



Università degli studi di Cagliari

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica

Corso di laurea di Ingegneria Elettronica

Tesi di Laurea Specialistica

**Progettazione, costruzione e controllo
di un ascensore da laboratorio a tre piani**

Michele Pischedda

relatore

Prof. Ing. Alessandro Giua

Anno accademico 2010-2011

Indice

Capitolo 1: Introduzione

1.1 Premessa	7
1.2 Automazione industriale	7
1.3 Progetto e costruzione del dispositivo fisico	9
1.3.1 Obiettivo	9
1.3.2 Modello fisico	9
1.3.3 Problematiche meccaniche incontrate	10
1.3.4 Parte elettrico – elettronica	11
1.4 Progettazione legge di controllo	13
1.5 Organizzazione della tesi	14

Capitolo 2: PLC

2.1 Premessa	17
2.1.1 Alimentatore	18
2.1.2 Schede di ingresso digitali	18
2.1.3 Schede di uscita digitali	19
2.1.4 Schede di ingresso analogiche	19
2.1.5 Schede di uscita analogiche	19
2.2 Schede di comunicazione	19
2.3 Linguaggi di programmazione	20
2.3.1 Linguaggi grafici	21
2.3.2 Linguaggi testuali	21

Capitolo 3: La programmazione del PLC

3.1 Premessa	22
3.2 Sequential functional chart(SFC)	22
3.2.1 Elementi di base	22
3.2.1.1 Fase	22
3.2.1.2 Transizione	23
3.2.1.3 Archi orientati	23
3.2.2 Regole di evoluzione	24
3.2.3 Variabili temporali	25
3.2.4 Tipi di azioni	26
3.2.4.1 Azione continua	26
3.2.4.2 Azione condizionata	26
3.2.4.3 Azione memorizzata	28
3.2.5 Strutture classiche	29
3.2.5.1 Scelta	29
3.2.5.2 Convergenza	29
3.2.5.3 Parallellismo	30
3.2.5.4 Sincronizzazione	30
3.3 Linguaggio a contatti	31
3.3.1 Istruzioni di base	32
3.3.1.1 Temporizzatori e contatori	33
3.4 Istruzioni per il controllo del programma	34
3.5 Traduzione dall'SFC	35
3.5.1 Sezione inizializzazione	36
3.5.2 Sezione esecuzione delle azioni	37
3.5.3 Sezione valutazione transizioni	37
3.5.4 Sezione aggiornamento della condizione	38

Capitolo 4: Ascensore

4.1 Premessa	39
4.2 Storia	39
4.3 Normative italiane	40
4.4 Gli adeguamenti tecnici previsti dal D.M 23 Luglio 2009	41
4.5 Ascensori pubblici e ascensori inclinati	41
4.6 Sistema di emergenza in caso di black out	42
4.7 Funzionamento ascensore a relé	43
4.8 Manovra universale e manovra a prenotazione collettiva salita/discesa	48
4.8.1 Manovra universale	48
4.8.2 Manovra a prenotazione collettiva salita/discesa	48

Capitolo 5: Dispositivo fisico

5.1 Premessa	49
5.2 Parte strutturale	49
5.2.1 Misure parte in legno	52
5.3 Parte meccanica	53
5.3.1 Asta filettata	53
5.3.2 Doppia canaletta	53
5.3.2.1 Problema1	56
5.3.2.2 Problema2	56
5.3.2.3 Problema3	56
5.4 Parte elettrico – elettronica	57
5.4.1 PLC Siemens S7-200	57

5.4.2 Alimentatore PLC	63
5.4.3 Motore e alimentazione	64
5.4.4 Inversione motore e relé	65
5.4.4.1 Schema circuitale	66
5.4.5 Pulsanti, led, allarme	68
5.4.6 Led ascensore	69
5.4.7 Allarme	71
5.4.8 Scelta resistenze per led, pulsanti e allarme	71
5.4.8.1 Led	71
5.4.8.2 Pulsanti	72
5.4.8.3 Allame	73
5.4.9 Sensori piani	73
5.4.9.1 Problematiche incontrate	74
5.4.9.2 Circuito di amplificazione segnale	75
5.4.9.3 Il transistor come interruttore	75
5.4.9.4 Alimentazione sensori	77
5.4.10 Interfacciamento con il PLC	78
Capitolo 6: Progettazione legge di controllo	
6.1 Premessa	80
6.2 Specifiche di funzionamento in manovra universale	80
6.2.1 SFC	80
6.2.1.1 Leggenda schema	82
6.2.1.2 Interpretazione dell'SFC	83
6.3 Specifiche di funzionamento in manovra con prenotazione	83
6.3.1 SFC	85
6.3.2 Leggenda schema	88

Capitolo 7: Prove sperimentali processo fisico

7.1 Premessa	89
7.2 Manovra universale	89
7.3 Manovra con prenotazione	90

Capitolo 8: Conclusioni

8.1 Premessa	94
8.2 Considerazioni sul progetto	94
8.3 Considerazioni sulla programmazione del PLC	95

Appendice A: Schemi grafici ladder	96
---	-----------

CAPITOLO 1

Introduzione

1.1 Premessa

Nel capitolo si intende fornire una panoramica degli argomenti sviluppati nella tesi. Così dopo un'introduzione generale sul concetto e sulla storia dell'automazione industriale, si focalizzerà sul progetto, costruzione e programmazione di un ascensore da laboratorio a tre piani. Infine viene riportato un breve riassunto dei contenuti dei capitoli della tesi.

1.2 Automazione industriale

Il termine **automazione** identifica la tecnologia che usa sistemi di controllo (come circuiti logici o elaboratori) per gestire macchine e processi, riducendo la necessità dell'intervento umano. Si realizza per l'esecuzione di operazioni ripetitive o complesse, ma anche ove si richieda sicurezza o certezza dell'azione o semplicemente per maggiore comodità. A partire dalla rivoluzione industriale sono stati richiesti, agli ingegneri e alle industrie degli enormi investimenti nell'automazione: la macchina a vapore di James Watt prima, il motore a scoppio di Eugenio Barsanti e Felice Matteucci e l'elettronica dopo, hanno permesso il raggiungimento di notevoli progressi tecnologici.

L'automazione industriale può definirsi come la materia che studia le metodologie e le tecnologie che permettono il controllo dei flussi di energia, di materiali e di informazioni necessari alla realizzazione dei processi produttivi. Si ha dunque l'individuazione del processo fisico, con cui si intendono tutte le possibili operazioni industriali (azioni meccaniche, movimenti, reazioni chimiche etc..) che provocano variazioni di entità appartenenti al mondo fisico, e del sistema di controllo, che è genericamente da considerarsi come l'insieme delle apparecchiature che attraverso l'analisi di varie informazioni elabora un algoritmo che gli consente di effettuare tutte le azioni necessarie per il controllo stesso. Per quanto riguarda il collegamento con il sistema di controllo vengono utilizzate due tipi di apparecchiature:

- **Sensori:** sono adoperati per rilevare e fornire informazioni sullo stato del processo fisico al sistema di controllo. Esempi sono i sensori di prossimità, sonde di temperatura etc. .

- **Attuatori:** sono i componenti che mettono in atto le azioni imposte dal sistema di controllo, esempi tipici possono essere motori, elettrovalvole, pompe.

C'è da dire inoltre che il sistema di controllo scambia delle informazioni con altre entità esterne, che possono essere degli operatori umani o dei sistemi di controllo gerarchicamente superiori. Storicamente, con il diffondersi dell'elettricità, si utilizzarono dei dispositivi elettromeccanici come relé e temporizzatori per le applicazioni di automazione e per lungo tempo questi rimasero l'unica possibilità per la realizzazione di sistemi di controllo, nonostante fossero caratterizzati da alcuni difetti intrinseci quali:

- Elevato costo dei componenti
- Complessità della progettazione
- Difficoltà nella installazione e manutenzione
- Occupazione di un notevole spazio fisico
- Scarsa velocità di elaborazione
- Difficoltà nella determinazione dei guasti e nella riconfigurazione

L'avvento del calcolatore elettronico ha permesso di superare molti di questi inconvenienti e di rispondere alle necessità delle industrie di avere dei controllori che potessero essere facilmente programmati e riprogrammati, di occupare meno spazio e di essere economici.

I sistemi che rispondono a queste caratteristiche vengono chiamati controllori a logica programmabile, più noti come PLC e la loro nascita si può far risalire alla fine degli anni sessanta. Il Comitato Elettrotecnico Internazionale(IEC)definisce il PLC come un

Sistema elettrico a funzionamento digitale, destinato all'uso in ambito industriale, che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione interna di istruzioni orientate all'utilizzatore per l'implementazione di funzioni specifiche, come quelle logiche, di sequenziamento, di temporizzazione di conteggio e di calcolo aritmetico, e per controllare, mediante ingressi ed uscite sia analogiche che digitali, vari tipi di macchine e processi.

Superato un primo fisiologico periodo di adattamento da parte dell'industria(diffidenza verso un nuovo prodotto, resistenza all'abbandono di sistemi comunque ampiamente provati)oramai i PLC hanno ormai raggiunto un livello di predominante importanza in tutti i campi dell'automazione, favorito anche dal grande progresso raggiunto dai componenti e circuiti elettronici che consente di ottenere controllori sempre più potenti e affidabili, mantenendo una elevata economicità.

Altri elementi che hanno sancito l'affermarsi del PLC nei sistemi di controllo sono i seguenti:

- Test: c'è la possibilità di effettuare dei test sul corretto funzionamento del sistema di controllo attraverso appositi simulatori, dunque senza pericolo di danneggiamenti del processo fisico.
- Supervisione: c'è la possibilità con appositi software di intervenire o monitorare il sistema su personal computer.
- Controllo remoto: è possibile effettuare la supervisione anche da zone lontane da quelle in cui si svolge il processo fisico.

1.3 Progetto e costruzione del dispositivo fisico

1.3.1 Obiettivo

L'obiettivo della tesi è la concreta realizzazione di un prodotto finito e funzionante, un oggetto complesso che, ormai, è entrato a far parte della vita quotidiana della maggior parte della persone: l'ascensore.

1.3.2 Modello fisico

Prima di eseguire la struttura in legno è stato costruito un dispositivo in cartone, questo per rendersi conto delle dimensioni e degli spazi necessari. In questo modo oltre ad ottenere le giuste misure del legno, è stato possibile rendersi conto degli spazi a disposizione per l'aggiunta della parte elettrica, meccanica ed elettronica.

È stato costruito un modello perfettamente funzionante in cartone con pulsanti, ascensore, PLC, asta filettata per far salire e scendere l'ascensore, relè, fili etc.... Il 90% di quello descritto è stato fatto in cartone e polistirolo. Si è ottenuta così la struttura reale, così da poter fare correzioni e calcoli più precisi.

Per far salire e scendere l'ascensore si è pensato inizialmente ad una cinghia di stampante messa in rotazione da un motore elettrico. A livello pratico si avrebbe avuto la salita o la discesa dell'ascensore molto rapida, lontana dalle situazioni reali e una difficoltà nel costruire e rendere precisi i movimenti della cinghia. Si è pensato ad un'asta filettata avendo la seguente particolarità: se fatta ruotare in un senso il bullone ad essa avvitato sale verso l'alto, viceversa, se fatta ruotare nell'altro il bullone scende verso il basso. La velocità di rotazione non è stato un problema visto che si poteva scegliere un motore con un numero di giri giusto per far muovere in maniera più reale possibile l'ascensore, il problema è stato fissare il motore nella struttura e fissare l'asta al motore in maniera precisa e affidabile in modo da evitare vibrazioni dell'asta. Il tutto è stato montato con un'ampia precisione. Un altro problema è stato far muovere l'ascensore su e giù senza che esso oscillasse, doveva essere il

più stabile possibile. Si è pensato alle canalette che si usano per far scorrere ad esempio le vetrate, canalette più delle ruote che sono state fissate all'ascensore in modo da farlo scorrere con pochissimo attrito e tantissima stabilità.

1.3.2.1 Problematiche meccaniche incontrate

Nella realizzazione del dispositivo sono emerse diverse problematiche legate alla parte meccanica :

- **Problema della foratura della base in legno del dispositivo.** Essendo la base della struttura fatta di legno e l'asta filettata in ferro creava dei problemi. L'asta ruotando forava il legno e non essendo in equilibrio, oscillando, piegava irrimediabilmente l'asta. Per risolvere il problema è stato utilizzato un fondello per barra in ferro, in questo modo l'asta ruotando nel fondello non forava il legno risultando stabile e senza oscillazioni. Sono state necessarie tante regolazioni del fondello prima di trovare quella giusta, se regolata male solo di un millimetro l'asta oscillava e si piegava all'istante una volta messo in funzione il motore. Ovviamente è stato messo un fondello anche nella parte superiore per renderlo più stabile e affidabile.
- **Problema collegamento asta filettata - ascensore.** Bisognava trovare il modo di congiungere la parte in legno dell'ascensore al dado dell'asta filettata e fare in modo che tutto fosse in equilibrio e in allineamento perfetto con l'asse verticale dell'asta. Il problema è stato risolto mettendo una piastra in ferro più quattro viti e un dado M8, le quattro viti oltre che a tenere saldo l'ascensore erano utili per regolare il dado M8 all'inclinazione dell'asta filettata, fondamentale per il regolare funzionamento, limitando al massimo gli attriti e le oscillazioni.
- **Problema lamina ascensore.** Questo è stato un problema che si risolveva ragionando principalmente sul funzionamento del motore e sul principio di funzionamento dei sensori ad effetto hall(verranno spiegati meglio in seguito). In pratica tra i due estremi del sensore c'è un fascio di luce che andava interrotto per permettere all'ascensore di fermarsi. Di conseguenza bisognava calcolare lo spessore della lamina da utilizzare per interrompere il fascio tenendo conto del motore che si sarebbe impiegato e della sua velocità. L'ascensore doveva fermarsi esattamente nel sensore, non un millimetro più giù, il rischio era che se fosse successo così, il PLC non avrebbe più localizzato la sua posizione bloccando il funzionamento del dispositivo.

1.3.3 Parte elettrico – elettronica

Per una corretta e precisa progettazione della parte elettrica ed elettronica è stata fondamentale la conoscenza dei dati tecnici del PLC utilizzato. La Siemens mette a disposizione diversi tipi di CPU S7-200, caratterizzati a una vasta gamma di funzioni e potenzialità, che consentono di realizzare soluzioni di automazione per le diverse applicazioni. Le schede dei dati tecnici del PLC hanno avuto un ruolo fondamentale nel calcolo di tutte le correnti del dispositivo fisico, tutti i calcoli sono stati fatti tenendo presente queste caratteristiche. Come alimentatore del PLC si è scelto uno di tipo industriale a 24V regolabili(22.8V-27V) e a 4,5A. Perché a 24V e a 4,5A? Il voltaggio è stato scelto molto semplicemente consultando le schede tecniche, il PLC poteva essere alimentato da una tensione compresa tra 20,4V ad una di 28.8V DC. Per quanto riguarda l'amperaggio non si poteva acquistare un alimentatore con un amperaggio inferiore ad 1A, dalle schede tecniche risultava che il carico massimo supportato dal PLC a 24V era di 900mA.

La scelta del motore è stata abbastanza impegnativa, doveva essere un motore di piccola grandezza, di basso assorbimento e soprattutto capace di tenere ferma l'asta in fase di rotazione. Dopo vari tentativi falliti con diversi tipi di motore si è pervenuti all'utilizzo di un trapano avvitatore a 12V DC. Il grosso vantaggio è stato fissare l'asta evitando saldature e oscillazioni durante la rotazione.

Un altro vantaggio è stato che il trapano avendo una frizione regolabile, permetteva di non rovinare la cabina in caso di un errore di programmazione (esempio andando a sbattere nella base o nella parte superiore della struttura fisica). Infatti il trapano grazie a questa frizione impostata ad 1 avrebbe girato a vuoto mantenendo l'asta e l'ascensore fermo, consentendo un pronto intervento ed evitando danni all'apparecchio. Per quanto riguarda l'assorbimento, si è scelto un motore con assorbimento in spunto intorno ai 5A che poi si stabilizzava intorno ad 1A.

Necessitava quindi un alimentatore a 12V DC con un amperaggio di almeno 5A, infatti è stato impiegato un alimentatore da 7,5A. A questo punto bisognava costruire un circuito elettronico in grado di far girare in entrambi i sensi il motore azionato dal PLC, al tempo stesso PLC e motore dovevano essere disaccoppiati per evitare in caso di corto di bruciare il primo. Il relè è stata la mia prima scelta, essendo un dispositivo comandato dalle variazioni di corrente di un'altro circuito. In sostanza il relè è un interruttore che non viene azionato a mano ma da un elettromagnete.

Nella realizzazione del dispositivo sono stati utilizzati nove pulsanti **normalmente aperti**, un pulsante **on-off** ipotizzato come pulsante di emergenza che blocca il funzionamento del dispositivo in qualsiasi istante qual'ora ci fosse un improvviso mal funzionamento. Le pareti frontali in legno sono state scelte di spessore 0.6cm, se fossero state un millimetro più spesse non sarebbe stato possibile fissare pulsanti e led, sarebbe stato necessario levigare il legno con conseguenti perdite di tempo e danneggiamenti all'estetica della struttura.

Occorreva che qualcosa segnalasse l'apertura delle porte dell'ascensore nei rispettivi piani, perciò è stato utilizzato un led rosso. Dovendo essere alimentato bisognava trovare una soluzione che evitasse l'uso cablato visto le probabili complicazioni dovute all'intreccio dei fili. Come soluzione al problema sono state utilizzate le aste in alluminio come polo positivo e polo negativo. Essendo il materiale un buon conduttore è bastato collegare i due fili del led alle ruote dell'ascensore che sono in contatto con l'alluminio e alimentare le barre in alluminio con una tensione di 24V continui.

I led sono alimentati dal PLC, quest'ultimo è alimentato a 24V, questo fatto creava un piccolo problema. Se si fosse collegato il PLC direttamente ai led senza una resistenza opportunamente calcolata avrebbero bruciato all'istante. Il led non è altro che un diodo perciò è risaputo che la sua tensione di soglia V_d è di 0,7V, i led utilizzati sono ad alta luminosità perciò per funzionare hanno bisogno almeno di 20-25mA, la corrente minima per emettere luce percettibile è di 4mA. Si avevano sufficienti dati per calcolare la resistenza opportuna.

Schiacciando uno qualsiasi dei pulsanti in pratica si chiude un circuito elettrico, di conseguenza circolerà una certa corrente. Dalle specifiche sul PLC era noto che l'assorbimento massimo era di 900mA. Ma da questi 900mA bisognava sottrarre i 33mA assorbiti dal PLC, i 120mA assorbiti dalla CPU e i 110mA assorbiti a causa dei pulsanti.

Ipotizzando il caso peggiore per cui tutti i pulsanti siano contemporaneamente premuti e optando per una corrente di 10mA per ciascun pulsante si è potuto ricavare la resistenza da inserire nei circuiti. A questo punto della realizzazione del dispositivo erano indispensabili tre sensori che rilevassero la posizione della cabina nei rispettivi piani, sono stati scelti dei sensori ad effetto hall recuperati da delle vecchie stampanti.

Come funzionano i sensori ad effetto hall? Il principio dell'effetto HALL prende il nome dal fisico Edwin Hall che nel 1879 scoprì che quando un conduttore o un semiconduttore, attraversato da corrente, è inserito perpendicolarmente in un campo magnetico è possibile misurare una differenza di potenziale ai capi dell'elemento sensibile. Questi sensori forniscono un segnale molto preciso, ripetibile e veloce (microsecondi) adatto ad essere usato con un microprocessore o da un PLC. In pratica il diodo manda un fascio verso il transistor creando una differenza di potenziale ai suoi capi. Quelli utilizzati nel progetto sono sensori **normalmente chiusi**.

Dalle specifiche del PLC affiorava che l'1 logico veniva interpretato come una tensione di almeno 4V (almeno una corrente di 10mA), grossa complicazione visto che le correnti misurate dai sensori erano intorno all'ampere, era necessaria la progettazione di un circuito che amplificasse i segnali portandoli almeno a 4V, era necessario un componente elettronico da utilizzare come interruttore, il transistor. È stato scelto il transistor modello BC547 della PHILIPS, dal DATA SHEET risultava avere una $I_B=0,5\text{mA}$ $\beta=150$ (guadagno). In questo modo si avrebbe avuto una corrente di collettore di circa $I_C \approx I_B \beta \approx 120\text{mA}$ (0,8mA x 150), valore troppo alto visto i limiti di assorbimento del PLC visti in precedenza.

Necessitava una corrente di collettore di almeno 10mA perciò, è stata introdotta una resistenza da 2200Ω per limitare la corrente di collettore a 12mA, valore opportunamente scelto.

I sensori sono alimentati a 24V dallo stesso alimentatore del PLC. Per evitare di bruciarli è stato necessario introdurre delle resistenze da 1800Ω per limitare la corrente a circa 15mA (praticamente si trattava di alimentare il diodo laser interno al sensore).

Infine sono stati collegati i vari ingressi ed uscite al PLC tenendo ben presente lo schema elettrico del PLC.

1.4 Progettazione legge di controllo

Dopo la progettazione e la costruzione del dispositivo rimane da risolvere un aspetto cruciale che era quello della programmazione del PLC. Bisogna avere ben chiare le specifiche da rispettare prima di utilizzare un linguaggio grafico finalizzato alla descrizione del comportamento del sistema come l'SFC. L'ascensore in "**manovra universale**" deve funzionare nel seguente modo:

- *Supponiamo il sistema normalmente fermo, a porte chiuse. Se qualcuno preme il pulsante dall'esterno l'ascensore diventa occupato e questo viene segnalato in tutti e tre i piani, se entro 5 secondi non viene premuto il pulsante del piano dove l'utente vuole andare l'ascensore risulterà nuovamente libero. Se però l'utente all'interno dell'ascensore preme il pulsante la cabina incomincerà a muoversi e l'ascensore non potrà essere richiamato dall'esterno, risultando essere comandato solo dall'interno. Arrivato al piano l'ascensore resta occupato per un tempo di 5 secondi prima di ritornare libero con porte chiuse.*

L'ascensore in "**manovra con prenotazione**" deve funzionare nel seguente modo:

- *Supponiamo il sistema normalmente fermo, a porte chiuse. Se arriva una chiamata da un piano l'ascensore comincia muoversi verso quest'ultimo. Una volta che l'ascensore è arrivato a destinazione, dopo dieci secondi che rimane vuoto e, quindi, inutilizzato, diventa libero e nuovamente prenotabile.*

Ipotizziamo che la prenotazione sia avvenuta dal primo piano con l'ascensore fermo al terzo, la cabina incomincerà a muoversi verso il primo piano, se nel mentre però c'è stata una prenotazione dal secondo piano per andare al primo, la cabina prima si fermerà al secondo piano per caricare gli utenti, poi continuerà al primo (obbligatoriamente). Immaginiamo invece sempre riferendoci al caso precedente che la prenotazione arrivi sempre dal secondo piano ma solo per andare al terzo. Succede che l'ascensore partendo dal terzo piano non si fermerà al secondo per caricare gli utenti, prima caricherà quelli del primo piano, poi, risalendo caricherà quelli del secondo.

In questa modalità di funzionamento le prenotazioni rimangono in memoria (led rossi accesi) fino a quando non verranno servite. Ipotizziamo il caso in cui l'ascensore si stia dirigendo al primo piano partendo dal secondo. Un istante prima di arrivare al primo piano supponiamo arrivino le prenotazioni dal secondo sia per salire al terzo che per scendere al primo e la prenotazione dal terzo per scendere.

L'ascensore si comporterà nel seguente modo, si fermerà al primo piano, supponendo non salga nessuno dopo un tempo di 10 secondi inizierà a spostarsi verso il secondo piano in automatico; qui caricherà le persone che hanno prenotato per salire al terzo e si dirigerà verso quest'ultimo.

Contemporaneamente il pulsante di prenotazione si spegne consentendo ad un'altra persona di prenotare la salita dal secondo piano verso il terzo. L'utente che aveva prenotato la discesa dal secondo al primo piano è ancora in attesa, infatti l'ascensore arrivando dal terzo piano lo servirà solo ora.

Avendo ben chiare le specifiche da rispettare si è potuto progettare la legge di controllo utilizzando l'SFC poi tradotto in linguaggio Ladder.

1.5 Organizzazione della tesi

La tesi è composta da 8 capitoli:

- **Capitolo 1:** dopo aver introdotto il concetto di automazione industriale, si è focalizzato sulla progettazione, costruzione e programmazione del dispositivo, spiegando brevemente le problematiche affrontate e le soluzioni progettuali adottate.

- **Capitolo 2:** sono state descritte le caratteristiche hardware del PLC, l'alimentatore, le schede di ingresso digitali, le schede di uscita digitali, le schede di ingresso analogiche, le schede di uscita analogiche, le schede di comunicazione e i linguaggi di programmazione.

- **Capitolo 3:** è stata fornita una spiegazione dettagliata dei linguaggi utilizzati per la progettazione e la programmazione del PLC, L'SFC e il Ladder.

- **Capitolo 4:** questo capitolo è stato dedicato alla storia dell'ascensore e alle normative ad esso associate, è stato fatto un esempio di una tecnologia ormai superata, ma ancora impiegata, l'ascensore a relè.

- **Capitolo 5:** sono state illustrate le fasi di progettazione del dispositivo fisico, la parte strutturale, quella meccanica ed infine elettrico - elettronica. Tutto spiegato nel dettaglio, problematiche affrontate comprese.

- **Capitolo 6:** sono state illustrate le specifiche di funzionamento dell'ascensore in "manovra universale" e in "manovra con prenotazione", cioè le due modalità progettate. Sono state illustrate le fasi di progettazione dell'algoritmo, prima passando dall'SFC attraverso l'espressione dell'algoritmo mediante schemi funzionali, fino alla traduzione finale in LADDERI(in appendice A). Spiegazioni dettagliate sull'implementazione del programma .

- **Capitolo 7:** sono state riportate le prove sperimentali effettuate sul processo fisico, quelle sul funzionamento in "manovra universale" e quelle sul funzionamento in "manovra con prenotazione".

- **Capitolo 8:** vengono illustrate le considerazioni e le conclusioni ottenute dal lavoro svolto nella tesi.

Capitolo 2

PLC

2.1 Premessa

Nel presente capitolo ci si propone di descrivere le caratteristiche hardware del PLC. La descrizione del PLC avverrà in maniera generica descrivendone le caratteristiche generali comuni ai vari modelli presenti sul mercato. Verranno introdotti i linguaggi di programmazione esistenti, un loro approfondimento sarà dedicato al capitolo 3. È stato utilizzato il PLC Simatic S7-200. Figura 2.1.



Fig.2.1

Un PLC è composto da un alimentatore, dalla CPU che in certi casi può avere interna o esterna una memoria RAM o ROM o EPROM o EEPROM, da un certo numero di schede di

ingressi digitali e uscite digitali, e nel caso in cui sia necessario gestire grandezze analogiche, il PLC può ospitare delle schede di ingresso o di uscita sia analogiche che digitali.

Se il PLC opera in rete con altri PLC, sono necessarie delle schede di comunicazione adatte al protocollo di rete già implementato sugli altri PLC. Nel caso di operazioni di movimentazione, come nel campo della robotica, il PLC ospita delle schede di controllo assi, cioè delle schede molto veloci e sofisticate che permettono di gestire spostamenti e posizionamento.

2.1.1 Alimentatore

La CPU è il cervello del PLC. La CPU è una scheda complessa basata su una logica programmabile (Infineon sulle CPU Siemens S7) con funzionalità base di memorizzazione e accesso ad I/O, nonché bootloader, e con una zona di memoria a disposizione del programma utente, cioè del programma di automazione. La memoria utente è spesso esterna come ad esempio nel caso di memoria EPROM. Il vantaggio di una memoria esterna è legata alla semplicità di programmazione o di modifica dello stesso. La CPU durante il funzionamento a regime, colloquia con tutte le schede connesse sul BUS del PLC, trasferendo dati e comandi da e verso il mondo esterno (input e output). Una delle caratteristiche peculiari di molte CPU è la capacità di poter gestire le modifiche del programma di gestione del processo durante il normale funzionamento. Questa possibilità è estremamente utile nel caso di impianti che devono essere sempre attivi, come ad esempio nel controllo di processo e nella produzione industriale in serie. All'interno della CPU ci sono varie parti, tra cui

- unità di gestione, ovvero informazioni di gestione del PLC stesso, impostate dal costruttore e trasparenti all'utente;
- archivio di temporizzatori e contatori funzionali all'operatività del PLC;
- memorie immagine del processo, cioè le informazioni in ingresso ed i comandi in uscita del processo;
- memoria utente, in cui vengono scritti i programmi che il PLC deve eseguire;
- interfaccia per il dispositivo di programmazione, che comunica con gli strumenti di programmazione;
- bus dati, comando, indirizzi per la veicolazione dei dati fra le varie parti e con l'esterno della CPU.

