

PLC E SCADA: RICHIAMI A CORSI PRECEDENTI

- ❑ **Appunti e selezione dei lucidi di Sistemi per l'Industria e PLC**
 - Chi ha già sostenuto o frequentato Sistemi per l'Industria o PLC o Sistemi distribuiti e PLC troverà alcune duplicazioni rispetto al corso frequentato
 - Le informazioni nel presente documento che fanno riferimento al corso della triennale possono incidentalmente essere presenti nei temi d'esame
 - Per approfondimenti si faccia riferimento al materiale di Sistemi per l'Industria e PLC (<http://alessandra-flammini.unibs.it/> -> SDPLC e SIPLC -> Sistemi per l'Industria e PLC)

- ❑ **Fondamenti di programmazione**
 - Si faccia riferimento al materiale del corso frequentato

- ❑ **Fondamenti di elettronica**
 - Si faccia riferimento al materiale del corso frequentato

Nota: Le slide con asterisco sono da considerarsi approfondimenti (non saranno presenti negli esami)

AMBIENTE INDUSTRIALE

❑ Automazione di fabbrica

- La fabbrica produce semilavorati o prodotti finiti
- Materiali grezzi (o riuso) -> semilavorato -> prodotto finito
- La fabbrica può comprendere più lavorazioni (aree) suddivise su più macchine (celle). Esempio: produzione di lamiera da billette: area preriscaldamento e sbozzatori, area laminazione (composta da più celle di laminazione), area taglio, area finitura, piegatura e confezionamento. Punti chiave: costi e tempi di produzione
- L'automazione di fabbrica è composta da controlli discreti, tip. in anello aperto (sequenze temporizzate)
- Esempi di impianti ad automazione di fabbrica: automotive, plastica, tessile, acciaio

❑ Controllo di processo

- L'impianto distribuisce/trasforma risorse
- L'impianto può essere molto esteso (molto più della fabbrica) e non continuamente sorvegliato da operatori. Punti chiave: sicurezza e diagnostica, continuità di servizio
- L'automazione di processo è composta da controlli continui, tip. in anello chiuso
- Esempi di impianti ad automazione di processo: Oil&Gas, centrali elettriche, rete idrica, fogne, (carta, cemento, food&beverage, acciaierie –forni fusori-, pharma)

LA CATENA GERARCHICA

□ **Modello di riferimento Purdue (ISA95)**

- **Livello 4 (MANAGEMENT/AREA) Business Logistic Systems**
 - **Sistemi ERP di gestione degli ordini e della produzione (big data, giorno)**
- **Livello 3 (AREA) Manufacturing Operating Systems**
 - **Sistemi MES ERP di gestione operativa del flusso di produzione e dei macchinari (big data, minuto/secondo)**
- **Livello 2 (CELLA) Control Systems**
 - **Sistemi PLC (automazione di fabbrica), DCS (controllo di processo), SCADA per supervisione, monitoraggio, controllo statistico, interfaccia operatore (ms)**
- **Livello 1 (CELLA/CAMPO) Intelligent Devices**
 - **Sensori, attuatori, periferia (0,1ms)**
- **Livello 0 (CAMPO) Physical Process**
 - **Macchinari (motori, trasformatori, generatori, sistemi idraulici, veicoli,...)(10ms)**

PRODUZIONE: LIVELLO 4

- ❑ **Livello 4 (MANAGEMENT/AREA) Business Logistic Systems**
 - **Enterprise Resource Planning (ERP).** Un prodotto SW ERP spesso include tutto
 - Dai sistemi finanziari (business administration) fino alla pianificazione di ordini e impiego di macchinari. Grandi produttori (SAP, Oracle, Micorsoft,...) e soluzioni Open Source “locali” (Italia: Gazie, Gestionale Open,...)
 - **Customer Relationship Management (CRM)**
 - Pacchetto clienti, relazioni con i clienti
 - **Human Resource Management (HRM)**
 - Gestione del personale, uno dei principali costi indiretti
 - **Product Lifecycle Management (PLM)**
 - Dall’idea (conceive), al progetto (design), ai processi di lavorazione (realize) e alla manutenzione e smaltimento (service)
 - **Process Development Execution System (PDES)**
 - Simile a PLM ma per settori produttivi che impiegano tecnologie speciali (microelettronica, nano sensori, dispositivi biomedicali,...)
 - **Supply Chain Management (SCM)**
 - Gestione di flussi di materiale
 - **Supplier Relationship Management or Procurements (SRM)**
 - Gestione fornitori, riduzione rischi e costi

PRODUZIONE: LIVELLO 3

- **Livello 3 (AREA/CELLA) Manufacturing Operating Systems (MOMs)**
 - **Manufacturing Execution System (MES)**
 - Pianificazione, tracciabilità, gestione (qualità) e documentazione del processo produttivo di trasformazione da materiale grezzo o semilavorato a semilavorato o prodotto finito
 - KPI –Key Performance Indicator-
 - Fondamentale nei processi dove è richiesta certificazione (farmaceutici, food&beverage)
 - **Laboratory Information Management System (LIMS)**
 - Tracciabilità del prodotto e dei test subiti. Struttura informatica di data analysis e data mining basata su diversi modelli (client-server, web-based)
 - **Warehouse Management System (WMS)**
 - Gestione dei magazzini e delle movimentazioni, logistica
 - **Computerized maintenance management system (CMMS)**
 - Gestione della manutenzione

NOTA: a livello 4 e 3 sono solo prodotti SW che richiedono computer, reti di PC, servizi cloud. I tempi di reazione agli eventi sono nell'ordine dei minuti (off-line)

PRODUZIONE: LIVELLO 2

❑ **Livello 2 (CELLA) Control Systems**

- ❑ **“una cella di lavorazione (fabbrica) trasforma energia elettrica in energia meccanica e attua lavoro, tipicamente mediante un motore elettrico (o un sistema idraulico) sulla base di alcuni riferimenti (es. dimensioni) e dello scostamento della lavorazione dai riferimenti misurato mediante sensori”.**

Una cella di lavorazione prevede lavorazione e movimentazione:

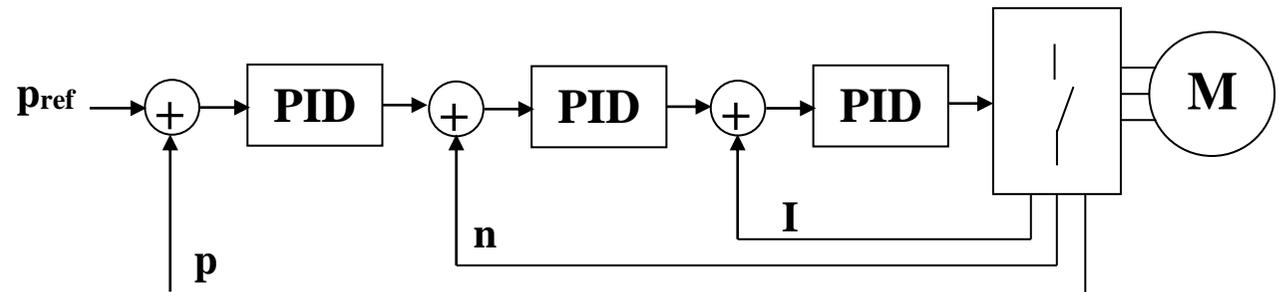
- **Lavorazione, fase utile ai fini della produzione (poca automazione)**
 - **Movimentazione, fase “inutile”, minimizzare tempi e costi (tanta automazione)**
- **Programmable Logic Controllers (PLC)**
 - **Controllore in tempo reale (ms) per la realizzazione di sequenze temporizzate in anello aperto**
 - **Leggi sensori (prevalentemente binari), fai operazioni secondo un ordine temporale prestabilito**
 - **Distributed Control System (DCS)**
 - **Controllore in tempo reale (ms) per la realizzazione di anelli di regolazione in sicurezza e disponibilità**
 - **Leggi sensori (valori interi), regola secondo una legge prestabilita, governa attuatori**
 - **Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)**
 - **Sistema informatico per la gestione di controllo di processi lenti (s), la memorizzazione delle variabili di processo e dei KPI, la gestione degli allarmi, l’interfaccia uomo macchina, i servizi web**

