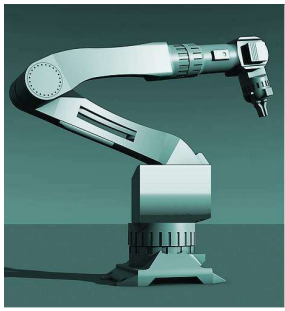
Convegno Nazionale Inail - CNI



La Gestione della sicurezza nell'utilizzo di macchine e attrezzature:
percorsi formativi criticità e casi studio

"Sistemi di controllo delle macchine relativi alla sicurezza"

Fabio Pera – Inail

Roma 22 Gennaio 2020

Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti prodotti e insediamenti antropici

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

Obblighi del datore di lavoro

- **Conformità** delle attrezzature di lavoro messe a disposizione dei lavoratori alle specifiche disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto ad esse applicabili (d.lgs. 81/08, art. 70);
- **Utilizzo** delle attrezzature di lavoro (che devono essere idonee ai fini della salute e sicurezza e adeguate al lavoro da svolgere o adattate a tali scopi) in conformità alle disposizioni legislative di recepimento delle direttive comunitarie (d.lgs. 81/08, art. 71).

Obblighi del costruttore

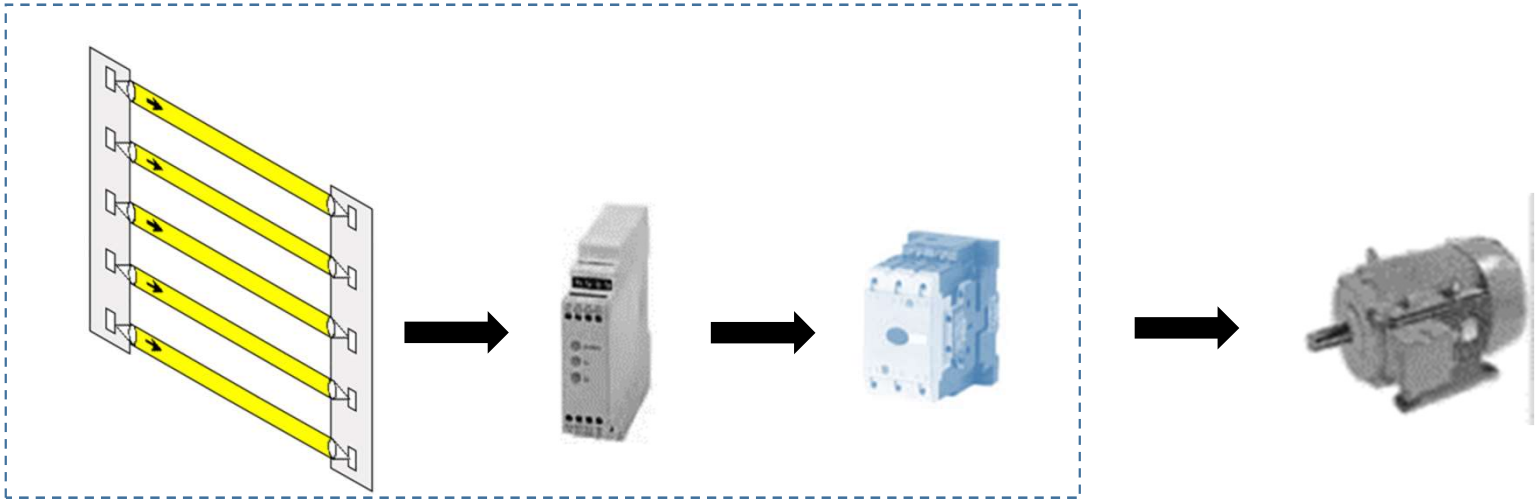
I sistemi di comando devono essere progettati e costruiti in modo da evitare l'insorgere di situazioni pericolose. In ogni caso essi devono essere progettati e costruiti in modo tale che:
- resistano alle previste sollecitazioni di servizio e agli influssi esterni,
- un'avaria nell'hardware o nel software del sistema di comando non crei situazioni pericolose,
- errori della logica del sistema di comando non creino situazioni pericolose,
- errori umani ragionevolmente prevedibili nelle manovre non creino situazioni pericolose[…]"