2.1.2 Schede di ingresso digitali

Le schede di ingresso digitali sono utilizzate per il controllo di grandezze "digitali", cioè di tensioni a due valori (ad esempio 0V o 24V, oppure 0V 110V). Ogni scheda può gestire da 4 a 32, o 64 ingressi digitali differenti. I segnali dal campo vengono fatti arrivare con cavi elettrici fino alla morsettiera della scheda ed ogni singolo canale è opportunamente protetto da fusibili di adeguato amperaggio.

2.1.3 Schede di uscita digitali

Le schede di uscita digitali sono utilizzate per i comandi di attuatori digitali. Ad esempio un relè è un attuatore digitale, in quanto può avere soltanto due stati stabili: diseccitato, o eccitato. Altro esempio di attuatore è una valvola digitale a due stati: aperta, chiusa (elettrovalvola). Anche nel caso di schede di uscita digitali, si possono gestire da un minimo di 4 ad un massimo di 64 uscite digitali differenti.

2.1.4 Schede di ingresso analogiche

Questo tipo di schede di ingresso permettono il controllo di grandezze elettriche il cui valore può variare entro un intervallo. Le grandezze in gioco sono in tensione o in corrente. Ad esempio sono disponibili schede di ingresso analogiche in corrente, con un intervallo variabile tra 4 mA e 20 mA. Molti produttori di PLC rendono disponibili schede con ingressi analogici per sonde di temperatura sia Pt100 che termocoppie T, J, K, ecc. Queste schede sono disponibili con varie risoluzioni (8-12-14-16 bit) e con 1 o più ingressi separati galvanicamente disponibili in morsettiera o sul connettore frontale.

2.1.5 Schede di uscita analogiche

Le schede di uscita analogiche permettono di controllare degli attuatori variabili. Possono essere in corrente o in tensione ed avere una determinata risoluzione esprimibile in bit. Ad esempio è possibile comandare un motore elettrico tramite un inverter variandone la velocità, tramite la frequenza, da zero alla sua massima velocità. Oltre all'esempio sopra citato servono per regolazioni di temperatura variando l'intervallo di uscita, regolazioni di luce. Un esempio che può risultare molto chiaro è quella dell'intensità luminosa di una serie di plafoniere. Tramite un potenziometro noi aumenteremo o diminuiranno l'intensità luminosa.

2.2 Schede di comunicazione

Il PLC durante il suo funzionamento può comunicare con computer, con altri PLC oppure con altri dispositivi come le macchine CNC (i torni e/o le frese a controllo numerico delle aziende). La comunicazione con computer e altri dispositivi avviene tramite tipi di connessione standard come:

- RS232
- RS422/**PPI-RS485 Siemens figura 2.2**
- TCP/IP



Fig.2.2

La comunicazione con altri PLC avviene tramite protocolli standard, ad esempio:

- Profibus
- DeviceNet
- TCP/IP
- Modbus
- Modbus Plus
- Modbus TCP/IP
- Controlnet
- EGD
- UDP/IP
- CAN BUS

2.3 Linguaggi di programmazione

Il PLC per ottemperare ai suoi compiti deve essere programmato. La programmazione del PLC è effettuata normalmente con un PC sul quale un software specializzato permette di creare programmi da scaricare nella memoria della CPU del PLC.

Questi software di programmazione possono leggere il programma direttamente dalla memoria della CPU, e visualizzare il programma sul PC. Normalmente il programma viene scritto su PC, quindi scaricato sul PLC, e salvato sul PC stesso, per ulteriori modifiche o per sicurezza. La normativa IEC 1131-3 del 1993 ha standardizzato 5 linguaggi di programmazione, di cui 3 grafici e 2 testuali. La Normativa è stata successivamente aggiornata con l'uscita della "CEI EN 61131-3" detta anche "CEI 65-40" Prima Edizione: 1° giugno 1996.

2.3.1 Linguaggi grafici

- **Ladder diagram (LD o KOP) detto Linguaggio a contatti** - È il linguaggio più usato fino a pochi anni fa, in quanto era la trasposizione informatica dei circuiti elettrici usati dagli elettrotecnici.

L'automazione industriale infatti era basata su sistemi a logica cablata, il PLC (controllore di logica programmabile) ha permesso di trasportare i concetti della logica cablata nel linguaggio Ladder. Il programmatore semplicemente utilizza simboli logici corrispondenti a segnali di ingresso e di uscita per implementare la logica non più cablando i relè, ma disegnando gli schemi elettrici nel software di programmazione.

- **Sequential Function Charts (SFC) detto Diagramma funzionale sequenziale** - Viene usato anche come strumento di specifica. Tale linguaggio permette di implementare facilmente una macchina (o automa) a stati finiti.
- **Function Block Diagram (FBD o FUP) detto Diagramma a blocchi funzionali** - Analogo ai diagrammi circuitali.

2.3.2 Linguaggi testuali

- **Instruction List (IL o AWL) detto Lista di istruzioni** - Linguaggio di basso livello molto simile all'Assembler. Può essere facilmente ricavato dal Ladder.
- **Structured Text (ST) detto Testo strutturato** - Linguaggio di alto livello simile al *Pascal*.

Capitolo 3

La programmazione del PLC

3.1 Premessa

In questo capitolo ci si propone di fornire una spiegazione dettagliata dei linguaggi utilizzati per la progettazione e la programmazione del PLC.

3.2 Sequential functional chart(SFC)

L' SFC è un linguaggio di programmazione innovativo ed efficace per la progettazione di algoritmi di controllo. È un linguaggio grafico finalizzato alla descrizione del comportamento dei sistemi ad eventi discreti, cioè di quei sistemi in cui le variazioni dello stato non sono legate al trascorrere del tempo ma all' occorrenza di situazioni particolari. Se il dispositivo che deve realizzare il controllo lo accetta come linguaggio di programmazione non c'è bisogno di informazioni; se, come accade spesso non è compreso tra i possibili linguaggi di programmazione si dovrà tradurre quanto progettato in un programma scritto in un altro linguaggio di programmazione(il LADDER nel nostro caso).

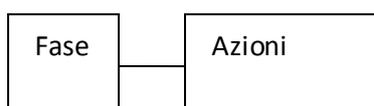
3.2.1 Elementi di base

Il linguaggio SFC è costituito da 3 elementi di base:

- Fase
- Transizione
- archi orientati

3.2.1.1 Fase

I simboli che rappresentano la fase e l'azione sono:

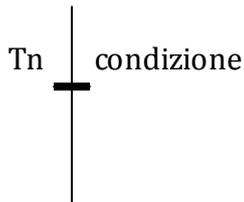


La fase è una condizione del sistema che può essere modificata solo dall'occorrenza di un determinato evento, tale evento genera una transizione che porta il sistema in una nuova fase. Ad ogni fase corrisponde un'azione corrispondente, viene descritta alla destra della fase e vi possono essere più azioni associate alla stessa fase.

Nell'SFC ad una fase generica n deve essere associata una variabile booleana **Xn**, detta **Marker di fase**, che assumerà il valore 0 se la fase è inattiva e il valore 1 se la fase è invece attiva, verranno utilizzate nelle condizioni di transizione.

3.2.1.2 Transizione

Simbolo:



Viene indicata con una barretta e la sigla Tn(transizione), n numero che la identifica; alla sua destra viene posta la sua condizione come funzione booleana di variabili booleane.

3.2.1.3 Archi orientati

Gli archi orientati collegano tra di loro le fasi, stabilendone la sequenza e sono interrotte dalle transizioni, le quali determinano le condizioni da soddisfare affinché si possano avere attivazioni e disattivazioni delle fasi. L'orientazione degli archi viene indicata con una freccia, può essere evitata nel caso che l'arco sia orientato verso il basso.

Esempio in figura 3.

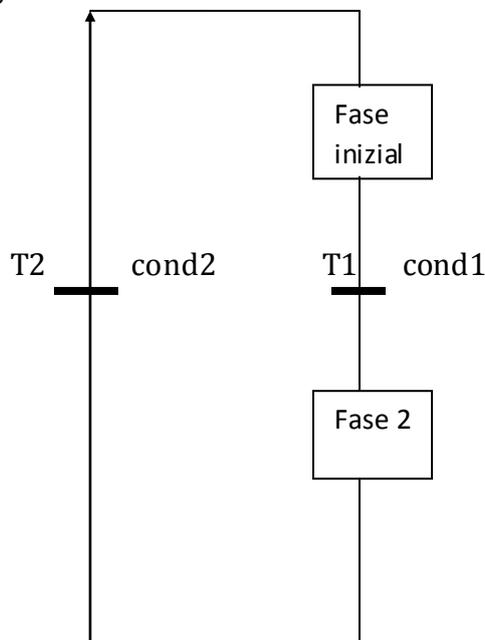


Fig.3

3.2.2 Regole di evoluzione

Per la costruzione di un SFC bisogna che tra 2 fasi collegate da un arco orientato vi deve essere sempre una transizione e tra 2 transizioni vi deve essere sempre almeno una fase. Un SFC può cambiare condizione attraverso il superamento delle transizioni. Affinché una transizione sia superabile devono verificarsi entrambe le seguenti condizioni:

- tutte le fasi a monte della transizione sono attive
- la condizione ad essa associata è vera

Esempio in figura 3.1.

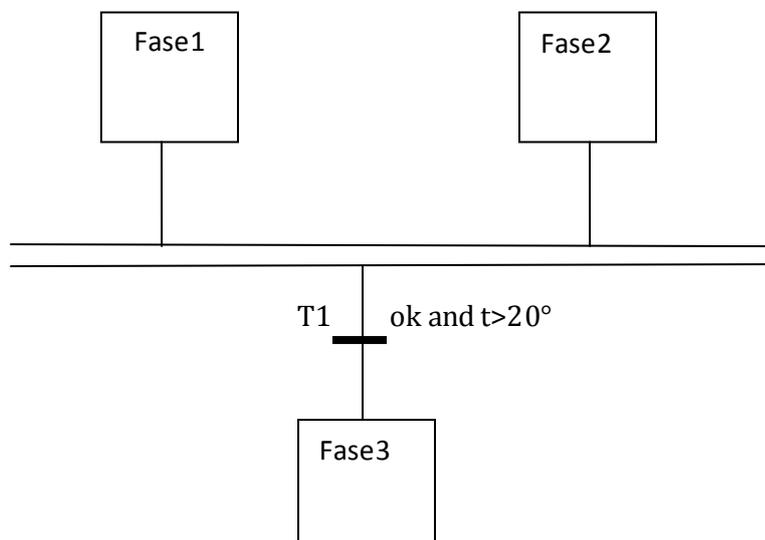


Fig. 3.1

La condizione T1 è abilitata se entrambe le fasi a monte sono attive(fase 1 e fase2) e se e solo se la variabile logica ok è vera e la variabile t è >di 20°.

Regola1: Se una transizione è superabile essa viene effettivamente superata, tutte le fasi a monte della transizione vengono disattivate e tutte le fasi a valle vengono attivate.

Regola2: Se più transizioni diventano superabili nello stesso istante sono tutte superate contemporaneamente.

Se si utilizza l'SFC per progettare sistemi di controllo, esso rappresenta il comportamento della parte di comando del sistema automatizzato, tale parte deve comunicare con la parte operativa, cioè il sistema fisico da controllare, attraverso i valori

comunicati dai sensori, i quali rappresentano gli ingressi della parte di comando e i valori da inviare agli attuatori, i quali rappresentano le uscite.

3.2.3 Variabili temporali

Nei sistemi di controllo si deve ricorrere molto spesso, per le transizioni di fase, a variabili legate al tempo. Notazione:

$t/X_n/d$

t → indica la temporizzazione

X_n → il marker di fase associato alla fase la cui attivazione fa partire la temporizzazione

d → durata della temporizzazione

La variabile temporale assume il valore 0 all'istante iniziale, assume il valore 1 quando è trascorso un tempo dall'ultima attivazione, ritorna a zero se la fase si disattiva.

Esempio in Figura 3.3.

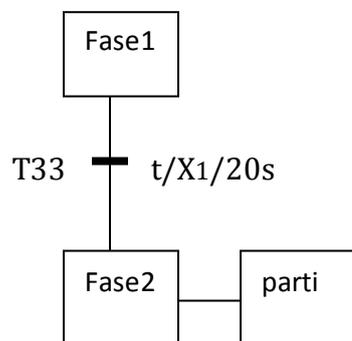


Fig. 3.3

Se la fase 1 diventa attiva la variabile temporale $t/X_2/20s$ assume il valore 0 nei primi 20 secondi poi assumerà il valore 1.

3.2.4 Tipi di azioni

Abbiamo diversi tipi di azioni:

- azione continua
- azione condizionata → Limitata nel tempo
→ Azione ritardata
- Azione memorizzata

3.2.4.1 Azione continua

Rappresenta un'uscita che deve valere 1 durante il periodo di attivazione della fase corrispondente. Se la stessa azione è associata a più fasi diverse, l'uscita assume il valore 1 quando almeno una delle fasi è attiva. Esempio in figura 3.4.

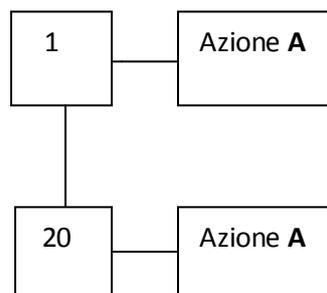


Fig.3.4

3.2.4.2 Azione condizionata

È un'azione che contiene una condizione affinché l'uscita valga 1 è necessario che la fase sia attiva e che la condizione sia vera contemporaneamente. Esempio in figura 3.5.

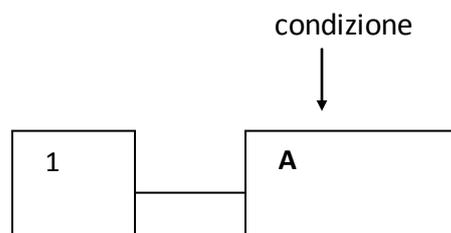


Fig.3.5

A varrà 1 se la fase 1 e la condizione sono contemporaneamente attive.

➤ **Azione ritardata**

È un caso particolare di azione condizionata, in cui la condizione è una variabile temporale associata alla stessa fase cui è associata l'azione. Esempio in figura 3.6.

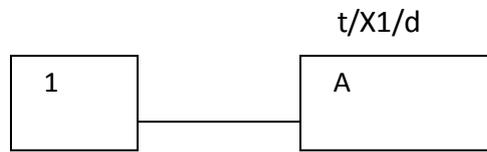


Fig.3.6

Diagramma temporale in figura 3.7.

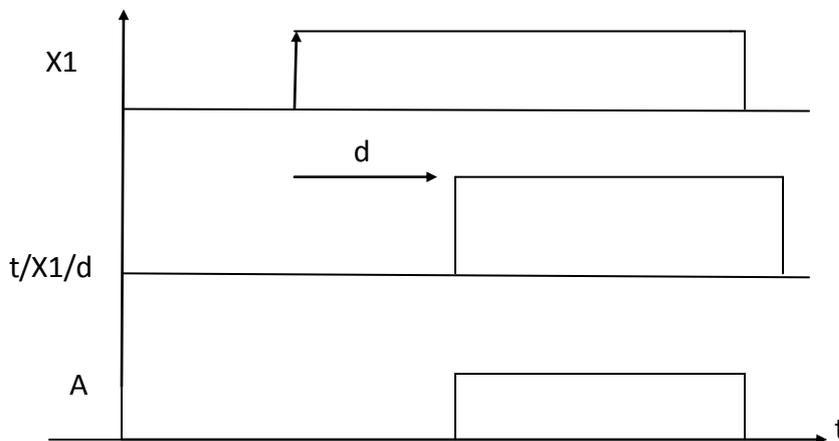


Fig.3.7

➤ **Azione limitata nel tempo**

È un caso particolare di azione condizionata, in cui la condizione è una variabile temporale negata associata alla stessa fase cui è associata l'azione, prendiamo come esempio sempre figura 3.6 con la condizione negata però. Diagramma temporale in figura 3.8.

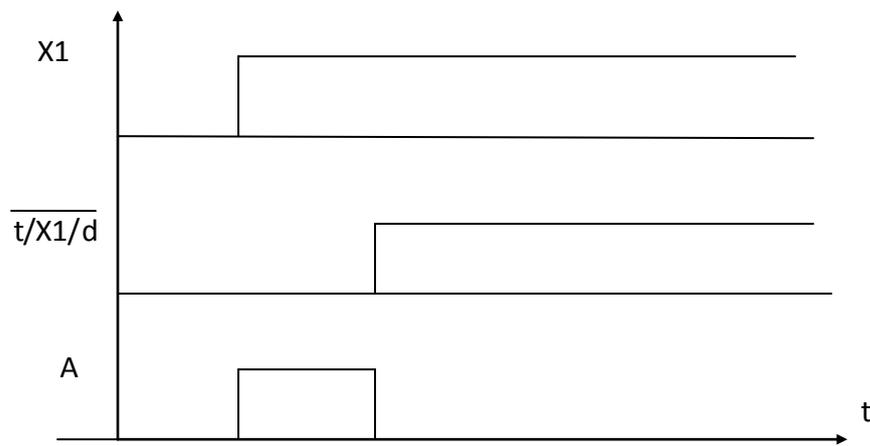


Fig.3.8

3.2.4.3 Azione memorizzata

L'azione memorizzata definisce 2 tipi di ordine:

- Metti a 1 SET
- Metti a 0 RESET

Sono azioni di tipo impulsivo, sono azioni eseguite quando le fasi a cui sono associati diventano attive, in tutte le altre fasi l'uscita conserva l'ultimo valore assegnatole. Esempio in figure 3.9 e 3.10.

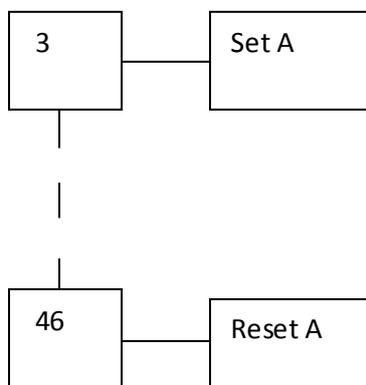


Fig.3.9

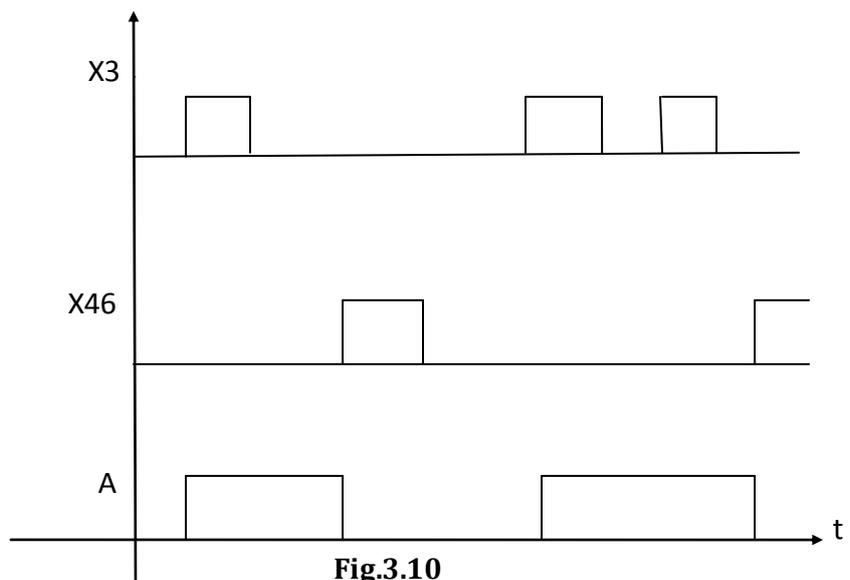


Fig.3.10

3.2.5 Strutture classiche

L'SFC presenta diverse tipologie di strutture, le più utilizzate sono:

- Scelta
- Convergenza
- Parallelismo
- Sincronizzazione

3.2.5.1 Scelta

Si ha scelta tra più attività quando una fase è seguita da più transizioni. Esempio in figura 3.11.

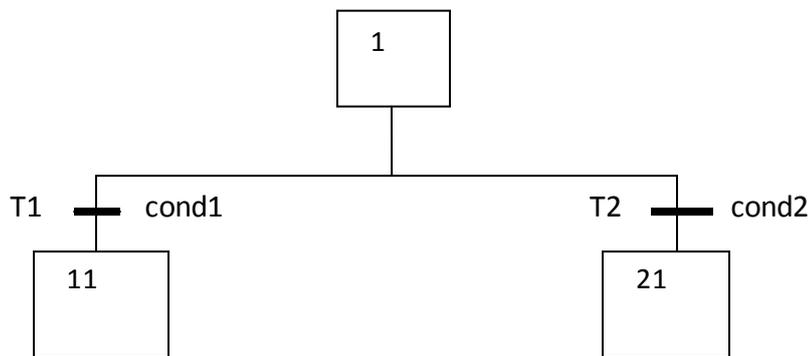


Fig.3.11

Cond1 e cond2 esprimono la scelta tra 2 possibilità.

3.2.5.2 Convergenza

Si avrà convergenza di più attività quando più sequenze terminano nella stessa fase attraverso transizioni diverse. Esempio in figura 3.12.

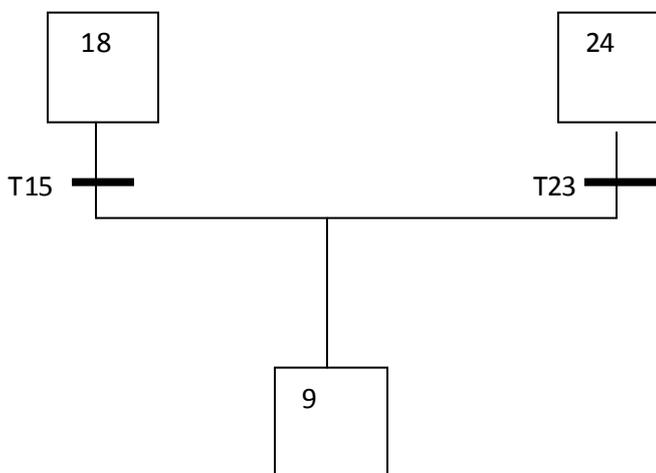


Fig.3.12

Se la fase 18 è attiva e la transizione T15 è superabile diventerà attiva la fase 9, se a questo punto la fase 24 fosse attiva e la condizione T23 diventasse superabile la fase 9 continuerebbe a rimanere attiva.

3.2.5.3 Parallelismo

Parallelismo o concorrenza tra più attività si ha quando una transizione è seguita da più fasi. Esempio in figura 3.13.

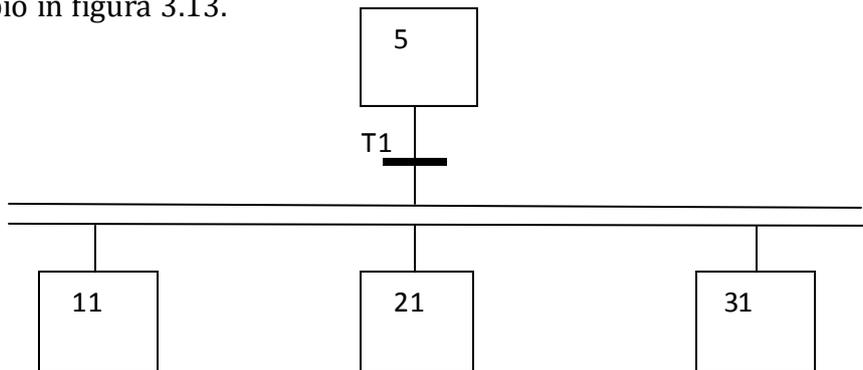


Fig.3.13

Se T1 diventa superabile saranno attive contemporaneamente le fasi 11, 21, 31 dando luogo a diverse sequenze che evolvono indipendentemente le une dalle altre.

3.2.5.4 Sincronizzazione

Si ha sincronizzazione tra più attività quando più fasi precedono la stessa transizione. Esempio in figura 3.14.

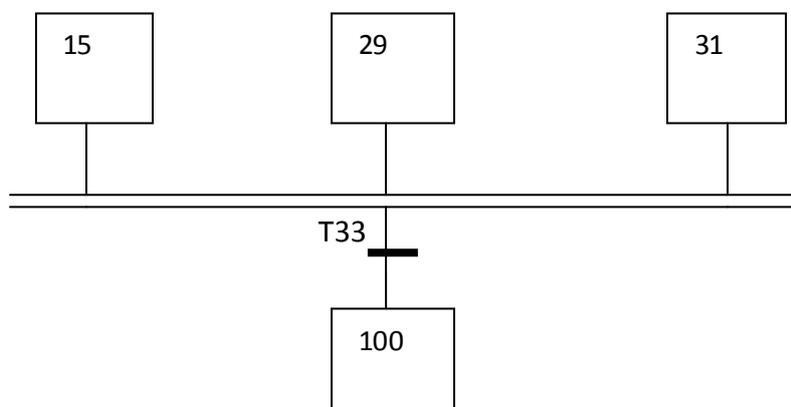


Fig.3.14

Condizione necessaria affinché la T33 venga superata è che tutte le sequenze in parallelo siano terminate, quindi le fasi 15, 29, 31 tutte attive. Le fasi 15, 29, 31 sono quindi sincronizzate dalla transizione T33. Affinché si possa arrivare alla struttura di un algoritmo di controllo che funzioni, è quindi necessario che le specifiche siano espresse in un linguaggio che non permetta ambiguità. A tale scopo risulta molto utile impiegare l' SFC direttamente nella fase di scrittura delle specifiche, a un **livello funzionale**, esprimendo le azioni e le condizioni da valutare nel linguaggio naturale come "apri la valvola" "vai a destra" etc. La non ambiguità dell'SFC prodotto permette con facilità di arrivare ad un risultato che, come si vedrà, può essere tradotto direttamente nell' algoritmo di controllo che quelle specifiche devono soddisfare. Dopo aver progettato l'SFC a un livello funzionale si deve passare al livello **operazionale** nel quale si prende in considerazione la tecnologia utilizzata per l'attuazione del controllo e il rilevamento delle misure e alle uscite effettivamente disponibili per il sistema di comando. Nel caso che le scelte tecnologiche non siano state ancora effettuate, l'SFC funzionale può anche essere di ausilio nella scelta dei sensori e attuatori necessari al soddisfacimento delle specifiche.

3.3 Linguaggio a contatti

Il linguaggio a contatti è il più vecchio e tuttora più diffuso linguaggio per la programmazione del PLC. Esso si basa sull'utilizzo di simboli elettromeccanici, e questo si può inquadrare nel fatto che alla comparsa dei primi PLC si voleva favorire la semplificazione della programmazione per i tecnici, i quali all'epoca avevano esperienza di sistemi di controllo solo con logica cablata. Non essendovi una standardizzazione di tale linguaggio tra le diverse case costruttrici si presenterà un linguaggio virtuale che comprende le istruzioni più comuni presenti in tutti i PLC. Esempio in figura 3.16.