PRODUZIONE: LIVELLO 1

- ❑ **Livello 1 (CELLA/CAMPO) Intelligent devices**
- ❑ **“interfaccia tra i controllori (sistemi digitali programmabili) e le grandezze fisiche”**
 - **Sensori**
 - Sensore = elemento che converte grandezze fisiche (dimensioni, posizioni, ecc.) in grandezze elettriche a bassa potenza permettendone la misura.
 - Spesso il sensore è “smart” nel senso che ha un’interfaccia di comunicazione digitale che gli permette funzionalità di configurazione e diagnostica, oltre comunicare informazione già preelaborata invece di segnali elettrici. I sensori sono poco costosi e si utilizzano in ridondanza
 - **Attuatori**
 - Attuatore = elemento che converte un segnale a bassa potenza o un’informazione in un’azione su una grandezza fisica. Attuatori semplici (es. lampada) e attuatori complessi (es. azionamento per il controllo di coppia e velocità di un motore, valvola di regolazione di flusso)
 - Tipicamente più costoso del sensore, molto spesso “smart” deve agire in logiche di sicurezza e immunità al rumore e all’errore. Difficilmente agisce in ridondanza
 - **Sistemi di periferia**
 - E’ l’interfaccia tra sensori e attuatori tradizionali e il controllore e viene utilizzato per riduzione dei cablaggi e per sgravare il controllore da compiti di preelaborazione. Oggi molto simile ad un PLC asservito al controllore centrale (servo PLC), sta assumendo importanza crescente nei sistemi distribuiti di controllo

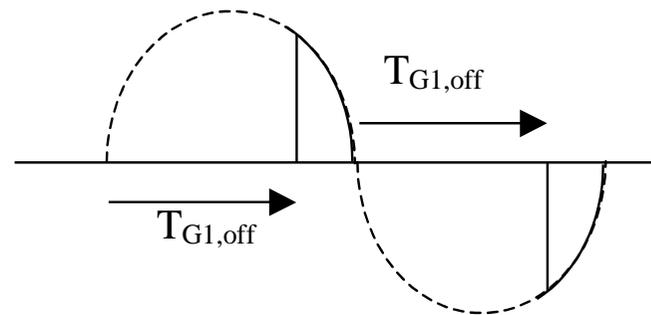
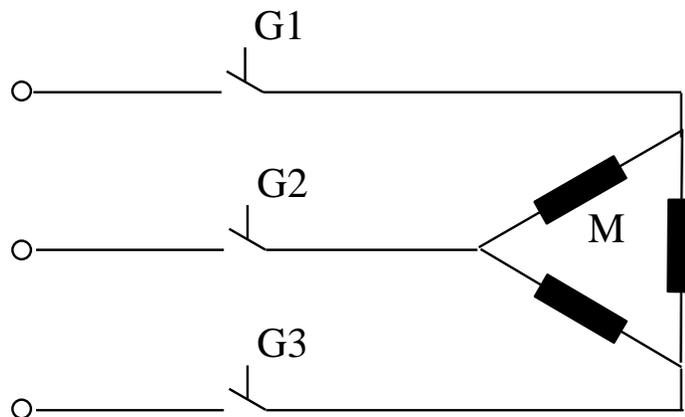
AZIONAMENTI

- ❑ Utilizzati per ottenere avviamenti controllati e/o regolazione della velocità
- ❑ In prima approssimazione:
 - controllano la coppia regolando la corrente
 - controllano la velocità regolando la tensione
- ❑ Controllo digitale (PID)
- ❑ Gestiscono le protezioni
 - massima corrente
 - protezione termica
- ❑ Forniscono indicazioni diagnostiche
 - corrente, velocità, posizione
 - stato dei comandi e delle protezioni
- ❑ Si interfacciano ai sistemi di controllo e supervisione



SOFT STARTER

- ❑ Utilizzati per ottenere avviamenti controllati
- ❑ La tensione al motore viene regolata regolando l'angolo d'innesco degli interruptori elettronici G1, G2, G3 rispetto all'angolo di accensione naturale (anello aperto)
 - rampa lineare di tensione
 - doppia pendenza per superare la coppia resistente iniziale
 - la velocità non si muove linearmente con la tensione
 - carico leggero -> velocità nominale prima della tensione nominale
 - carico pesante -> velocità nominale dopo la tensione nominale



ATTUATORI

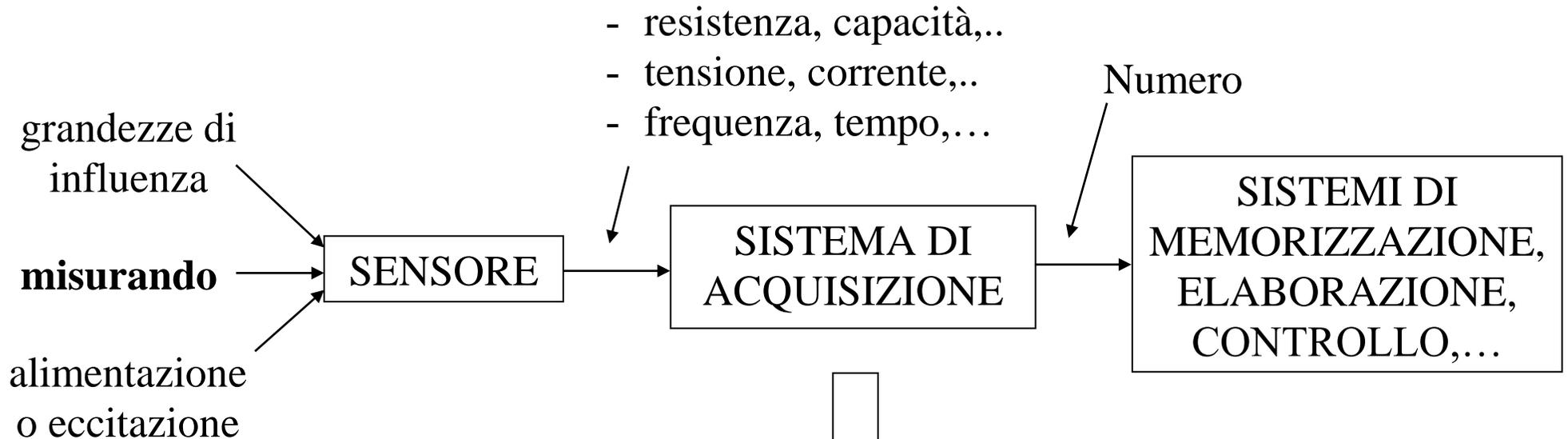
- ❑ **Organi di comandi, discreti (ON/OFF) o continui (es. azionamenti)**

- ❑ **Comandi:**
 - **da operatore**
 - **da sistema automatico**

- ❑ **Comandi di emergenza:**
 - **da operatore (diretto) e da sistema automatico**

- ❑ **Alcuni tipi di attuatori:**
 - **Lampade di segnalazione (220AC, 24AC, 24DC,..)**
 - **Attuatori termici (forni, impianti di riscaldamento, raffreddamento,..)**
 - **regolazione continua della tensione applicata al riscaldatore**
 - **regolazione ON/OFF**
 - **Attuatori elettromagnetici (elettromagneti di sollevamento, freni, giunti, valvole, relais...)**

ACQUISIZIONE DATI DA SENSORI



| CONDIZIONAMENTO | ACQUISIZIONE |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - isolamento - amplificazione / attenuazione - filtro - multiplexing / campionamento simultaneo - | <ul style="list-style-type: none"> - conversione A/D - sistemi di conteggio - elettronica analogica dedicata - |

SENSORI: GESTIONE

- ❑ **Al progettista di automazione sono date le specifiche di misura della grandezza M**
 - M_{\min} , M_{\max} , dM (dM = risoluzione della misura, minima variazione apprezzabile)

- ❑ **Il progettista sceglie il sensore con caratteristica $Out=Out(M)$ sulla base di:**
 - **Linearità nel range tra M_{\min} e M_{\max} ($Out=a\cdot M+b$)**
 - **Sensibilità (il coeff. a deve essere abbastanza elevato in modo da apprezzare dM , ossia $dOut=a\cdot dM$ deve essere “facilmente misurabile”**
 - **Ripetibilità (l’errore di ripetibilità deve essere inferiore a $dOut=a\cdot dM$)**
 - **Risoluzione (la risoluzione del sensore deve essere migliore di dM)**
 - M_{\min} , M_{\max} , dM (dM = risoluzione della misura, minima variazione apprezzabile)

- ❑ **Sceglie il modulo del PLC (ingresso In, out $N=2^n(In_{\max}-In_{\min})/(In_{\max}-In_{\min})$ in modo che:**
 - **Gli ingressi In siano adatti a Out_{\min} e Out_{\max} senza perdita di range ($In_{\min}<Out_{\min}$ e $Out_{\max}<In_{\max}$ ma $(Out_{\max}-Out_{\min})/(In_{\max}-In_{\min})>1/2^m$ con m piccolo (tip.m<3)**
 - **Il numero di bit n sia adeguato a dM , ossia $(In_{\max}-In_{\min})/2^n < dOut = a\cdot dM$**

- ❑ **Programma il PLC misurando N e stimando $\langle M \rangle = \left(\frac{N(In_{\max} - In_{\min})}{2^n} - b \right) \frac{1}{a}$**

