

In Pole Position per la Ferrari a.s. 2011-2012



- La Gare

*Sistema digitale per il controllo di plastici ferroviari
Presentazione e Progetto*



Allievi: PERTOSA F. – CENSULLO L. – IULIANO S. – PORPIGLIA V.
GRASSI F. – NADAL A. – MOSSINO M.

Tutor: LORO prof. Loris

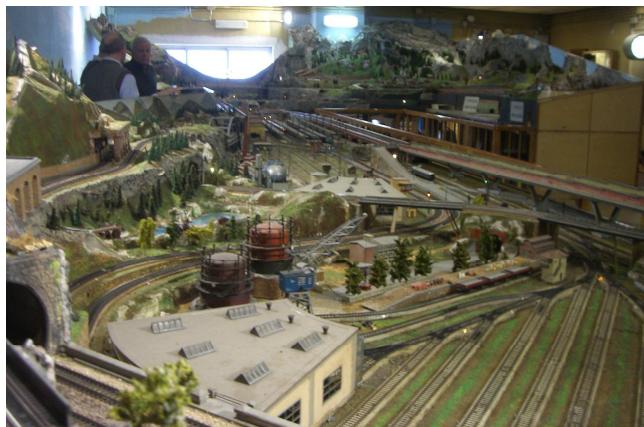
In collaborazione con Ferrovie dello Stato – Dopolavoro Ferroviario

1.0 - Genesi del progetto

Il progetto nasce nel febbraio del 2011 quando un ex allievo del ITIS Peano, il sig. MANZONE Guido, associato al gruppo ferromodellistico delle ferrovie dello Stato, interpella la direzione dell'Istituto per proporre una collaborazione ITIS Peano - Dopolavoro ferroviario.

A seguito della proposta alcuni docenti si recano in visita presso il Dopolavoro ferroviario situato presso il complesso La Gare in via Sacchi 65, Torino; in quel complesso ha sede un gruppo di ferromodellisti che hanno sviluppato la loro attività dal 1958 ai giorni nostri.

I docenti sono stati cordialmente accolti e guidati nella visita dei locali e del plastico ferroviario dal presidente del gruppo, e da alcuni soci. Lo scopo dell'incontro era quello di formulare una ipotesi di collaborazione tra l'Istituto Peano e il gruppo ferromodellistico per sviluppare un progetto di ammodernamento del controllo del plastico.



Il problema si pone perché, negli anni, i soci si sono adoperati nello sviluppo di un plastico di dimensioni imponenti, con tecniche magistrali nella realizzazione dei paesaggi e dei movimenti dei rotabili ma ormai obsoleto dal punto di vista dei sistemi di controllo.

Il gruppo conta una decina di soci, alcuni ex allievi dell'Istituto; sono degli appassionati con attività tra le più diverse, dalle applicazioni elettroniche alla contabilità.

Dal colloquio scaturisce che il gruppo, in media, può contare su grandi abilità manuali, buone conoscenze di elettronica analogica e digitale di base e una generale avversione verso i sistemi programmabili e l'informatica in genere.



Il desiderio espresso dal signor Guido a nome del gruppo è quello di poter sviluppare un sistema di telecontrollo del plastico via internet; nello specifico si dovrebbe sviluppare nei punti:

- distribuzione in tempo reale delle immagini del plastico con i modelli in movimento sul web,
- razionalizzazione dei sistemi di controllo dei rotabili,
- controllo dei rotabili via internet.

L'analisi delle richieste presuppone, da subito, lo sviluppo di un progetto complesso.

I docenti dell'Istituto Peano mostrano interesse per lo sviluppo della collaborazione che consente lo svolgimento della didattica di controlli automatici elettronici (nelle materie: Elettronica, Sistemi e TDP) su argomenti curricolari che sarebbero esemplificati con esperienze motivate dalla realizzazione di un progetto a tema.

Il sistema qui presentato è l'inizio di un lavoro complesso che deve prevedere tempi non brevi e il coinvolgimento di un numero congruo di allievi del Dipartimento di Elettronica e di Informatica.

2.0 - Bibliografia - Sitografia

E' riportata la Bibliografia e la Sitografia cui il progetto fa riferimento, internet si è dimostrata una fonte ricchissima di informazione.

Bibliografia

RF- Rivista della Ferrovia
I treni - ETR editrice trasporti su rotaia
Mondo Ferroviario
TTM - Tutto Treno Modellismo - DUEGIEDITRICE
TUTTOTRENO - DUEGIEDITRICE

Sitografia

<http://xoomer.virgilio.it/despx/> - sito di ferromodellismo digitale
<http://www.dccworld.it/> - sito per il controllo digitale
<http://www.minidcc.com/> - ministazione DCC autocostruita
http://www.tinet.cat/~fmco/download_en.html - nanostation DCC autocostruita
<http://web-treni.byethost8.com/idee/index.php?id=dcc> – descrizione standard nmra
<http://www.amiciscalan.it/home.php> - amici scala N con catalogo minitrix
<http://www.oscilloscopio.it/Home> - Progetti elettronici DCC
<http://www.dccworld.it/index.php?page=dccpratico/progetti/index.html> - Progetti DCC
http://usuaris.tinet.cat/fmco/main_en.html - Progetti DCC Paco
<http://mynabay.com/arduino/2-uncategorised/14-arduino-dcc-monitor>