(RES 1.2.1 Allegato I, direttiva 2006/42/EC – **Sicurezza e affidabilità** dei sistemi di comando)

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Cos'è la sicurezza funzionale?**

……è la sicurezza della macchina che dipende dal corretto funzionamento del sistema di comando che svolge funzioni di sicurezza per proteggere lavoratori e persone esposte .



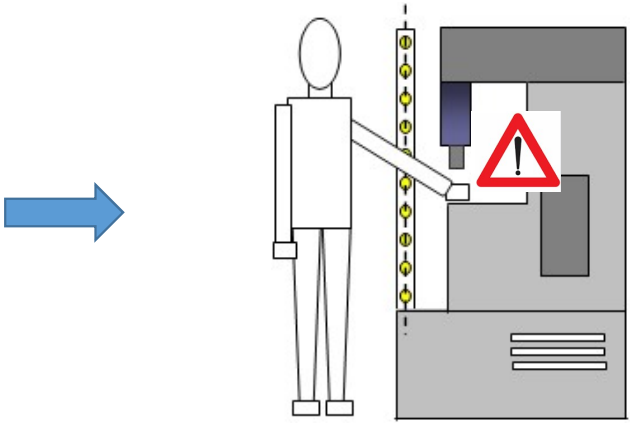
Barriera luminosa | Modulo logico | contattore | Motore controllato

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Cos'è una funzione di sicurezza?**

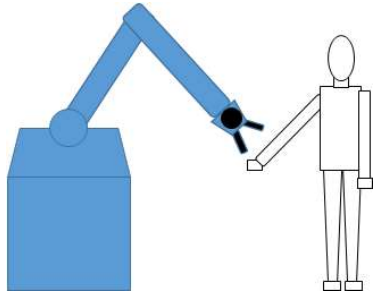
…… è una funzione della macchina il cui guasto può determinare un immediato aumento del rischio.

Barriera ottica di protezione contro l'accesso agli organi di lavorazione della macchina: il mancato arresto della macchina nonostante l'attraversamento della barriera da parte dell'operatore con una parte del corpo, con l'utensile in movimento, può creare un danno grave all'operatore stesso



Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

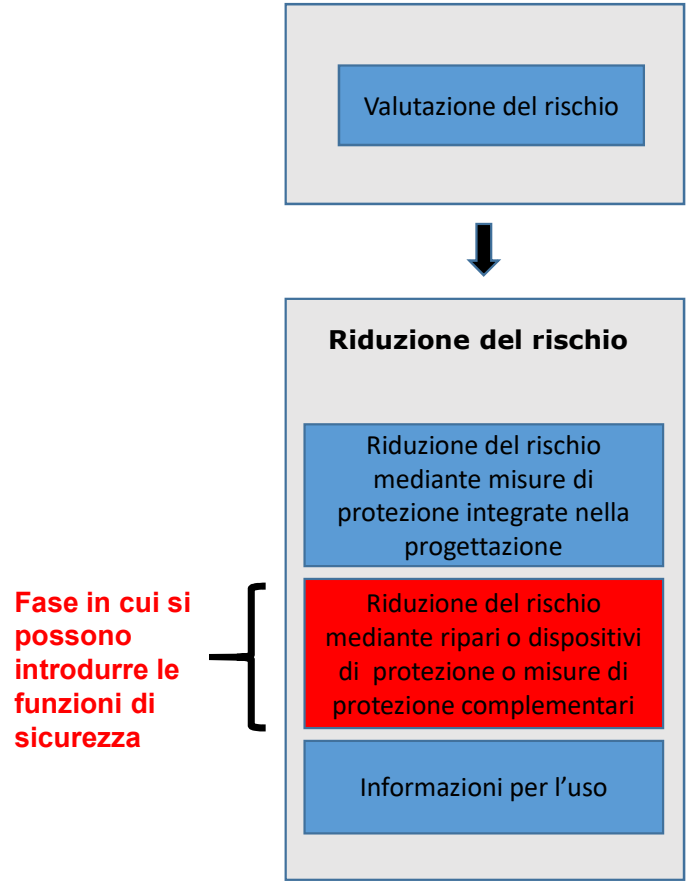
- **Alcuni esempi di funzioni di sicurezza……**
  - Interblocco dei ripari
  - Arresto di emergenza
  - Controllo movimenti ad uomo presente
  - Comando a due mani
  - Arresto di sicurezza monitorato (approcci collaborativi)
  - Monitoraggio della velocità e della posizione (cobots)
  - Limitazione di forza e potenza (cobots)



Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Quando e perchè si introducono le funzioni di sicurezza?**

…… le funzioni di sicurezza si introducono nel processo di analisi del rischio, se richieste nella fase di riduzione del rischio, quando occorre applicare dispositivi di protezione.



Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Come si sceglie una funzione di sicurezza?**

Una funzione di sicurezza si sceglie in base al parametro che la caratterizza in maniera univoca cioè il *livello di integrità della sicurezza* detto **SIL** (tre livelli per le macchine - IEC EN 62061) oppure il *livello di prestazione* detto **PL** (cinque livelli per le macchine – ISO EN 13849-1): entrambi sono quantificati dal punto di vista hardware dalla probabilità di guasto

PL	PFH_D (Probabilità media di guasto pericoloso per ora) 1/h	SIL
a	$\geq 10^{-5}$ fino a $< 10^{-4}$	-
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ fino a $< 10^{-5}$	1
c	$\geq 10^{-6}$ fino a $< 3 \times 10^{-6}$	1
d	$\geq 10^{-7}$ fino a $< 10^{-6}$	2
e	$\geq 10^{-8}$ fino a $< 10^{-7}$	3

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

Le funzioni di sicurezza sono realizzate con parti di sistemi di controllo relative alla sicurezza dette **SRP/CS** (secondo ISO 13849-1) o sottosistema **SB** (subsystem in analogia con IEC 62061). Se una SRP/CS o un sottosistema si guasta si perde la funzione di sicurezza.

Una funzione di sicurezza può essere implementata da una o più SRP/CS. In genere si considera un ingresso, una logica, un'uscita ma questi, insieme, possono anche costituire una sola SRP/CS.

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Quali parametri di affidabilità contribuiscono al calcolo del SIL o del PL per una SRP/CS o un sottosistema?**

- $MTTF_D$: tempo medio al guasto pericoloso (si applica a tutti i componenti)

- DC: copertura diagnostica, è il rapporto fra i guasti pericolosi rilevati rispetto a tutti i guasti pericolosi (si applica su strutture ridondanti)

$$DC = \frac{\Sigma \lambda_{DD}}{\Sigma \lambda_D}$$

λ_{DD}: tasso di guasti pericolosi rilevati
λ_D: tasso di guasti pericolosi complessivo

- CCF: guasti di causa commune (si applica a strutture ridondanti)

Questi parametri sono utilizzati in sistemi di calcolo più o meno complessi (es. metodo di Markov) ma è possibile utilizzare metodi semplificati resi disponibili dalla normativa di settore cioè ISO EN 13849 (PL) e IEC EN 62061 (SIL)

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

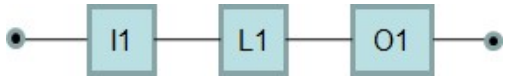
- **I parametri quantitativi sono sufficienti per definire il PL/SIL ?**

I parametri quantitativi permettono di valutare la probabilità media di guasto pericoloso hardware per ora, detta PFH_D, per definire del tutto il PL o il SIL occorre valutare anche:

