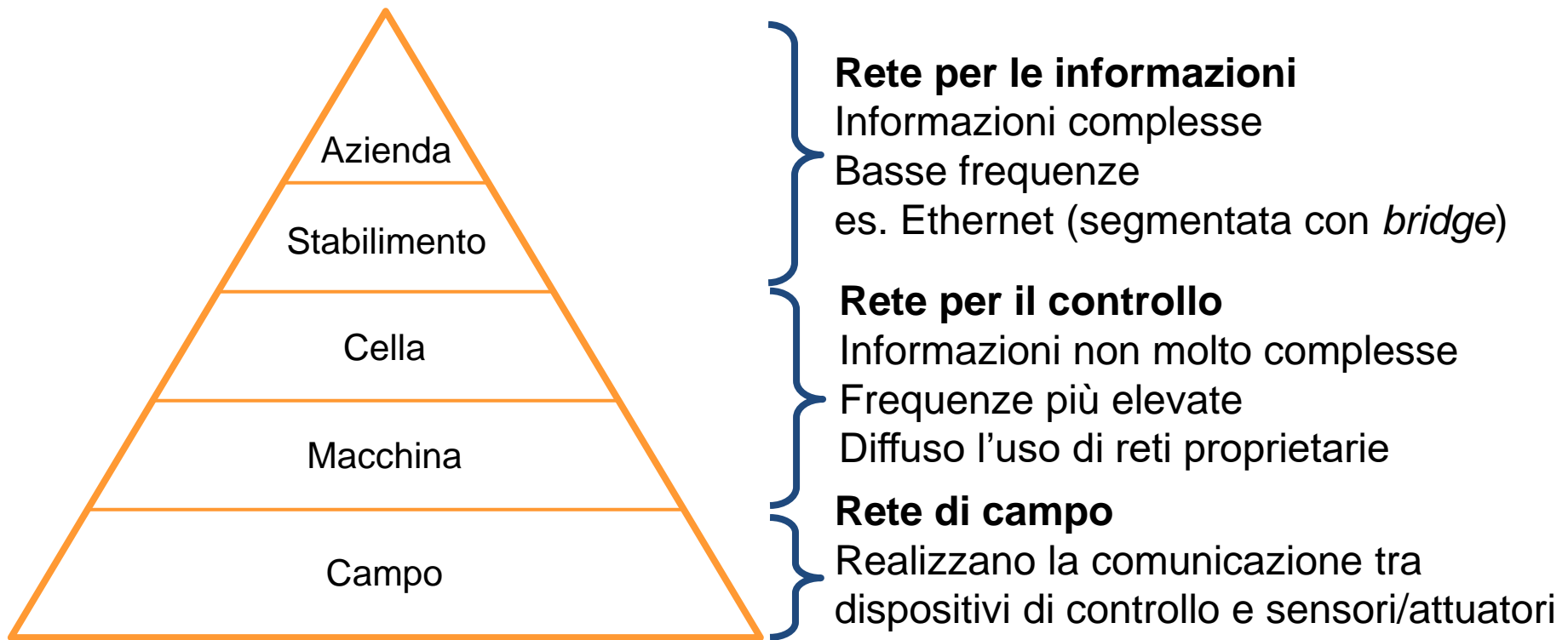
- Il modello CIM è di tipo **gerarchico**
  - Ogni livello fornisce **comandi** a quello inferiore e **informazioni** a quello superiore
- Dal basso verso l'alto sono necessarie via via **quantità di informazione** scambiate **minori**, con **frequenza di aggiornamento più bassa**, ma di **maggior qualità**
- **L'interazione con l'uomo** è minima ai bassi livelli e massima ai livelli più alti

# CIM e Reti per l'Automazione

- Come detto in precedenza, i diversi livelli della piramide CIM **necessiteranno di reti diverse**



# CIM e Reti per l'Automazione



# Reti per l'automazione

## Classificazione

Possiamo dividere le reti in due categorie

- Reti **broadcast**

Esiste un solo canale di comunicazione condiviso; nei messaggi è specificato l'indirizzo del destinatario

- Reti **punto-punto**

La comunicazione tra due macchine è garantita da uno o più rami dedicati, che possono attraversare nodi intermedi; se esistono più rami, va specificato il percorso che il pacchetto deve seguire

Possiamo inoltre distinguerle in base all'estensione

- **Personal Area Network**

(pochi metri)

e.g. connessione bluetooth tra due dispositivi personali

- **Local Area Network**

(pochi metri fino a qualche km)

e.g. per connettere le macchine di uno stesso edificio; tipicamente sono reti broadcast

# Reti per l'automazione

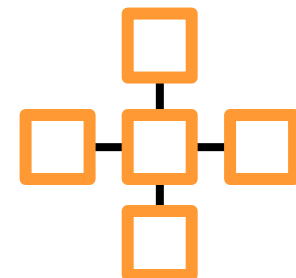
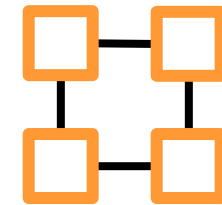
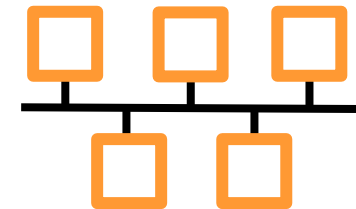
## Classificazione

Possiamo inoltre distinguerle in base all'estensione

- **Metropolitan Area Network**  
(qualche km)  
e.g. reti telefoniche, TV via cavo
- **Wide Area Network**  
(molti km)  
e.g. reti nazionali