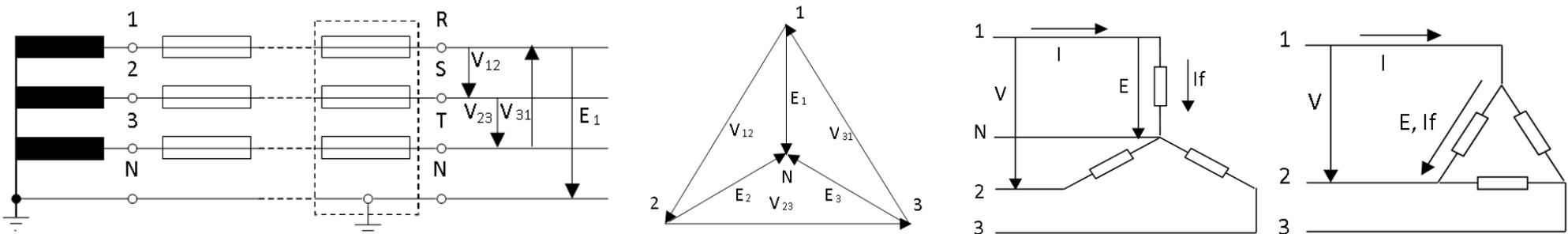
PRODUZIONE: LIVELLO 0

❑ Livello 0 (CAMPO) Physical Process

❑ “l’impianto, i motori, le pompe, la rete di distribuzione” E’ la parte più costosa e quella con i maggiori tempi di ammortamento

• Rete elettrica: sistema trifase di correnti e tensioni a 50 Hz

- Alta tensione HV (tip. 220-380 kV fuori dai centri abitati, 150-132-60kV alle porte)
- Media tensione MV (tip. 8-20 kV). Gli impianti industriali hanno un punto di consegna in MV
- Bassa tensione LV (380V, 230V fase-neutro). Le case hanno un punto di consegna in LV
- Cabine primarie (trasformatori HV-MV tip. Oltre i 100MVA). Telecontrollo, diagnostica, ridondanza
- Cabine secondarie (trasformatori MV-LV tip. 100-1000kVA). Protezioni, in via di automatizzazione
- L’automazione delle cabine e dell’intero sistema di distribuzione è oggi molto critica a causa della microdistribuzione del rinnovabile, spesso con sistemi di accumulo, e lo sarà di più con le auto elettriche (vedi laboratorio eLUX <http://elux.unibs.it/>). L’automazione del sistema di distribuzione elettrico è simile a ISA95 (SCADA, PLC, Periferia,..). Distribuzione gas, acqua, teleriscaldamento



PRODUZIONE: LIVELLO 0

- ❑ **Livello 1 (CAMPO) Intelligent devices**
- ❑ **“l’impianto, i motori, le pompe, la rete di distribuzione” E’ la parte più costosa e quella con i maggiori tempi di ammortamento**
- **Motori = Trasformatori di energia da elettrica a meccanica**
 - **Costituiti da una parte fissa (statore) e una parte mobile (attuatore)**
 - **Gestiti da un azionamento che parzializza la rete elettrica, anche attraverso conversioni da AC (Alternate Current) a DC (Direct Current) e viceversa, per fornire al motore corrente, tensione e frequenza variabili in modo da regolarne coppia e velocità.**
 - **Possono essere direttamente connessi alla rete elettrica (50 Hz = 3000 rpm -round per minute-)**
 - **Tipicamente raffreddati in ventilazione naturale, forzata o a circolazione di liquidi. Diagnostica gestita dall’azionamento, prognostica o manutenzione predittiva grazie a Internet of Things (IoT)**
 - **Prognostica = la previsione dei guasti basata sulla osservazioni di variazioni di parametri operativi di un sistema industriale durante il suo normale ciclo di funzionamento.**
 - **Prognostica locale off-line (analisi lubrificanti, termografia) e on-line (vibrazioni, termografia)**
 - **Prognostica IoT: analizzo anche il prodotto, gli utensili, la rete elettrica -> data fusion e IA**
- **Pompe, Valvole e altri componenti dei sistemi idraulici**
 - **Pompe idrauliche = sfrutta organi meccanici in moto per spostare fluidi (se gas si chiamano compressori)**
 - **Valvole = elemento che regola il flusso di un fluido (on-off, proporzionali)**

ALTRI METODI DI CLASSIFICAZIONE: PIRAMIDE CIM

□ 4 livelli gerarchici

- **sensori-motori**

Dispositivi con esigenze di comunicazione in tempo reale a pacchetti semplici

- **PLC (livello cella)**

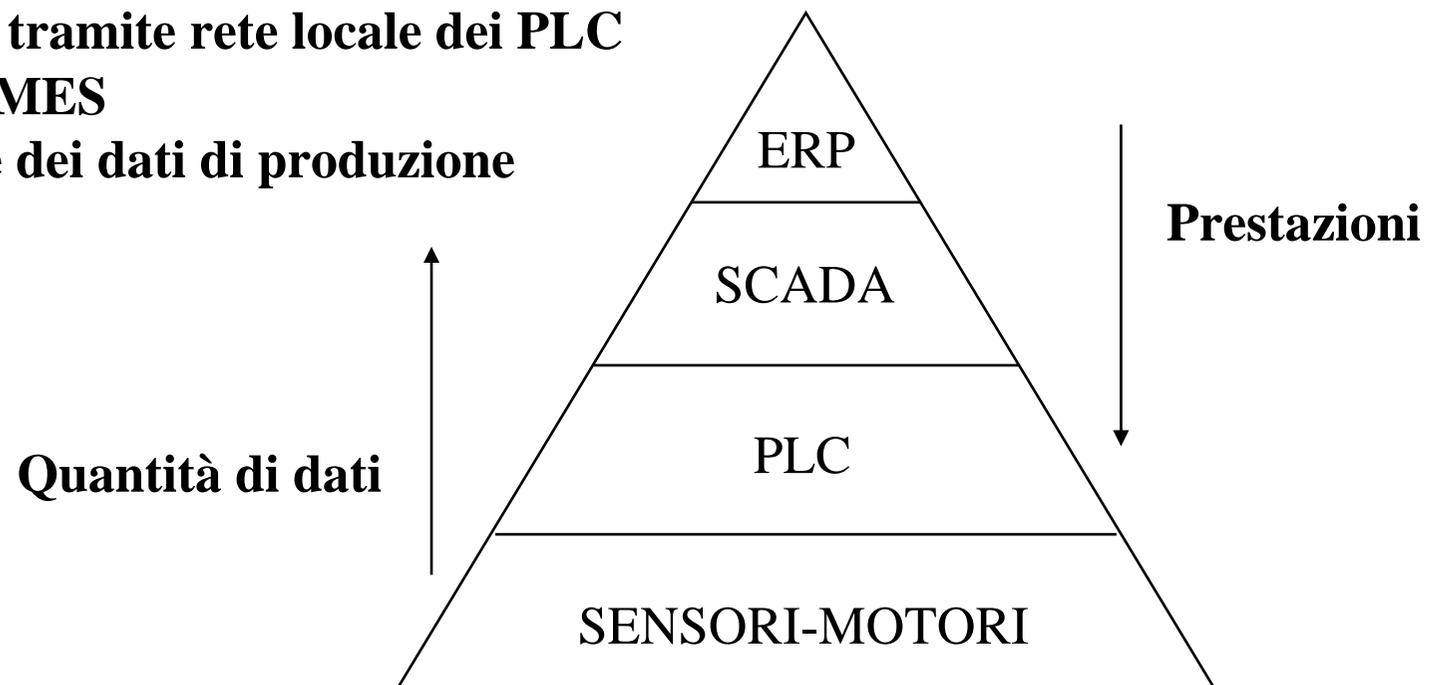
Controllo e coordinamento di sensori e attuatori

- **SCADA (livello area)**

Supervisione tramite rete locale dei PLC

- **Sistemi ERP/MES**

Elaborazione dei dati di produzione



SISTEMI CENTRALIZZATI E DISTRIBUITI

❑ Sistemi centralizzati

- **Tutte le informazioni devono essere trasmesse all'elaboratore centrale (elevati costi di cablaggio, rigidità del layout)**
- **Ciascun elaboratore ha un software semplice, ma che deve essere revisionato ad ogni piccola modifica d'impianto (scarsa affidabilità)**
- **Dato che vi sono più elaboratori questi devono comunque comunicare (necessità di LAN)**

