



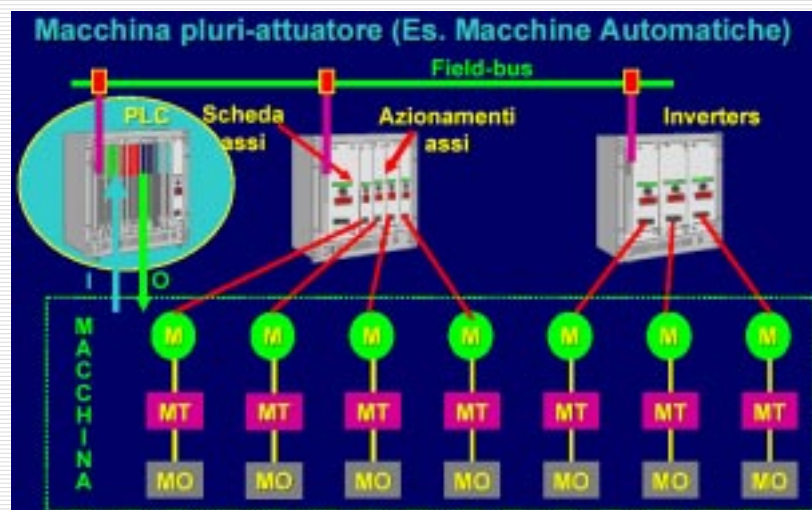
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BERGAMO
Facoltà di Ingegneria

Informatica Industriale

Prof. Davide Brugali

1.4 – Dispositivi di controllo

Sistema di controllo di una macchina



Programmable Logic Controller (PLC)

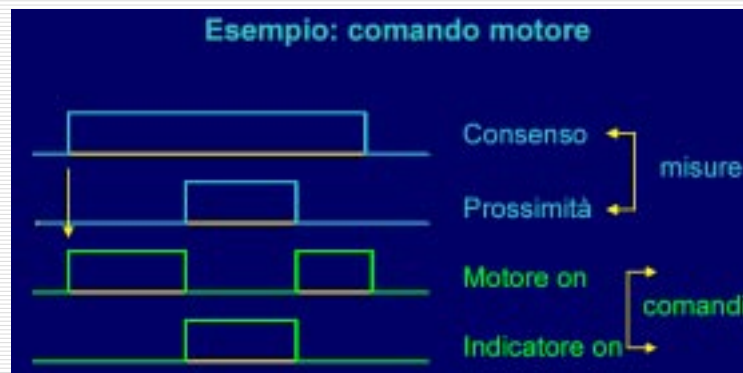
- ❑ **Controllore industriale Controllore industriale general purpose per eccellenza**
- ❑ **Architettura HW-SW general-purpose dedicato al controllo logico sequenziale (implementazione automa a stati finiti per la gestione delle fasi di funzionamento del sistema)**
- ❑ **Componente fondamentale di ogni sistema di automazione complesso**
- ❑ **Il PLC ha avuto origine alla fine degli anni '60 da una specifica della General Motors relativa ai sistemi di controllo da utilizzarsi nei suoi impianti per la produzione delle vetture**

Definizione di PLC

- ❑ **Dispositivo o sistema digitale programmabile per il controllo di macchine e di processi**
- ❑ **con un set di istruzioni atte ad implementare specifiche funzioni quali**
 - **logica combinatoria**
 - **controlli sequenziali, temporizzazioni e conteggi**
 - **calcoli aritmetici**