# Topologia di rete

- **Bus** (anello aperto) [B]
  - È semplice aggiungere/rimuovere nodi
  - Esiste un unico instradamento possibile
- **Ring** (anello chiuso) [B]
  - I messaggi attraversano i nodi
  - I nodi devono essere in grado di identificare il destinatario del messaggio
- **Stella** [PP]
  - Tutti i messaggi devono passare per il nodo primario
- **Ibrida**

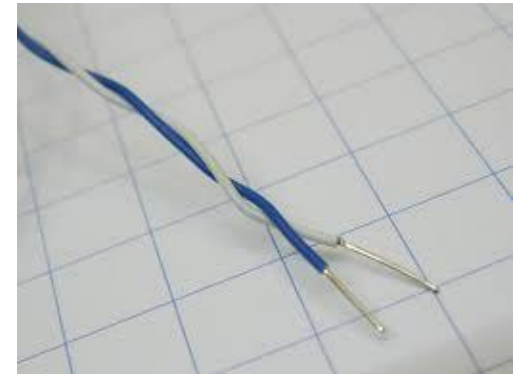


# Mezzi fisici per la trasmissione

- Le reti possono essere realizzate mediante differenti **mezzi fisici**
  - Mezzi **guidati**: cavi di rame, fibre ottiche, doppini telefonici...
  - Mezzi **non guidati**: onde radio, laser...
- Nell'automazione industriale si utilizzano quasi esclusivamente **mezzi guidati**

# Mezzi fisici per la trasmissione

## Doppino telefonico (Unshielded Twisted Pair)

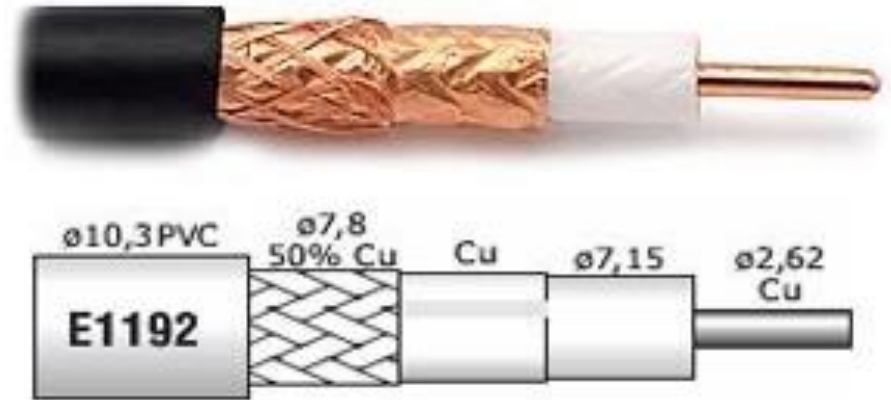


- coppia di cavi di rame ritorti (*binatura*) per equalizzare i disturbi elettromagnetici sui due conduttori
- Può essere singolo o realizzato con una treccia di più coppie
- Varianti: [10Base-T](#), [100Base-Tx](#)...

# Mezzi fisici per la trasmissione

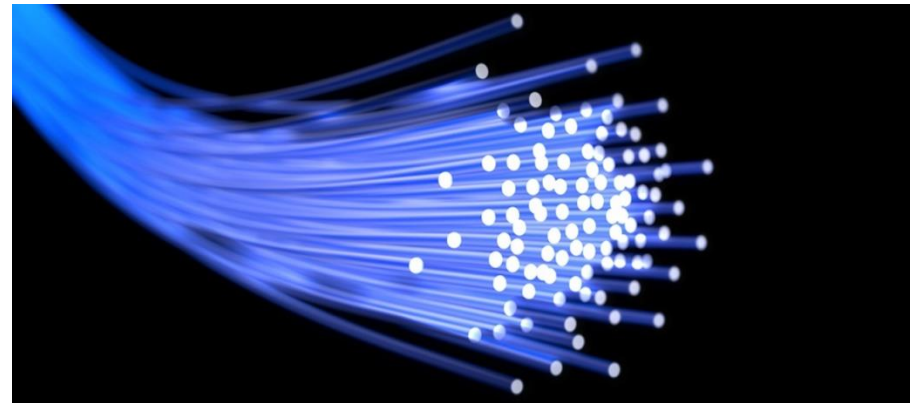
## Cavo coassiale

- La maglia di rame esterna fa da massa e garantisce la schermatura



## Fibra ottica

- Guida vetrosa o polimerica, garantisce un elevato *throughput* e perdite ridotte