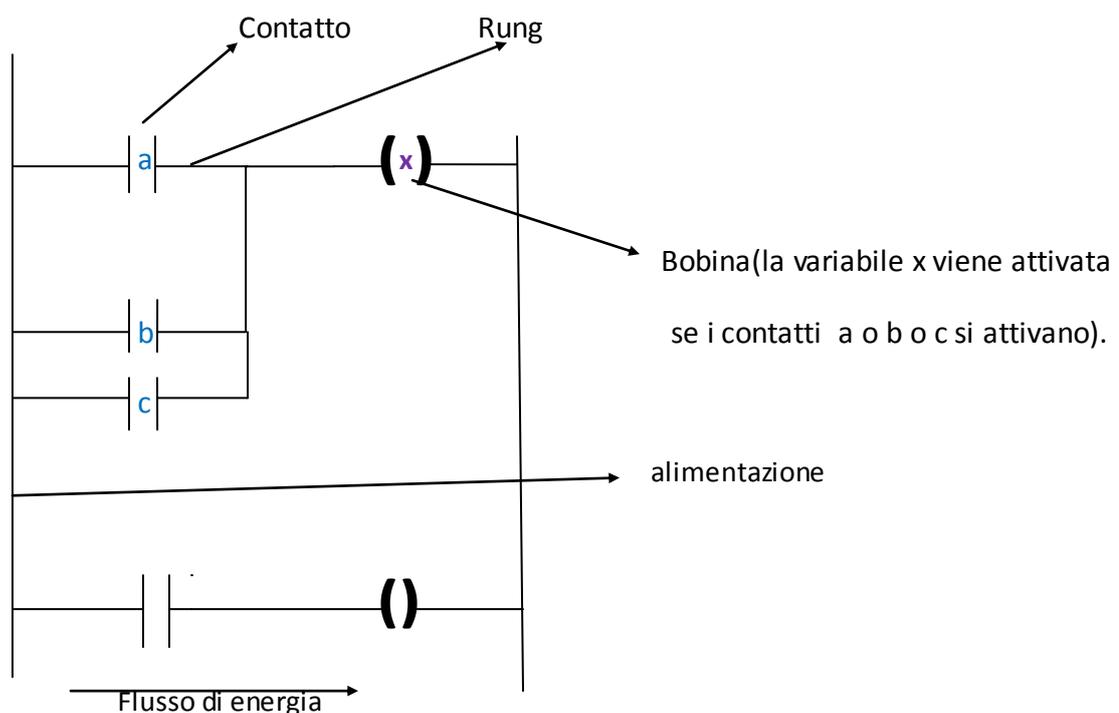


Fig.3.16

I contatti possono essere associati agli ingressi digitali provenienti dal processo. In un programma a linguaggio a contatti il flusso di energia può andare sempre e solo da sinistra verso destra senza possibilità di inversione, anche se potrebbe rappresentare una continuità elettrica. Il PLC esegue un programma applicativo scritto in linguaggio a contatti secondo una modalità ciclica perenne che è composta dalle seguenti 3 fasi:

- **Letture degli ingressi**
- **Esecuzione del programma un rung dopo l'altro procedendo dall'alto verso il basso**
- **Scrittura delle uscite**

Questa modalità di funzionamento deve essere sempre tenuta presente. Il fatto che le uscite vengano aggiornate solo alla fine dell'esecuzione dell'intero programma fa sì che abbia un'importanza fondamentale l'ordine di scrittura del rung all'interno del programma.

L'area dati e la porzione della memoria ram del PLC è organizzata nel seguente modo:

- Area ingressi
- Area uscite
- Area temporizzatori
- Area contatori
- Area utente

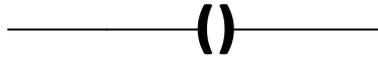
3.3.1 Istruzioni di base

Bobine e contatti sono le istruzioni di base del linguaggio a contatti, i contatti in un rung rappresentano le condizioni logiche da valutare per poter determinare lo stato che deve assumere l'uscita rappresentata dalla bobina. All'atto della programmazione i contatti e le bobine utilizzati devono essere associati a bit di memoria. I simboli base utilizzati nel linguaggio ladder sono i seguenti:

- **Contatto normalmente aperto** 
 - bit 1 continuità logica, contatto chiuso
 - Bit 0 contatto aperto

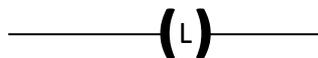
- **Contatto normalmente chiuso** 
 - bit 1 contatto aperto
 - Bit 0 contatto chiuso

➤ **bobina**



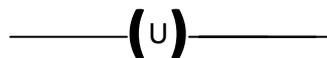
sempre alla destra alla fine del rung, se le condizioni alla sua sinistra sono verificate il suo stato passa ad 1 altrimenti è posto a 0.

➤ **Latch bobina**



Serve a mantenere lo stato on del bit associato quando le condizioni che lo hanno attivato sono diventate false, l'unico modo di portare a off lo stato è quello di:

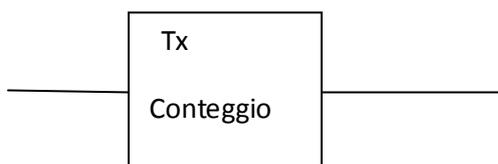
➤ **unlatch bobina**



3.3.1.1 Temporizzatori e contatori

➤ **Temporizzatori**

Il loro simbolo è:



I parametri sono l'indirizzo Tx e l'intervallo di conteggio espresso in centesimi di secondo, se ne possono usare più di uno in cascata. Se il rung dove si trova il temporizzatore presenta una continuità il temporizzatore è abilitato e conta il trascorrere del tempo. L'indicatore avrà il valore falso durante il conteggio mentre assumerà il valore vero alla fine del conteggio, conserverà il valore fino a che il temporizzatore non sarà resettato. Questo tipo di temporizzatore si resetta automaticamente se la condizione descritta dal rung di alimentazione diventa falsa. Sono disponibili temporizzatori che conservano il conteggio se le condizioni di alimentazione diventano false, in questo caso per resettare si utilizzerà l'istruzione opportuna disponibile dal programma che si utilizza.

➤ Contatori

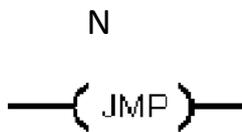
Il loro simbolo è:



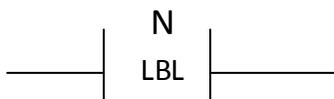
I suoi parametri sono l'indirizzo del contatore Cx e il valore da raggiungere nel conteggio. Si possono avere più contatori in cascata. Se il rung dove si trova il contatore subisce una transizione falso - vero il contatore incrementa di un'unità, in questo caso per resettare si utilizzerà l'istruzione opportuna disponibile dal programma che si utilizza.

3.4 Istruzioni per il controllo del programma

Sono le istruzioni che permettono di modificare il normale ordine di esecuzione di un programma. L'istruzione di salto permette, se alimentata, di saltare a un rung dove è presente l'istruzione di etichetta corrispondente. Un esempio:



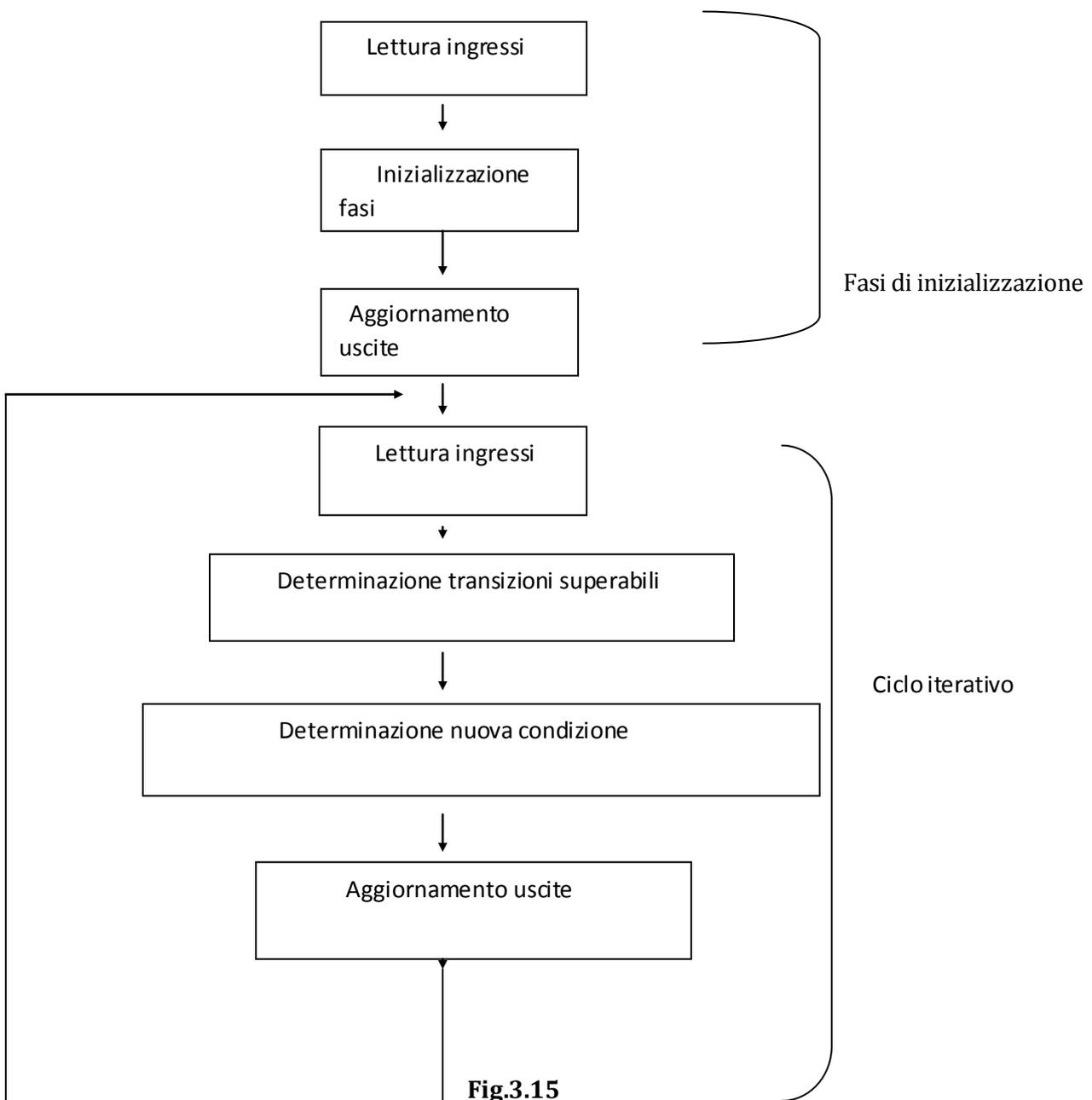
L'etichetta corrispondente, associata allo stesso numero **N**, deve essere la prima istruzione a sinistra del suo rung ed ha il simbolo



Il linguaggio a contatti è un linguaggio completo che permette la scrittura di programmi per la soluzione di qualsiasi problema di automazione, però è un linguaggio difficile, nel senso che solo una notevole esperienza di programmazione permette di scrivere programmi di una certa complessità direttamente in linguaggio a contatti. Una volta scritto il programma esso risulta non essere di chiara leggibilità, quindi la sua documentazione e l'eventuale manutenzione non saranno agevoli. Sarebbe auspicabile avere a disposizione un programma di alto livello, che permetta una programmazione strutturata (l'SFC). Mentre il linguaggio a contatti è disponibile per tutti i PLC l'SFC non lo è, sarà necessario individuare una procedura che permetta la traduzione di un programma espresso in SFC in un programma in linguaggio a contatti, che sarà poi quello eseguito direttamente dal PLC. Esiste una procedura adatta a ciò.

3.5 Traduzione dell' SFC

Non tutti i controllori a logica programmabile prevedono l'SFC come linguaggio di programmazione, si ha bisogno di una procedura per trovare l'algoritmo di controllo progettato in SFC in modo che esso sia effettivamente implementabili su una qualsiasi macchina per l'elaborazione di informazioni, nel nostro caso un PLC. Quello che si vuole ottenere è che, se risulta necessario modificare l'algoritmo, tale modifica debba essere operata sull'SFC progettato dove è più semplice agire, ma debba anche poter essere direttamente convertita nelle modifiche da effettuare alla traduzione ottenuta. La lettura degli ingressi e la scrittura delle uscite sono già realizzate dal sistema operativo del PLC in maniera trasparente per l'utente semplificando di molto l'algoritmo di evoluzione. Il processo di traduzione si basa sull'esecuzione nel linguaggio scelto dei passi caratteristici dell'algoritmo di evoluzione dell' SFC che viene qui sotto riportato in forma grafica figura 3.15.

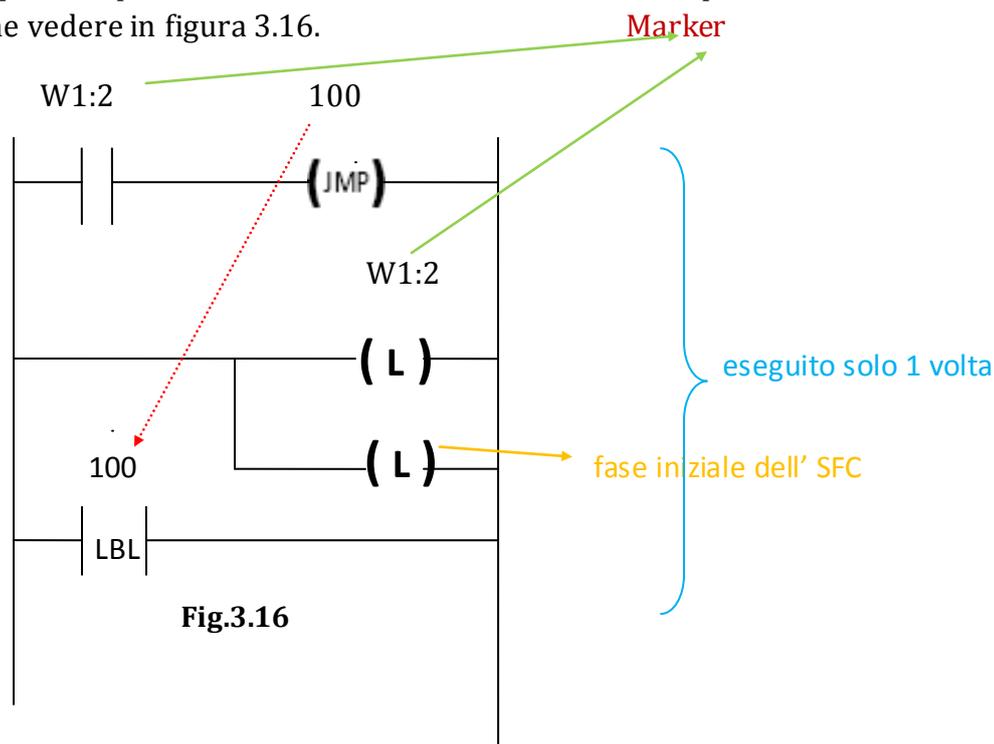


Come si vede in figura 3.17 l'algoritmo consta di una fase di inizializzazione e di un ciclo iterativo; il ciclo comporta la lettura degli ingressi e l'aggiornamento delle uscite, operazioni che vengono compiute automaticamente dal sistema operativo del PLC. Tale algoritmo è detto **senza ricerca di stabilità**, nel caso di più transizioni successive con condizione associata vera, questo algoritmo eseguirebbe le azioni associate a tutte le fasi intermedie. Il programma in linguaggio a contatti che codifica l'algoritmo di evoluzione risulterà composto da quattro sezioni in sequenza:

- **Sezione inizializzazione**
- **Sezione esecuzione delle azioni**
- **Sezione valutazione delle transizioni**
- **Sezione aggiornamento della condizione**

3.5.1 Sezione inizializzazione

Deve essere eseguita una sola volta all'inizio dell'esecuzione del programma, la funzione è quella di porre al valore 1 i marker delle fasi iniziali previste dall'SFC. Una possibile realizzazione vedere in figura 3.16.



Viene eseguita solo nel primo ciclo di esecuzione di un programma se il marker W1:2 risulta vero e lo sarà al secondo ciclo di esecuzione in poi il salto(JMP) viene eseguito. Semplicemente dopo che il marker W1:2 diventa 1 e la fase iniziale dell' SFC messa ad 1(nella seconda riga) quella parte di programma verrà sempre saltata grazie alla funzione JMP.

3.5.2 Sezione esecuzione delle azioni

Sezione dedicata alla esecuzione delle azioni associate alle fasi attive. Per ogni azione continua si deve prevedere un rung di abilitazione in cui la condizione di abilitazione sia espressa come OR logico dei marker di tutte le fasi in cui l'azione è presente. Se l'azione è condizionata, la condizione va messa in AND logico col marker della fase in cui è presente. Vedere figura 3.17.

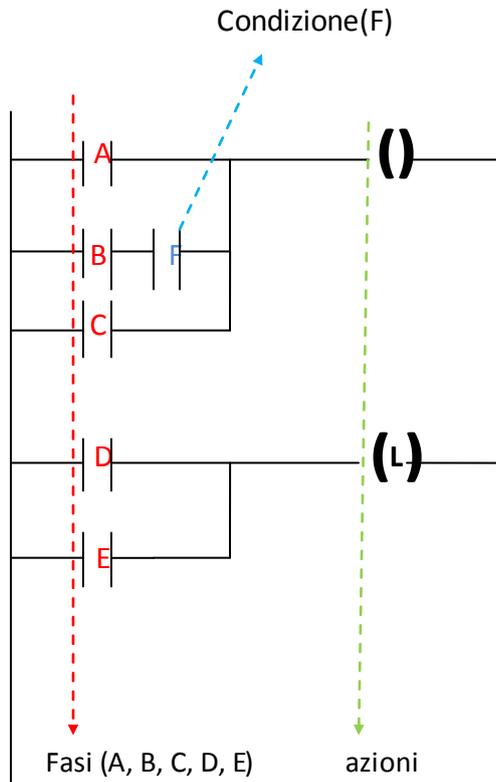


Fig.3.17

3.5.3 Sezione valutazione transizioni

Deve valutare se una transizione è superabile o meno, una transizione è superabile se le fasi a monte sono tutte attive e se la condizione associata risulta vera. Figura 3.18.

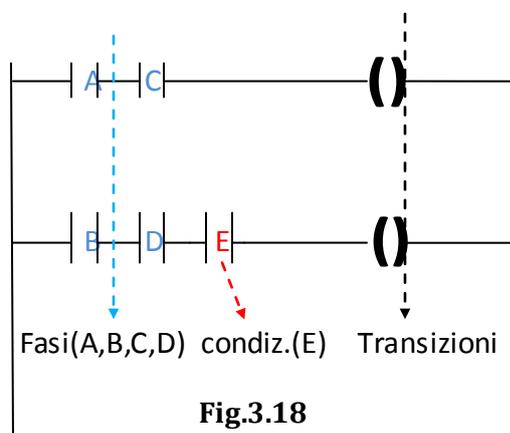


Fig.3.18

3.5.4 Sezione aggiornamento della condizione

Questa sezione attiva le fasi a valle e disattiva quelle a monte, ci sarà un rung per ogni transizione in cui se il marker di transizione vale 1 si attivano le fasi a valle e si disattivano quelle a monte. Figura 3.19.

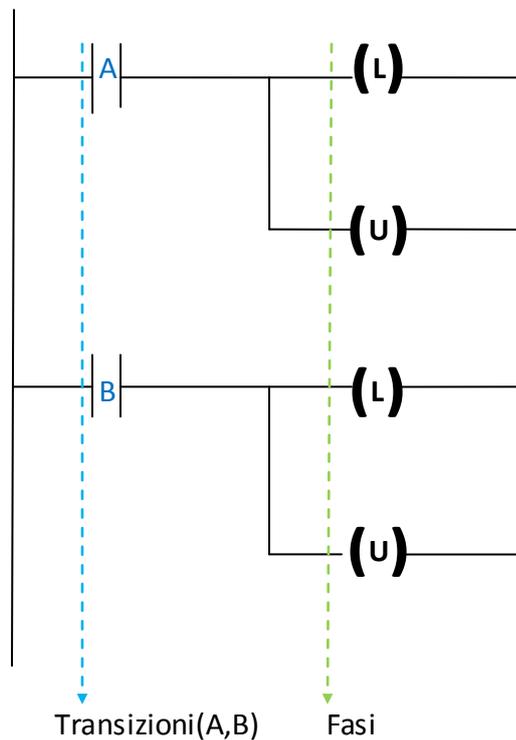


Fig.3.19

Se scatta la transizione A viene attivata la fase n a valle **(L)** e disattivata la fase n a monte **(U)** (ci stiamo riferendo alle fasi dell'SFC). Idem se scatta la transizione B viene attivata la fase n a valle **(L)** e disattivata la fase n a monte **(U)**.

Capitolo 4

Ascensore

4.1 Premessa

Questo capitolo sarà dedicato alla storia dell'ascensore e alle normative ad esso associate. Ascensore o piattaforma elevatrice sono dei mezzi di trasporto che servono a muovere persone o prodotti verticalmente da un livello all'altro. Per ascensore si intende un apparecchio elevatore con installazione fissa che serve piani definiti mediante una cabina che si sposta lungo guide rigide e la cui inclinazione sull'orizzontale è superiore a 15 gradi, destinato al trasporto di persone o cose.

4.2 Storia

Sicuramente una delle prime situazioni in cui si è sentita la necessità di un'attrezzatura idonea a trasportare in verticale uomini e materiali è quella delle miniere. Sono dell'inizio del XIX secolo i primi studi per dotare quei primitivi apparecchi di un motore a vapore che sostituisse l'energia umana.

Il primo sviluppo fondamentale che si ebbe in direzione dell'ascensore come oggi è conosciuto venne dato da un inventore americano, Elisha Otis, che nel 1853 depositò il brevetto di un sistema di sicurezza paracadute, destinato ad impedire la caduta violenta della cabina in caso di guasti o rotture ai cavi. La prima applicazione pratica si ebbe nel 1857 a New York e, negli anni successivi, altri famosi ingegneri lo perfezionarono con l'adozione di circuiti idraulici e con l'invenzione dell'ascensore elettrico, fatta risalire al 1880 in Germania da parte di Werner von Siemens. Una delle prime spettacolari applicazioni della nuova invenzione è quella vista nel 1889 in Francia in occasione della presentazione della Tour Eiffel a Parigi. Le tappe più importanti nell'evoluzione dell'ascensore possono essere considerate quelle dell'abolizione del manovratore, datata 1924, e successivamente l'introduzione delle porte ad apertura automatica al posto di quelle manuali.

Notevoli progressi si sono registrati anche nel campo dei "quadri di manovra", deputati al controllo e alla gestione dell'impianto. Superati gli obsoleti pannelli elettromeccanici senza particolari flessibilità di funzionamento, i moderni sistemi elettronici con microprocessori consentono un esercizio adattabile ad ogni genere di edificio ed utilizzo (prenotazioni di chiamata, corse con arresti intermedi per "raccogliere" e "riempire" la cabina fino al raggiungimento del massimo carico, ecc.).

Fra le ultime evoluzioni invece vi sono:

- la regolazione elettronica della velocità: oltre a rendere estremamente dolci le fasi di avvio e fermata della cabina, permettono l'arresto della stessa esattamente in corrispondenza del piano; questa è inoltre una condizione necessaria al soddisfacimento delle ultime norme in materia di sicurezza (fra le maggiori cause di incidente si registrano proprio gli inciampi sugli scalini che si creano fra piano e cabina), e precisamente il raggiungimento di adeguata precisione di fermata e di livellazione al piano, come richiesto dalla norma per l'accessibilità degli ascensori anche ai disabili EN 81-70;
- l'eliminazione del "vano o locale macchina" mediante lo spostamento di motore, argano e apparecchiature di comando, realizzati in forma molto compatta, all'interno del vano di corsa allo scopo di risparmiare spazio all'interno dell'edificio;
- la riduzione degli spazi verticali di sicurezza nel vano ascensore, in alto e/o in basso, in modo da ridurre gli ingombri verticali dell'ascensore nell'edificio, specie se preesistente.

4.3 Normative italiane

Gli ascensori o elevatori (definizione dell'ultima direttiva comunitaria, la Direttiva Ascensori, del 29 giugno 1995 recepita in Italia con il D. P. R. n. 162 del 30 aprile 1999) possono essere:

- Elettrici (a fune)
- Oleodinamici

L'ascensore elettrico moderno è composto principalmente dai seguenti elementi:

- Macchinario di sollevamento (detto anche argano)
- Cabina passeggeri
- Contrappeso (che ha funzioni anche di bilanciamento con conseguente riduzione della potenza elettrica impegnata e dei consumi energetici)
- Funi di trazione
- Quadro elettrico di manovra
- Dispositivi di sicurezza comprendenti limitatore di velocità, paracadute.

L'ascensore oleodinamico moderno è composto principalmente dai seguenti elementi:

- Centralina idraulica
- Cilindro e pistone
- Cabina passeggeri
- Quadro elettrico di manovra
- Dispositivi di sicurezza comprendenti: Paracadute, Valvola di blocco.

Può inoltre comprendere anche:

- Funi di taglia

- I due azionamenti si differenziano nel modo con cui viene imposto il movimento. Con un ascensore elettrico è il macchinario di sollevamento che trasmette il movimento alle funi che reggono la cabina per mezzo dell'attrito sulla puleggia di frizione; il motore elettrico funziona in entrambe le direzioni di marcia: salita e discesa.
- Con un ascensore oleodinamico è la centralina idraulica che fornisce l'energia ad un fluido a mezzo di una pompa di tipo volumetrico e di una serie di valvole (generalmente un olio con speciali additivi) che muove a sua volta il pistone permettendogli di fuoriuscire dal cilindro; in questo caso il motore elettrico funziona quando la cabina va in salita poiché in discesa è la forza di gravità a muoverla.
- Un ascensore che trasporta solamente materiali, senza che vi sia la possibilità di accompagnamento umano, è definito montacarichi, e non è soggetto alla Direttiva Ascensori, bensì alla Direttiva Macchine.
- Un particolare e curioso tipo di ascensore a funzionamento continuo è il paternoster.
- L'Italia è il paese con il maggior numero di ascensori al mondo - nel 2006 tra i 750.000 e gli 800.000 impianti - e se ne installano ogni anno da 15.000 a 20.000 nuovi. In Italia gli impianti esistenti devono essere verificati ogni 2 anni (oppure ogni qual volta ci sia una rimessa in servizio a seguito di modifiche rilevanti, trasformazioni, incidenti ecc.) da un ingegnere abilitato ed iscritto all'Albo facente capo ad un Ente notificato che ha ottenuto l'autorizzazione ministeriale.

4.4 Gli adeguamenti tecnici previsti dal D. M. 23 luglio 2009

Tutti gli ascensori installati prima del DPR 162/99 dovranno essere sottoposti ad una verifica straordinaria finalizzata all'analisi dei rischi da parte dell'ente di controllo che effettua le verifiche periodiche biennali sull'impianto ascensore.

4.5 Ascensori pubblici e ascensori inclinati

Gli ascensori pubblici sono ascensori adibiti al trasporto pubblico di persone in città dalla particolare orografia. Se adibiti al trasporto pubblico sono definiti sistemi ettometrici vedere figura 4. Gli ascensori inclinati sono ascensori che trasportano persone (nel caso di trasporto di merci vengono definiti piani inclinati) percorrendo un percorso non verticale ma appunto inclinato vedere figura 4. 1. Possono essere adibiti sia per il servizio pubblico (per collegare due zone di una città) sia per il servizio privato (all'interno di edifici o giardini). Se adibiti al trasporto pubblico sono definiti sistemi ettometrici. Negli ascensori inclinati è presente l'impianto di sollevamento per mezzo di una fune traente come negli ascensori verticali. Gli ascensori inclinati mantengono la traiettoria costante per mezzo di vie di guida realizzate o in travi d'acciaio o utilizzando rotaie ferroviarie. L'inclinazione massima degli ascensori inclinati è pari a 75°. Oltre 75° sono considerati ascensori verticali. Rispetto alle

funicolari gli ascensori inclinati affrontano una maggiore pendenza. Inoltre mentre le funicolari sono dotate di sistemi di trazione per "trascinamento" gli ascensori inclinati sono dotati di sistemi di sollevamento. In Italia sono ascensori inclinati pubblici quelli di Osimo, chiamato tiramisù, e quello di Saint-Vincent.