Evoluzione storica

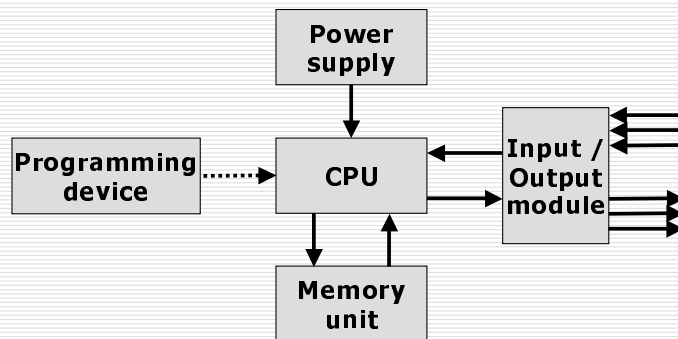
- ❑ Il PLC è nato per sostituire sistemi di automazione realizzati con logiche cablate Relais



Evoluzione storica



PLC : Architettura interna



PLC : Ciclo operativo

□ Ciclo operativo

- Input scan
- Program scan
- Output scan

□ Scan time

- 1 - 25 msec

PLC : la CPU

- ☐ Realizzazioni "custom" per l'esecuzione dei controlli logici
 - grandissima efficienza
 - linguaggio microcodificato
 - scarsa flessibilità
 - solo per sistemi ad elevatissime prestazioni
- ☐ Micro processori standard
 - set di istruzioni più ampio
 - progetto standard
 - necessità di un interprete
- ☐ Multi-processori
 - Gestione integrata di funzioni logiche, funzioni matematiche e comunicazione

PLC: dispositivo I/O

- ☐ Acquisizione segnali analogici
 - Ingressi standard a $\pm 10\text{ V}$
 - Interfacciamento con sensori particolari (termocoppie, termoresistenze, ecc.)
- ☐ I/O segnali logici
 - Ingressi encoder
 - Uscite per amplificatori di potenza

PLC : moduli speciali

- ☐ **Interfaccia di rete locale**
 - ethernet, proprietaria
- ☐ **Interfaccia per Bus di campo**
 - di solito proprietaria, standard Profibus, Interbus, CanBus,..
- ☐ **Processori ausiliari**
 - regolazione PID, controllo assi
- ☐ **Processori di visualizzazione**
 - sinottici di impianto, interfaccia operatore
- ☐ **Unità di programmazione**
 - proprietaria, più spesso PC
- ☐ **Unità di back**
 - nelle applicazioni che richiedono alta sicurezza di funzionamento

PLC : memoria

- ☐ **Memoria programmi**
 - RAM per lo sviluppo del programma
 - EPROM per la versione definitiva
- ☐ **Memoria dati suddivisa in:**
 - Sezione di ingresso
 - Sezione di uscita
 - Sezione di stato

PLC : Programming Device

- ❑ Dispositivo esterno per lo sviluppo di programmi
 - Key-pad + display
 - Usa la CPU del PLC oppure processore locale
- ❑ Debugging
 - Simulazione
 - Emulazione
- ❑ Man-Machine Interface
 - Visualizzazione dello stato del sistema controllato dal PLC (sinottico di impianto)

PLC: Struttura del software



In giallo → operazioni del Sistema Operativo
In verde → operazioni dell'applicazione

PLC: Sistema operativo

- ☐ **Inizializzazione e scansione ciclica (time driven)**
 - Tutti i tasks vengono eseguiti ciclicamente
 - non si devono programmare loop di attesa di eventi
 - il S.O. garantisce la costanza del tempo di campionamento per i tasks
- ☐ **Gestione automatica I/O**
 - all'inizio di ogni ciclo il S.O legge e campiona gli ingressi (ma non discrimina eventi)
 - aggiorna le uscite
 - i tasks operano sulla immagini in memoria del processo
- ☐ **Gestione dei Timer e dei Counter**

PLC: Controllo in Tempo Reale

- ☐ **Definizione di Tempo Reale: La correttezza del risultato di un algoritmo di controllo in tempo reale è garantita se:**
 - l'uscita corretta è applicata all'impianto e
 - il risultato è fornito entro un tempo massimo stabilito (tempo di campionamento)
- ☐ **L'implementazione di software in tempo reale richiede cautele aggiuntive rispetto a quello tradizionale**
 - la verifica di correttezza può risultare complessa
 - molto importante la fase di progettazione
 - è richiesta una elevata strutturazione