# Reti per l'automazione

## Standard ISO-OSI

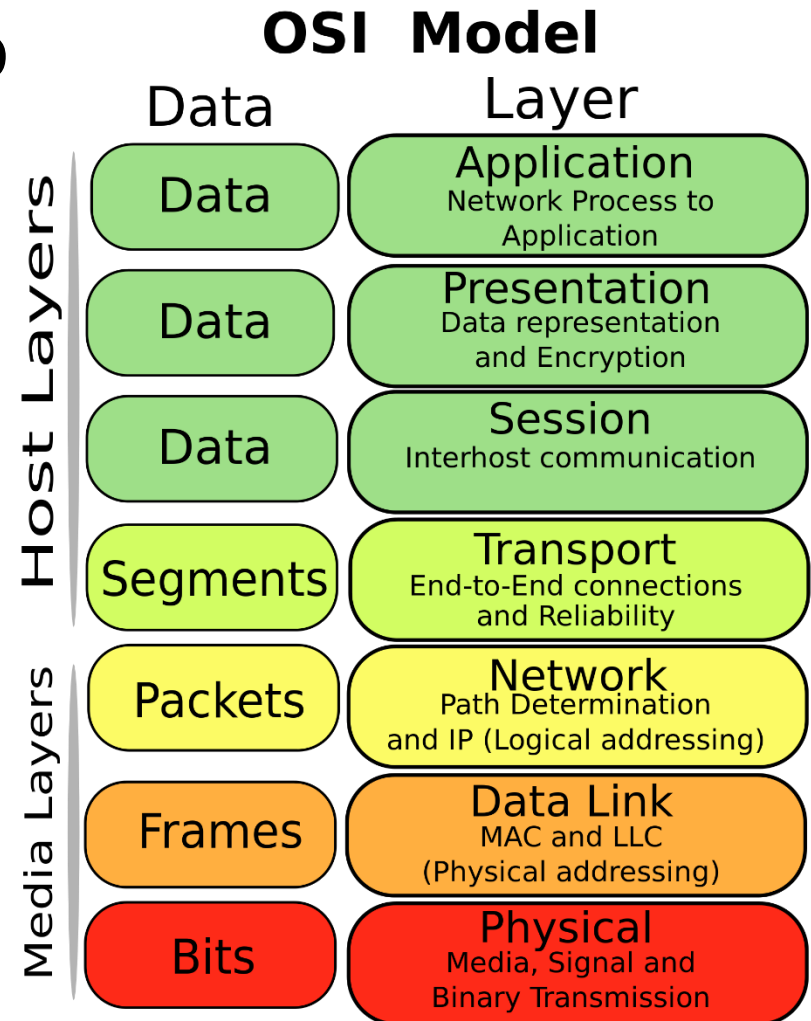
- La **International Standards Organization (ISO)** propone un modello di riferimento per le reti informatiche chiamato **Open System Interconnection (OSI)**

→ Standard **ISO-OSI**

# Reti per l'automazione

## Standard ISO-OSI

- Nell'[ISO-OSI](#), ogni nodo della rete prevede **7 livelli**:
  - applicazione
  - presentazione
  - sessione
  - trasporto
  - rete
  - collegamento dati
  - fisico



# Reti per l'automazione

## Standard ISO-OSI

- Ogni livello **offre** dei servizi a quello superiore e ne **richiede** altri allo strato inferiore
- Ogni strato è realizzato, in pratica, da uno o più **protocolli** (ivi inclusa la definizione del mezzo fisico di trasmissione)
- Lo standard definisce quali servizi ogni livello deve fornire o può richiedere, ma **non specifica come vadano implementati**

# Standard ISO-OSI

## Livello fisico (1)

- Il **livello fisico** ha il compito di trasmettere l'informazione su un **canale trasmissivo**
- A questo livello vengono fissate le **convenzioni fisiche** della trasmissione:
  - *Mezzo fisico di comunicazione*
  - *Livelli di tensione corrispondenti a 0 e 1 logici*
  - *Temporizzazioni*
  - *Codifica dei bit*
  - *Tecniche di modulazione del segnale*
  - ...
- Esempi: doppino telefonico, fibra ottica, cavo coassiale...

# Standard ISO-OSI

## Livello di collegamento dati (2)

- Il **livello di collegamento dati** realizza un **collegamento affidabile** tra i nodi della rete
- Il compito di tale livello è **preparare il dato** alla trasmissione:
  - Il dato è diviso in *frame*
  - Vengono inserite stringhe di controllo, ad esempio l'indirizzo del destinatario o bit aggiuntivi che consentano di **capire se la trasmissione è andata a buon fine** o il frame è stato corrotto
- A questo livello viene inoltre gestita l'eventuale **congestione del canale di comunicazione** (e.g. protocolli CSMA/CD, CSMA/CR)

# Standard ISO-OSI

## Livello di collegamento dati (2)

- Il livello 2 dello standard ISO-OSI è a sua volta suddiviso in
  - **Logical Link Control (LLC)**  
fornisce servizi di controllo di flusso, conferma, rilevazione (o correzione) degli errori
  - **Media Access Control (MAC)**  
gestisce l'allocazione del mezzo di comunicazione agli host

L'accesso alla rete può avvenire

- **Staticamente:** l'accesso alla rete da parte degli host è definito *a priori*
- **Dinamicamente:** il canale viene assegnato a un host quando questo deve trasmettere

## Accesso statico

- L'accesso alla rete da parte degli host è definito *a priori*, tramite una **politica di suddivisione** (nel tempo o in frequenza)
- Questo metodo garantisce un **buon determinismo** della tempistica di trasmissione, ma è **poco efficiente** se i messaggi non sono regolari

## Accesso dinamico

- il canale viene assegnato all'host quando questo deve effettivamente trasmettere
- Vanno gestite eventuali **collisioni** tra gli host

## Accesso dinamico

- **Accesso a rilevamento di collisione**  
e.g. CSMA: Carrier Sense Multiple Access
  1. prima della trasmissione, l'host verifica che il canale sia libero; se non lo è, attende un tempo casuale e poi riprova
  2. durante la trasmissione, l'host continua a testare lo stato del canale

## Accesso dinamico

- **Accesso ad assenza di collisione**  
e.g. Token Bus, Token Ring  
il possesso del mezzo trasmissivo dipende dal possesso di un *token*, ovvero un pacchetto di byte che i nodi posseggono a turno e che viene trasmesso di host in host

# Standard ISO-OSI

## Livello di collegamento dati (2)

- Una **Local Area Network (LAN)** è caratterizzata dai primi due livelli del modello ISO-OSI  
→ LAN diverse potrebbero avere protocolli diversi!
- Esempi di protocolli data-link:  
Ethernet, Token Ring, Wireless LAN (WiFi), Point-to-Point Protocol (PPP)

# Standard ISO-OSI

## Livello di rete (3)

- Il **livello di rete** determina il percorso che ogni **pacchetto** deve seguire per arrivare dal nodo sorgente al nodo destinazione (**instradamento e interconnessione dei nodi**)
- Questo livello interconnette tra loro anche **nodi non fisicamente visibili** e/o con **protocolli di livello 1 e 2 differenti**
- Esempi: IP, IPX...