Fig.4



Fig.4.1

4.6 Sistema di emergenza in caso di black out

La mancata erogazione di energia elettrica provoca inevitabilmente un black out ed uno dei mezzi di trasporto più temuto dalle persone di tutto il mondo, nel caso in cui si

verificarsi questa condizione, è l'ascensore. Pochi sanno che nel 1965 un italiano Giancarlo Innocenti tecnico pistoiese inventò il "sistema di emergenza per ascensori per mancata energia elettrica". L'invenzione fu depositata "prima al mondo" all'ufficio brevetti della camera di commercio di Pistoia il 17 settembre, poco tempo prima di uno dei più gravi black out della storia (9 novembre 1965) 30 milioni di americani e canadesi rimasero senza energia elettrica per parecchie ore. Decine di migliaia rimasero intrappolati negli ascensori e molti, specialmente anziani e cardiopatici, morirono. Purtroppo erano passati appena 53 giorni dalla scoperta e l'invenzione di Giancarlo Innocenti non poté essere d'aiuto. La storia di questa invenzione è molto curiosa e riporta alle scoperte di una volta la cui diffusione spesso si è tinta di giallo. Infatti non è da molti anni che esistono in funzione questi impianti di emergenza e pochi sanno che l'invenzione è datata 1965. Oltre al certificato depositato all'Ufficio Brevetti della Camera di Commercio di Pistoia e molti articoli apparsi sui quotidiani italiani, c'è un altro documento importante che ne attesta l'esistenza in quel tempo, un documentario girato dalla RAI e riproposto in orario serale nella trasmissione televisiva che all'epoca si chiamava "Cronache Italiane". Ma la diffusione non fu semplice perché come spesso avviene, per passare dal prototipo alla produzione in serie, Giancarlo Innocenti dovette rivendere il brevetto e da allora si persero le tracce. Per molti anni non si è avuta notizia di diffusione fino a quando i primi edifici ad utilizzarlo sono stati quelli della Fiera di Milano, seguiti dalla Cappella di Michelangelo in Piazza San Pietro a Roma.

Oggi anche piccoli palazzi utilizzano ascensori dotati del sistema di emergenza e per capire se è installato il "congegno Innocenti" all'interno dell'ascensore c'è una targhetta con su scritto: "Questo impianto è dotato di un sistema di emergenza che in caso di mancata energia elettrica, ritorna al piano immediatamente superiore, in modo del tutto automatico". A volte si può leggere "al piano inferiore" ed in questo caso si tratta di una modifica "**peggiorativa**" rispetto al sistema originario. Infatti Giancarlo Innocenti pensò che il sistema sarebbe potuto entrare in funzione anche nel caso di allentamento delle funi che avrebbero provocato l'apertura delle zeppe di emergenza. In questo caso l'ascensore non potrebbe procedere verso il basso ma dovrebbe necessariamente risalire al piano superiore.

4.7 Funzionamento ascensore a relè

Come molti sapranno si tratta di una tecnologia ormai superata. Tuttavia molti degli impianti nei quali è stata impiegata sono tuttora in funzione. L'impianto elettrico di un'ascensore è normalmente alimentato da una linea 220V, che alimenta la luce ed il circuito di allarme e da una linea 380V; da quest'ultima derivano i circuiti di segnalazione, di alimentazione degli elettromagneti e di manovra. Lo schema in figura 6. 1 riportato si riferisce ad un impianto tradizionale a fune che serve 4 livelli, con porte manuali e rallentamento in fase di fermata. All'inizio del circuito di manovra troviamo la catena delle sicurezze preliminari, ovvero **interruttori di extracorsa che** intervengono nel caso in cui la cabina

oltrepassi il livello dei piani estremi (per esempio a causa di un guasto al freno, l'inceppamento di un contattore, l'eccessivo slittamento tra funi e puleggia dovuto ad usura).

Negli impianti a fune vengono installati sia a piano terra che all'ultimo piano e si ripristinano automaticamente non appena la cabina viene riportata a livello. Negli impianti oleodinamici vengono installati solo all'ultimo piano ed in caso di intervento occorre ripristinarli manualmente; questo perché la tenuta delle guarnizioni non è mai perfetta e di conseguenza la cabina potrebbe riportarsi a livello nel giro di qualche ora (l'auto ripristino dell'impianto non è ammesso dalle normative). I **contatti di accostamento delle porte di piano** abilitano il comando dell'ascensore solo quando le porte di piano sono accostate; la marcia della cabina è comunque subordinata al consenso di un'altra catena di contatti, che vedremo tra poco.

Il **contatto del paracadute sulla cabina** viene azionato da un dispositivo che impedisce alla cabina di precipitare (in pratica rimane "aggrappata" alle guide) in caso di grave guasto meccanico; poi abbiamo la **valvola automatica** che oltre a proteggere l'alimentatore dalle sovracorrenti svolge un'altra importante funzione, che è quella di interrompere il circuito di manovra al verificarsi di un problema di isolamento, specie sui contatti delle porte (il negativo del raddrizzatore è collegato a massa); questa circostanza sarebbe molto pericolosa in quanto, se si verificasse in più punti della serie, la cabina potrebbe muoversi con le porte aperte. Dando uno sguardo alla figura 6.2 e 6.3 troviamo:

- **S - D** contattori direzionali (salita, discesa);
- **RV** commuta la velocità di marcia della cabina (in fase di arrivo al piano si diseccita, abilitando il contattore di bassa velocità);
- **GV - PV** contattori di alta e bassa velocità;
- **invertitori di marcia (S1. . . S4)**: fissi nel vano, in corrispondenza di ciascun livello, commutano il senso di marcia; vengono azionati da una sagoma montata sulla cabina come descritto nella figura 6.3;
- **sensore magnetico di fermata (IF)** montato sulla cabina, risulta aperto quando questa è al piano (rileva la presenza di una piastra metallica fissa nel vano corsa).
- **RO (diseccitazione ritardata)** quando eccitato disabilita le chiamate dall'esterno; a sua volta è controllato da RS;
- **R1 - R2 - R3 - R4** relè di prenotazione;
- **RT (diseccitazione ritardata)** in caso di mancata partenza della cabina (porta chiusa male, prenotazione di un piano dove la cabina si trova già), allo scadere del tempo resetta lo stato dei relè;

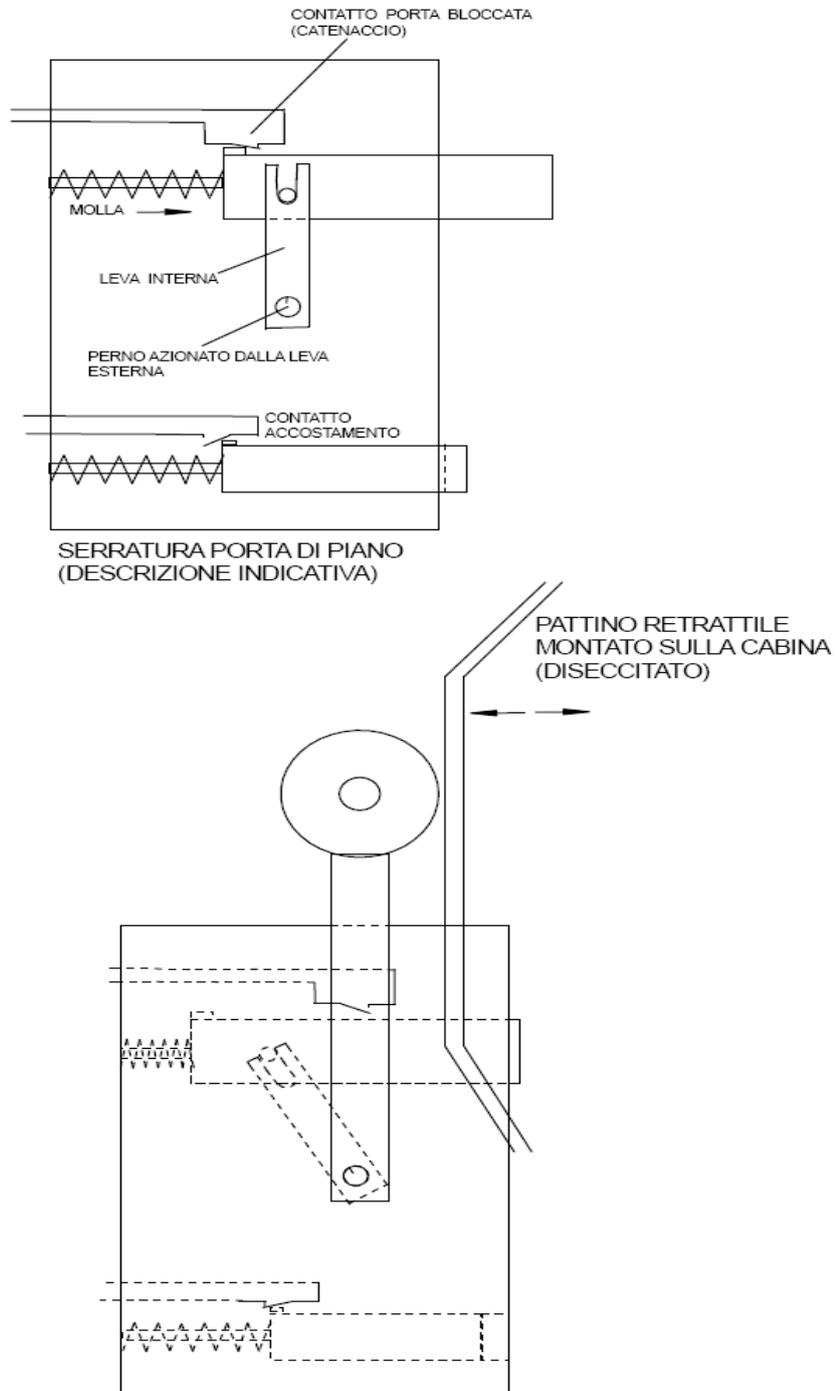


Fig.6.1

I **contatti dei catenacci** assieme ai contatti di accostamento costituiscono le sicurezze delle porte di piano; ciascuno di questi contatti risulta chiuso quando la relativa porta è bloccata. La cabina è munita di un **pattino retrattile** azionato da un elettromagnete. Quando quest'ultimo è diseccitato (impianto a riposo) e la cabina si trova al piano, il pattino va ad impegnare la leva del catenaccio, sbloccando la porta. A questo punto non mi resta che descrivere il funzionamento. Nello schema viene raffigurato l' impianto senza tensione, con cabina ferma al piano 2 (invertitore S2 in posizione centrale).

Non appena diamo tensione all'impianto si eccita RS. Supponiamo ora di entrare in cabina e fare una corsa fino all'ultimo piano. Aprendola porta di piano RS si diseccita e tramite il contatto NC 9-1 abilita RO (si accende la spia "occupato"). Una volta entrati in cabina e chiusa la porta RO viene disabilitato, ma si diseccita con ritardo; in questo modo non rischiamo di "essere chiamati" dall' esterno (il consenso alle chiamate esterne è controllato da RO 9-1). Non appena pigiamo il pulsante dell'ultimo piano si eccita R4; tramite il contatto R4 10-6 e l' invertitore S4 si eccita il contattore S ed il relè RV (che abiliterà il contattore di alta velocità). Il contattore S abilita anche l'elettromagnete del pattino retrattile (prima pagina dello schema). Quest'ultimo disimpegna la leva del catenaccio, che di conseguenza blocca la porta e chiude il relativo contatto. A questo punto si eccita il contattore GV, che abilita il motore e l' elettromagnete apri freno. Nel momento in cui la cabina giunge in prossimità del piano prenotato il relativo invertitore (azionato dalla sagoma montata sulla cabina) apre il contatto: S continua a rimanere eccitato grazie al suo stesso contatto 12-8; RV si diseccita (il diodo D2 ne impedisce l' alimentazione). Di conseguenza si diseccita GV e si eccita PV (RV 9-5-1).

Non appena la cabina giunge in corrispondenza del piano si apre il sensore di fermata; di conseguenza si diseccita il contattore S e subito dopo il PV. **I contattori S e D hanno un dispositivo meccanico che ne impedisce l'eccitazione simultanea. Lo scopo di queste pagine è puramente didattico, pertanto alcuni dettagli dello schema potrebbero essere non conformi alle normative. Si ricorda che l'accesso al locale macchine ed al vano corsa è consentito solo alle persone autorizzate.**

LEGENDA SCHEMA

SM = PROTEZIONE TERMICA DEL MOTORE
 S = CONTATTORE SALITA
 D = CONTATTORE DISCESA
 GV = CONTATTORE ALTA VELOCITA'
 PV = CONTATTORE BASSA VELOCITA'
 RO = RELE' CONSENSO CHIAMATE ESTERNE (DISECCITAZIONE RITARDATA)
 RS = RELE' SICUREZZE
 C1 - C2 - C3 - C4 = PULSANTI DI PRENOTAZIONE IN CABINA
 P1 - P2 - P3 - P4 = PULSANTI DI PRENOTAZIONE AI PIANI
 R1 - R2 - R3 - R4 = RELE' DI PRENOTAZIONE
 RT = RELE' RITENUTA (DISECCITAZIONE RITARDATA)
 RV = RELE' CAMBIO VELOCITA'
 S1 - S2 - S3 - S4 = INVERTITORI DI MARCIA (AZIONANO UN CONTATTO DI SCAMBIO PER L' INVERSIONE DI MARCIA ED UN CONTATTO DI SEGNALAZIONE LUMINOSA)

PER I CONTATTORI DI SALITA E DISCESA E' PREVISTO UN DISPOSITIVO MECCANICO CHE NE IMPEDISCE L' ECCITAZIONE SIMULTANEA

———— CABLAGGIO QUADRO DI MANOVRA

———— COLLEGAMENTI ESTERNI (CABINA, VANO, LOCALE MACCHINA)

4.8 Manovra universale e manovra a prenotazione collettiva salita/discesa

La manovra universale e la manovra a prenotazione collettiva salita/discesa sono le 2 modalità più utilizzate attualmente nei settori addetti al servizio degli ascensori. La manovra universale si riferisce ai palazzi con un ristretto numero di persone e di piani, la manovra a prenotazione collettiva salita/discesa si riferisce ad impianti che devono effettuare un grande numero di fermate ai piani in maniera tale da razionalizzare il più possibile le corse e da ridurre così il tempo di attesa degli utenti(negli ospedali ad esempio).

4.8.1 Manovra universale

La modalità di funzionamento in manovra universale è il seguente: il quadro di manovra effettua la fermata della cabina presso il piano che ha determinato la chiamata. Mentre l'impianto è in movimento non è consentita nessuna registrazione di chiamata interna, ed esternamente non sarà possibile effettuare nessuna registrazione finché è presente la segnalazione di "occupato", tale segnalazione è attiva finché l'ascensore è utilizzato e perdura fino a circa 6 secondi dopo che tutte le porte sono state chiuse correttamente. Sono dotati di questo tipo di chiamata gli impianti nei palazzi con un ristretto numero di persone o di piani.

4.8.2 Manovra a prenotazione collettiva salita/discesa

E' il tipo di registrazione di chiamata più completa. Le chiamate interne vengono gestite sequenzialmente secondo la direzione della cabina ed esternamente a seconda del tipo di prenotazione effettuata (prenotazione per salire o prenotazione per scendere), difatti vengono posti due differenti pulsanti per prenotare la fermata della cabina. Ad esempio: un utente effettua una prenotazione al secondo piano per scendere e la cabina sta salendo dal piano 0 fino al 5, non effettuerà la fermata al 2 piano finché non sarà ripartito dal 5 in discesa.

In questo tipo di prenotazione viene applicato nel fondo di cabina un sensore che determina la capienza della stessa affinché non possa servire nessuna prenotazione esterna con cabina a pieno carico. Inoltre all'esterno sulla pulsantiera o, internamente in cabina, viene applicata una segnalazione visiva sul senso di direzione dell'ascensore. Questo tipo di prenotazione viene eseguita sugli impianti che devono effettuare un grande numero di fermate ai piani in maniera tale da razionalizzare il più possibile le corse e da ridurre così il tempo di attesa degli utenti.

Capitolo 5

Dispositivo fisico

5.1 Premessa

Nel capitolo si illustreranno le fasi di progettazione del dispositivo fisico, la parte strutturale, quella meccanica ed infine quella elettrico - elettronica dove si sono presentate più difficoltà. Nel seguito i passi segnati vengono descritti in dettaglio, problematiche affrontate comprese .

5.2 Parte strutturale

La prima fase della realizzazione del sistema fisico è consistita nella realizzazione di un modello in cartone, ciò al fine di ottenere un'idea più realistica delle dimensioni e degli spazi necessari. In questo modo oltre ad ottenere le giuste misure del legno è stato possibile rendersi conto degli spazi a disposizione per l'aggiunta della parte elettrica, meccanica ed elettronica.

È stato costruito un modello perfettamente funzionante in cartone con pulsanti, ascensore, PLC, asta filettata per far salire e scendere l'ascensore, relè, fili etc.... Il 90% di quello descritto è stato fatto in cartone e polistirolo. Si è ottenuta una struttura reale, questo ha consentito di fare calcoli e correzioni più precise. Qui sotto riportate alcune foto, figura 5, figura 5.1, figura 5.2, figura 5.3.

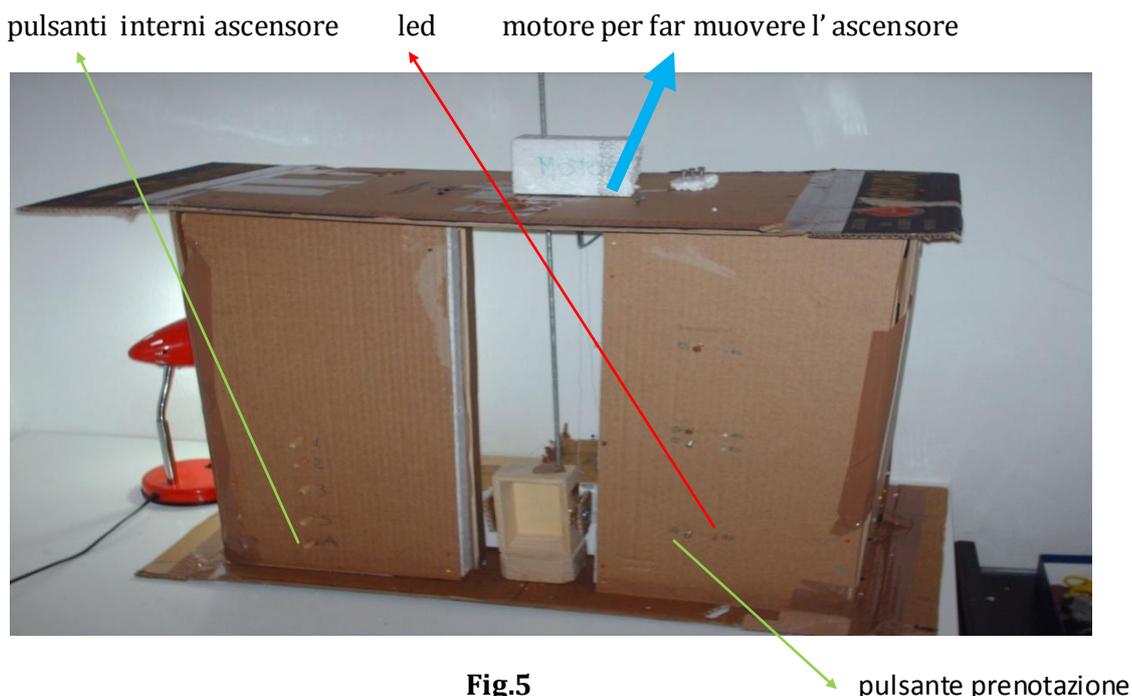




Fig.5.1

aste scorrimento ruote ascensore

asta filettata



Fig.5.2

Come mostrato in figura 5.2 l'ascensore si muove grazie alla rotazione dell'**ASTA FILETTATA**, se fatta ruotare a destra l'ascensore sale, se ruotata a sinistra l'ascensore scende.

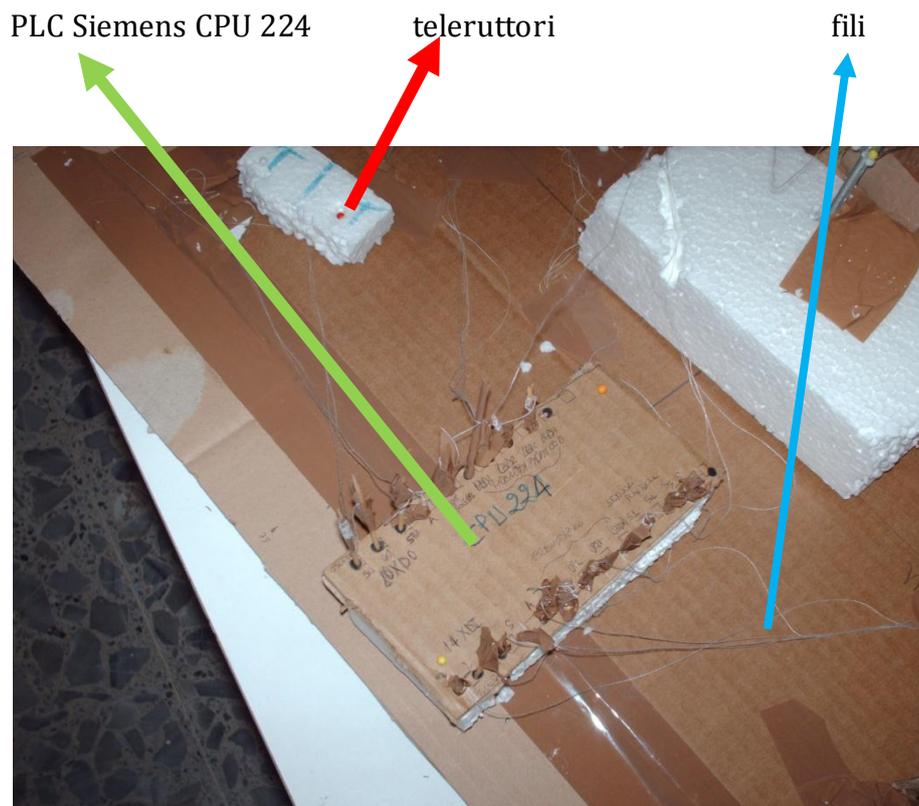


Fig.5.2

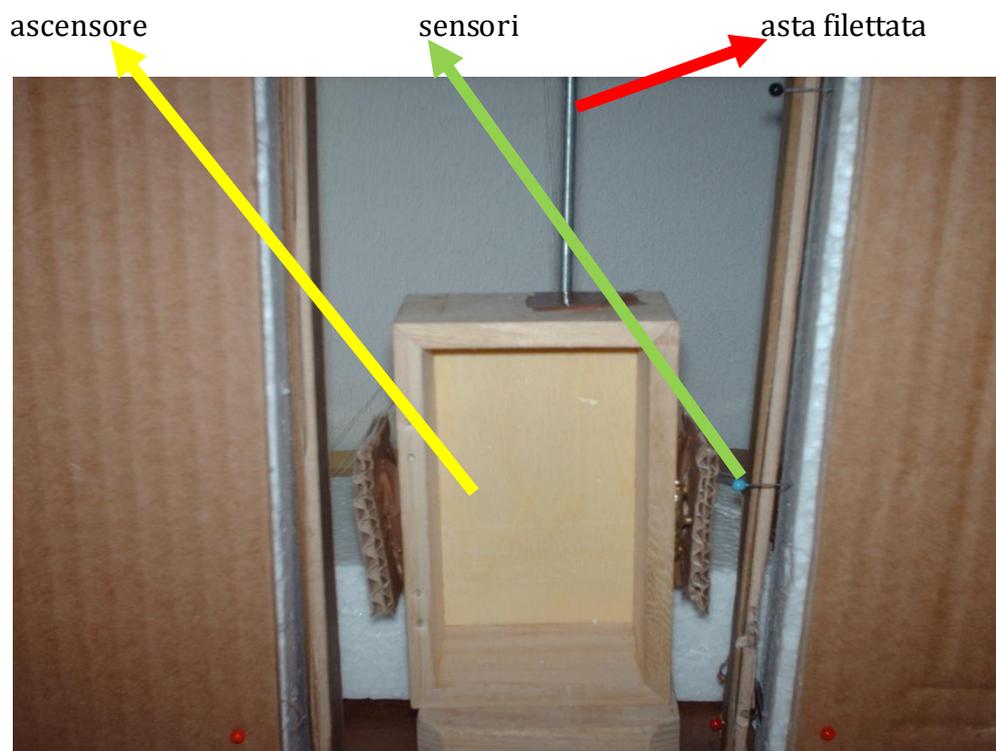


Fig.5.3

5.2.1 Misure parte in legno

La parte strutturale in legno che è stata ordinata aveva le seguenti dimensioni e tipo di materiale:

- Base della struttura in multistrato 80x45x2 cm
- 2 pilastri per lo scorrimento ruote ascensore in pino 55x4x7 cm
- 4 pilastri per reggere motore ascensore in pino 55x4x4 cm
- Tetto struttura in multistrato 80x40x1.5 cm
- 4 pareti laterali in pino 55x25x0.6 cm
- Cassaforte in legno poi modificata per essere utilizzata come ascensore 12x8x4 cm

Schema del progetto in figura 5.4.

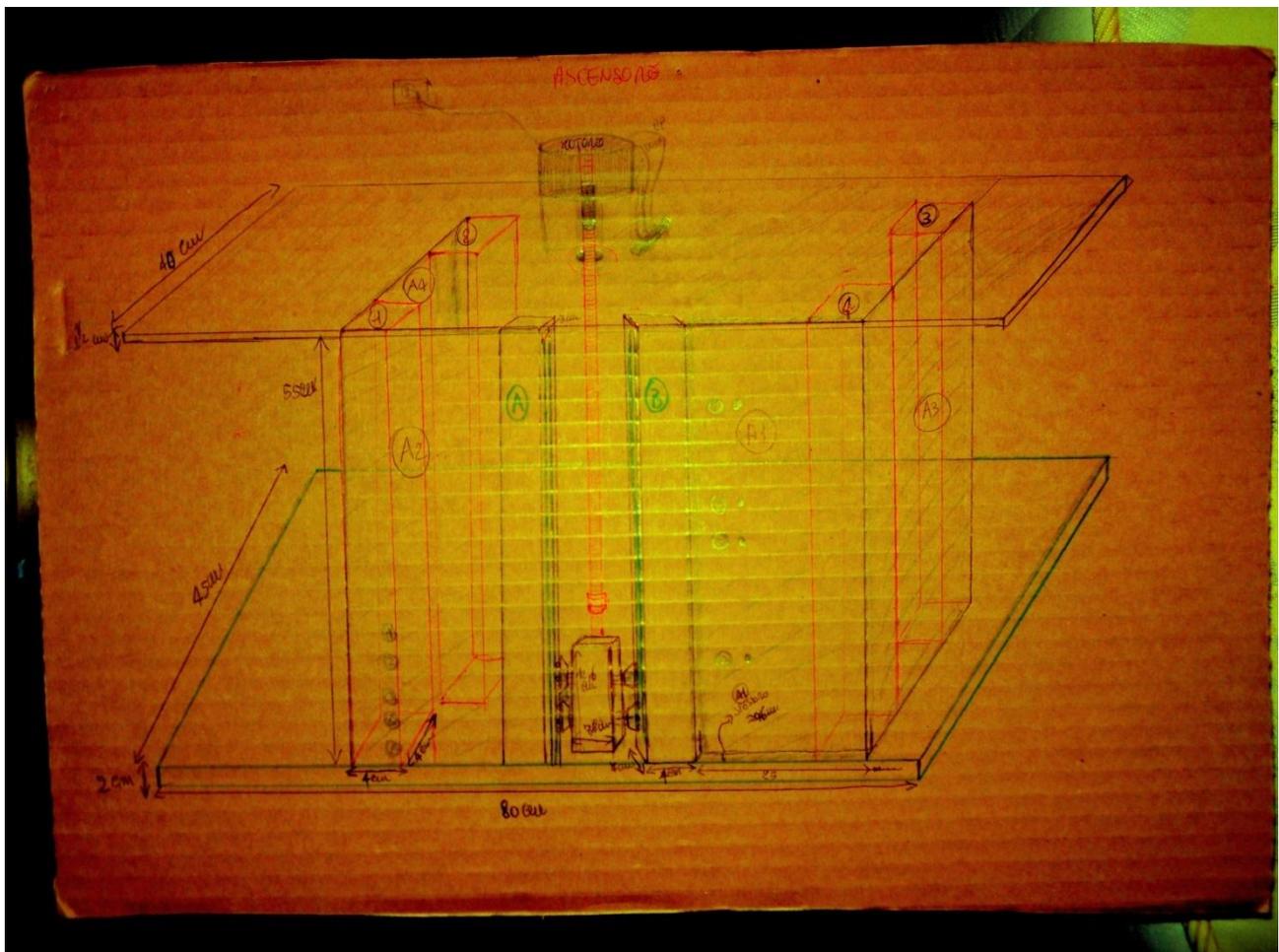


Fig.5.4

5.3 Parte meccanica

5.3.1 Asta filettata

Già nel paragrafo precedente è stato accennato qualcosa sulla parte meccanica, l'asta filettata appunto. Per far salire e scendere l'ascensore si è pensato inizialmente ad una cinghia di stampante messa in rotazione da un motore elettrico. A livello pratico si avrebbe avuto la salita o la discesa molto rapida, molto lontana dalle situazioni reali e una difficoltà nel costruire e rendere precisi i movimenti della cinghia. Si è pensato ad un'asta filettata avendo la seguente particolarità, se fatta ruotare in un senso il bullone ad essa avvitato sale verso l'alto, viceversa, se fatto ruotare nell'altro il bullone scende verso il basso. La velocità di rotazione non è stato un problema visto che si poteva scegliere un motore con un numero di giri giusto per far muovere in maniera più reale possibile l'ascensore. Il problema è stato fissare il motore nella struttura e fissare l'asta al motore in maniera precisa e affidabile in modo da evitare vibrazioni dell'asta. Il tutto è stato montato con un'ampia precisione.