PLC: Controllo in Tempo Reale

- ❑ **Strutturazione in processi semplici e ben definiti**
 - il tempo massimo di esecuzione della procedura deve essere ben definito per garantire il rispetto del tempo totale di esecuzione
- ❑ **Esecuzione ciclica**
 - ad ogni processo è garantita la risorsa di elaborazione entro il tempo necessario
- ❑ **Attesa di eventi con interrogazione ad ogni ciclo**
 - attenzione ai loop interni
 - violazione dei vincoli di tempo reale
- ❑ **Separazione tra gestione I/O ed elaborazione**
 - I/O gestito dal Sistema Operativo
 - rete sincrona
 - I/O ad interrupt o a polling da programma
- ❑ **Separazione delle fasi di inizializzazione, arresto, emergenza**

Esempio di PLC

❑ SIMATIC S7-300



- Program memory up to 85 K instructions
- Up to 1024 digital in- and outputs
- CPU executes 1024 binary instructions inside of 0.1 ms.
- Integrated functions: counters, positioning, closed loop control, and frequency measuring

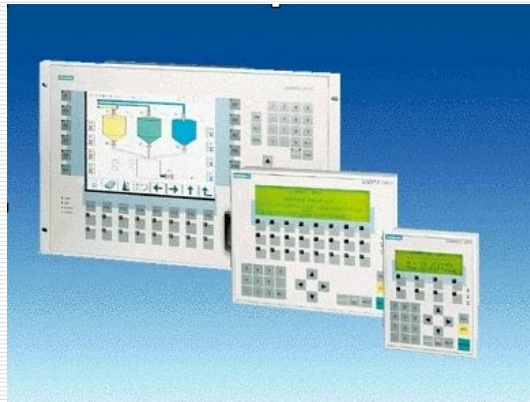
Esempio di PLC

□ SIMATIC S7-400

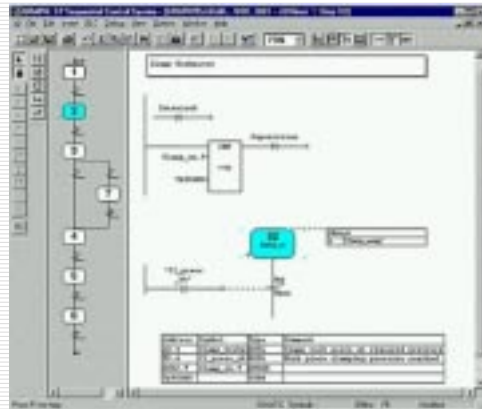


- Program memory up to 660 K instructions
- Up to 131.056 digital in- and outputs
- CPU executes 1024 binary instructions inside of 0.1 μ s.
- Integrated functions: counters, positioning, closed loop control, and frequency measuring