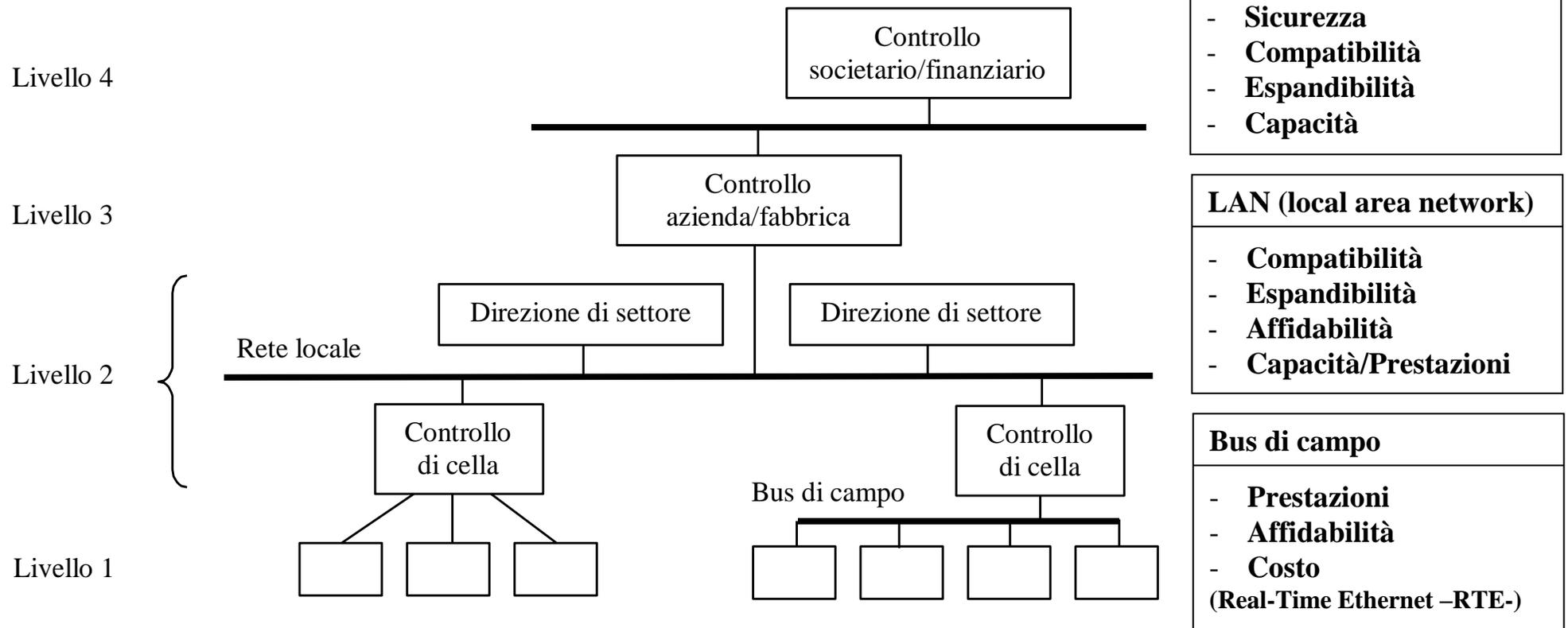
❑ Sistemi decentrati o distribuiti

- **Più sistemi semplici al posto di un unico sistema complesso (riduzione del cablaggio, migliore flessibilità e scalabilità)**
- **Necessità di un efficiente sistema di comunicazione, anche a livello di controllori, periferia, sensori e attuatori (affidabile, veloce, capace)**

SISTEMI DI COMUNICAZIONE

□ 4 livelli gerarchici

- Azienda (connessione tra differenti fabbriche in località diverse)
- Fabbrica (connessione tra i reparti –acquisti, progettazione,..-)
- Reparto (connessione tra i singoli computer di uno stesso reparto)
- Isola (area controllata da un sistema computerizzato)

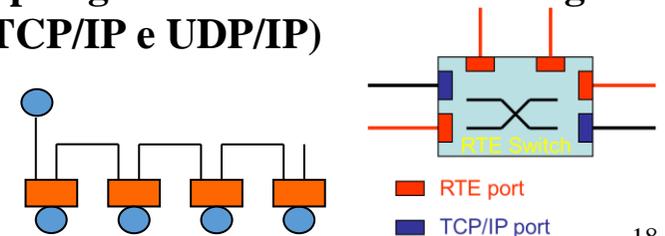


MODELLI ISO/OSI, TCP/IP, bus di campo (o RTE)

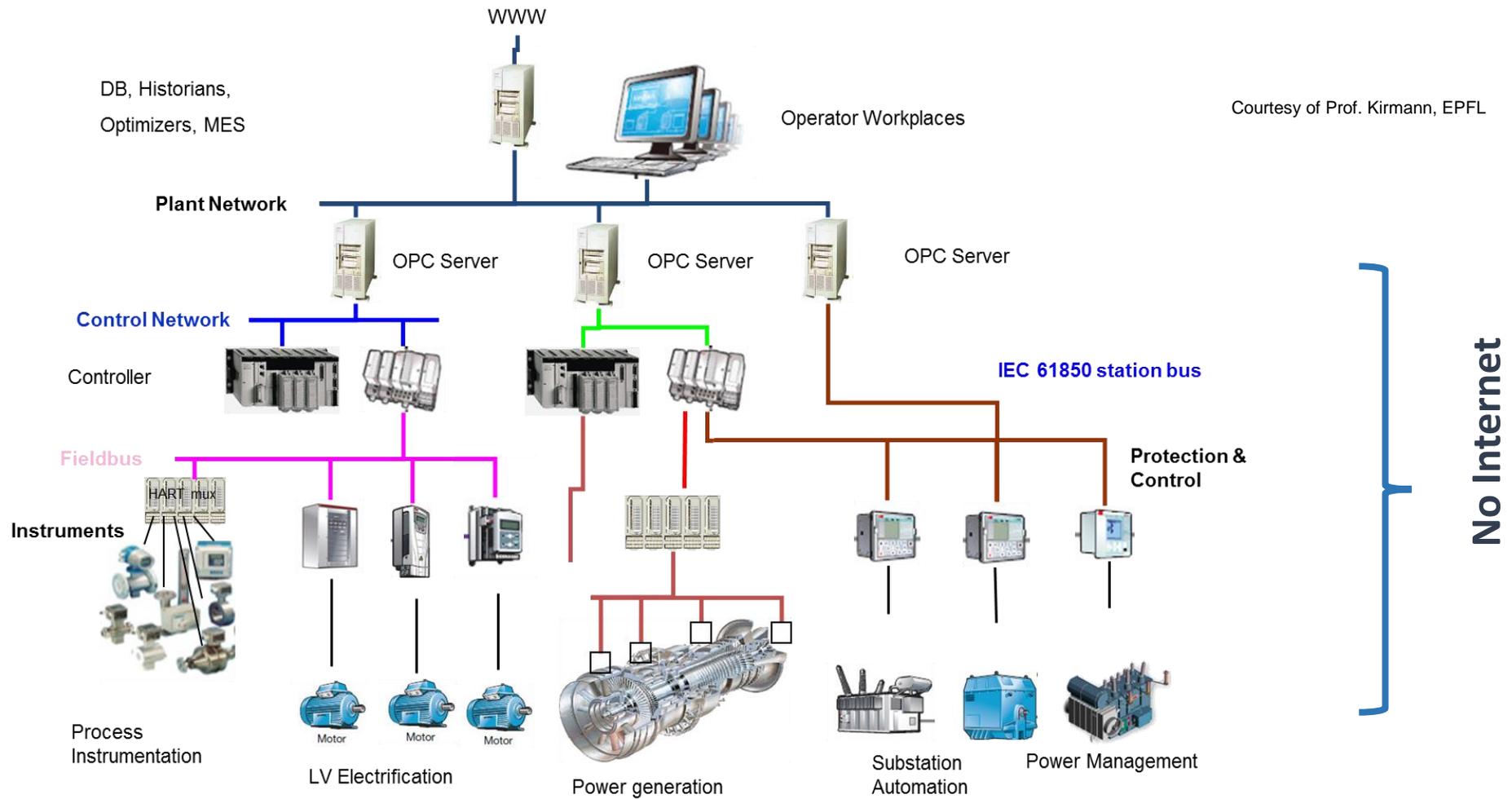
| ISO/OSI | TCP/IP o UDP/IP | Bus di Campo o RTE |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Applicazione | Applicazione | Applicazione/profilo |
| Presentazione | | |
| Sessione | | |
| Trasporto | Trasporto (TCP o UDP) | |
| Rete | IP (Internet) | (raramente) |
| Collegamento dati | Host-rete | Collegamento dati |
| Fisico | (Ethernet, wireless,...) | Fisico (RS485, Ethernet) |