# Standard ISO-OSI

## Livello di trasporto (4)

- Il **livello di trasporto** si occupa di ricevere dati dal livello di sessione e dividerli in pacchetti
- Assicura il trasferimento dei messaggi in maniera affidabile, senza errori/duplicazioni

# Standard ISO-OSI

## Livello di trasporto (4)

- Il **livello di trasporto** si occupa in particolare dell'impacchettamento/spacchettamento, suddividendo i blocchi di informazioni in **pacchetti** di livello 3 in trasmissione e riassemblemandoli in ricezione
- Realizza anche l'interfaccia tra la rete e il software applicativo dei livelli superiori (*area utente*)
- Esempi: TCP, UDP...

# Standard ISO-OSI

## Livelli di sessione e presentazione (5 e 6)

- Il **livello di sessione** gestisce le connessioni tra *host*, gestendo l'apertura e la chiusura del canale di comunicazione
- Il **livello di presentazione** realizza la codifica delle informazioni in termini di **sintassi** e **semantica**
- Le funzioni di questi livelli sono spesso sopperite da software intermedi tra le applicazioni e il sistema operativo detti *middleware*

# Standard ISO-OSI

## Livello di applicazione (7)

- Il **livello di applicazione** fornisce interfacce e servizi all'utilizzatore finale
- Esempi: HTTP, FTP, SMTP, POP, SSH...

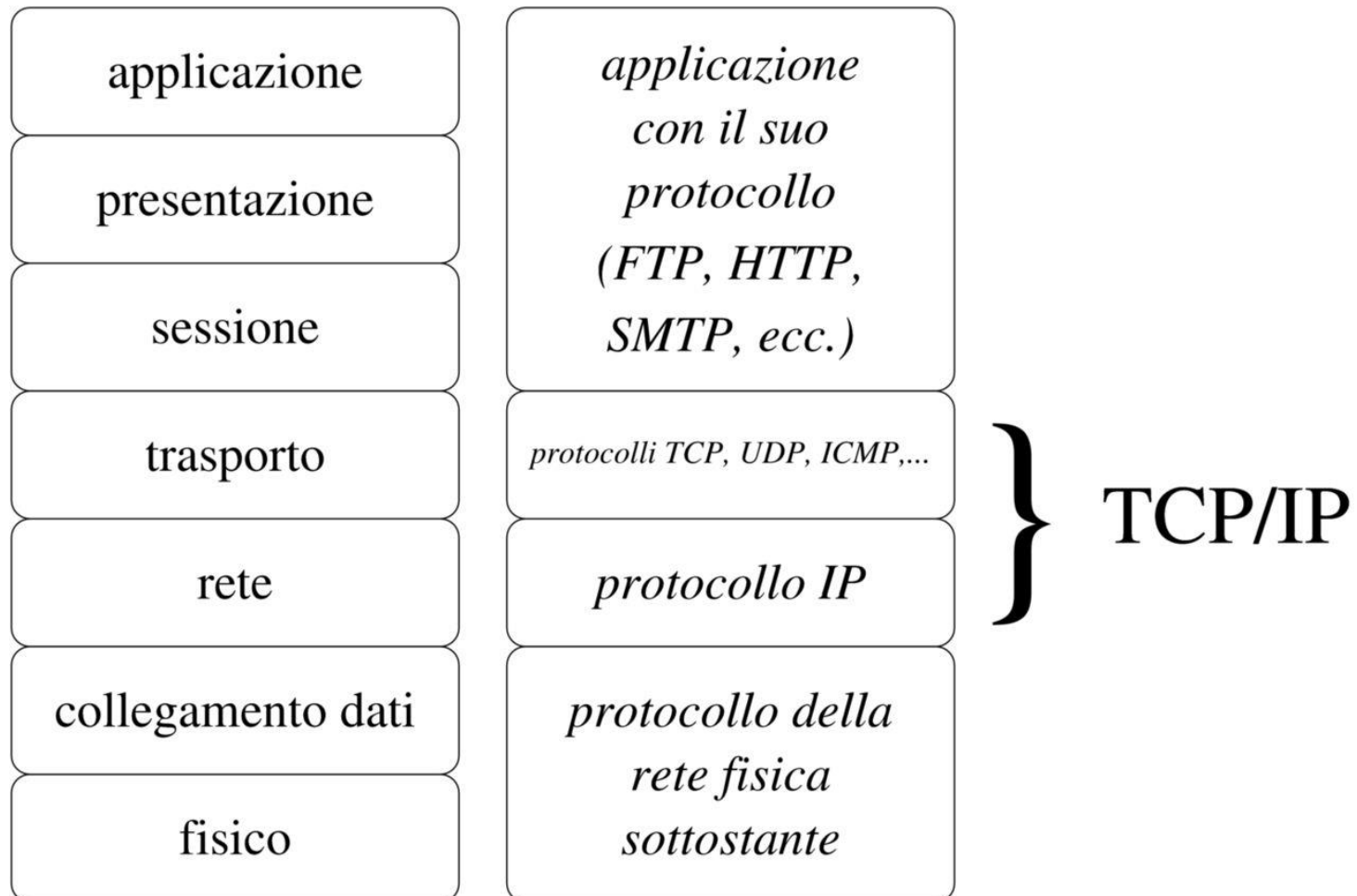
# Standard ISO-OSI

## ISO-OSI vs TCP/IP

- ISO-OSI non è un modello rigido, ma piuttosto un **riferimento**
- Al fine di una rete globale, i protocolli di livello 3 e 4 devono essere unici
- OSI definisce i suoi protocolli per questi livelli, ma questi sono in concorrenza con i più diffusi **TCP/IP**