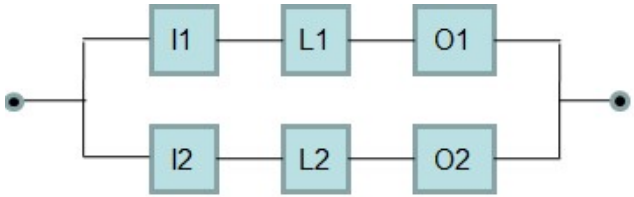
- Il software di sicurezza
- I guasti sistematici
- Le condizioni ambientali

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

Le SRP/CS o i sottosistemi sono realizzati con strutture, chiamate architetture, a singolo canale o ridondanti, con combinazioni di blocchi di input, logica ed output



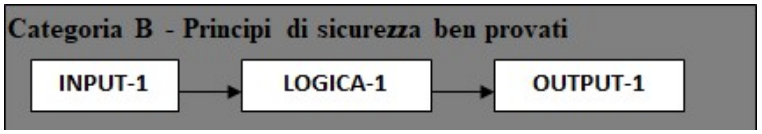
singolo canale: è caratterizzato dalla qualità ed affidabilità dei componenti, un guasto porta alla perdita della funzione di sicurezza



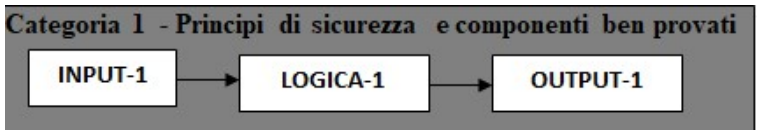
Canale ridondante: è caratterizzato dalla struttura, cioè ridondanza e diversità e possibilità di monitoraggio dei guasti. Il singolo guasto non porta alla perdita della funzione di sicurezza

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

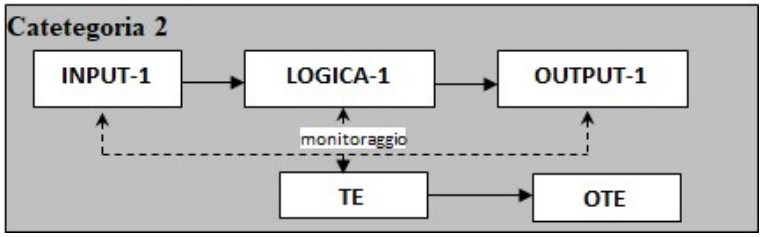
Le architetture della norma ISO 13849-1



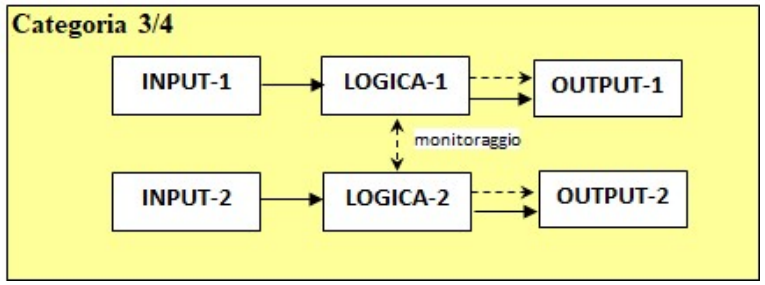
Cat. B basata sull'applicazione di **principi di sicurezza di base** – PL_{max}: «b»



Cat. 1 basata sull'applicazione di **principi di sicurezza e componenti ben provati** (affidabilità dimostrata) – PL_{max}: «c»



Cat. 2 basata sull'applicazione di un canale di Test che **verifica la funzione** a intervalli regolari – PL_{max}: «d»



Cat 3/4 basate sull'applicazione di una copertura **diagnostica DC** (freccia tratteggiata in figura a lato) che in Cat. 4 raggiunge livelli superiori (99%) a quelli in Cat. 3 – PL_{max} : «e»

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

- **Principi di sicurezza di base**

Si tratta di principi di progettazione e costruzione basilari per l'ingegneria, ad esempio: impiego di materiali idonei, corretto dimensionamento e forma (fatica, sforzi, tensioni, tolleranze…)….