□ Bus di campo o RTE

- **Trasporta pochi dati, tip. in modo ciclico, tra un numero limitato di utenti (tip.<100), ma i dati devono arrivare con tempistiche prevedibili entro 0,1ms.**
 - **Semplici architetture master slave a ciclo di scansione (difficile trattamento di eventi e di traffico aciclico) su RS485 (UART multipunto, 10Mbaud max)**
 - **Real-time Ethernet (Ethernet 100baseT 100Mbaud, spesso a topologia lineare con switch integrato nel device, gestita a ciclo di scansione con firewall per traffico TCP/IP e UDP/IP)**

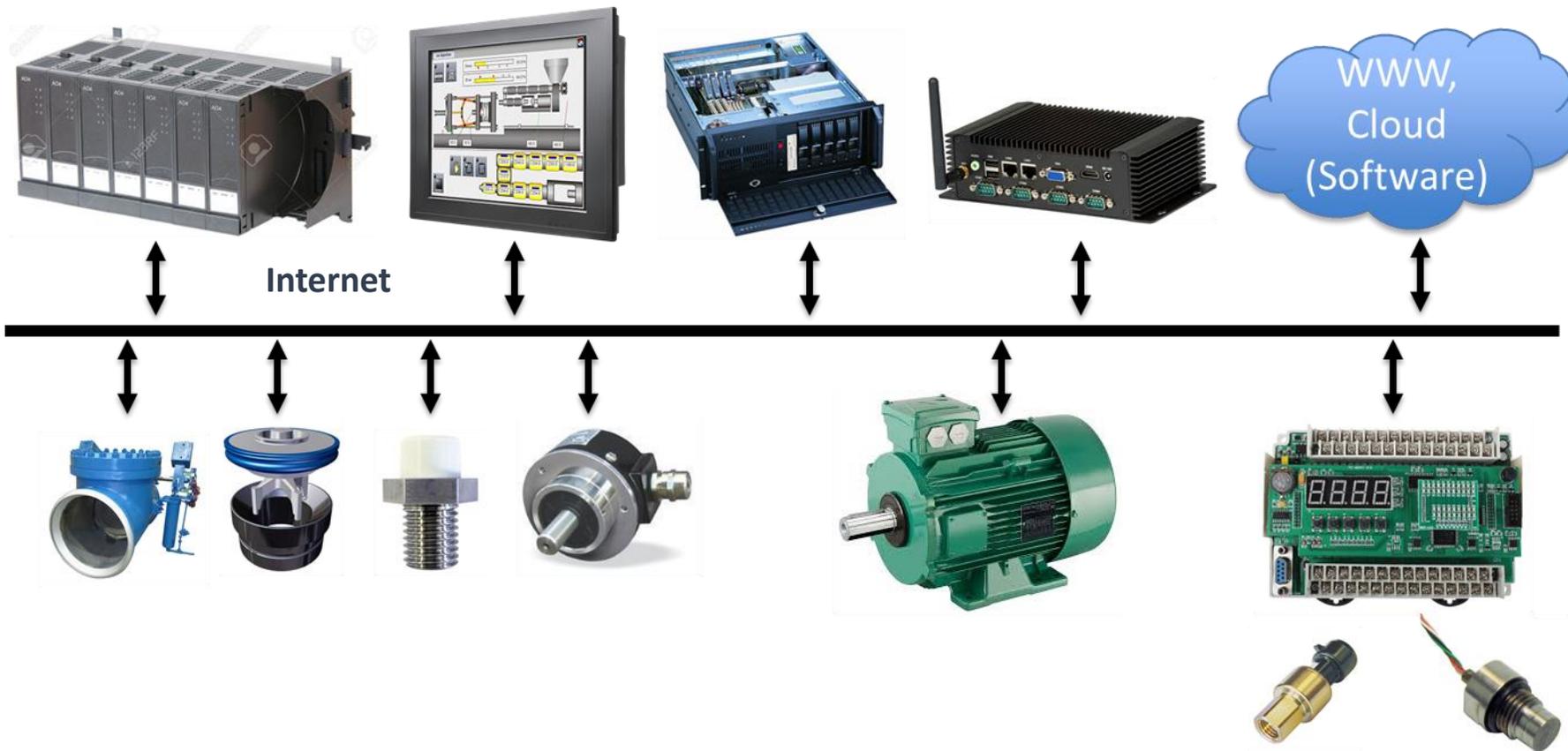


ARCHITETTURE INDUSTRIALI OGGI



Courtesy of Prof. Kirmann, EPFL

L'APPROCCIO Industrial Internet of Things (IIoT)



IIoT: VANTAGGI E DIFFICOLTA'

- **Tutto viene gestito a livello software, in modo semplice, intuitivo e riconfigurabile**
- **La “semplicità” spesso dipende dall’età dell’operatore (esistono ancora i manuali?)**
- **Meno hardware (HW) e più software (SW): cambia il bilanciamento dei costi e le professionalità richieste**
- **...ma i dispositivi a livello hardware (sensori, attuatori, controllori) sono sistemi economici (costo interfaccia internet) e installati e devono durare molti anni**
 - **I loro sistemi di comunicazione e organizzazione dati diventano presto “vecchi”**
- **Largo uso di Gateway tra i sistemi HW e il livello SW, con frequenti aggiornamenti**
- **I dispositivi anche semplici (sensori, attuatori, periferia) devono parlare linguaggi diversi per utenti diversi: messaggi semplici e deterministici per il controllore, informazione “standard e senza fretta” per internet**
 - **L’isocronia dei bus di campo con la standardizzazione di OPC-UA per l’accesso ai dati e il supporto naturale di Internet**
- **Le RTE sono l’infrastruttura ideale per l’IIoT, ma la sicurezza?**
 - **Profinet è una delle tecnologie più promettenti (banda riservata per internet)**
 - **Centro di competenza @UNIBS/CSMT <https://www.csmt.it/centro-di-competenza-mission.asp?ID=10>**

SENSORI E SENSORI SMART: il punto di vista del controllore

Resistance is 109,0 Ω



Current is 0,296 mA



Voltage is 0,230 V



Code is 0A9Bh, for you is 2715 ;-)



Temperature is 23,0 $^{\circ}\text{C}$ and you know everything about me



© Rosemount

Temperature is 23 $^{\circ}\text{C}$, I've recorded for you every minute

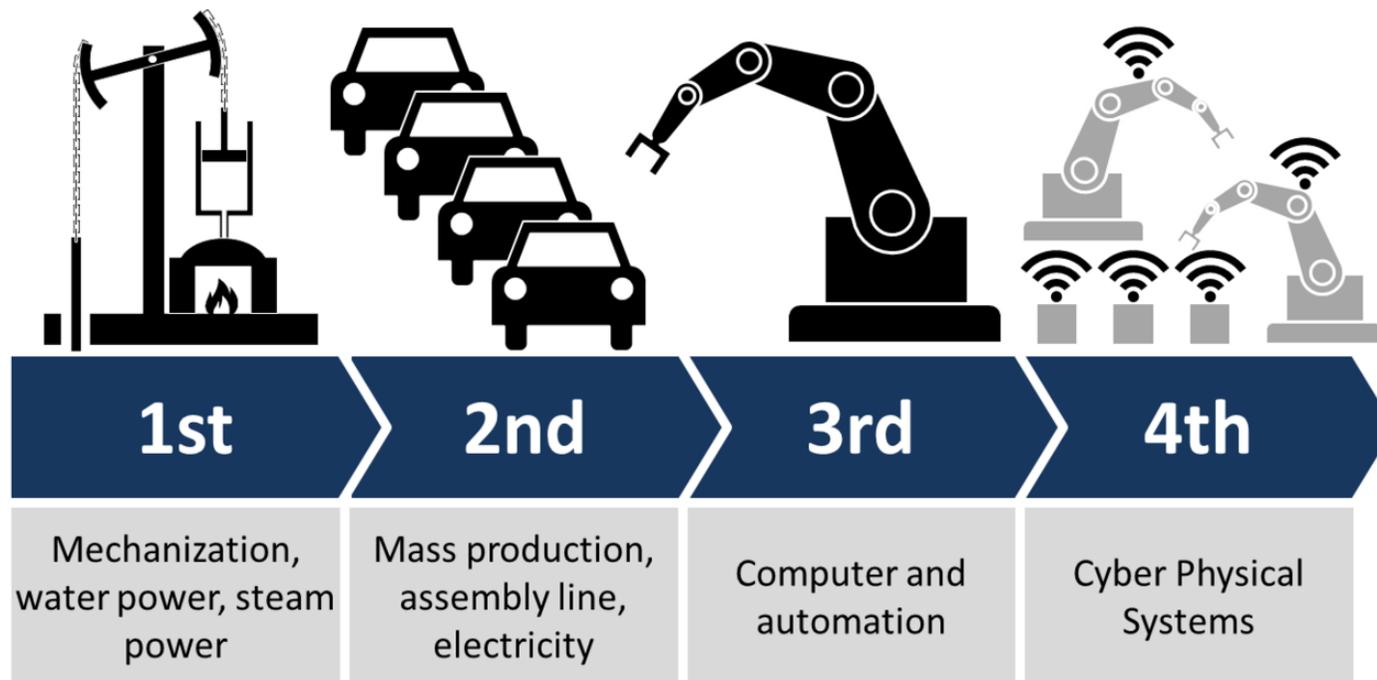


Temperature? Sensor, please give me a **smart** response



LE RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

- **Introduzione delle machine (vapore) nei processi chimici e siderurgici, 1830 (liv.0)**
- **Introduzione dell'elettricità, delle machine utensili, della linea di produzione, 1900, Fordismo (liv.0/1)**
- **Introduzione dell'elettronica digitale, 1980, Toyota (liv.1/2)**
- **Introduzione dell'informatica a tutti i livelli, 2012 Germania (Industria 4.0)**