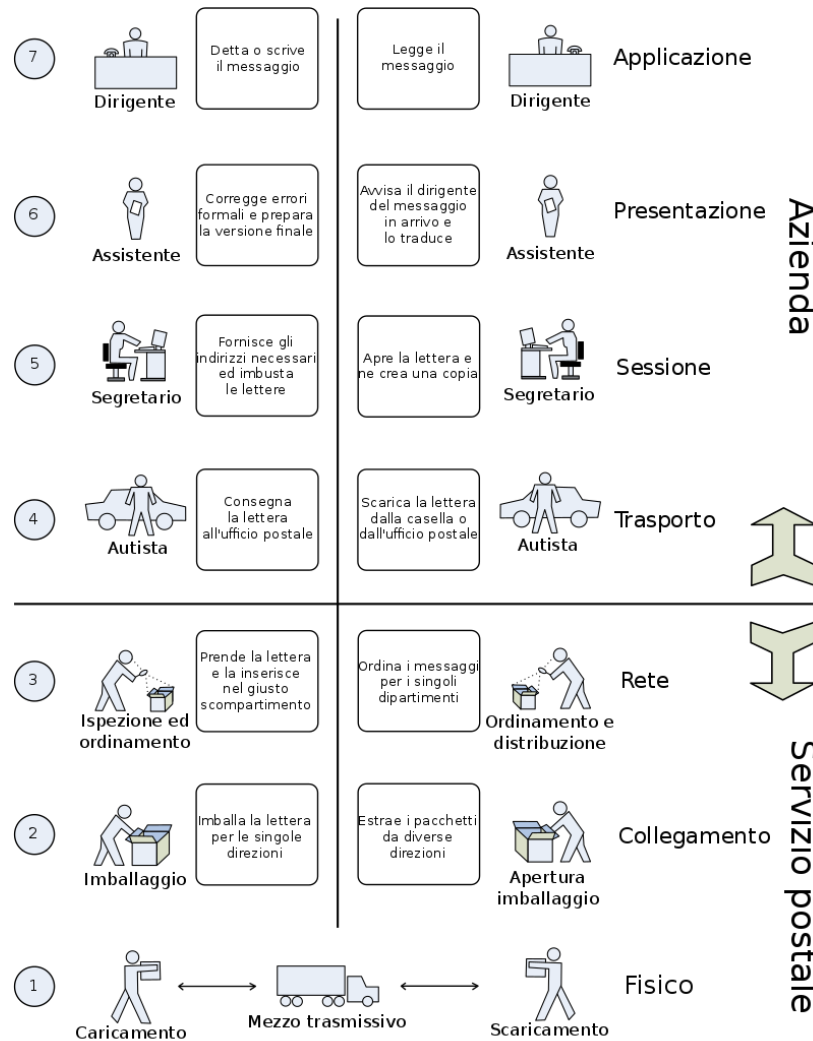
# Standard ISO-OSI

ISO-OSI vs TCP/IP



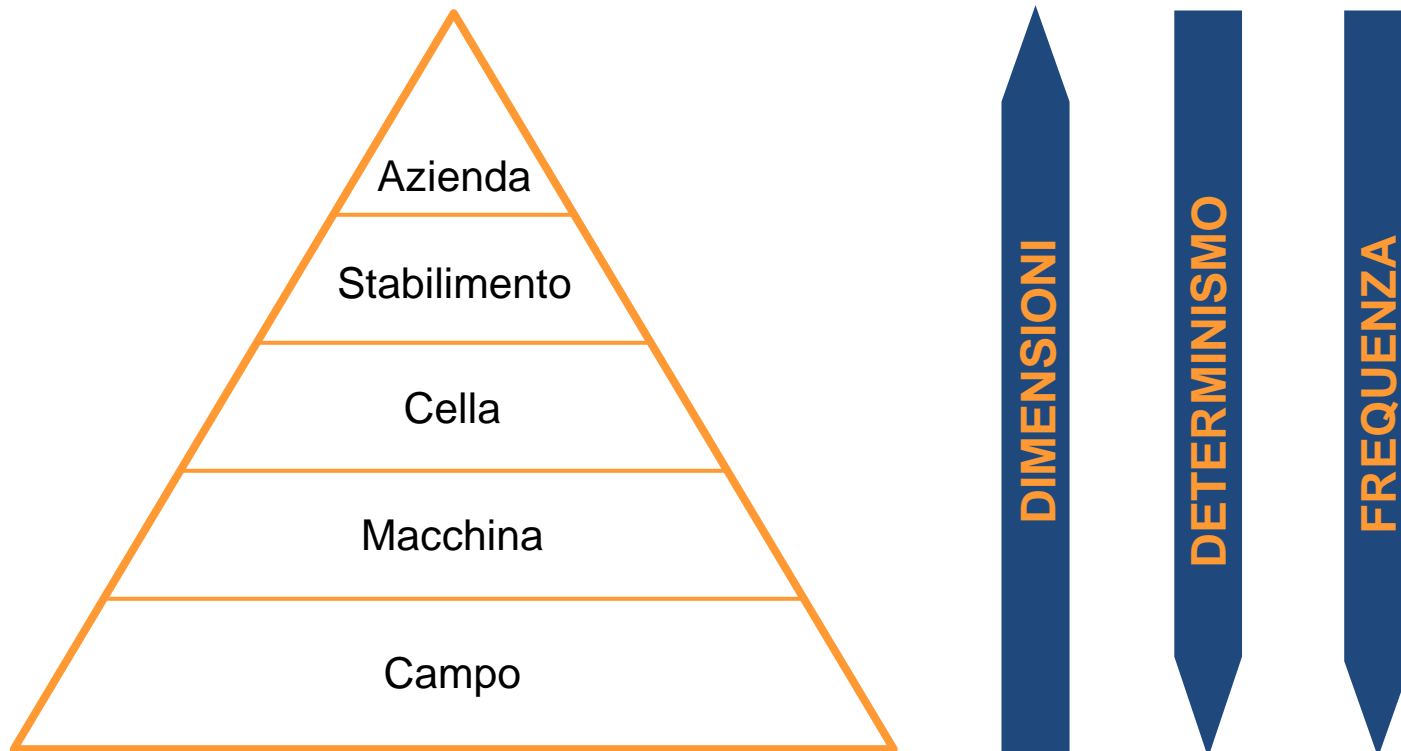
# Standard ISO-OSI

## Riepilogo

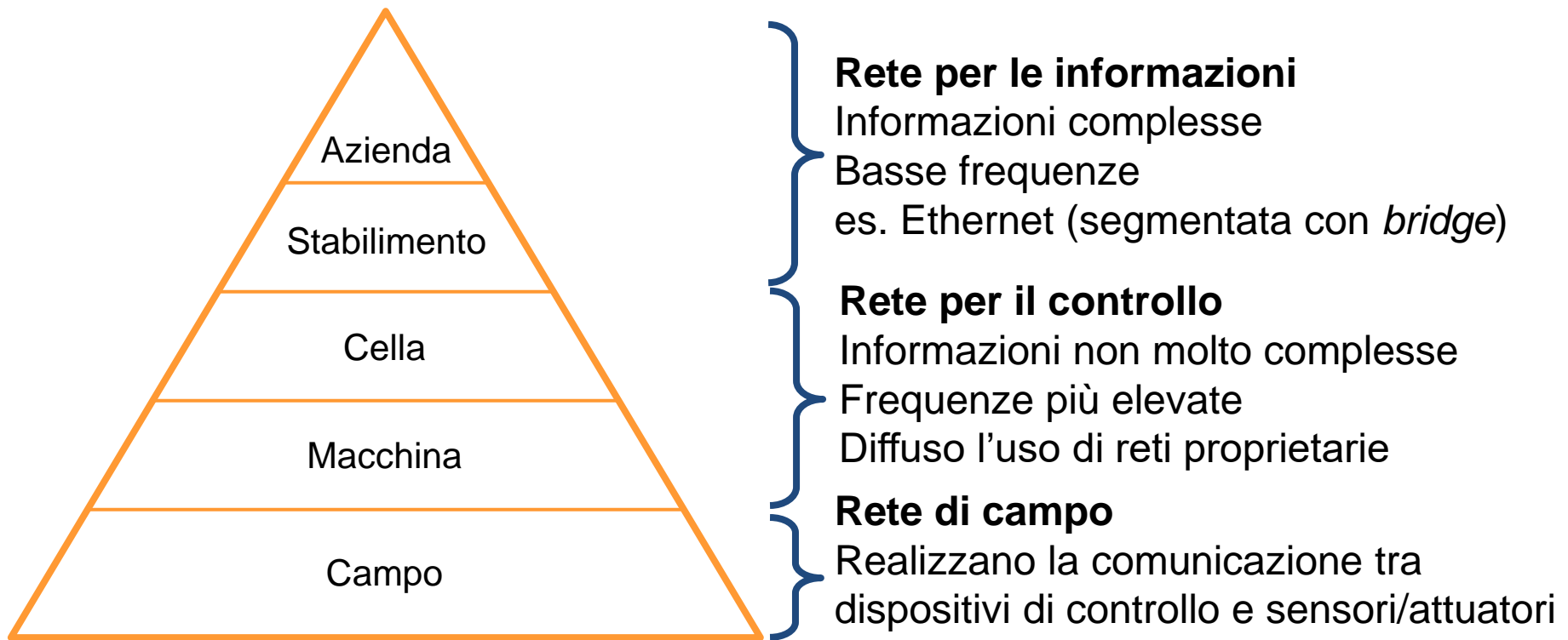


# CIM e Reti per l'Automazione

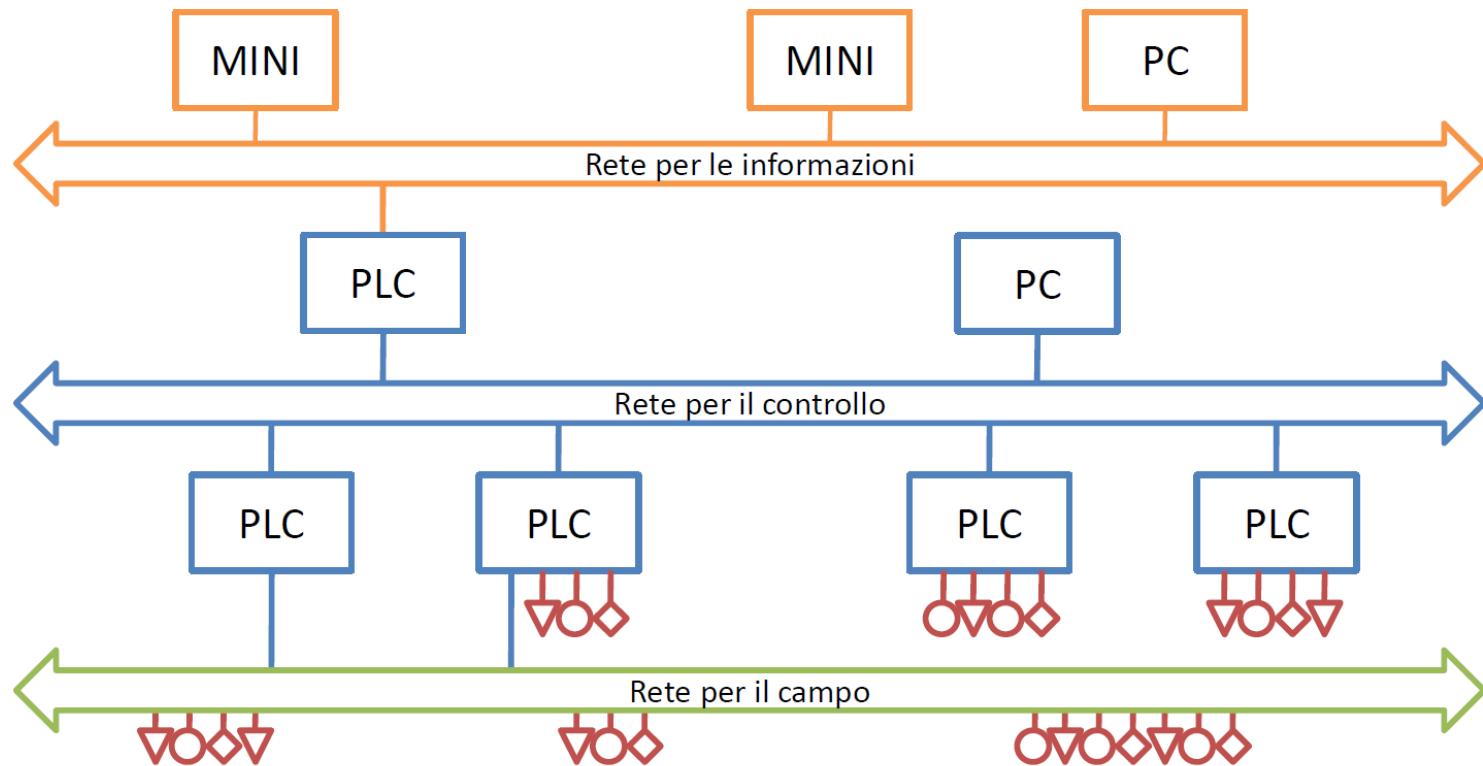
- Come detto in precedenza, i diversi livelli della piramide CIM **necessiteranno di reti diverse**



# CIM e Reti per l'Automazione



# CIM e Reti per l'Automazione



# CIM e Reti per l'Automazione

- **Rete per le informazioni**
  - Garantisce il trattamento di **informazioni complesse**
  - Gestisce la comunicazione tra i dispositivi di controllo e quelli dedicati alla **gestione dello stabilimento** o dell'azienda nel suo complesso
  - La trasmissione **non ha requisiti real-time**

# CIM e Reti per l'Automazione

- **Rete per il controllo**
  - Garantisce la **comunicazione tra dispositivi di controllo** e supervisione