PLC: Human-Machine Interface

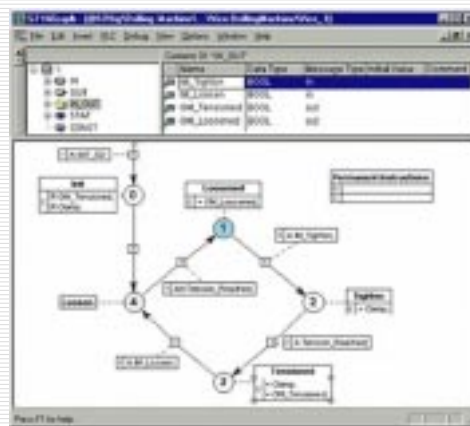


PLC: programmazione



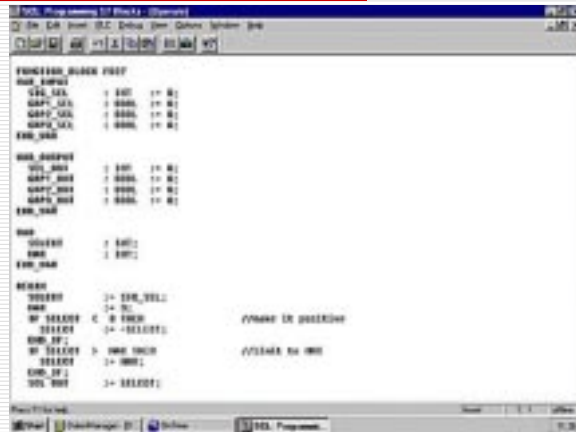
- ❑ Il processo è descritto con una sequenza di passi e transizioni in una vista di sistema.
- ❑ Ogni passo viene programmato individualmente

PLC: programmazione



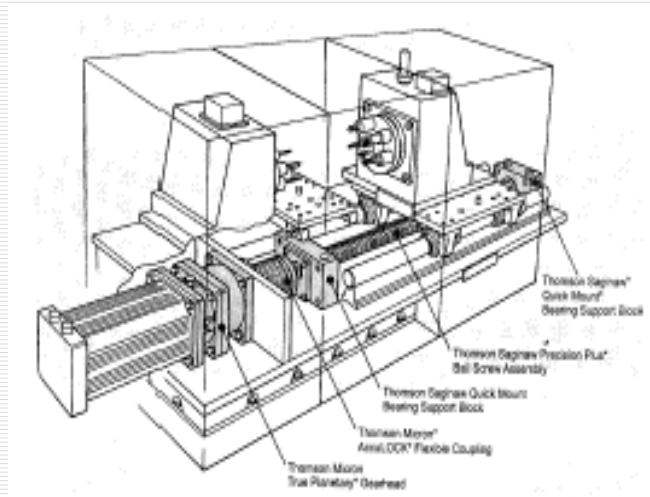
- ❑ Il processo è descritto con macchina a stati (automa a stati finiti)

PLC: programmazione

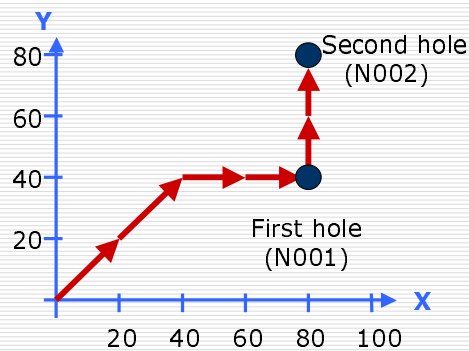


- Il processo è descritto con istruzioni di un linguaggio simile al Pascal (SCL: Structured Control Language)

Macchine a Controllo Numerico

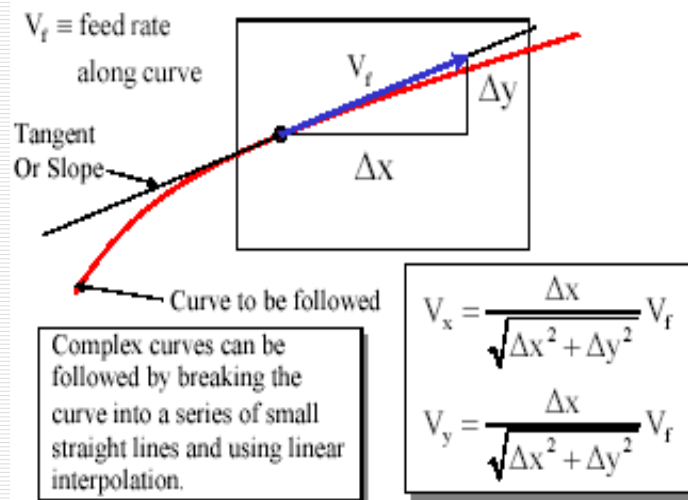


Macchine a Controllo Numerico (CNC)



```
N001 X08000 Y04000 M03
N002 Y08000
```