SISTEMI DI ELABORAZIONE A LIVELLO DI CELLA

□ **Varie tipologie:**

- **Robot**
 - **Macchine a controllo numerico**
- } **Unità intelligenti dedicate**
- **Unità intelligenti per il comando (comando, segnalazione, controllo, regolazione)**
 - **Unità intelligenti per la supervisione e l'interfaccia operatore**
 - **Unità intelligenti per il rilevamento, la memorizzazione, la trasmissione e la gestione (diagnosi, controllo di processi lenti) dei dati**
 - **.....**

□ **Basso costo di μC \Rightarrow semplici sistemi programmabili \Rightarrow tutto è “smart”**

ROBOT

- ❑ **Tipologia di compiti già noti a priori, “poco connessi”**
- ❑ **Utilizzati per:**
 - spostare componenti (pezzi, utensili) per macchine utensili
 - maneggiare componenti nelle lavorazioni pericolose (vernici, saldature,...)
 - maneggiare componenti negli ambienti pericolosi (mare, ambienti radioattivi,...)
 - orientare per sistemi di visione (diagnosi, misure di qualità)
- ❑ **Comandati da operatore o macchine e costituiti da:**
 - sensori, attuatori, I/O digitali e interfacce numeriche via radio o cavo
 - sistemi di elaborazione molto specializzati ad un singolo compito
- ❑ **Programmi (configurabilità più che programmabilità):**
 - off-line (dall’operatore a robot fermo)
 - on-line (da sistemi automatici mentre il robot lavora)
- ❑ **Robot Collaborativi (COBOT):**
 - sono “morbidi” e lenti in presenza dell’uomo, adattandosi ai suoi tempi

SISTEMI DI VISIONE

❑ Sistemi dedicati:

- Ieri utilizzati per sorveglianza e diagnostica, oggi utilizzati anche per controlli dimensionali e di qualità, identificazione e conteggio pezzi,...
- Ottimo livello di industrializzazione
- Integrano una videocamera a elevata risoluzione e un computer programmabile
- Si interfaccia ad un PC con SW specializzati che permettono la programmazione in C basandosi su funzioni a libreria (Es. riconoscimento caratteri)
- Possibilità di sensori innovativi (Kinect) e motorizzazioni per inseguimento target
- Interfacce di rete veloci per trasferimento immagini e configurazione on-line
- Interfacce wireless



CONTROLLO NUMERICO (CN)

- ❑ **Scarsa capacità di elaborazione, memorizzazione e trasmissione dell'informazione**
- ❑ **Utilizzati per il controllo delle macchine utensili**
- ❑ **Comandati da operatore o macchine (ciclo di lavoro)**
- ❑ **Programmati da un operatore (programmazione lenta e off-line)**
- ❑ **I CN o CNC (Computer Numeric Control) sono costituiti da:**
 - **interfaccia verso la parte di potenza per l'interfaccia verso la macchina utensile**
 - **controllo di più assi**
 - **computer dedicato**
- ❑ **I DNC (Direct Numeric Control) sono CN a controllo digitale interfacciati a un computer di supervisione che consente la programmazione automatica attraverso:**
 - **database di “lavorazioni elementari” (archivio disegni/programmi)**
 - **database per la gestione (numero di pezzi prodotti, tempi di fermo,...)**
 - **programmi per l'ottimizzazione dei tempi morti (cambio utensili,...)**
 - **possibilità di funzionamento “stand alone”**

PANNELLI DI VISUALIZZAZIONE

❑ Sistemi dedicati:

- **Ottimo livello di industrializzazione e capacità di interfaccia**
- **Integrano PLC e PC (e i relativi ambienti software “semplificati”, ossia linguaggi a contatti, linguaggi pseudografici, SW di gestione database,...)**
- **La rivoluzione “Tablet & Smartphone”**



UNITA' INTELLIGENTI ALTAMENTE PROGRAMMABILI

- ❑ **Svolgono funzioni diverse in quanto a requisiti (potenza, velocità, memoria,...)**
 - **comando e segnalazione**
 - **controllo, coordinamento e regolazione**
 - **rilevamento, memorizzazione, trasmissione dati**
 - **interfaccia operatore (Human Machine Interface -HMI-)**

- ❑ **Si ripartiscono in:**
 - **PLC (Programmable Logic Controller)**
 - **PMC (Programmable Multifunction Controller) o sistemi “proprietary”**
 - **PC industriali**

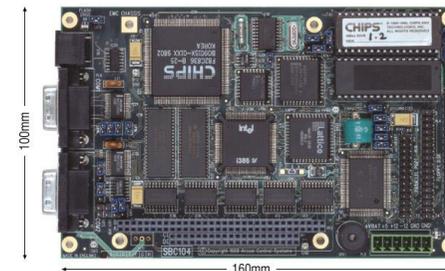
| | PC | PLC | PMC |
|---------------------------------|-----------|------------|------------|
| Punti di I/O | - | + | + |
| Capacità di elaborazione | ++ | - | + |
| Memoria | ++ | - | + |
| Controllo in tempo reale | - | + | ++ |
| Software di base | ++ | + | - |
| Semplicità d'uso | + | ++ | - |

COMPUTER E INDUSTRIA

- ❑ **Grande importanza a livello di area**
 - **Normalmente utilizzato per trattamento (memorizzazione, organizzazione, elaborazione, ecc.) dati e per interfaccia operatore**
 - **Il vantaggio del SW standard e dell'integrazione in reti (sistemi distribuiti)**

- ❑ **Uso critico (ma in crescita) a livello di cella**
 - **Il vantaggio dell'ottimo rapporto costo/prestazioni**
 - **Problemi di obsolescenza digitale, comportamento in tempo reale (OS), assenza di controllo diretto di ingressi e uscite (I/O), industrializzazione**

...fotografia anni 90

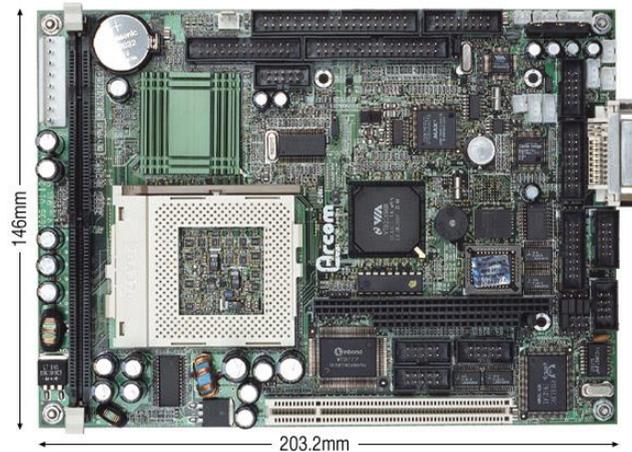


Scheda PC104 (IEEE-P996, ISA-like), 386SX a 25MHz, 4MDRAM, ROMDOS, C programming

COMPUTER INDUSTRIALI “EMBEDDED”

❑ Dal PC104 alla disponibilità di piattaforme locali a basso costo

- **Le schede PC104 erano PC industriali a basso costo:**
 - Possibilità di schede di espansione per I/O
 - Sistemi operativi semplici e collaudati Applicazioni con tempi di risposta >100ms
 - Compilatori C, ma non integrazione in Internet e Web technologies
 -
- **Schede PC semplici senza I/O locale (USB? Ethernet? Wireless?) adatte per architetture distribuite**