5.3.2 Doppia canaletta

Un altro problema è stato far muovere l'ascensore su e giù senza che esso oscillasse, doveva essere il più stabile possibile. Si è pensato alle canalette che si usano per far scorrere ad esempio le vetrate, canalette più delle ruote che sono state fissate all'ascensore in modo da farlo scorrere con pochissimo attrito e tantissima stabilità. Vedere in figura 5.5.



Doppia canaletta

Fig.5.5

asta filettata

Nelle figure 5.6, 5.6a, 5.7 e 5.8 vengono mostrati come sono stati risolti alcuni problemi meccanici apparentemente banali ma con un ruolo fondamentale per il corretto funzionamento e durata del dispositivo costruito.

problema 1

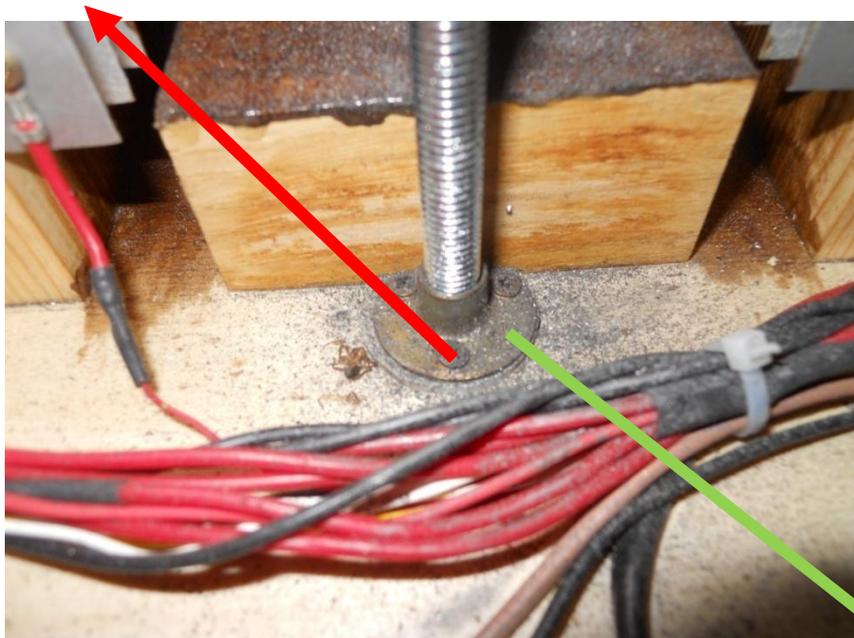


Fig.5.6

fondello



Fig.5.6a

problema 2



Fig.5.7

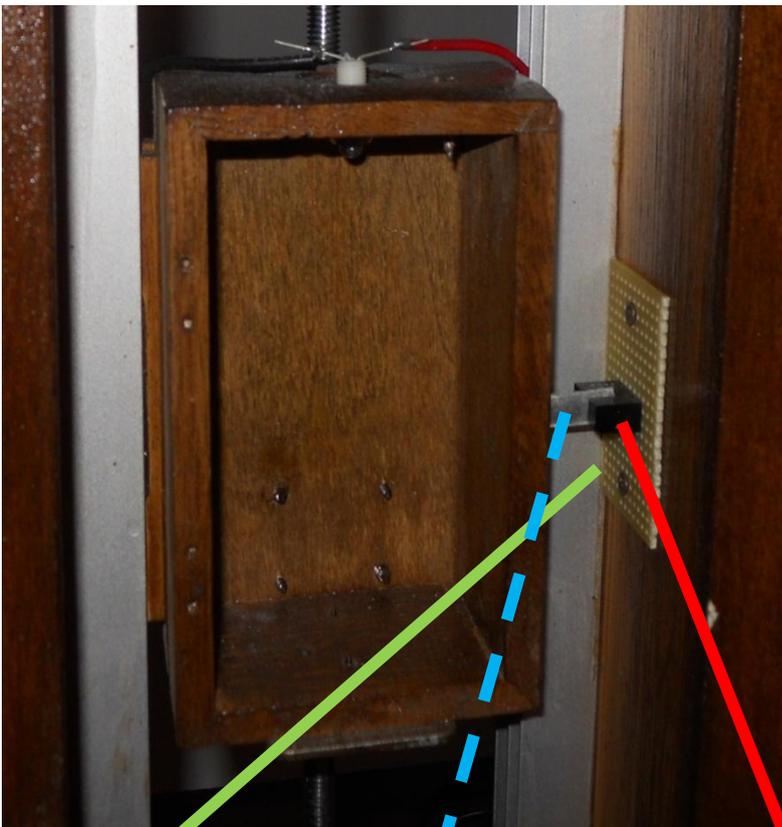


Fig.5.8

Problema 3

lamina

sensore

5.3.2.1 Problema 1

Problema della foratura della base in legno del dispositivo. Essendo la base della struttura fatta di legno e l'asta filettata in alluminio creava dei problemi. L'asta ruotando forava il legno e non essendo in equilibrio, oscillando, piegava irrimediabilmente l'asta. Per risolvere il problema è stato utilizzato un fondello per barra in ferro, in questo modo l'asta ruotando nel fondello non forava il legno risultando stabile e senza oscillazioni.

Sono state necessarie tante regolazioni del fondello prima di trovare quella giusta, se regolata male solo di un millimetro l'asta oscillava e si piegava all'istante una volta messo in funzione il motore. Ovviamente è stato messo un fondello anche nella parte superiore per renderlo più stabile e affidabile, vedere figura 5.6a.

5.3.2.2 Problema 2

Problema collegamento asta filettata - ascensore. Era necessario trovare il modo di congiungere la parte in legno dell'ascensore al dado dell'asta filettata e fare in modo che tutto fosse in equilibrio e in allineamento perfetto con l'asse verticale dell'asta. Il problema è stato risolto mettendo una piastra in ferro più quattro viti e un dado M8, vedere in figura 5.7, le quattro viti oltre che a tenere saldo l'ascensore erano utili per regolare il dado M8 all'inclinazione dell'asta filettata, fondamentale per il regolare funzionamento, limitando al massimo gli attriti e le oscillazioni.

5.3.2.3 Problema 3

Problema lamina ascensore. Questo è stato un problema che si risolveva ragionando principalmente sul funzionamento del motore e sul principio di funzionamento dei sensori ad effetto hall(verranno spiegati meglio in seguito),vedere figura 5.8. In pratica tra i due estremi del sensore c'è un fascio di luce che andava interrotto per permettere all'ascensore di fermarsi. Di conseguenza bisognava calcolare lo spessore della lamina da utilizzare per interrompere il fascio tenendo conto del motore che si sarebbe impiegato e della sua velocità. La lamina dell'ascensore doveva fermarsi esattamente nel sensore, non un millimetro più giù, il rischio era che se fosse successo così, il PLC non avrebbe più localizzato la sua posizione bloccando il funzionamento del dispositivo.

5.4 Parte elettrico - elettronica

5.4.1 PLC Siemens S7 - 200

Fondamentale per una corretta e precisa progettazione della parte elettrica ed elettronica è stata la conoscenza dei dati tecnici del PLC (Siemens S7 - 200 CPU224 XP DC/DC/DC in figura 5.8a qui sotto).

La CPU S7-200 riunisce in un'unica apparecchiatura compatta un microprocessore, un alimentatore integrato e circuiti di ingresso e di uscita per creare un potente microcontrollore (vedere la figura 1-1). Una volta caricato il programma l'S7-200 contiene la logica necessaria per il controllo delle apparecchiature di ingresso e di uscita dell'applicazione.

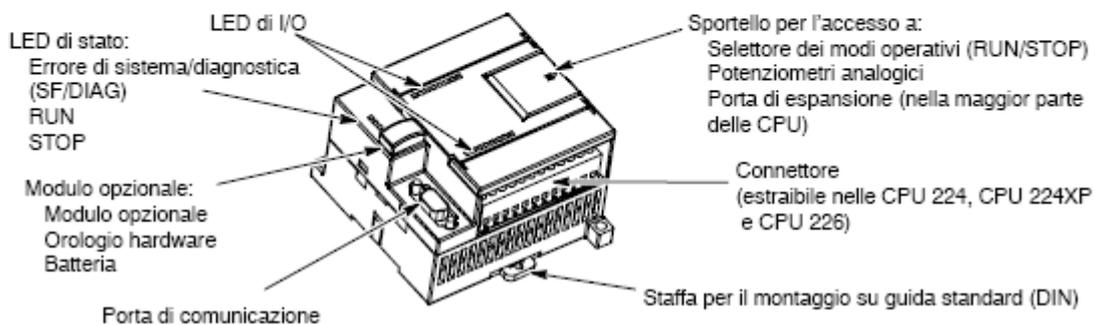


Fig.8.a

La Siemens mette a disposizione diversi tipi di CPU S7 -200, caratterizzati a una vasta gamma di funzioni e potenzialità, che consentono di realizzare soluzioni di automazione per le

diverse applicazioni. La tabella A-1, A-2-A-3-A, A-5 qui sotto presenta un breve riepilogo delle caratteristiche principali delle CPU.

Tabella A-1

Caratteristica	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
Dimensioni di ingombro (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria programma: con Modifica in modo RUN senza Modifica in modo RUN	4096 byte 4096 byte	4096 byte 4096 byte	8192 byte 12288 byte	12288 byte 16384 byte	16384 byte 24576 byte
Memoria di dati	2048 byte	2048 byte	8192 byte	10240 byte	10240 byte
Backup della memoria	Tipic. 50 ore	Tipic. 50 ore	Tipic. 100 ore	Tipic. 100 ore	Tipic. 100 ore
I/O integrati locali digitali analogici	6 ingressi/ 4 uscite -	8 ingressi/ 6 uscite -	14 ingressi/ 10 uscite -	14 ingressi/ 10 uscite 2 ingressi/ 1 uscite	24 ingressi/ 16 uscite -
Unità di ampliamento	0 unità	2 unità ¹	7 unità ¹	7 unità ¹	7 unità ¹
Contatori veloci a una fase a due fasi	4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	4 a 30 kHz 2 a 20 kHz	6 a 30 kHz 4 a 20 kHz	4 da 30 kHz 2 da 200 kHz 3 da 20 kHz 1 da 100 kHz	6 a 30 kHz 4 a 20 kHz
Uscite a impulsi (DC)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenzimetri analogici	1	1	2	2	2
Orologio hardware	Modulo	Modulo	Integrato	Integrato	Integrato
Porte di comunicazione	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Operazioni matematiche in virgola mobile	Sì				
Dimensione dell'immagine degli I/O digitali	256 (128 ingressi e 128 uscite)				
Velocità di esecuzione operazioni booleane	0,22 microsecondi/operazione				

Tabella A-2 Numeri di ordinazione delle CPU

Numero di ordinazione	Modello di CPU	Alimentazione (nominale)	Ingressi digitali	Uscite digitali	Porte di comunicazione	Ingressi analogici	Uscite analogiche	Morsetiera a innesto
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221	24 V DC	8 a 24 V DC	4 a 24 V DC	1	No	No	No
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221	da 120 a 240 V AC	8 a 24 V DC	4 a relè	1	No	No	No
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222	24 V DC	8 a 24 V DC	8 a 24 V DC	1	No	No	No
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222	da 120 a 240 V AC	8 a 24 V DC	8 a relè	1	No	No	No
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224	24 V DC	14 a 24 V DC	10 a 24 V DC	1	No	No	Sì
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224	da 120 a 240 V AC	14 a 24 V DC	10 a relè	1	No	No	Sì
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP	24 V DC	14 a 24 V DC	10 a 24 V DC	2	2	1	Sì
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi	24 V DC	14 a 24 V DC	10 a 24 V DC	2	2	1	Sì
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP	da 120 a 240 V AC	14 a 24 V DC	10 a relè	2	2	1	Sì
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 228	24 V DC	24 a 24 V DC	16 a 24 V DC	2	No	No	Sì
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 228	da 120 a 240 V AC	24 a 24 V DC	16 a relè	2	No	No	Sì

Tabella A-3 Dati tecnici generali delle CPU

Numero di ordinazione	Nome e descrizione dell'unità	Dimensioni (mm) (L x A x P)	Peso	Dissipazione	V DC disponibile	
					+5 V DC	+24 V DC ¹
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221 8 ingressi/4 uscite DC/DC/DC	90 x 80 x 62	270 g	3 W	0 mA	180 mA
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221 8 ingressi/4 relè AC/DC/relè	90 x 80 x 62	310 g	6 W	0 mA	180 mA
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222 8 ingressi/8 uscite DC/DC/DC	90 x 80 x 62	270 g	5 W	340 mA	180 mA
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222 8 ingressi/8 relè AC/DC/relè	90 x 80 x 62	310 g	7 W	340 mA	180 mA
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224 14 ingressi/10 uscite DC/DC/DC	120,5 x 80 x 62	360 g	7 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224 14 ingressi/10 relè AC/DC/relè	120,5 x 80 x 62	410 g	10 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP DC/DC/DC 14 ingressi/10 uscite	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AS23-0XB0	CPU 224XPsi 14 ingressi/10 uscite DC/DC/DC	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP AC/DC/relè 14 ingressi/10 relè	140 x 80 x 62	440 g	11 W	660 mA	280 mA
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 228 24 ingressi/16 uscite DC/DC/DC	198 x 80 x 62	550 g	11 W	1000 mA	400 mA
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 228 24 ingressi/16 relè AC/DC/relè	198 x 80 x 62	660 g	17 W	1000 mA	400 mA

¹ Si tratta dell'alimentazione per sensori a 24 V DC disponibile dopo l'alimentazione della bobina del relè interna e della porta comm a 24 V DC.

Tabella A-5 Dati tecnici dell'alimentazione delle CPU

DC		AC		
Alimentazione di ingresso				
Tensione di ingresso	da 20,4 a 28,8 V AC		da 85 a 264 V AC (da 47 a 63 Hz)	
Corrente di ingresso	Solo CPU a 24 V DC	Carico max. a 24 V DC	Solo CPU	Carico max.
CPU 221	80 mA	450 mA	30/15 mA a 120/240 V AC	120/80 mA a 120/240 V AC
CPU 222	85 mA	500 mA	40/20 mA a 120/240 V AC	140/70 mA a 120/240 V AC
CPU 224	110 mA	700 mA	60/30 mA a 120/240 V AC	200/100 mA a 120/240 V AC
CPU 224XP	120 mA	900 mA	70/35 mA a 120/240 V AC	220/100 mA a 120/240 V AC
CPU 224XPai	120 mA	900 mA	-	-
CPU 226	150 mA	1050 mA	80/40 mA a 120/240 V AC	320/160 mA a 120/240 V AC
Spunto di corrente all'aspeensione	12 A a 28,8 V DC		20 A a 264 V AC	
Isolamento (fra il campo e i circuiti logici)	Nessuno		1500 V AC	
Tempo di mantenimento (in caso di mancanza di alimentazione)	10 ms a 24 V DC		20/80 ms a 120/240 V AC	
Fusibile (non sostituibile)	3 A, 250 V lento		2 A, 250 V lento	
Alimentazione per sensori a 24 V DC				
Tensione dei sensori (alimentazione limitata)	L+ meno 5 V		da 20,4 a 28,8 V AC	
Limite di corrente	1,5 A picco, limite termico non distruttivo (vedere la tabella A-3 per informazioni sul carico nominale)			
Rumore di ondulatione	Dall'ingresso		Inferiore a 1 V picco-picco	
Isolamento (tra il sensore e i circuiti logici)	Nessuno			

Tutte queste schede hanno avuto un ruolo fondamentale nel calcolo di tutte le correnti del dispositivo fisico, tutti i calcoli andavano fatti tenendo presente queste caratteristiche del PLC. Le schede più significative per l'intero progetto sono state quelle degli ingressi digitali, delle uscite digitali e lo schema elettrico del PLC. Tabella A-6, A-7, A-8.

Tabella A-6 Dati tecnici degli ingressi digitali della CPU

Caratteristiche generali	Ingresso a 24 V DC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Ingresso a 24 V DC (CPU 224XP, CPU 224XPsi)	
Tipo	Ad assorbimento/emissione di corrente (secondo IEC "tipo 1" se ad assorbimento di corrente)	Ad assorbimento/emissione di corrente (secondo IEC "tipo 1" se ad assorbimento di corrente, tranne I0.3 - I0.5)	
Tensione nominale	24 V DC a 4 mA tipica	24 V DC a 4 mA tipica	
Max. tensione continua ammessa	30 V DC		
Sovratensione transitoria	35 V DC per 0,5 s		
Segnale logico 1 (min.)	15 V DC a 2,5 mA	15 V DC a 2,5 mA (da I0.0 a I0.2 e da I0.6 a I1.5)	4 V DC a 8 mA (da I0.3 a I0.5)
Segnale logico 0 (max.)	5 V DC a 1 mA	5 V DC a 1 mA (da I0.0 a I0.2 e da I0.6 a I1.5)	1 V DC a 1 mA (da I0.3 a I0.5)
Ritardo sull'ingresso	Selezionabile (da 0,2 a 12,8 ms)		
Connessione del sensore di prossimità a 2 fili (Bero) Corrente di dispersione ammessa (max.)	1 mA		
Isolamento (fra il campo e i circuiti logici) Disaccoppiatore ottico (separazione galvanica) Isolamento in gruppi di	Sì 500 V AC per 1 minuto Vedi schema elettrico		
Frequenza di ingresso contatore veloce (HSC)			
Ingressi HSC	Segnale logico 1	A una fase	A due fasi
Tutti gli HSC	Da 15 a 30 V DC	20 kHz	10 kHz
Tutti gli HSC	Da 15 a 26 V DC	30 kHz	20 kHz
HC4, HC5 solo nella CPU 224XP e nella CPU 224XPsi	> 4 V DC	200 kHz	100 kHz
Numero di ingressi ON contemporaneamente	Tutti	Tutti Solo CPU 224XP AC/DC/relè: Tutti a 55° C con ingressi DC a 26 V DC max. Tutti a 50° C con ingressi DC a 30 V DC max.	
Lunghezza del cavo (max.) Schermato Non schermato	500 m ingressi normali, 50 m ingressi HSC ¹ 300 m ingressi normali		

¹ Per gli ingressi HSC utilizzare doppiati ritardi schermati.

Tabella A-7 Dati tecnici delle uscite digitali della CPU

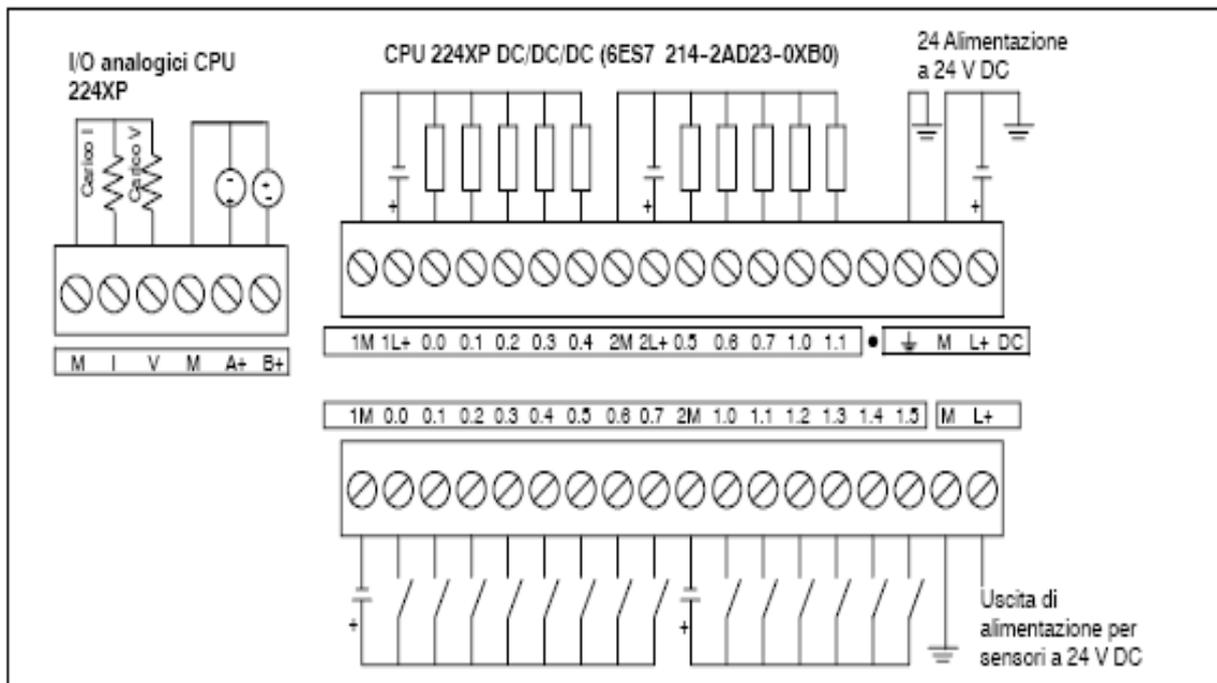
Caratteristiche generali	Uscite a 24 V DC (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Uscite a 24 V DC (CPU 224XP)	Uscite a 24 V DC (CPU 224XPai)	Uscite relé
Tipo	MOSFET a stato solido (a emissione di corrente)		MOSFET a stato solido (ad assorbimento di corrente)	Contatto Dry
Tensione nominale	24 V DC	24 V DC	24 V DC	24 V DC oppure 250 V AC
Campo di tensione	da 20,4 a 28,8 V AC	da 5 a 28,8 V DC (da Q0.0 a Q0.4) da 20,4 a 28,8 V DC (da Q0.5 a Q1.1)	da 5 a 28,8 VDC	da 5 a 30 V DC oppure da 5 a 250 V AC
Sovracorrente transitoria (max.)	8 A per 100 ms			5 A per 4 s al 10% del duty cycle
Segnale logico 1 (min.)	20 V DC con la massima corrente	L+ meno 0,4 V con la massima corrente	Guida tensione esterna meno 0,4 V con pull up di 10 K verso la guida tensione esterna	-
Segnale logico 0 (max.)	0,1 V DC con carico di 10 K Ω		1M + 0,4 V con il carico massimo	-
Corrente nominale per punto (max.)	0,75 A			2,0 A
Corrente nominale per comune (max.)	6 A	3,75 A	7,5 A	10 A
Corrente di dispersione (max.)	10 μ A			-
Carico per lampadine (max.)	5 W			30 W DC; 200 W AC ^{2, 3}
Clamp per tensioni induttive	L+ meno 48 V DC, dissipazione di 1 W		1M +48 V DC, dissipazione di 1 W	-
Resistenza in stato ON (contatto)	0,3 Ω tip. (0,6 Ω max.)			0,2 Ω (max. da nuova)
Isolamento Disaccoppiatore ottico (separazione galvanica fra il campo e i circuiti logici) tra i circuiti logici e il contatto Resistenza (tra circuiti logici e contatto) Isolamento in gruppi di	500 V AC per 1 minuto - - Vedi schema elettrico			- 1500 V AC per 1 minuto 100 M Ω Vedi schema elettrico
Ritardo (max.) da off a on (μ s) da on a off (μ s) alla commutazione	2 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (tutte le altre) 10 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (tutte le altre) -	0,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (tutte le altre) 1,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (tutte le altre) -		- - 10 ms
Frequenza degli impulsi (max.)	20 kHz ¹ (Q0.0 e Q0.1)	100 kHz ¹ (Q0.0 e Q0.1)	100 kHz ¹ (Q0.0 e Q0.1)	1 Hz
Tempo di vita in cicli meccanici	-	-	-	10.000.000 (senza carico)
Durata contatti	-	-	-	100.000 commutazioni (con carico nominale)
Uscite ON contemporaneamente	Tutte a 55° C (montaggio orizzontale), tutte a 45° C (montaggio verticale)			
Collegamento di due uscite in parallelo	Sì, solo uscite dello stesso gruppo			No
Lunghezza del cavo (max.) Schermato Non schermato	500 m 150 m			

¹ A seconda del ricevitore di impulsi e del cavo utilizzati può essere necessario utilizzare un'ulteriore resistenza di carico esterna (pari ad almeno il 10% della corrente nominale) per migliorare la qualità del segnale e l'immunità al rumore.

² Il tempo di vita dei relé con un carico lampade viene ridotto del 75% a meno che non si provveda a ridurre la sovracorrente transitoria all'accensione, portandola al di sotto della sovracorrente transitoria nominale dell'uscita.

³ Il wattaggio delle lampadine si riferisce alla tensione nominale e deve essere ridotto in modo proporzionale per la tensione commutata (ad esempio 120 V AC - 100 W).

Vediamo lo schema elettrico del PLC. Tabella A-8.



5.4.2 Alimentatore PLC

Come alimentatore del PLC è stato scelto uno di tipo industriale a 24V regolabili(22.8 - 27V) e a 4,5A. Perché a 24V e a 4,5A? Il voltaggio è stato scelto molto semplicemente consultando le schede tecniche, il PLC poteva essere alimentato da una tensione compresa tra 20,4V ad una di 28.8V DC. Per quanto riguarda l'ampereaggio non si poteva acquistare un alimentatore con un ampereaggio inferiore ad 1A, perché dalle schede tecniche risultava che il carico massimo supportato dal PLC a 24V era di 900mA (questo dato sarà fondamentale per il calcolo delle resistenze dei led, dei pulsanti e dei sensori). Vedere alimentatore in figura 5.9.



Fig.5.9

5.4.3 Motore e alimentazione

La scelta del motore è stata abbastanza impegnativa, doveva essere un motore di piccola grandezza, di basso assorbimento e soprattutto capace di tenere ferma l'asta in fase di rotazione. Dopo vari tentativi falliti con diversi tipi di motore si è pervenuti all'utilizzo di un trapano avvitatore a 12V DC. Il grosso vantaggio è stato la possibilità di fissare l'asta evitando saldature e oscillazioni durante la rotazione.

Un altro vantaggio è stato che il trapano avendo una frizione regolabile, permetteva di non rovinare la cabina in caso di un errore di programmazione (esempio andando a sbattere nella base o nella parte superiore della struttura fisica). Infatti il trapano grazie a questa frizione impostata ad 1 avrebbe girato a vuoto mantenendo l'asta e l'ascensore fermo, consentendo un pronto intervento ed evitando danni all'apparecchio. Vedere in figura 5.10.