Interpolazione



APT: Automatically Programmed Tooling

- ❑ **Istruzioni Geometriche:** definiscono gli elementi geometrici del pezzo da lavorare
- ❑ **Istruzioni di movimento:** specificano la traiettoria dello strumento di lavorazione (tool)
- ❑ **Istruzioni di Postprocessor:** controllano le operazioni del tool (velocità, interpolazione, ecc.)
- ❑ **Istruzioni ausiliari:** es. commenti

Istruzioni geometriche

- ❑ P1 = POINT/20.0, 40.0, 60.0
- ❑ L1 = LINE/P1, P2
- ❑ P2 = POINT/INTOF, L1, L2
- ❑ PL1 = PLANE/P1, P2, P3
- ❑ C1 = CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 25.0
- ❑ C2 = CIRCLE/P1, P2, P3

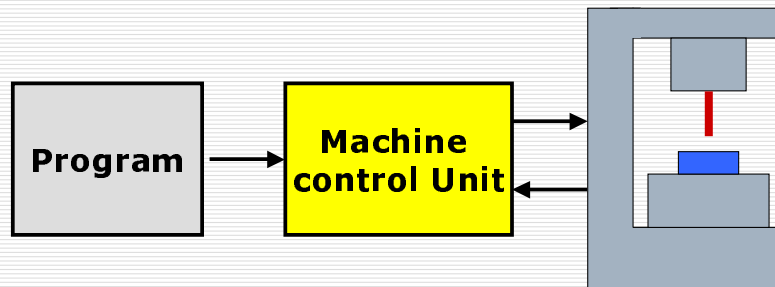
Istruzioni di movimento

- ☐ FROM/P1
- ☐ GOTO/P2
- ☐ GODLTA/0, 0, 50.0
- ☐ GOLFT ... GORGT ... GOFWD ...
- ☐ GOBACK ... GOUP ... GODOWN ...

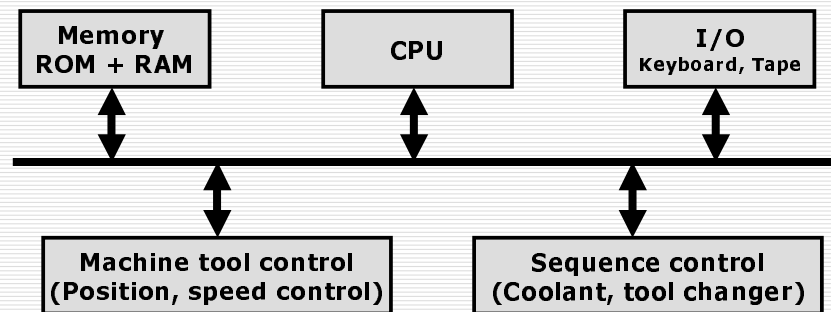
Istruzioni di Postprocessor

- ☐ CUTTER/20.0 (cutter diameter)
- ☐ SPINDL/1000 CLW (rotation)
- ☐ DELAY/30
- ☐ LOADTL/01 (load tool)
- ☐ PARTNO (program number)