Raspberry Pi2, Linux, 40€



Beaglebone, Android, 40€

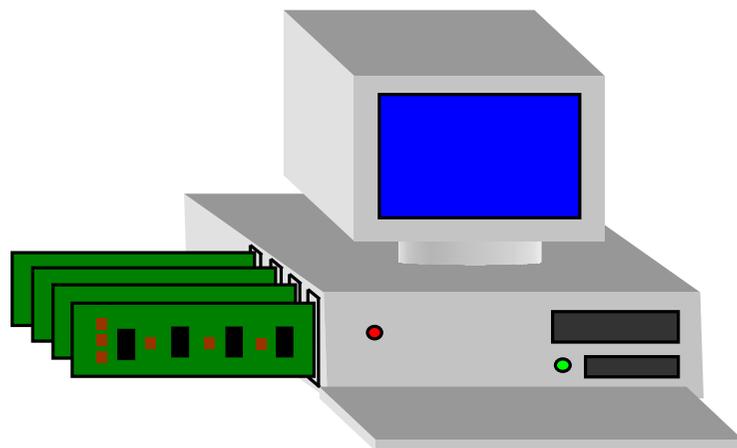
USO DEL PC A LIVELLO DI CELLA, CRITICITA'

❑ Sistema operativo:

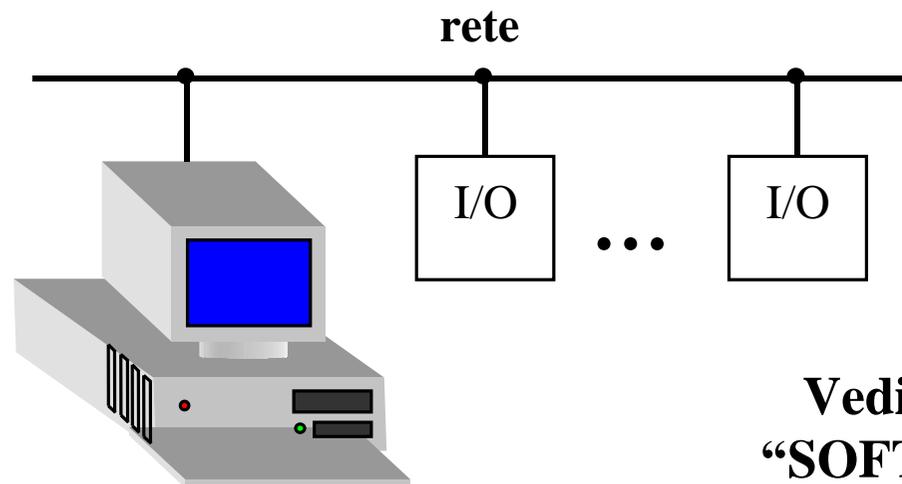
- Sistemi operativi “noti” (Windows, Linux, ...) -> mancato determinismo
- Sistemi operativi in tempo reale (RTOS) derivati da UNIX (Es QNX, WinWORKS) -> mancato supporto dei software di sviluppo delle applicazioni

❑ Gestione degli I/O decentrati:

- Necessità di reti veloci e deterministiche
 - Incremento del costo del sensore: sensor -> smart sensor



Sistema concentrato

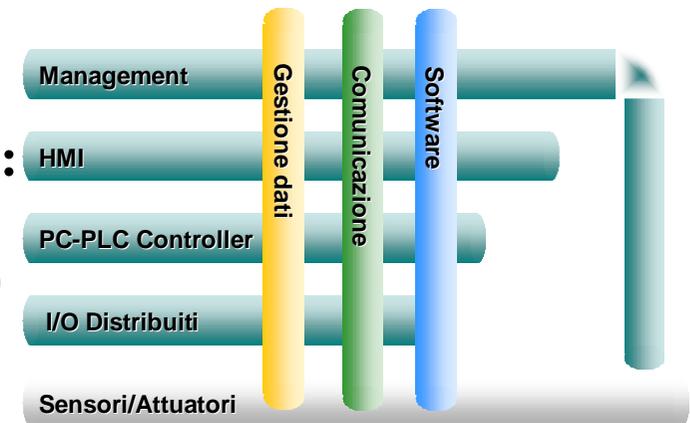


Sistema distribuito

Vedi dopo
“SOFT-PLC”

PMC (PROGRAMMABLE MULTIFUNCTION CONTROLLER)*

- ❑ **PMC = sistemi proprietari (es. Centraline) basate su HW standard programmato a bassissimo livello. Sono tipicamente a struttura modulare, operanti in tempo reale, utilizzati per lo svolgimento di compiti complessi in termini di tempo critico (regolazione, comunicazione,...) e grandi volumi di dati**
- ❑ **Caratteristiche PMC:**
 - **HW affidabile, modulare, potente, veloce, direttamente gestibile dall'operatore**
 - **Diverse tipologie di prodotto (monoCPU, multiCPU)**
 - **Possibilità di realizzare prodotti "custom" integrando hardware commerciale e "ad hoc"**
 - **SW scritto in C o in linguaggi "orientati al tecnologo"**
 - **Lunghi tempi di sviluppo del software**
- ❑ **Difficile integrazione dei PMC in architetture moderne:**
 - **Integrazione a 3 livelli:**
 - **Stesse infrastrutture di comunicazione (HW e SW comuni)**
 - **Stessi database**
 - **Portabilità delle applicazioni**



PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER)

- ❑ **PLC = sistema logico programmabile in grado di realizzare un insieme ordinato di operazioni, definite da comandi facilmente modificabili, strutturate in modo ciclico**

- ❑ **Introdotti all'inizio degli anni '70 come alternativa alle logiche a interruttori (logiche a relais), che erano:**
 - **Semplici da utilizzare**
 - **Lenti, ingombranti, dissipativi, dipendenti dai troppi cablaggi**

- ❑ **Anni 70-80: i PLC hanno poca fortuna perchè:**
 - **Costosi, poco affidabili, lenti per le regolazioni (>100ms)**
 - **Poco “comprensibili” per gli addetti ai lavori (programmazione, ricerca guasti,...)**

- ❑ **Anni 90: i PLC invadono il mercato perchè:**
 - **Economici, robusti, potenti**
 - **Ben supportati dalla distribuzione e assistenza**
 - **Programmabili in modo semplice grazie ai linguaggi a contatti**

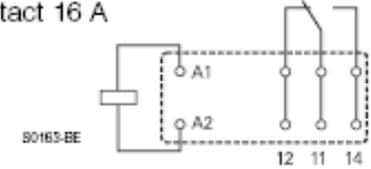
PLC versus RELAIS *

□ I Relais sono:

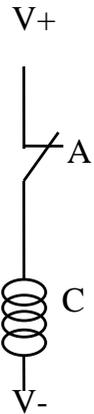
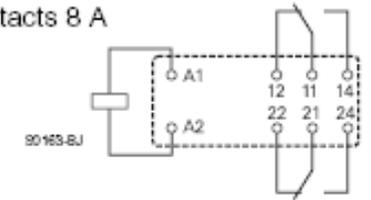
- Amplificatori di potenza (comando a 100mA, contatto a 10A)
- Negatori naturali
- Ingombranti, lenti, alti consumi di potenza
- Utilizzabili da personale non altamente qualificato



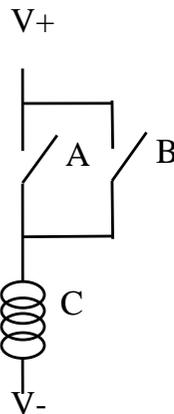
1 CO contact 16 A



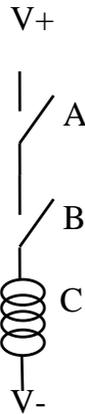
2 CO contacts 8 A



$$C = \text{NOT}(A)$$

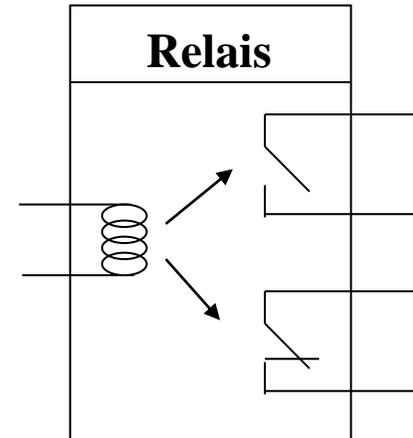


$$C = A \text{ OR } B$$



$$C = A \text{ AND } B$$

Comando



Contatto NO

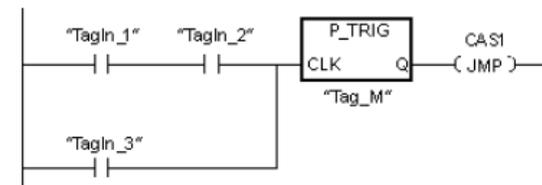
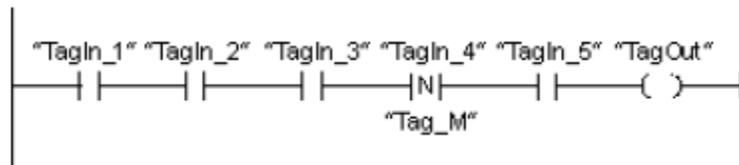
Contatto NC