  - Le informazioni sono **meno complesse**, ma hanno **frequenza più elevata** e devono essere trasmesse entro **tempi certi**

# CIM e Reti per l'Automazione

- **Rete per il campo** (*fieldbus*)
  - Collegano i dispositivi di controllo con gli **attuatori** e i **sensori** sul piano officina
  - Tali dispositivi diventano a tutti gli effetti **nodi** della rete (purché abbiano capacità di elaborazione)
  - I messaggi sono di **dimensioni ridotte**, hanno **frequenze elevate** e vanno trasmessi in **intervalli di tempo determinati**

# CIM e Reti per l'Automazione

- **Rete per il campo** (*fieldbus*)
  - Può essere necessario prevedere la possibilità di comunicazioni *broadcast* (e.g. «ferma tutti i motori»)
  - Tipicamente, sono definiti solo i livelli 1, 2 e 7 del modello ISO-OSI
  - Esempi: CAN, PROFIBUS



# Reti per l'automazione

## Profibus

La versione più diffusa è la **Profibus DP** (Decentralized Peripheral), che consente di decentralizzare i moduli I/O nella zona di produzione (riducendo i cavi necessari per la comunicazione)

**Implementa solo i livelli 1, 2 e 7 del modello ISO-OSI**

- Livello 1
  - **RS485** (doppino intrecciato)
  - fibra ottica
  - MBP (Manchester Bus Powered, soprattutto in *Profibus PA*)



# Reti per l'automazione

## Profibus

- Livello 2
    - **FDL**: Field bus Data Link
- Metodo di accesso alla rete ibrido  
**token passing / master-slave**

# Reti per l'automazione

## Profibus

- Tipi di nodi
  - **DP-M1**
    - **controllore centrale** che scambia informazioni con i DP-Slave
    - può comunicare con i DP-M2
    - PLC, PC, sistemi VME...
  - **DP-M2**
    - usati nelle fasi di **configurazione/monitoraggio**
    - dispositivi di programmazione, configurazione, pannelli di controllo
  - **DP-Slave**
    - stazioni **periferiche** che ricevono dati di input e/o spediscono in output informazioni al controller
    - indirizzabili da entrambi i tipi di master
    - dispositivi di I/O, trasmettitore, HMI, valvole...