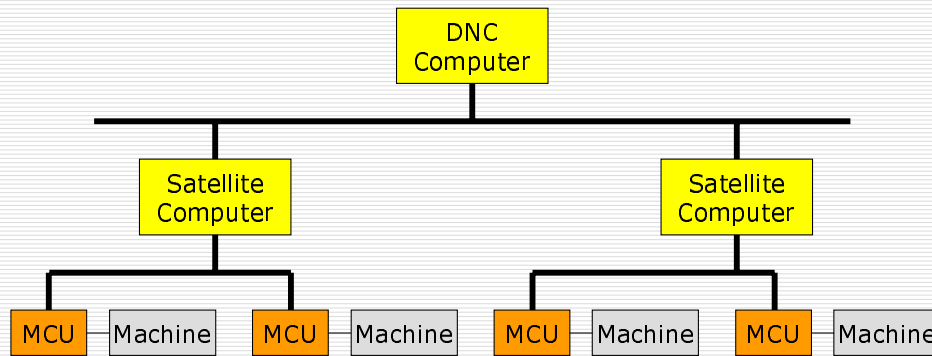
CNC: Architettura



CNC: Machine Control Unit



Distributed Numerical Control



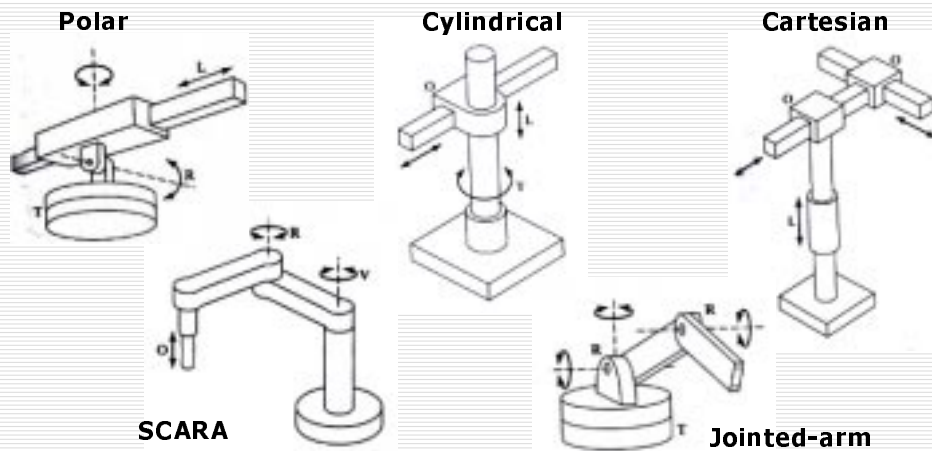
Robot manipolatori

Load Capacity 3 Kg at arm extension
Repeatability 0.03mm (0.001")
Actuators 6 DC servo motors with closed loop control
Arm Weight 30 Kg (66,2 lb)



Axis Movement	Axis Range	Compounded Speed
1: S-axis (turning)	+/- 170°	210°/s - 3,66 rad/s
2: Lower arm	+150° / -45°	170°/s - 2,97 rad/s
3: Upper arm	+190° / -70°	225°/s - 3,93 rad/s
4: R-Axis (wrist)	+ /- 180°	300°/s - 5,23 rad/s
5: Wrist pitch	+/- 135°	300°/s - 5,23 rad/s
6: Wrist twist	+/- 350°	420°/s - 7,33 rad/s