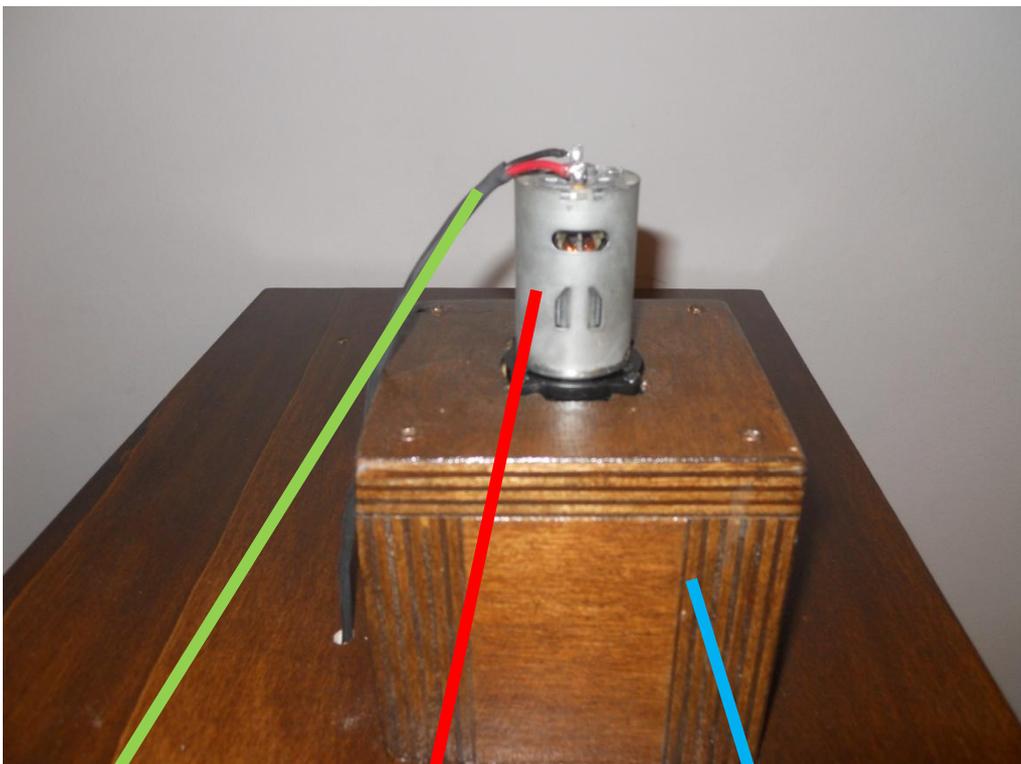


Fig.5.10

Alimentazione

motore

all'interno la frizione con l'asta ben salda

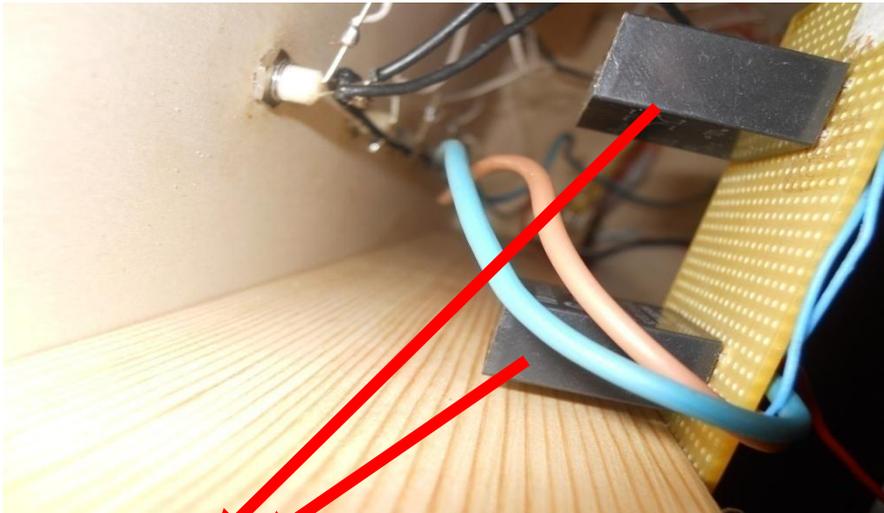
Per quanto riguarda l'assorbimento, si è scelto un motore con assorbimento in spunto intorno ai 5A che poi si stabilizzava intorno ad 1A. Necessitava quindi un alimentatore a 12V DC con un amperaggio di almeno 5A, è stato impiegato un alimentatore da 7,5A. Vedere figura 5.11.



Fig.5.11

5.4.4 Inversione motore e relè

A questo punto bisognava costruire un circuito elettronico in grado di far girare in entrambi i sensi il motore azionato dal PLC, al tempo stesso PLC e motore dovevano essere disaccoppiati per evitare in caso di corto di bruciare il primo. Il relè è stata la prima scelta, essendo un interruttore che non viene azionato a mano ma da un elettromagnete. Vedere in figura 5.12.



relé

Fig.5.12

5.4.4.1 Schema circuitale

Schema circuitale in figura 5.12a per l'inversione di rotazione del motore.

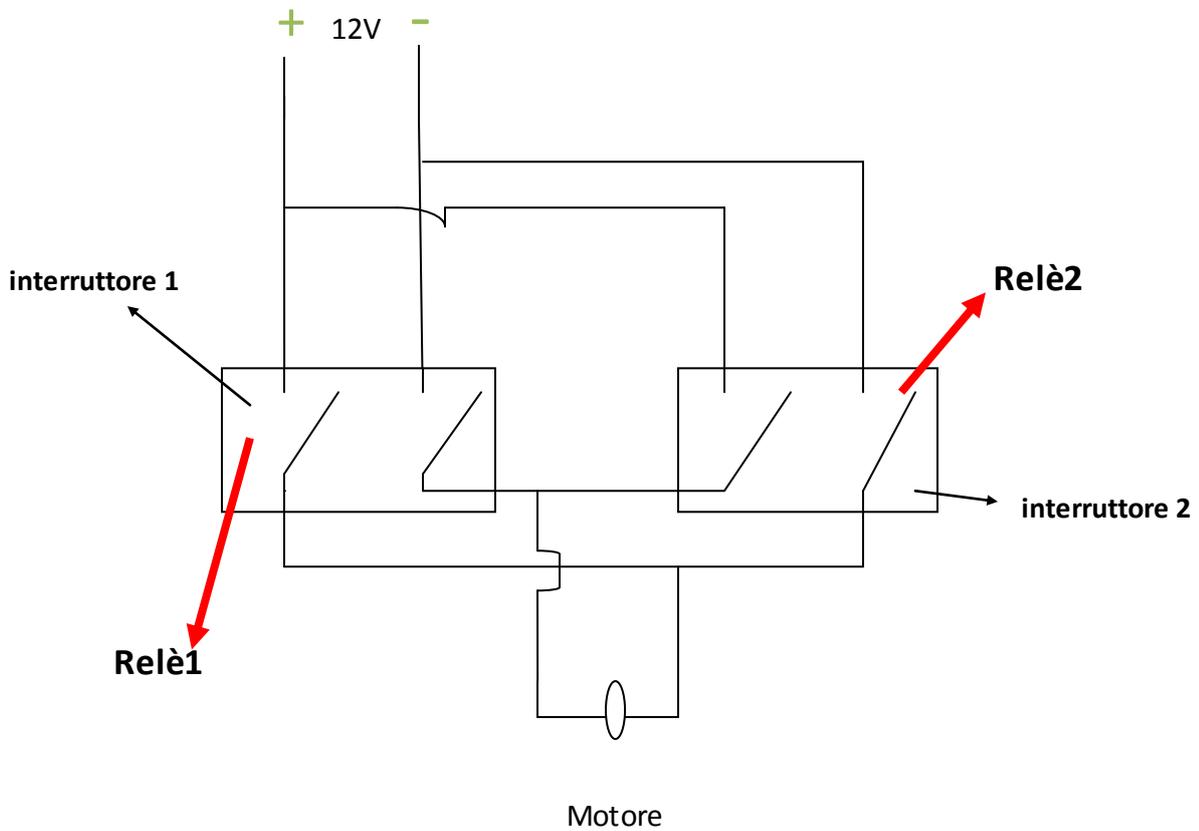


Fig.5.12a

Se viene azionato il relé1 l'interruttore1 si chiude ed il motore gira in un senso, se viene azionato il relé2 il motore gira nell'altro senso perché chiudendosi l'interruttore2 si invertono i poli ai capi del motore.

Retro e frontale del circuito reale in figure 5.12 e 5.13.

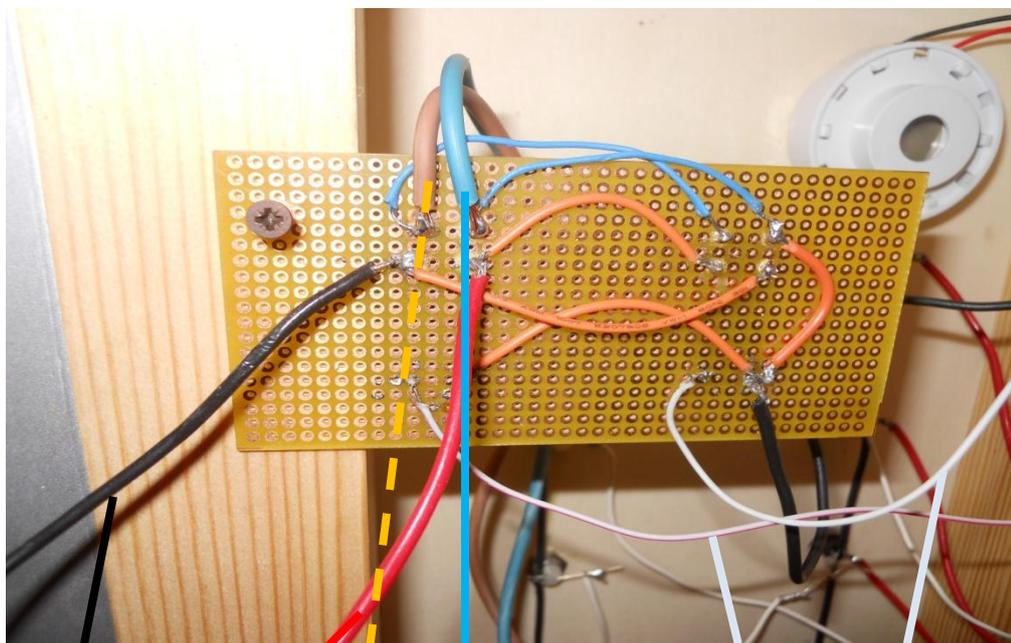


Fig.5.13

+ e - del motore

+ e - dell'alimentazione 12V

segnali provenienti dal PLC
per attivare i relé.

5.4.5 Pulsanti, led, allarme

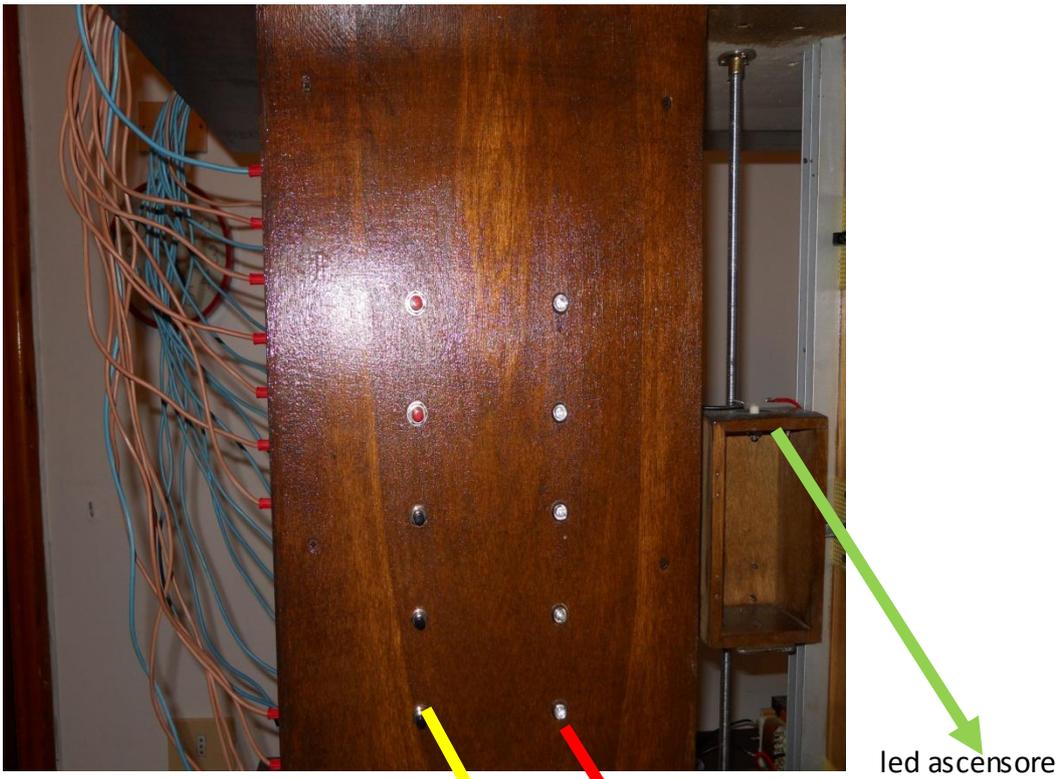


Fig.5.14

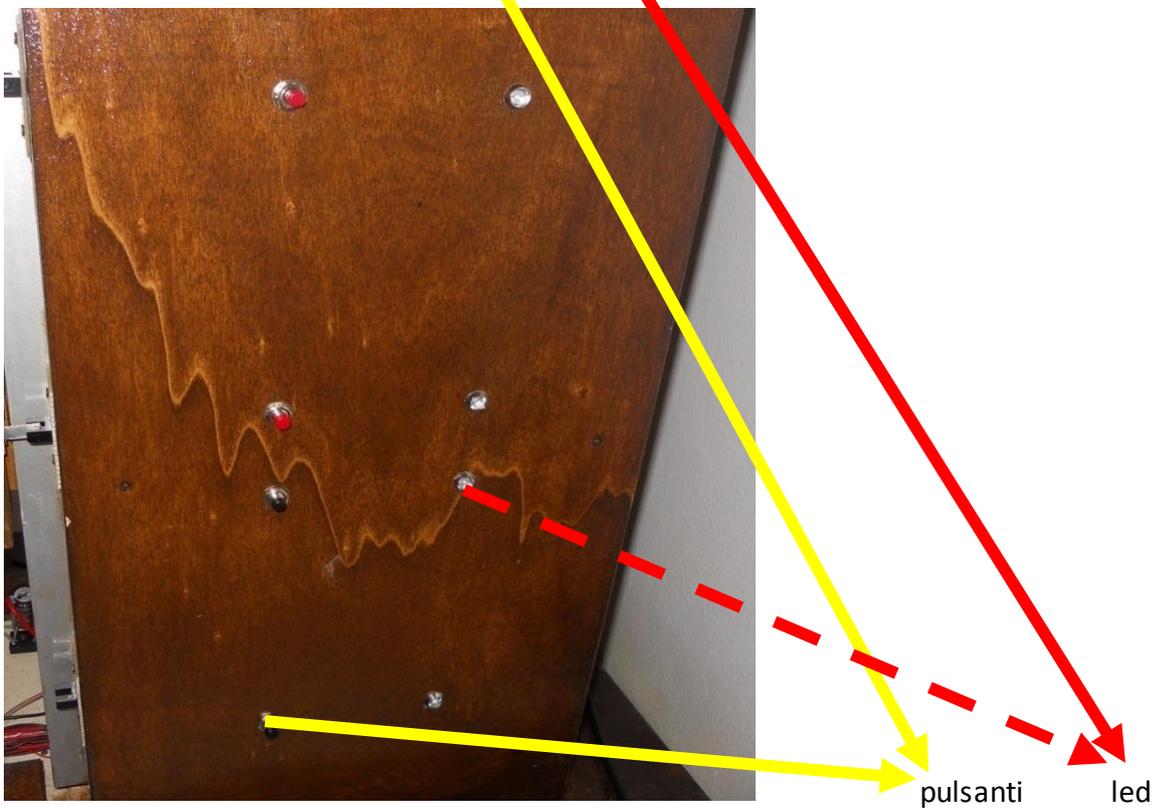


Fig.5.15



Fig.5.16

In figura 5.14, 5.15 e 5.16 vengono mostrati pulsanti e led utilizzati nel dispositivo. Sono stati utilizzati nove pulsanti **normalmente aperti**, figura 5.14 e 5.15, ed un pulsante **on-off**, in figura 5.16, ipotizzato come pulsante di emergenza che blocca il funzionamento del dispositivo in qualsiasi istante qual'ora ci fosse un improvviso mal funzionamento. Le pareti frontali in legno sono state scelte di spessore 0.6cm, se fossero state un millimetro più spesse non sarebbe stato possibile fissare pulsanti e led, sarebbe stato necessario levigare il legno con conseguenti perdite di tempo e danneggiamenti all'estetica della struttura.

5.4.6 Led ascensore

Occorreva che qualcosa segnalasse l'apertura delle porte dell'ascensore nei rispettivi piani, perciò è stato utilizzato un led rosso. Dovendo essere alimentato bisognava trovare una soluzione che evitasse l'uso cablato visto le probabili complicazioni dovute all'intreccio dei fili. Come soluzione al problema sono state utilizzate le aste in alluminio come polo positivo e polo negativo. Essendo il materiale un buon conduttore è bastato collegare i due fili del led alle ruote dell'ascensore che sono in contatto con l'alluminio e alimentare le barre in alluminio con una tensione di 24V continui. Vedere figura 5.17 e 5.18.

Fili collegati alle ruote, le quali sono in continuo contatto con le aste alimentate a 24V DC

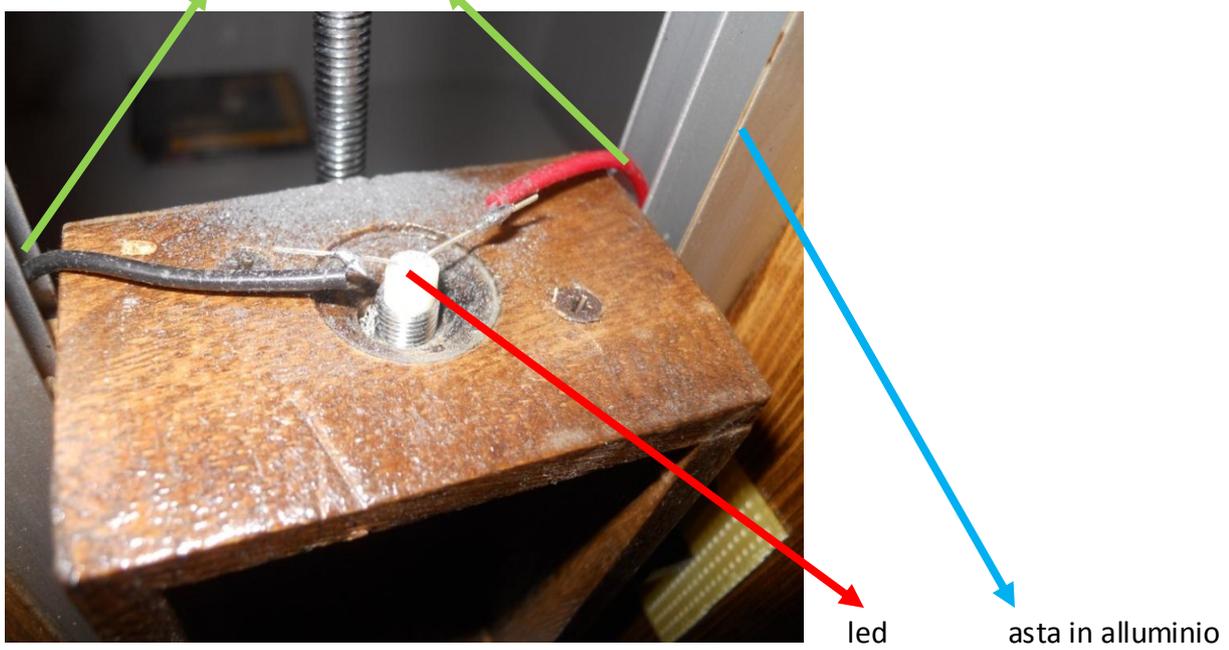


Fig.5.17

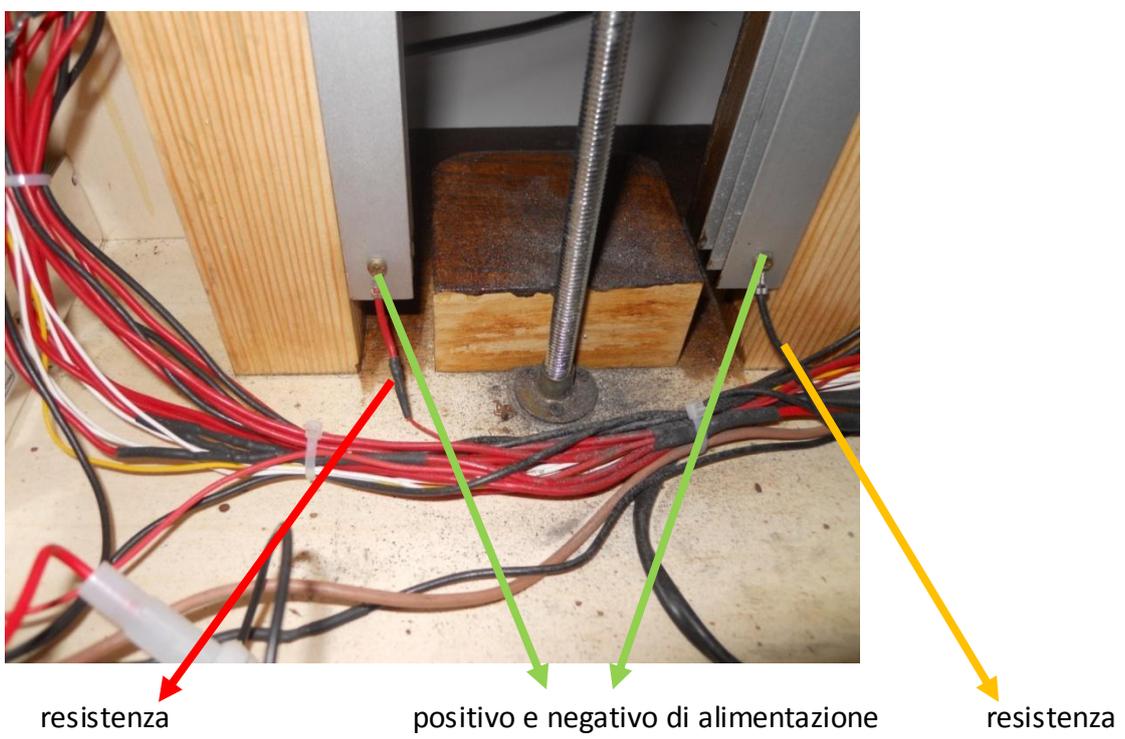


Fig.5.18

5.4.7 Allarme

Vedere in figura 5.19

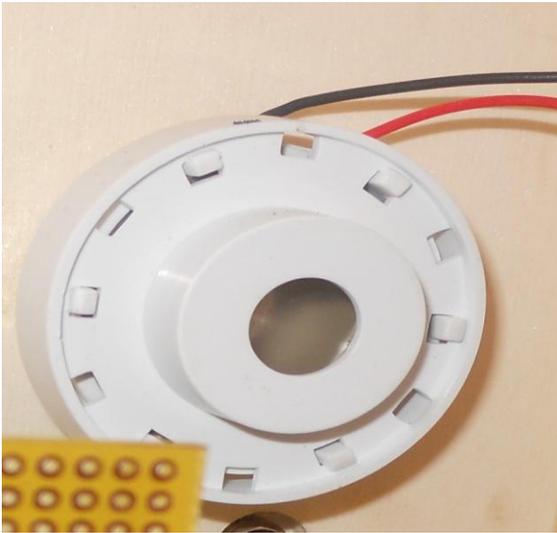


Fig.5.19

5.4.8 Scelta resistenze per led, pulsanti e allarme

5.4.8.1 Led

I led sono alimentati dal PLC, quest'ultimo è alimentato a 24V, questo fatto creava un piccolo problema. Se si fosse collegato il PLC direttamente ai led senza una resistenza opportunamente calcolata avrebbero bruciato all'istante. Il led non è altro che un diodo perciò la sua tensione di soglia V_d è di 0,7V, i led utilizzati sono ad alta luminosità perciò per funzionare hanno bisogno almeno di 20-25mA, la corrente minima per emettere luce percettibile è di 4mA. Si avevano sufficienti dati per calcolare la resistenza opportuna.

Vedere circuito elettrico figura 5.20

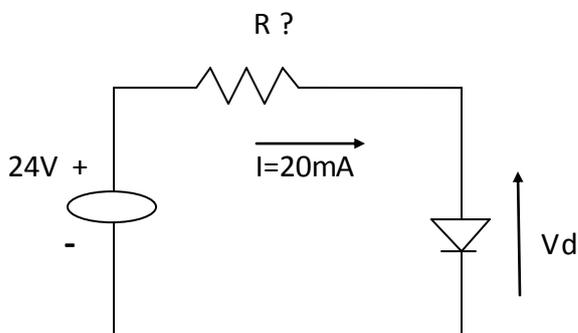


Fig.5.20

$V = R \cdot I$ perciò $R = V / I = 24 - 0,7 / 20\text{mA} = 1165 + 50\%(\text{tolleranza}) = 1800\Omega$

5.4.8.2 Pulsanti

Schiacciando uno qualsiasi dei pulsanti in pratica si chiude un circuito elettrico, di conseguenza circola una certa corrente. Dalle specifiche sul PLC era noto che l'assorbimento massimo era di 900mA. Ma da questi 900mA bisognava sottrarre i 33mA assorbiti dal PLC, i 120mA assorbiti dalla CPU e i 110mA assorbiti a causa dei pulsanti.

Ipotizzando il caso peggiore per cui tutti i pulsanti siano contemporaneamente premuti e optando per una corrente di 10mA per ciascun pulsante si è potuto ricavare la resistenza da inserire nei circuiti. Vedere circuito in figura 5.21.

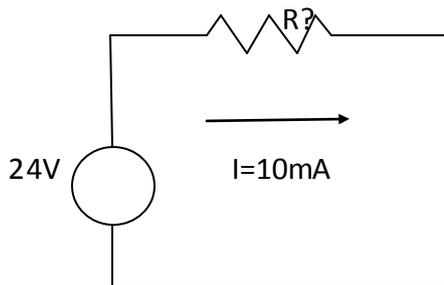


Fig.5.21

$$R=V/I =24/10\text{mA}=2360 \Omega$$

Calcolando il caso peggiore in cui tutti i pulsanti siano schiacciati contemporaneamente avremmo $11 \times 10\text{mA}=110\text{mA}$. Andava benissimo considerando i 900mA di assorbimento complessivo. Vedere figura 5.22.

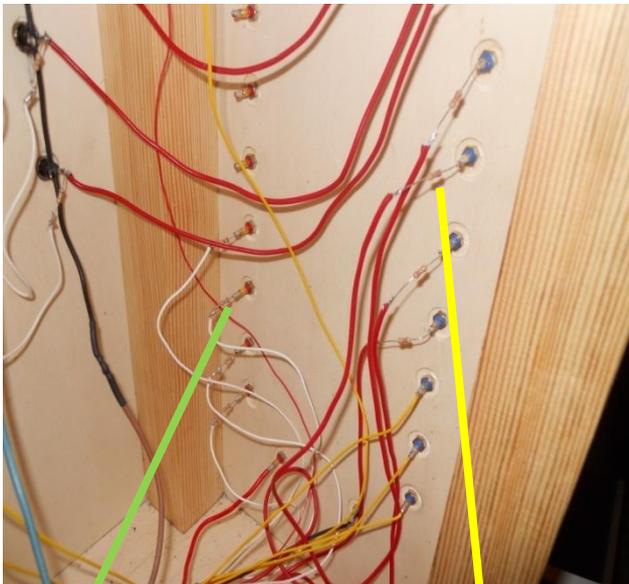


Fig.5.22

Resistenze led

resistenze pulsanti

5.4.8.3 Allarme

L'allarme che è stato utilizzato funziona a 12V (unico dato conosciuto), ma il PLC alimentava a 24V, per evitare di bruciarlo era necessario mettere una resistenza. Per calcolarla è stata presa una batteria a 12V DC e collegata al "buzzer"(allarme), con un amperometro si è misurato la corrente che scorreva, sono risultati 24mA. Avendo tutti i dati si è potuto calcolare la resistenza, vedere schema 5.23.

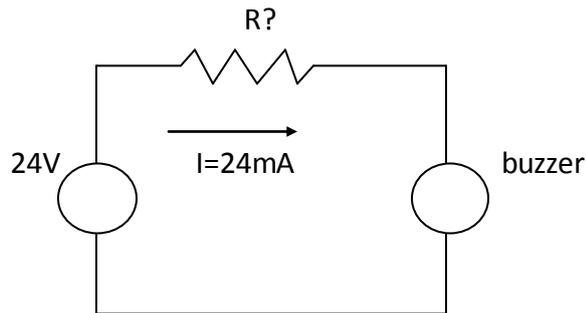


Fig.5.23

$$R=V/I = 24/24\text{mA} = 960\Omega \text{ scelgo } 1000\Omega$$

Con la resistenza scelta si è assicurata una corrente sufficiente a non bruciare l'allarme.

5.4.9 Sensori piani

A questo punto della realizzazione del dispositivo erano indispensabili tre sensori che rilevassero la posizione della cabina nei rispettivi piani, sono stati scelti dei sensori ad effetto hall recuperati da delle stampanti. Vedere figura 5.25.