# Reti per l'automazione

## Profibus

- Livello 7
  - **DPV0**: centralizzato, il master interroga ciclicamente i vari slave
  - **DPV1**: aggiunge un metodo di accesso a token tra più master (comunicazione aciclica, e.g. per calibrazione o diagnostica - in genere non RT - o per gestione allarmi)
  - **DPV2**: aggiunge un metodo di comunicazione slave-slave (in *broadcast* secondo una logica *publisher-subscriber*)

# Reti per l'automazione

Modbus

- Modbus è un protocollo di comunicazione seriale proposto da Modicon nel 1979 per mettere in comunicazione i suoi PLC
- È uno dei protocolli più diffusi in ambito industriale



# Reti per l'automazione

## Modbus

- È un protocollo *open e royalty-free*  
→ indicato per far interagire dispositivi di produttori diversi
- L'aggiornamento del protocollo è gestito dalla [Modbus organization](https://www.modbus.org/), un'associazione di utilizzatori e fornitori di dispositivi *modbus-compliant*

# Reti per l'automazione

## Modbus

- Il protocollo Modbus può essere utilizzato su **mezzi fisici diversi**
  - porta seriale (RS485 o RS232)
  - Ethernet
- È un protocollo **Master-Slave, multi-drop** (nella versione Ethernet, in genere un unico nodo agisce da master)
- Prevede numerose varianti, che differiscono per la **rappresentazione dei dati**
  - Modbus RTU (dati in esadecimale)
  - Modbus ASCII
  - Modbus TCP (usa *frame* TCP)
  - Modbus Plus (proprietario di Schneider electric, supporta la comunicazione peer to peer tra master multipli)

# Reti per l'automazione

## Modbus

- Un nodo master può interrogare un unico slave o mandare messaggi *broadcast*
- Gli slave possono rispondere alle *query* che li riguardano individualmente, ma non rispondono ai messaggi broadcast e non mandano messaggi per primi

# Reti per l'automazione

## Modbus

- Una *query* inviata dal master consiste di
  - l'indirizzo dello slave (o un *broadcast address*)
  - un *function code* che contiene il comando
  - un campo dati (nel caso di comandi di scrittura)
  - un campo per la verifica di eventuali errori (e.g. CRC)
- Lo slave risponde con
  - un campo che conferma la ricezione della richiesta
  - i dati di risposta
  - un campo per la verifica errori
  - o eventualmente con un messaggio di errore

# Reti per l'automazione

## Modbus

Name	Length (bits)	Function
Start	28	At least 3½ character times of silence (mark condition)
Address	8	Station address
Function	8	Indicates the function code; e.g., read coils/holding registers
Data	$n \times 8$	Data + length will be filled depending on the message type
CRC	16	Cyclic redundancy check
End	28	At least 3½ character times of silence between frames

Modbus RTU

# Reti per l'automazione

## Modbus

Name	Length (bytes)	Function
Start	1	Starts with colon <code>:</code> (ASCII hex value is <code>3A</code> )
Address	2	Station address
Function	2	Indicates the function codes like read coils / inputs
Data	$n \times 2$	Data + length will be filled depending on the message type
LRC	2	Checksum (Longitudinal redundancy check)
End	2	Carriage return – line feed (CR/LF) pair (ASCII values of <code>0D</code> , <code>0A</code> )

### Modbus ASCII

# Reti per l'automazione

## Modbus

Name	Length (bytes)	Function
Transaction identifier	2	For synchronization between messages of server and client
Protocol identifier	2	0 for Modbus/TCP
Length field	2	Number of remaining bytes in this frame
Unit identifier	1	Slave address (255 if not used)
Function code	1	Function codes as in other variants
Data bytes	$n$	Data as response or commands

## Modbus TCP

- Le variabili indirizzabili in modbus sono
  - Discrete Inputs (bit, R)
  - Coil (bit, RW)
  - Input Register (16 bit, R), e.g. misure
  - Holding Register (16 bit, RW), e.g. valori di configurazione

# Reti per l'automazione

## Modbus

- Modbus address mapping (OpenPLC)

Register Type	Usage	PLC Address	Modbus Address	Register Size	Value Range	Access
Coil Registers	Digital Outputs	%QX0.0 - %QX99.7	0 - 799	1 bit	0 or 1 OFF or ON	read and write
Discrete Input Registers	Digital Inputs	%IX0.0 - %IX99.7	0 - 799	1 bit	0 or 1 OFF or ON	read only
Input Registers	Analog Inputs	%IW0 - %IW99	0 - 1023	16 bits	0 to 65,535	read only
Holding Registers	Analog Outputs	%QW0 - %QW99	0 - 1023	16 bits	0 to 65,535	read and write

# Reti per l'automazione

## Modbus

- Modbus address mapping (OpenPLC)  
(16, 32, 64 bit variables – separate address space)

Register Type	Usage	Address Range	Modbus Address	Register Size	Value Range	Access
Holding Registers	General 16-bit Register	%MW0 - %MW1023	1024 - 2047	16 bits	0 to 65,535	read and write
Holding Registers	General 32-bit Register	%MD0 - %MD1023	2048 - 4095	32 bits	0 to 4,294,967,295	read and write
Holding Registers	General 64-bit Register	%ML0 - %ML1023	4096 - 8191	64 bits	0 to a very big number	read and write

# Riferimenti e Risorse

- [1] Cap. 3
- [3] Cap. 11
- [Reti Real-Time](#), slide di Nicolò Toscani (Università di Parma)
- [Azionamenti elettrici e automazione industriale](#), slide di Ezio Bassi e Francesco Benzi (Università di Pavia) e Giuseppe Buja (Università di Padova)
- [PROFIBUS](#) sito ufficiale
- [Note](#) di F. Venturini
- [Industrial networks](#) @RealPars 
- [Automation pyramid](#) @RealPars 
- [ERP, MES, PLM](#) @dmsolutions
- Altro su [MES](#) @Qualitas informatica
- [What is ERP](#) @Oracle



# Fine Lezione #4

**Sistemi di controllo distribuito**