Tipi di Robot

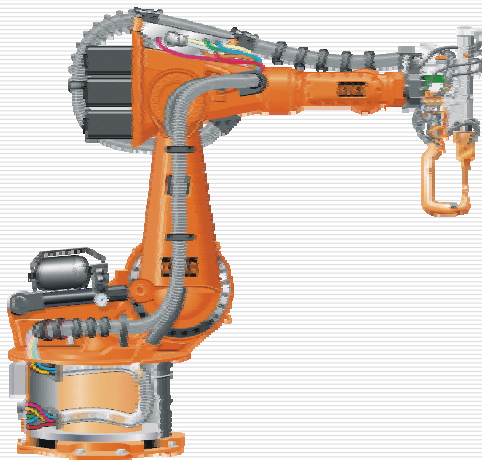


1.4 – Dispositivi di controllo

Informatica Industriale - Prof. Davide Brugali

37/44

Robot per saldatura

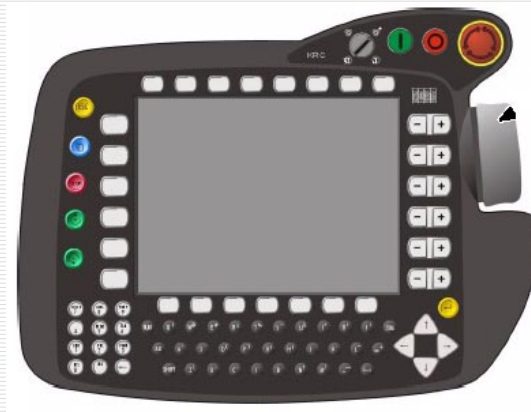


1.4 – Dispositivi di controllo

Informatica Industriale - Prof. Davide Brugali

38/44

Console di controllo



Armadio di controllo



Standard PC Hardware

Il CPU Pentium (o processore principale paragonabile) e la memoria principale costituiscono la base del PC Hardware.

Un disco rigido serve per la memorizzazione del software di controllo completo incluso l'aiuto online e la documentazione online.

Un drive per floppy disk serve per scopi di archiviazione.

Un drive per CD-ROM consente di leggere il CD-ROM allegato all'armadio.

Il CD-ROM contiene il sistema operativo Windows, il software di controllo con tecnologia, l'aiuto online e l'intera documentazione per l'armadio di controllo e il robot.

Armadio di controllo

Scheda multifunzione (MFC-2)

La scheda multifunzione contiene un Ethernet Controller e costituisce l'interfaccia tra RUKA-Control-Panel e PC. La scheda è innestata nel PC.



Servo Elettronico Digitale (DSE-IBS)

Il modulo DSE-IBS innestato sulla scheda multifunzione con proprio DSP (Digital Signal Processor) serve per il protaggio dei servomoduli con valori nominali di corrente di fase e dati di parametrizzazione. Il DSE-IBS provvede inoltre all'elaborazione delle informazioni di errori e di situazioni lette dai servomoduli. Il DSE-IBS è equipaggiato con una propria interfaccia Interbus-S.

Armadio di controllo

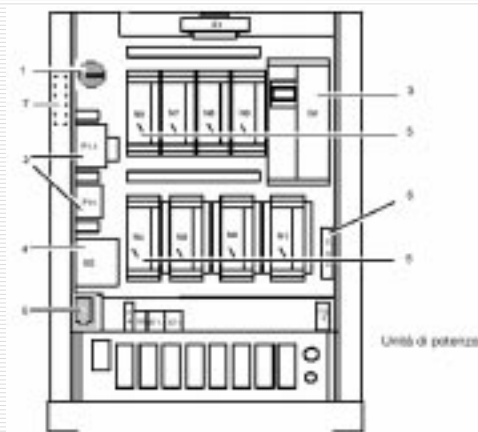


Electronic Safety Circuit (ESC)

La scheda ESC installata nell'armadio di controllo fa parte di un sistema di sicurezza assistito dall'elaboratore. L'ESC è composto da almeno uno, al massimo di 32 moduli denominati nodi. Questi nodi sono collegati tra di loro tramite linee di alimentazione e di comunicazione. Questa comunicazione viene sorvegliata continuamente. In caso di anomalie o interruzioni del circuito di sicurezza oppure in mancanza dell'alimentazione di tensione, ogni nodo porta le proprie uscite in condizioni di sicurezza. L'ESC disinserisce l'alimentazione di tensione degli azionamenti e provoca quindi l'arresto degli assi del robot.

La scheda ESC installata nell'armadio funge da ripartitore. Su essa si trovano i collegamenti per i singoli nodi.

Armadio di controllo



- 1 Interuttore principale
- 2 Elementi di protezione
- 3 Alimentatore di potenza KPS
- 4 Alimentatore bassa tensione
- 5 Servoconvertitore (max. 8 pezzi)
- 6 Modulo di sicurezza ESC-CI
- 7 Filtro di rete
- 8 Presa di servizio (opzione)

Unità di potenza

Applicazioni software