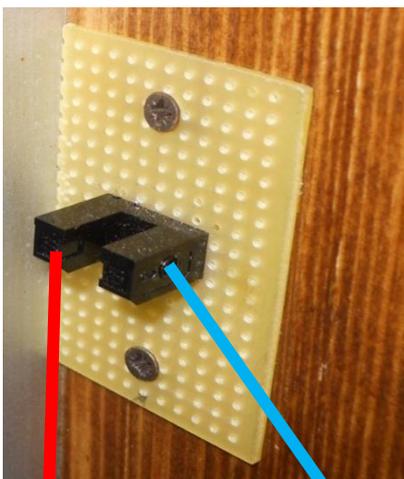


Fig.5.25

Transistor

diodo laser

Come funzionano i sensori ad effetto hall? Il principio dell'effetto HALL prende il nome dal fisico Edwin Hall che nel 1879 scoprì che quando un conduttore o un semiconduttore, attraversato da corrente, è inserito perpendicolarmente in un campo magnetico è possibile misurare una differenza di potenziale ai capi dell'elemento sensibile. Questi sensori forniscono un segnale molto preciso, ripetibile e veloce (microsecondi) adatto ad essere usato con un microprocessore o da un PLC. In pratica il diodo manda un fascio verso il transistor creando una differenza di potenziale ai suoi capi. Quelli utilizzati nel progetto sono sensori **normalmente chiusi**. Cioè, quando la lamina dell'ascensore non passa tra gli estremi del sensore, viene misurata una certa corrente (**0 logico**), visto che il fascio di luce non viene interrotto, mentre quando la lamina dell'ascensore interrompe il fascio di luce tra gli estremi del sensore, la corrente diventa nulla(**1 logico**).

5.4.9.1 Problematiche incontrate

Dalle ripetute misure effettuate con il multimetro è risultato che i sensori erano diversi:

- Sensore 1 dava una corrente di 0.8mA
- Sensore 2 dava una corrente di 1.2mA
- Sensore 3 dava una corrente di 1.5mA

Dalle specifiche del PLC emergeva che l'1 logico veniva interpretato come una tensione di almeno 4V(almeno una corrente di 10mA), grossa complicazione visto che le correnti misurate dai sensori erano intorno all'ampere, era necessaria la progettazione di un circuito che amplificasse i segnali portandoli almeno a 4V. Vedere circuito reale in figura 5.26.

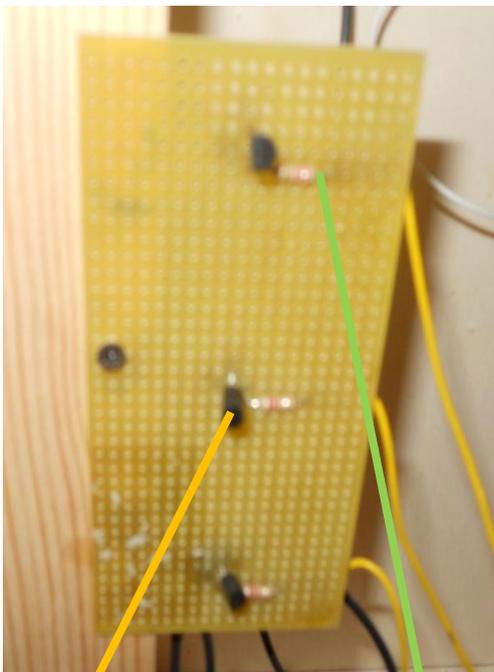


Fig.5.26

Transistor

resistenza

5.4.9.2 Circuito di amplificazione segnale

Come detto in precedenza sono indispensabili correnti di almeno 10mA affinché il PLC riconosca il segnale come un 1 logico. Era necessario l'utilizzo di un componente elettronico come interruttore, il transistor. Vedere schema figura 5.27.

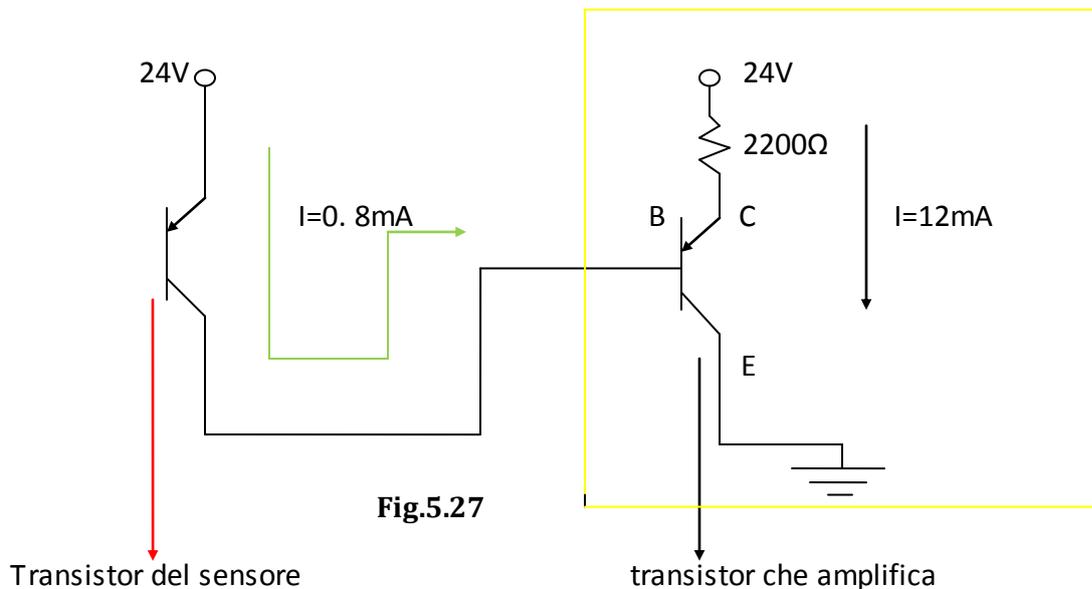


Fig.5.27

È stato scelto il transistor modello BC547 della PHILIPS, dal DATA SCHEET risultava avere una $I_B = 0,5\text{mA}$ $\beta = 150$ (guadagno). In questo modo si avrebbe avuto una corrente di collettore di circa $I_C \approx I_B \beta \approx 120\text{mA}$ ($0,8\text{mA} \times 150$), valore troppo alto visto i limiti di assorbimento del PLC visti in precedenza.

Necessitava una corrente di collettore di almeno 10mA, perciò, è stata introdotta una resistenza da 2200Ω per limitare la corrente di collettore a 12mA, valore opportunamente scelto. Riepilogando gli assorbimenti del PLC abbiamo:

- 120mA dalla CPU
- 110mA dai pulsanti (caso peggiore, tutti assieme in funzione)
- 36mA dai sensori ($12\text{mA} \times 3$)

Siamo stati molto al di sotto del limite massimo di 900mA imposto dalle specifiche del PLC.

5.4.9.3 Il transistor come interruttore

Il transistor, opportunamente polarizzato, può essere utilizzato come un interruttore che può essere aperto o chiuso, regolando la corrente di base. Consideriamo il seguente circuito in figura 5.28.

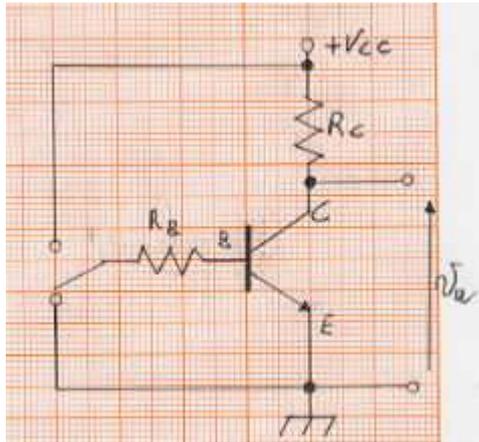


Fig.5.28

Quando l'interruttore si trova verso il basso, la tensione $V_{BE} = 0$; la corrente di base $I_B = 0$; la $I_C = 0 (I_C \approx I_B \beta)$; il transistor è interdetto, non conduce e si comporta come un circuito aperto. Quando, invece, spostiamo verso l'alto l'interruttore, la base del transistor è polarizzata direttamente, il transistor va in saturazione, la I_C assume il massimo valore, il transistor si comporta da circuito chiuso. Se consideriamo le caratteristiche di uscita del BJT in figura 5. 29:

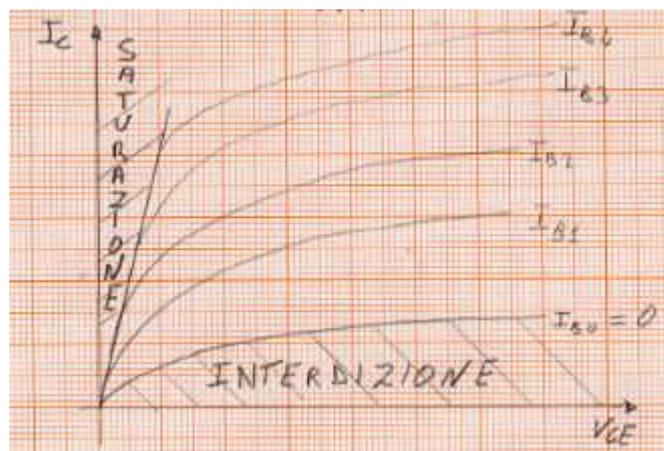


Fig.5.29

Possiamo considerare tre zone:

1. Zona di saturazione

- è la zona in cui il transistor conduce, I_C raggiunge il massimo valore, V_{CE} assume valori molto bassi.

2. Zona attiva

- è la zona centrale delle caratteristiche, in tale zona viene utilizzato come amplificatore, avendo un comportamento abbastanza lineare.

3. Zona di interdizione

- è la zona in cui il transistor si comporta da circuito aperto, I_C assume valori molto bassi, V_{CE} valori molto alti.

5.4.9.4 Alimentazione sensori

I sensori sono alimentati a 24V dallo stesso alimentatore del PLC. Per evitare di bruciarli è stato necessario introdurre delle resistenze da 1800Ω per limitare la corrente a circa 15mA (praticamente si trattava di alimentare il diodo laser interno al sensore). Vedere schema a blocchi figura 5.28 e alimentatore figura 5.29.

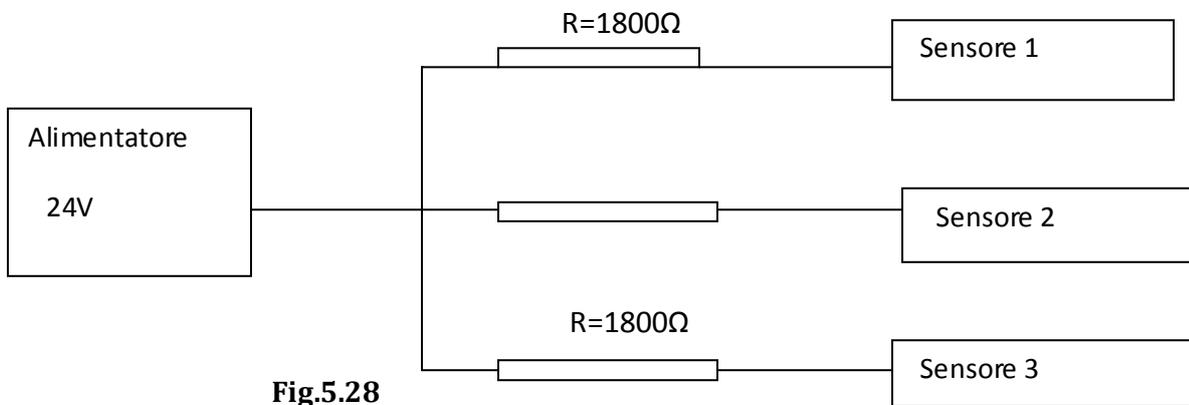


Fig.5.28

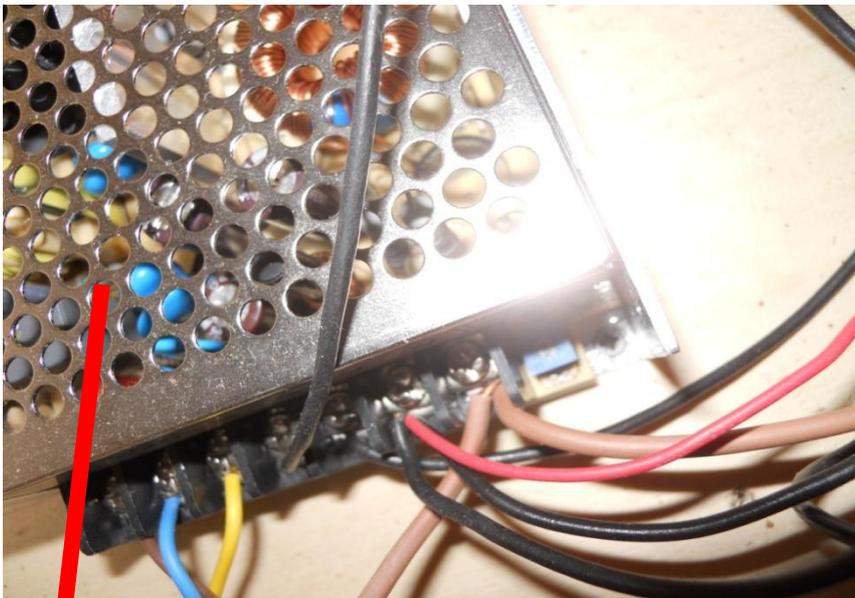


Fig.5.29

Alimentatore sensori

5.4.10 Interfacciamento con il PLC

Infine sono stati collegati i vari ingressi ed uscite al PLC tenendo ben presente lo schema elettrico del PLC, tabella A-8 cap.5. Immagini reali in figura 5.30, 5.31 e 5.32.

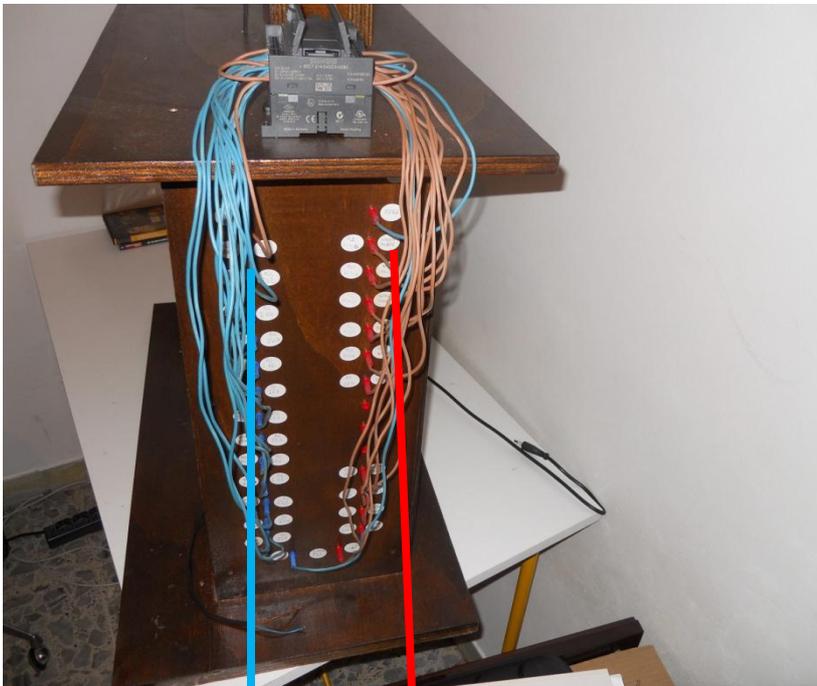


Fig.5.30

colonna ingressi

colonna uscite



Fig.5.31

Capitolo 6

Progettazione legge di controllo

6.1 Premessa

Nel capitolo si illustreranno le specifiche di funzionamento dell'ascensore in “**manovra universale**” e in “**manovra con prenotazione**”(descritte nei paragrafi 4.8.1 e 4.8.2). Verranno illustrate le fasi di progettazione dell'algoritmo, prima passando dall'SFC attraverso l'espressione dell'algoritmo mediante schemi funzionali, fino alla traduzione finale in LADDER (in appendice A). Verrà spiegato nel dettaglio la maniera in cui si è implementato il programma .

6.2 Specifiche di funzionamento in manovra universale

Dopo la progettazione e la costruzione del dispositivo rimane da risolvere un aspetto cruciale che è quello della programmazione del PLC. Bisogna avere ben chiare le specifiche da rispettare prima di utilizzare un linguaggio grafico finalizzato alla descrizione del comportamento del sistema come L'SFC. L'ascensore in “**manovra universale**” deve funzionare nel seguente modo:

Supponiamo il sistema normalmente fermo, a porte chiuse. Se qualcuno preme il pulsante dall'esterno l'ascensore diventa occupato e questo viene segnalato in tutti e tre i piani, se entro 5 secondi non viene premuto il pulsante del piano dove l'utente vuole andare l'ascensore risulterà nuovamente libero. Se però l'utente all'interno dell'ascensore preme il pulsante la cabina incomincerà a muoversi e l'ascensore non potrà essere richiamato dall'esterno, risultando essere comandato solo dall'interno. Arrivato al piano l'ascensore resta occupato per un tempo di 5 secondi prima di ritornare libero con porte chiuse.

6.2.1 SFC

Avendo ben chiare le specifiche da rispettare ho potuto progettare la legge di controllo utilizzando un linguaggio grafico finalizzato alla descrizione del comportamento del sistema, L'SFC appunto. Vedere in figura 6.

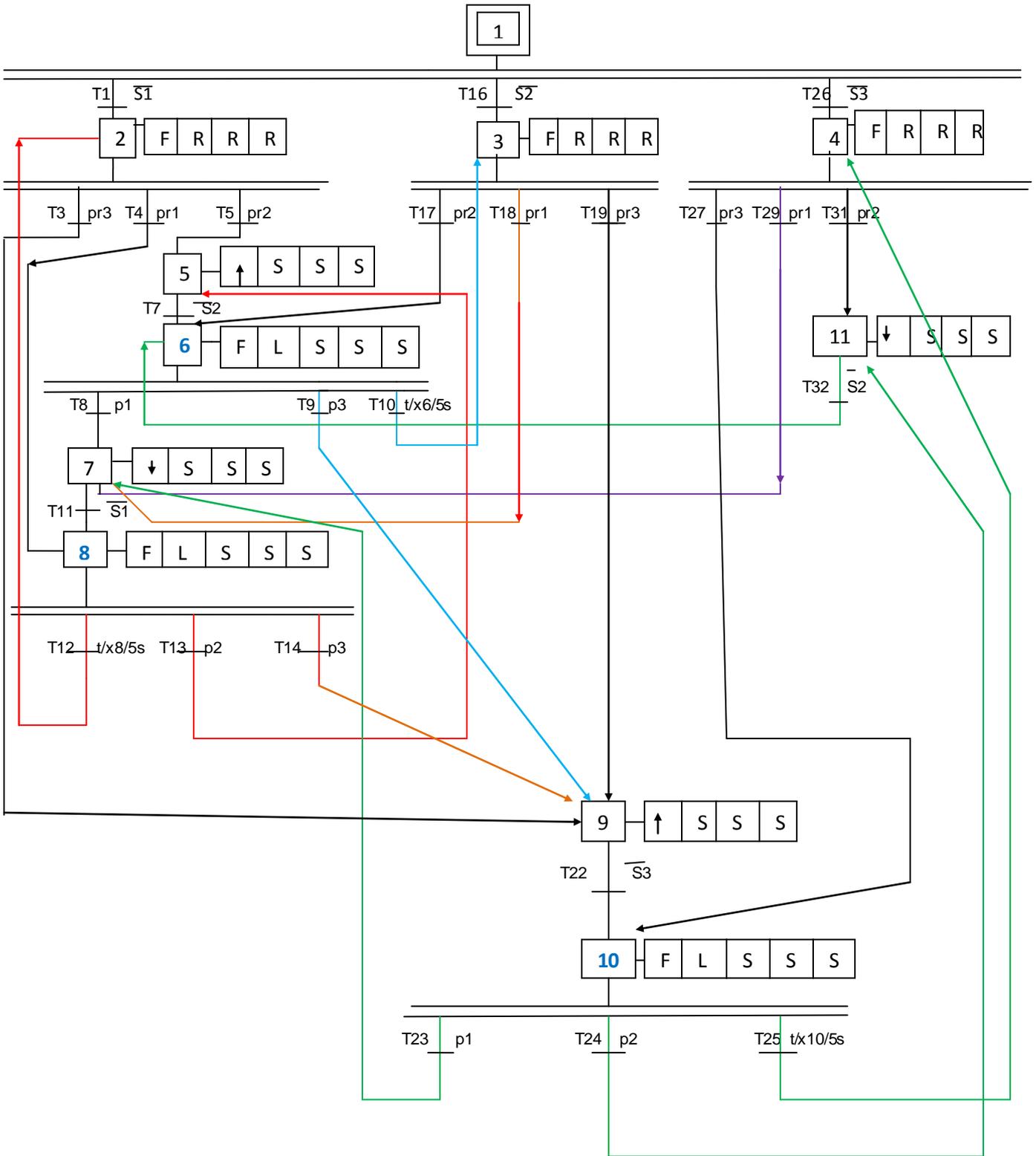
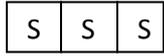


Fig.6

6.2.1.1 Leggenda schema



→ Sono le azioni, significa resetta a zero led1, led2, led3, vengono spente le luci.



→ Sono le azioni, significa imposta ad uno led1, led2, led3, vengono accese le 3 luci.



→ Azione, significa che l'ascensore sale.



→ Azione, significa che l'ascensore scende.

F

→ Azione, stop dell'ascensore.

L

→ Azione, led ascensore, segnala l'apertura delle porte.

pr1, pr2, pr3

→ Pulsanti esterni alla cabina, prenotazioni 1,2 e 3 piano.

p1,p2,p3

→ Pulsanti interni alla cabina 1, 2 e 3 piano.

S1,S2,S3

→ Sensori 1, 2 e 3 piano.

T1.....T32

→ Sono le transizioni.



→ Sono le fasi.



→ Fase iniziale

t/Xn/sec → Condizione, se è attiva la fase Xn un contatore inizierà a conteggiare il tempo da noi impostato.

6.2.1.2 Interpretazione dell' SFC

A questo punto risulta utile l'espressione dell'algoritmo in forma grafica come in figura 6 perché ne facilita la comprensibilità e l'immediatezza di lettura. Inizialmente l'ascensore può trovarsi in uno dei 3 piani, compito del sensore segnalarlo. Il sistema si trova nella fase1, la fase iniziale, ipotizziamo che l'ascensore si trovi al primo piano. Essendo al primo piano scatta la transizione T1 attivando la fase2 dove la cabina continua a rimanere ferma e le luci dei 3 piani spente.

A questo punto può arrivare una prenotazione da uno qualsiasi dei 3 piani, supponiamo arrivi una prenotazione dal secondo piano. In questo caso scatta la transizione T5 attivando la fase5, la cabina incomincerà a salire e contemporaneamente si accenderanno le luci dei 3 piani segnalando che la cabina è occupata. Come la cabina arriva al secondo piano scatta la transizione T7 attivando la fase6, la cabina si fermerà segnalandolo con un led rosso. Se entro 5 secondi la persona non schiaccia un pulsante per andare al primo o per andare al secondo piano scatta la transizione T10 e viene attivata la fase3.

Perciò vengono spente le luci di prenotazione e la cabina risulta nuovamente libera di ricevere una prenotazione. Supponiamo ora arrivi una prenotazione sempre dal secondo piano, viene attivata la transizione T17 che a sua volta attiva la fase6, supponiamo la persona decida di andare al terzo piano, schiacciando il pulsante p3 attivando la fase9 la cabina inizia a salire risultando essere occupata.

Quando l'ascensore arriva in prossimità del sensore S3 scatta la transizione T22 attivando la fase 10, a questo punto la cabina si ferma. Stessa analisi per il resto del sistema a blocchi, come già detto in precedenza è un linguaggio di facile comprensibilità e di immediata lettura.

6.3 Specifiche di funzionamento in manovra con prenotazione

L'ascensore in "**manovra con prenotazione**" deve funzionare nel seguente modo:

Supponiamo il sistema normalmente fermo, a porte chiuse. Se arriva una chiamata da un piano l'ascensore comincia muoversi verso di esso. Una volta che l'ascensore è arrivato a destinazione, dopo dieci secondi che rimane vuoto e, quindi, inutilizzato, diventa libero e nuovamente prenotabile. Ipotizziamo che la prenotazione sia avvenuta dal primo piano con l'ascensore fermo al terzo, la cabina incomincerà a muoversi verso il primo piano, se nel mentre però c'è stata una prenotazione dal secondo piano per andare al primo, la cabina

prima si fermerà al secondo piano per caricare gli utenti, poi continuerà al primo (obbligatoriamente).

Ipotizziamo invece sempre riferendoci all'esempio precedente che la prenotazione arrivi sempre dal secondo piano ma solo per andare al terzo. Succede che l'ascensore partendo dal terzo piano non si fermerà al secondo per caricare gli utenti, prima caricherà quelli del primo piano, poi, risalendo caricherà quelli del secondo che hanno prenotato per andare al terzo. In questa modalità di funzionamento le prenotazioni rimangono in memoria (led rossi accesi) fino a quando non verranno servite. Ipotizziamo il caso in cui l'ascensore si stia dirigendo al primo piano partendo dal secondo. Un istante prima di arrivare al primo piano supponiamo arrivino le prenotazioni dal secondo sia per salire al terzo che per scendere al primo e la prenotazione dal terzo per scendere.

L'ascensore si comporterà nel seguente modo, si fermerà al primo piano, supponendo non salga nessuno dopo un tempo di 10 secondi inizierà a spostarsi verso il secondo piano in automatico; qui caricherà le persone che hanno prenotato per salire al terzo e si dirigerà verso quest'ultimo. Contemporaneamente il led del pulsante di prenotazione del secondo piano per andare al terzo $2\uparrow$ si spegne consentendo ad un'altra persona di prenotare la salita. L'utente che aveva prenotato la discesa dal secondo al primo piano (pulsante prenotazione $2\downarrow$), è ancora in attesa (led del pulsante $2\downarrow$ acceso), infatti l'ascensore arrivando dal terzo piano lo servirà solo ora. In sostanza questa è in generale la logica di funzionamento. Vedere in figura 6.6 pulsanti e led di prenotazione.