- **Principi di sicurezza di ben provati**

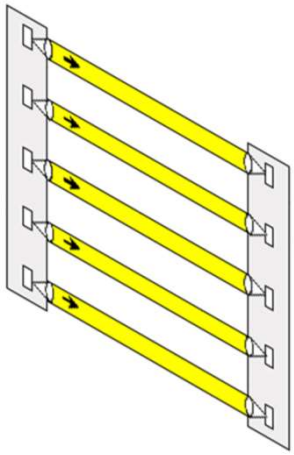
Si tratta di principi generali di progettazione e costruzione idonei e affidabili per l'ingegneria, ad esempio: impiego componenti con modo di guasto determinato, sovradimensionamento dei componenti, azionamento diretto…….

- **Componenti di sicurezza ben provati**

Si tratta di componenti ampiamente utilizzati con esito positivo, idonei e affidabili per applicazioni di sicurezza in funzione della specifica applicazione. La norma ISO 13849-2 fornisce alcuni elenchi per le diverse tecnologie.

Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

Esempio: Barriera luminosa di protezione con ISO 13849-1



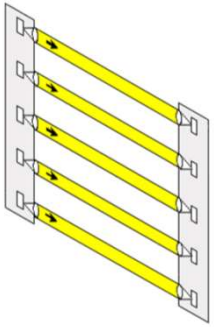
Barriera luminosa
- Tipo 2
- Cat. 2
- Per applicazioni fino a PL «c»
- $PFH_D=2x10^{-8}$
- Mission Time: 20 anni

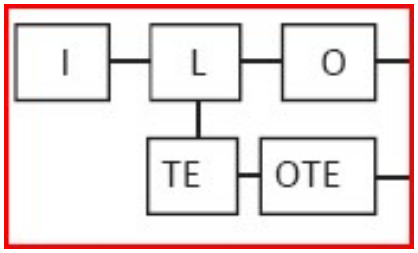
Modulo di sicurezza K
- Per applicazioni fino a PL «e»
- Cat. 4
- $PFH_D=3x10^{-8}$
- Mission Time: 20 anni

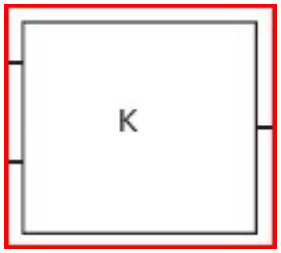
Contattore Q
- Conforme a IEC 60947-4-1
- $B10_D=1300000$; $N_{op}=1760$ cicli/anno
- $MTTF_D=B10_D/N_{op}x\ 0,1=7390$ anni
- Componente ben provato (protezione termica e da sovraccarico)
- Cat. 1
- $PFH_D=1,14x10^{-6}$
- PL= «c»
- $T10_D=739$ anni

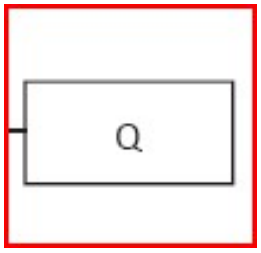
Sistemi di controllo relativi alla sicurezza delle macchine

Esempio: Barriera luminosa di protezione con ISO 13849-1



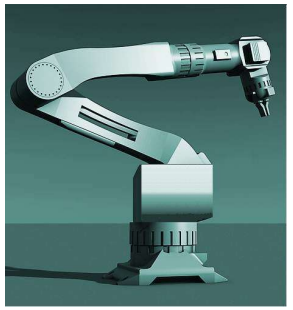






Sottosistema 1	Sottosistema 2	Sottosistema 3
Cat. 2 PL c $PFH_D = 2*10^{-8}$	Cat. 4 PL "e" $PFH_D = 3*10\text{-}8$	Cat. 1 PL "c" $PFH_D = 1{,}14*10^{-6}$

PL complessivo: PL c **PFH_D Totale = $1{,}19*10^{-6}$**



Grazie per la vostra attenzione