PLC versus RELAIS *

- **il PLC ha sostituito le logiche a relais perchè:**
 - **Riduzione dei cablaggi**
 - **Riduzione degli ingombri**
 - **Riduzione della potenza (assorbimento $\approx 100\text{mA}$ nei PLC più compatti)**
 - **Elevata versatilità verso “upgrade”**
 - **Aumento della velocità di elaborazione**
 - **Semplice, robusto ed affidabile**
 - **Consente nuovi campi d’impiego (regolazione, controllo, calcolo multivariabile,..)**
 - **Si propone come strumento standard per funzioni che erano appannaggio di soluzioni propria trie (poco flessibili, non intercambiabili,...)**

LOGICHE BINARIE A RELAIS: SOLO CONTATTI E BOBINE *

- ❑ Le combinazioni logiche di bit nei PLC sono più ricche
 - Il contatto NOT nega il risultato di quello che viene prima, permettendo di sintetizzare (es. tabella della verità) espressioni vere o negate
 - Esistono le istruzioni di Set **-(S)-** e Reset **-(R)-**, anche estese a campi di bit (Bit Field), che sono diverse dall'assegnazione **-()-** e dall'assegnazione negata **-(/)-**
 - Set: “Se INGRESSO =1 allora USCITA = 1 altrimenti NON FARE NULLA”
 - Reset: “Se INGRESSO =1 allora USCITA = 0 altrimenti NON FARE NULLA”
 - Logiche di assegnazione e di SetReset dello stesso oggetto (es. uscita o memoria) non possono coesistere perché l'assegnazione rimuove l'effetto di memoria.
 - Rilevatore di fronte di un operando **-|P|-** o **-|N|-** (si chiude se c'è fronte di salita P o di discesa N sull'operando indicato sopra il contatto) **NOTA:** serve una cella di memoria, indicata in basso, per svolgere la funzione. Perché? Rilevazione fronte positivo = adesso il segnale è a 1 e prima era a 0
 - Rilevatore di fronte del risultato parziale (quello che viene prima)
 - Generazione impulso (1 ciclo) in caso di rilevazione di fronte **-(P)-** o **-(N)-**



LOGICHE A RELAIS: E I SENSORI/ATTUATORI NON BINARI?*

- ❑ **Nelle logiche a relais come si realizzavano semplici logiche di gestione sensori?**
 - **Esempio: fai partire il motore M se viene premuto START e se la temperatura T è inferiore 50°C**

- ❑ **Esistevano relais speciali che, invece della bobina, avevano altri tipi di ingressi (le uscite erano invece sempre contatti NA e/o NC).**
 - **Comparatori (due ingressi analogici A e B e il contatto NA si chiude se $A > B$)**
 - **Elementi di ritardo -timer- (un ingresso logico e uno numerico -soglia-; quando l'ingresso logico si abilita un orologio si avvia e il contatto NA si chiude dopo che l'orologio ha superato la soglia)**
 - **Elementi di conteggio -counter- (un ingresso logico e uno numerico -soglia-; quando l'ingresso logico si abilita e si disabilita un contatore interno si incrementa e il contatto NA si chiude dopo che il contatore ha superato la soglia)**
 - **....**

- ❑ **Con i PLC tutte queste limitazioni e artifici non sono più necessari**
 - **Un PLC è un calcolatore in grado di eseguire operazioni numeriche di ogni tipo**

PLC: NON SOLO BIT *

- ❑ **Il PLC viene utilizzato per gestire sensori e attuatori “on/off” (finecorsa, lampade, abilitazioni, consensi,...)**
 - **Ingressi/uscite digitali e relative immagini di processo (IPI e IPU)**
 - **Logiche a bit, variabili a bit (merker)**

- ❑ **Se il PLC deve regolare una temperatura o dare un riferimento di velocità ad un azionamento, deve poter gestire numeri**
 - **Ingressi/uscite analogici e relative immagini di processo**
 - **Numeri (interi, reali), variabili e operatori associati**

- ❑ **Se il PLC deve organizzare una sequenza temporizzata, deve poter gestire numeri**
 - **Dopo 1,2 s dall’evento A attua per 0,3 s quindi attendi evento B al massimo per 3 s**

- ❑ **Ci sono poi operazioni banali che richiedono tipi di dati speciali**
 - **Esempio: ogni Lunedì che non sia una festività apri la porta alle 8:00 (tenendo conto dell’ora legale)**

LOGICHE TEMPORIZZATE *

- Come faccio lampeggiare una sirena?
...e a frequenza variabile?**
- Un disturbo sullo Start non deve far partire il motore
... ne il motore si deve fermare per un disturbo
... ma dopo un po' si deve fermare (guasto allo Stop)**

quindi, ad esempio

- Gli ingressi devono essere filtrati**
- Le uscite devono essere “temporizzabili”**
- ...**

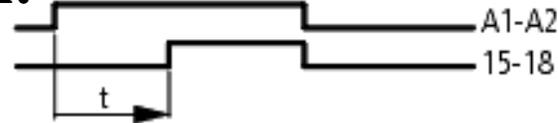
Come si faceva con le logiche a relè?

Il temporizzatore (timing relè) *

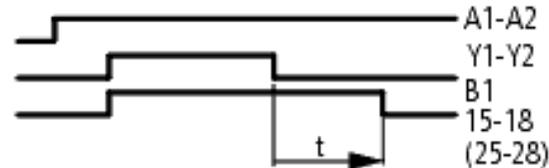
❑ I tempi selezionabili vanno da 50ms a 100h

❑ Varie tipologie e funzioni:

- Ritardo all'inserzione
(Funzione 11)



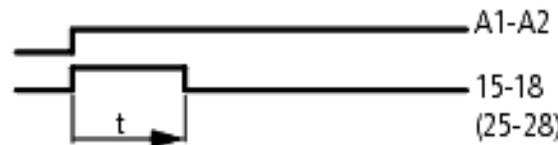
- Ritardo alla disinserzione
(Funzione 12)



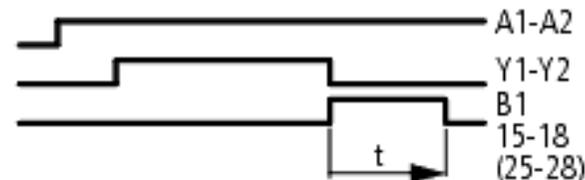
- Ritardo
(Funzione 16)



- Passante all'inserzione
(Funzione 21)



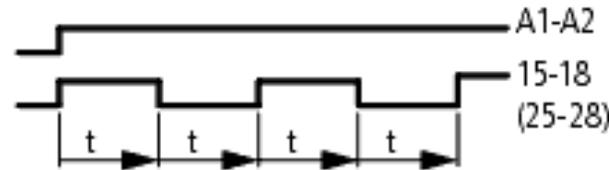
- Passante alla disinserzione
(Funzione 22)



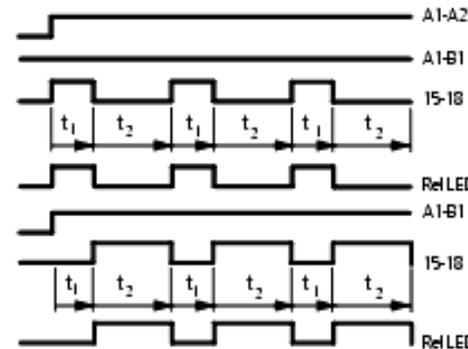
Il temporizzatore (timing relè) *

□ Varie tipologie e funzioni:

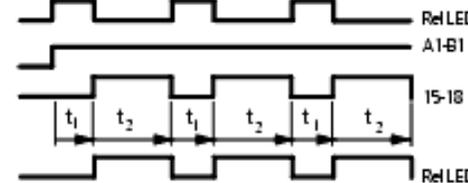
- Lampeggiante, inizio (Funzione 42)



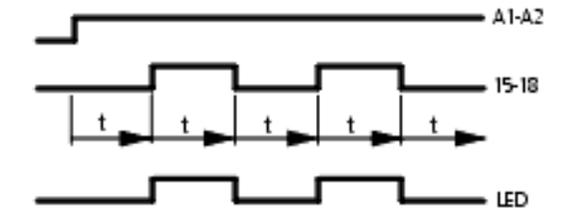
- Lampeggiante, pausa (Funzione 43)



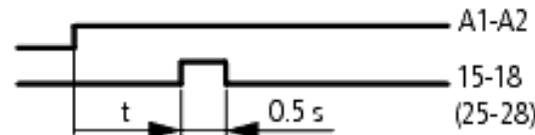
- Lampeggiante, 2 tempi (Funzione 44)



- Stella-triangolo ($T_u=50\text{ms}$) (Funzione 51)



- Generazione impulsi fissi (Funzione 81)



www.moeller.it/manuale/index.html