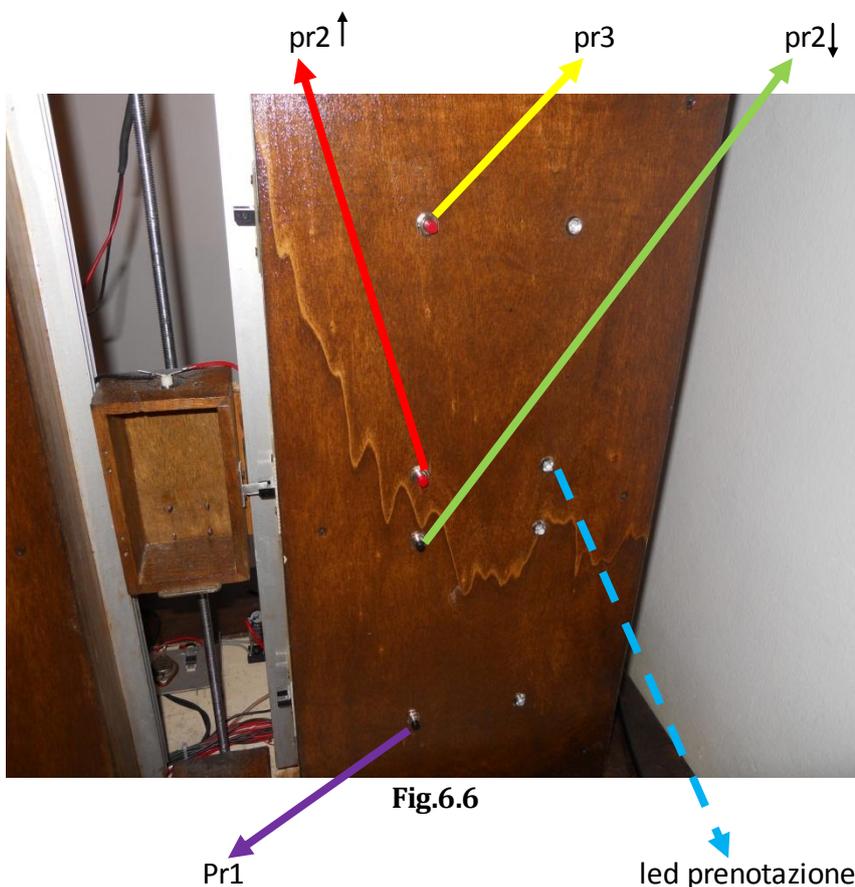


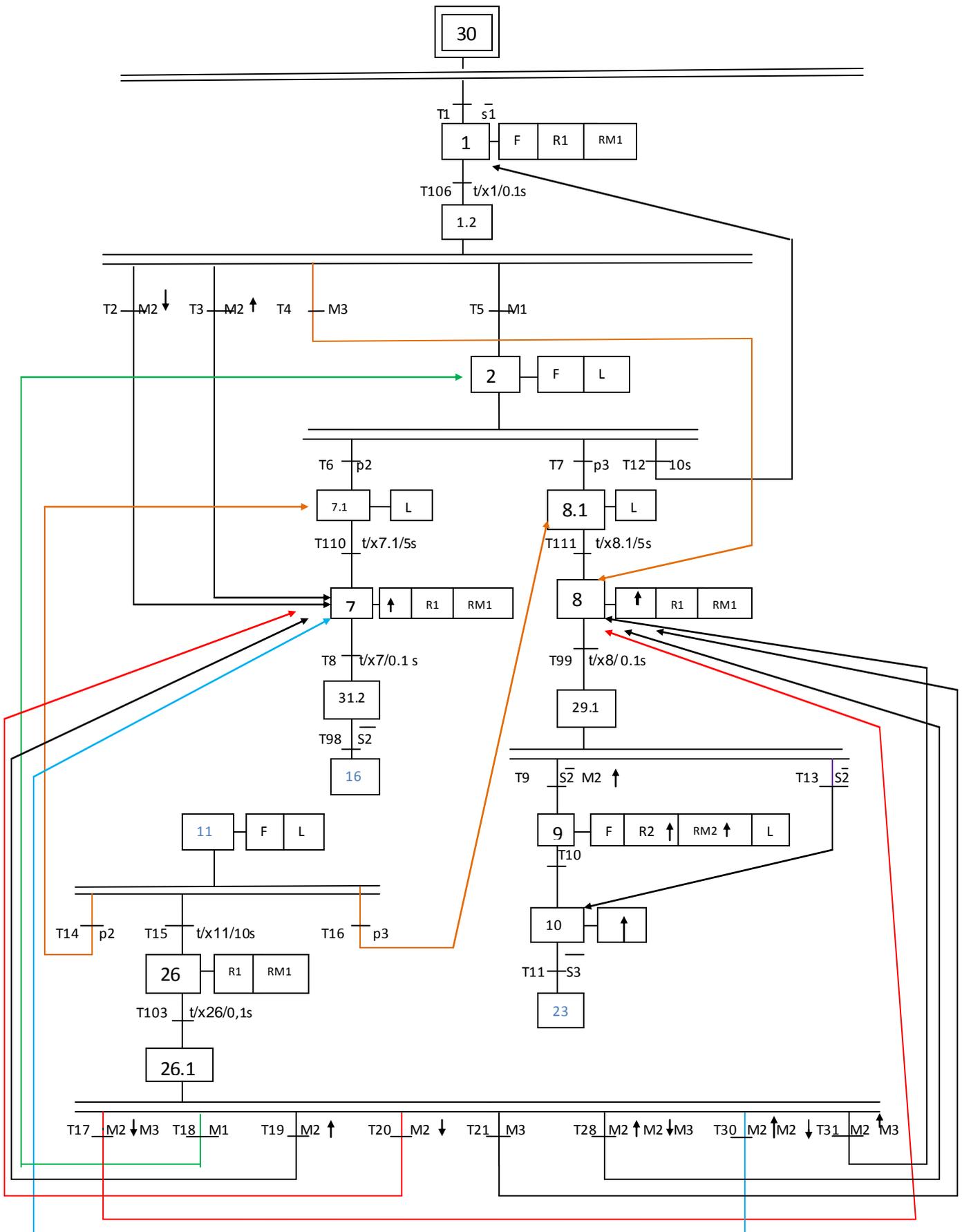
Fig.6.6

Pr1

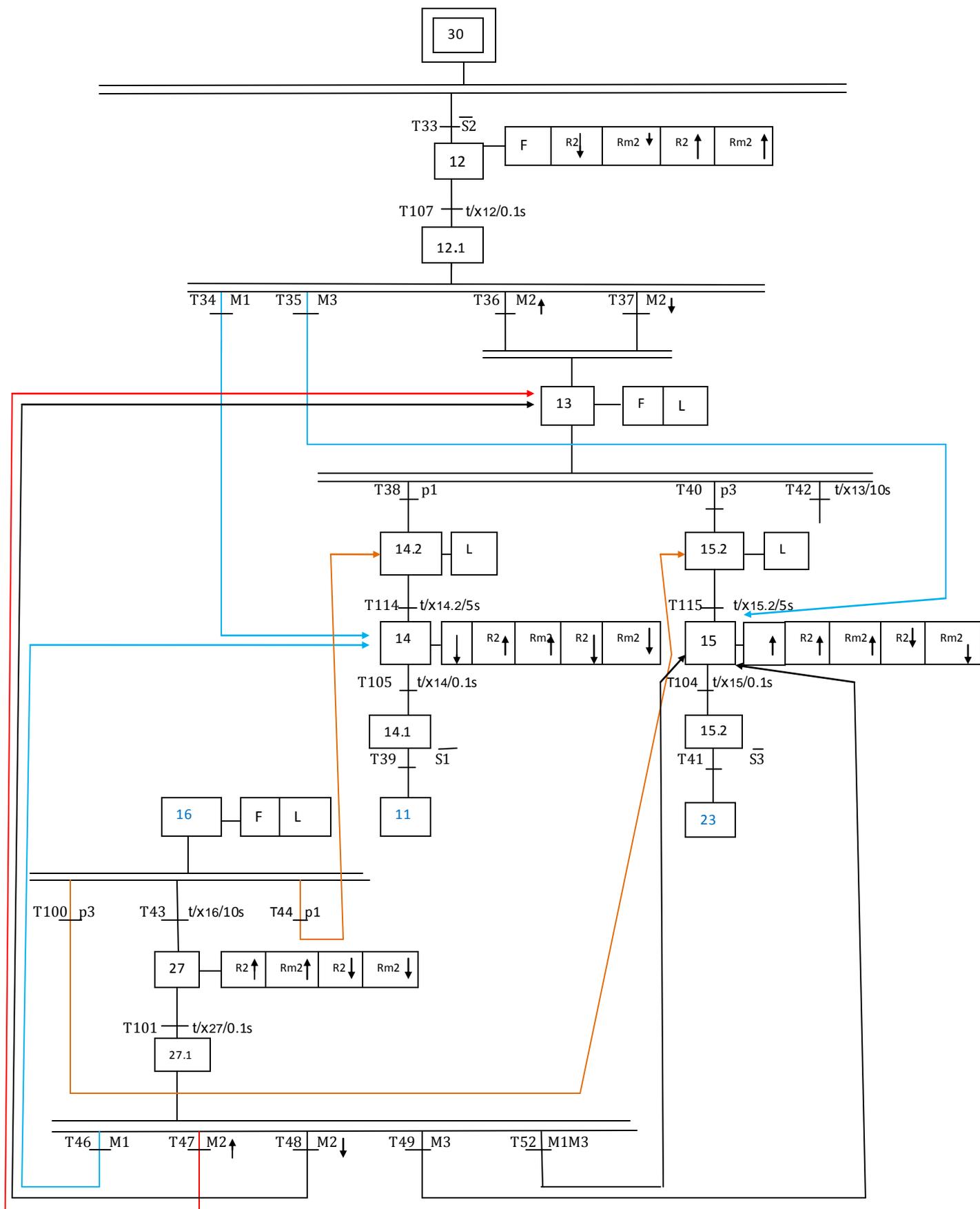
led prenotazione

6.3.1 SFC

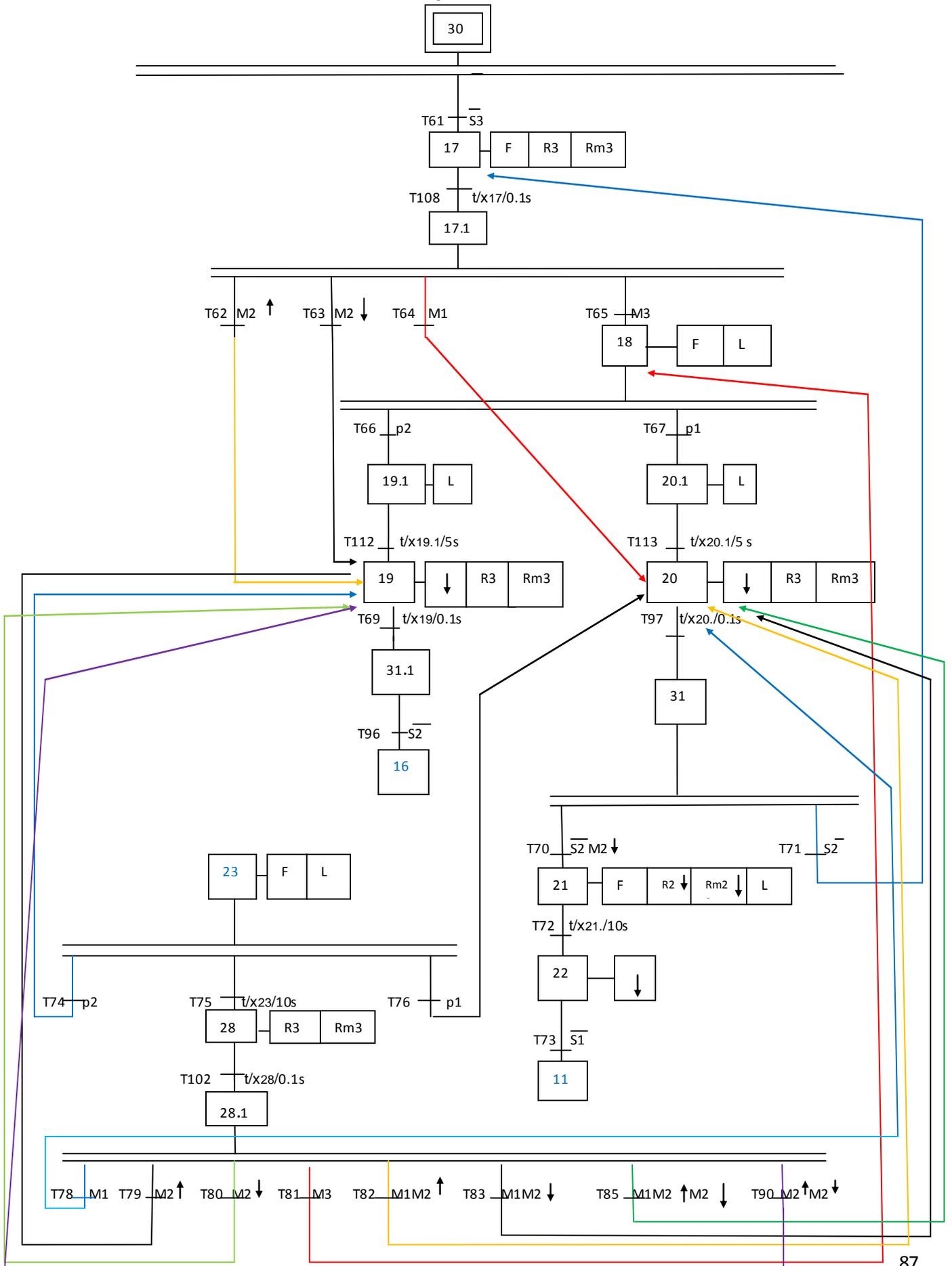
1 piano



2 piano



3 piano



Per motivi di spazio sono stati riportati gli schemi in tre pagine differenti, ma sono un unico schema a blocchi, infatti la fase30, quella iniziale, è la stessa per tutti e tre gli schemi.

6.3.2 Leggenda schema

R1 R2↑ R2↓ R3 —————> Azioni resetta led1, led2↑, led2↓, led3.

Rm1 Rm2↑ Rm2↓ Rm3 —————> Azioni resetta marker led1, marker led2↑, marker led2↓, marker led3. I marker sono aree di memoria che servono per la memorizzazione di indicatori di condizione binaria.

F —————> Azione, stop dell'ascensore.

L —————> Azione, led ascensore, segnala l'apertura delle porte.

M1, M2↑, M2↓, M3 —————> Prenotazioni 1, 2↑, 2↓ e 3 piano. Le prenotazioni vengono memorizzate nei marker.

p1, p2, p3 —————> Pulsanti interni alla cabina 1, 2 e 3 piano (in realtà sono nella parte frontale sinistra del dispositivo).

S1,S2,S3 —————> Sensori 1, 2 e 3 piano.

T1.....T102 etc.. —————> Sono le transizioni.

t/Xn/sec —————> Condizione, se è attiva la fase Xn un contatore inizierà a conteggiare il tempo da noi impostato.

↑ —————> Azione, significa che l'ascensore sale.

↓ —————> Azione, significa che l'ascensore scende.

Capitolo 7

Prove sperimentali processo fisico

7.1 Premessa

Nel seguente capitolo verranno trattate le prove sperimentali effettuate sul processo fisico, quelle sul funzionamento in “**manovra universale**” e in “**manovra con prenotazione**”. La differenza sostanziale é che nel primo caso le chiamate non possono essere prenotate, nel secondo sì.

7.2 Manovra universale

Il primo esperimento riguarda il funzionamento dell'ascensore in **manovra universale**. Il punto di partenza del sistema prevede che la cabina sia posizionata ferma e a porte chiuse al secondo piano. Da tale punto di partenza, è stata ipotizzata una chiamata dell'ascensore dallo stesso secondo piano: appena viene schiacciato il pulsante di chiamata, si accendono le relative luci anche negli altri due piani (1° e 3°), in modo da indicare agli eventuali soggetti in attesa agli altri piani che la cabina è occupata. Inoltre, nella parte sinistra del pannello frontale del dispositivo si accende un led rosso, che, dato che la cabina non è dotata di portiere che si aprono e chiudono, sta ad indicare all'osservatore dell'esperimento l'apertura dell'ipotetica porta della cabina.

Schiacciando il pulsante che teoricamente dovrebbe essere all'interno della cabina – ma che nel dispositivo si trova sulla parte sinistra del pannello frontale – per andare al terzo piano, la cabina inizia lentamente a spostarsi verso l'alto. Le luci dei tre piani rimangono ancora accese a segnalare che la cabina è occupata, mentre il led rosso si spegne indicando che l'ipotetica porta è chiusa.

Quando l'ascensore arriva al terzo piano, il led rosso della porta della cabina si accende indicando l'apertura della stessa. Dopo cinque secondi che l'ascensore rimane fermo (ossia senza utenti) vuoto, sia il led della porta della cabina sia quello dei pulsanti di chiamata dei tre piani si spengono, a segnalare che l'ascensore è nuovamente libero. Chiamando l'ascensore dal primo piano (al momento fermo al terzo), lo stesso comincerà a muoversi verso il basso e le tre luci di chiamata ai piani si accenderanno. Se durante la discesa viene schiacciato un

pulsante di chiamata ad uno qualsiasi degli altri due piani (2° e 3°), i cui rispettivi led sono già accesi, come detto, non accade nulla perché l'ascensore è occupato e chi è all'interno ha sempre la priorità.

Una volta arrivato l'ascensore al primo piano, si ipotizzi che un soggetto vi entri per andare al secondo piano, per questo, dopo due secondi, viene schiacciato il pulsante per andare a detto secondo piano: il led rosso della porta della cabina si spegne ad indicare la chiusura della porta, mentre i led di chiamata ai tre piani rimangono ancora accesi. Arrivato al secondo piano la cabina si ferma e il led/porta della cabina si accende ad indicare l'apertura della porta. Dopo cinque secondi che l'ascensore rimane vuoto, in quanto l'ipotetico soggetto è uscito, sia il led/porta della cabina che quelli dei tre piani si spengono a segnalare che l'ascensore è nuovamente libero per l'utilizzo.

A questo punto, arriva una nuova chiamata dal primo piano: la cabina comincia a muoversi verso quest'ultimo e, contemporaneamente, le luci di chiamata dei tre piani si accendono. Una volta arrivato a destinazione, il led/porta della cabina si accende, indicando l'apertura della porta. Dopo qualche istante dall'arrivo, un ipotetico soggetto entra nella cabina e schiaccia il pulsante per andare al terzo piano: una volta che l'ascensore è arrivato al terzo piano, dopo cinque secondi senza ulteriori chiamate diventa nuovamente libero e ciò viene segnalato dallo spegnimento delle luci delle prenotazioni dei tre piani.

Arrivata una chiamata dal secondo piano l'ascensore comincia a scendere verso di esso. Una volta arrivato a destinazione, dopo cinque secondi senza ulteriori chiamate diventa nuovamente libero e a porte chiuse (led/porta spento). Qui finisce il primo esperimento, in considerazione del fatto che sono state trattate le casistiche più significative per rendere il più possibile comprensibile il funzionamento.

7.3 Manovra con prenotazione

Il secondo esperimento effettuato è stato quello sul funzionamento dell'ascensore in **manovra con prenotazione**, caratterizzato dalla possibilità di prenotazione delle chiamate. Rispetto alla precedente modalità, questa è decisamente più complicata.

Inizialmente il sistema è fermo, a porte chiuse, con la cabina posizionata al secondo piano. Chiamando l'ascensore dallo stesso secondo piano, appena viene schiacciato il pulsante di prenotazione 2 ↑ (pulsante di prenotazione per andare dal secondo al terzo piano) si accendono sia il led/porta della cabina (ad indicare l'apertura della porta) sia quello del pulsante di prenotazione.

Subito dopo viene schiacciato il pulsante per andare al terzo piano. Passati 5 secondi necessari a far chiudere le porte, l'ascensore incomincia a muoversi verso il terzo piano. Il led

del pulsante di prenotazione $2\uparrow$ si spegne, come pure quello della porta della cabina (ad indicare la chiusura della porta). L'ascensore arriva al terzo piano e il led/porta della cabina si accende indicando l'apertura della porta; dopo dieci secondi che l'ascensore rimane vuoto e, quindi, inutilizzato, il led si spegne a segnalare che l'ascensore è diventato libero e nuovamente prenotabile.

Ipotizzo una prenotazione dallo stesso terzo piano in cui è fermo l'ascensore. Appena viene schiacciato il pulsante di prenotazione si accende il led/porta della cabina (apertura porta) e quello del pulsante di prenotazione indicando la richiesta. Subito dopo l'ipotetico utente all'interno della cabina schiaccia il pulsante (nel nostro caso posizionato nel pannello frontale del sistema) per andare al primo piano: passati 5 secondi necessari per far chiudere le porte, l'ascensore incomincia a muoversi verso il primo piano spegnendo il led del pulsante di prenotazione e quello della porta della cabina (porta chiusa). Ora inizia la parte interessante dell'esperimento. Prima che l'ascensore sia arrivato in corrispondenza del secondo piano, vengono ipotizzate delle prenotazioni nel seguente ordine: al secondo piano vi sono due utenti i quali prenotano uno con $2\uparrow$ e l'altro con $2\downarrow$ (pulsante di prenotazione per andare dal secondo al primo piano), un altro utente è al terzo piano e prenota per scendere e, infine, un quarto utente al primo piano prenota per salire.

Ora è interessante verificare in che ordine verranno servite le rispettive prenotazioni. L'ascensore si fermerà al secondo piano, si accenderà il led indicante l'apertura della porta, mentre si spegnerà quello della prenotazione $2\downarrow$; entra l'utente che era in attesa e dopo 10 secondi l'ascensore richiude le porte (led/porta spento) e riprende a muoversi verso il primo piano. Se nel tragitto verso il primo piano l'utente all'interno della cabina schiacciasse o il terzo o il secondo piano, non succedrebbe niente perché la discesa verso il primo piano, in precedenza prenotata, conserverebbe la priorità. L'ascensore arriva, dunque, al primo piano, il led/porte si accende per indicare che le porte sono aperte, entra l'utente che era in attesa e dopo qualche secondo l'utente schiaccia il pulsante per andare al terzo piano, passati 5 secondi per permettere alle porte di chiudersi l'ascensore incomincia a salire, contemporaneamente sia il led/porta sia il led del pulsante di prenotazione primo piano si spengono.

Dopo un secondo che l'ascensore ha cominciato a muoversi, ipotizzo una prenotazione dal secondo piano $2\downarrow$ per andare al primo piano. In questo caso l'ascensore si fermerà al secondo piano visto che la prenotazione $2\uparrow$ in precedenza effettuata dall'altro utente in attesa al secondo piano non era stata ancora soddisfatta. Pertanto, questa nuova prenotazione $2\downarrow$ resterà momentaneamente ignorata. L'ascensore si fermerà al secondo piano, perciò led/porta acceso e led della prenotazione $2\uparrow$ spento (in quanto appena servito). Dopo 10 secondi in automatico l'ascensore chiuderà le porte e riprenderà a muoversi verso il terzo piano.

L'ascensore arriva al terzo piano e dopo l'uscita dell'utente non viene più schiacciato né il pulsante per andare al primo piano né quello per andare al secondo. Dopo 10 secondi e in

automatico l'ascensore prende a muoversi verso il secondo piano, visto che ha ancora da soddisfare la precedente prenotazione 2 ↓ dell'utente in attesa al secondo piano con intenzione di scendere al primo. Ma, durante la discesa, ipotizzo una prenotazione di un utente dal primo piano.

L'ascensore arriva al secondo piano: a questo punto, siccome l'utente potrebbe cambiare idea e optare per salire anziché scendere come da prenotazione, è necessario che egli schiacci il pulsante di discesa al primo piano (si precisa che ove non schiacciasse niente, l'ascensore andrebbe comunque al primo in virtù della prenotazione dell'utente che ha prenotato la chiamata ed è in attesa al primo piano). Dopo un breve istante, quindi, schiaccio il pulsante per andare al primo piano: passati 5 secondi necessari per la chiusura porte l'ascensore comincia a muoversi verso il primo piano. Una volta arrivato al primo piano, l'utente che era in attesa entra nell'ascensore e schiaccia il pulsante per andare al terzo: dopo 5 secondi l'ascensore a porte chiuse incomincerà a muoversi con destinazione terzo piano.

Durante la salita, ipotizzo che intervenga una prenotazione 2 ↓ ed anche una dal terzo piano. Di conseguenza l'ascensore non si fermerà nel secondo piano ma proseguirà la salita al terzo piano senza soste. Arrivato al terzo, il led/porta cabina si accende (porta aperta). Dopo qualche secondo schiaccio il pulsante per andare al primo piano (l'utente decide di andare al primo), l'ascensore incomincia a muoversi (led/porta e di prenotazione spenti). Siccome era intervenuta una prenotazione 2 ↓, l'ascensore si ferma al secondo piano. Dopo 10 secondi automaticamente riprende a muoversi verso il primo piano.

Durante la discesa dal secondo al primo piano, ipotizzo due nuove prenotazioni: una 2 ↑ e una 2 ↓. L'ascensore si ferma al primo piano aprendo le porte, dopo qualche istante schiaccio il pulsante per andare al secondo piano, passati 5 secondi l'ascensore inizia a salire. L'ascensore arriva al secondo piano, apre le porte, e per 10 secondi è in attesa di un comando. Ipotizzo non venga schiacciato alcun pulsante entro i 10 secondi, scaduto questo lasso di tempo le porte si chiudono (led/porta spento) e i led delle prenotazioni 2 ↑ e 2 ↓ tornano spenti, risultando l'ascensore libero.

Ipotizzo arrivi ora una prenotazione prima dal primo piano poi, dopo che l'ascensore comincia a scendere, una prenotazione 2 ↑. L'ascensore si muoverà verso il primo piano, una volta arrivato si accenderà il led/porta indicando l'apertura delle porte, dopo qualche secondo schiaccio il pulsante per andare al terzo piano. Passati 5 secondi necessari alla chiusura delle porte la cabina incomincia a muoversi. Essendoci una prenotazione dal secondo piano per andare al terzo l'ascensore si ferma al secondo piano, apre le porte, dopo 10 secondi riprende da solo a muoversi a porte chiuse verso il terzo piano.

Ipotizzo arrivino due prenotazioni: una 2 ↑ e una dal primo piano. L'ascensore arriva al terzo piano, dopo qualche istante schiaccio il pulsante per andare al primo piano, passati 5 secondi l'ascensore incomincia a muoversi a porte chiuse (led spento). Il led di prenotazione si spegne. La prenotazione del secondo piano viene ignorata, perciò l'ascensore va dritto al

primo piano senza fermarsi al secondo. Arrivato al primo piano ipotizzo non venga schiacciato alcun pulsante entro i 10 secondi. Allo scadere del tempo l'ascensore automaticamente si muoverà a porte chiuse verso il secondo piano visto la precedente prenotazione. Il led della prenotazione si spegne.

Arrivato al secondo piano ipotizzo non venga schiacciato alcun pulsante, perciò dopo 10 secondi le porte si chiuderanno, led/porta e led di prenotazione torneranno spenti.

Capitolo 8

Conclusioni

8.1 Premessa

Nel seguente capitolo verranno trattati i risultati della tesi. Questi ultimi si possono inquadrare in due diversi filoni: il primo terrà conto della progettazione e della realizzazione del dispositivo fisico, con le difficoltà e problematiche incontrate, il secondo terrà conto della procedura di programmazione che è stata utilizzata.

8.2 Considerazioni sul progetto

Uno degli aspetti più suadenti del lavoro svolto è stato la concreta realizzazione di un prodotto finito e funzionante. Si è passati, infatti, da un lungo corso di studi caratterizzato prevalentemente dall'acquisizione di nozioni teoriche, alla pratica applicazione di parte di quelle nozioni per dar vita ad un oggetto complesso che, ormai, è entrato a far parte della vita quotidiana della maggior parte della persone: l'ascensore. Ciò è stato fonte di grande soddisfazione.

È stato, comunque, un percorso certamente complesso e gremito di difficoltà empiriche, dall'individuazione dei singoli componenti e degli accessori al loro reperimento sul mercato, dalla comprensione del loro funzionamento all'assemblaggio, dalla scelta dei materiali più idonei allo scopo alla loro trasformazione manuale e asservimento al prodotto finito. L'esperienza sul campo è stata ancor più coinvolgente e soddisfacente per il fatto di aver affrontato e risolto le difficoltà in perfetta solitudine, senza l'assistenza di esperti di settore.

Il risultato è stato decisamente entusiasmante per me, e funge da stimolo per una futura ricerca di un'attività professionale che, mi auspico, potrà consentirmi di mettere in pratica le importanti conoscenze acquisite durante questo corso di studi universitari.

8.3 Considerazioni sulla programmazione del PLC

Uno degli elementi più interessanti che sono stati trattati nella tesi è probabilmente l'utilizzo della procedura di traduzione del programma espresso in il linguaggio SFC (Sequential Functional Chart) nel linguaggio ladder a disposizione del PLC utilizzato (KOP).

Posso affermare che i propositi che hanno portato all'utilizzazione di tale procedura sono stati raggiunti, infatti si è potuti sfruttare l'intuitività e l'immediatezza dell'SFC diminuendo dunque le difficoltà per la definizione di un algoritmo risolutivo. La documentazione del programma in ladder risulta facilitata grazie alla stretta corrispondenza che viene instaurata fra i due linguaggi con la procedura di traduzione, così come l'individuazione di eventuali errori.

La procedura di programmazione ha degli effetti collaterali negativi, il più rilevante è l'occupazione di un maggiore spazio di memoria, sarebbe dunque interessante procedere all'implementazione in ladder di un algoritmo per lo stesso sistema di controllo, senza però il ricorso alla procedura di traduzione dell'SFC, per verificare l'effettivo risparmio di memoria che si potrebbe ottenere.

Per completezza si potrebbe fare un raffronto con altri linguaggi di programmazione a disposizione, così da poter testare vantaggi e svantaggi di ognuno con un confronto sullo stesso algoritmo.

Infine sarebbe utile utilizzare un PLC che abbia fra i linguaggi di programmazione a disposizione anche l'SFC, così da verificare quelle che sono le limitazioni che vengono in genere poste a questo potente linguaggio di programmazione e di conseguenza valutarne la perdita di potenzialità.

Appendice A

Schemi grafici ladder