3.0 - Il sistema sperimentale

Il progetto inizia un'indagine per fornire la documentazione iniziale cui fare riferimento, la bibliografia e la sitografia si arricchiscono durante lo sviluppo del progetto e sono rese disponibili sul sito dell'istituto. I progetti, open source, sono presi da internet e da questi si realizzano i prototipi di un sistema sperimentale costituito da:

- Una centralina sperimentale (PLG_01) al fine di verificare la generazione dei segnali e il loro aspetto.
- Un gruppo di decoder (PLG_02): loco, accessory, direttamente collegati alla centralina. Il sistema trasmette informazioni e l'attivazione degli accessori consente di verificare il sistema di comunicazione tra microcontrollori. Il sistema così definito non è in grado di controllare i motori delle locomotive, così come i dispositivi elettromeccanici come i deviatoi, non è ancora possibile impiegare componenti commerciali nel Sistema Sperimentale.
- Viene progettata e realizzata la prima versione della Power Station (PLG_03), su breadboard, che consente l'impiego di decoder loco commerciali da impiegare come tester.
- Si realizza una interfaccia (PLG_04) con un decoder loco ZIMO, una ditta tedesca specializzata nel settore, che consente una valutazione di conformità con gli standard commerciali.

La progettazione e la realizzazione del sistema sperimentale sopra descritto è a cura del Tutor del progetto. Lo scopo della realizzazione è fornire un sistema sperimentale che consenta il collaudo delle realizzazioni degli allievi.

4.0 - Alimentazione e controllo dei plasti ferroviari

Esistono due diverse modalità di alimentazione e controllo: analogico e digitale.

- Nel caso del **controllo analogico**, l'alimentazione può essere a corrente continua (c.c.), usualmente a 12 Volt, oppure a corrente alternata (c.a.), generalmente a 14 Volt. L'alimentazione viene erogata da un trasformatore (con annesso raddrizzatore se l'alimentazione è a c.c.), oppure da una pila (solo per c.c.). Il controllo delle motrici avviene modulando la tensione erogata dal trasformatore (o pila) tramite un reostato; nei casi più sofisticati il controllo avviene tramite modulazione PWM.

Nel caso di alimentazione a c.c. ciascun binario è collegato ad un polo (positivo e negativo) del trasformatore. In questo caso la corrente elettrica arriva al motore del modello generalmente tramite le ruote che poggiano sulle rotaie, o più raramente mediante altri dispositivi strisciati. Nel caso di alimentazione a corrente alternata una fase è captata dai due binari tramite le ruote della motrice, mentre l'altra è ottenuta tramite un pattino che striscia su una terza rotaia posata al centro del binario (spesso sostituita con spilli annegati in ogni singola traversina). Nelle realizzazioni più complesse e realistiche uno dei due poli può essere trasmesso al motore attraverso la linea di alimentazione aerea tramite il pantografo installato sui modelli riproducenti locomotive elettriche od elettrotreni (in modo analogo ai treni veri).

- Nel caso del **controllo digitale**, più flessibile ma più costoso, al posto dei complessi cablaggi necessari per sezionare elettricamente il tracciato per permettere la circolazione simultanea di più convogli, è sufficiente un unico circuito elettrico in corrente alternata portante (tipicamente a 20 Volt) che viene modulata da una centralina elettronica digitale. I decoder installati all'interno dei mezzi di trazione rispondono ad un sistema di indirizzi precedentemente configurati su un binario separato detto di programmazione. I decoder (sistemi a microcontrollore a bordo dei modelli) sono in grado di trasmettere al motore del modello la corrente raddrizzata e con la tensione desiderata. Inoltre possono controllare sistemi accessori quali luci, dispositivi sonori Lo stesso circuito, tramite opportuni decoder, può controllare scambi ed altri dispositivi elettromagnetici, come gli sganciavagoni.

Vi sono varie tipologie di sistemi digitali, la più diffusa è il Digital Command Control (DCC). Il sistema DCC risulta essere uno standard: NMRA-DCC è una norma (emanata dall'NMRA) che garantisce la compatibilità dei vari sistemi digitali di produttori diversi.

5.0 - Direttive NMRA

La National Model Railroad Association (NMRA) è una organizzazione no-profit per il modellismo ferroviario. Fu fondata negli Stati Uniti nel 1935, ed è ora attiva in Canada, Australia, Gran Bretagna e Paesi Bassi. In precedenza la sua sede era Indianapolis (Indiana) ma attualmente si trova a Chattanooga (Tennessee). Vi sono collegamenti con l'analoga associazione europea continentale MOROP per sviluppare la compatibilità tra le norme emanate dalle due associazioni.

DCC (Digital Command Control, ovvero sistema a controllo digitale) è l'acronimo con il quale si indica un sistema di controllo che impiega l'insieme dei protocolli NMRA.

Lo standard (protocollo) NMRA-DCC è un insieme di norme (emanate dall'NMRA) che garantisce la compatibilità dei vari sistemi digitali di produttori diversi. Questo permette di avere centrali digitali di un produttore, ma utilizzare decoder di altri produttori.

Come accade ad esempio con i telefonini, possiamo comprare uno di qualsiasi marca, ma la cosa importante affinchè funzioni in Italia è che adotti lo standard GSM.

Esistono altri standard oltre all'NMRA. Lo standard Motorola adottato da Märklin e lo standard Zimo prodotti e adottato solo da Zimo.

Alcuni sistemi digitali offrono la compatibilità per diversi standard. Ad esempio i decoder Arnold oltre allo standard NMRA supportano anche quello Motorola. Così come la Intellibox permette di controllare sia plastici gestici in NMRA-DCC, che in protocollo Motorola.

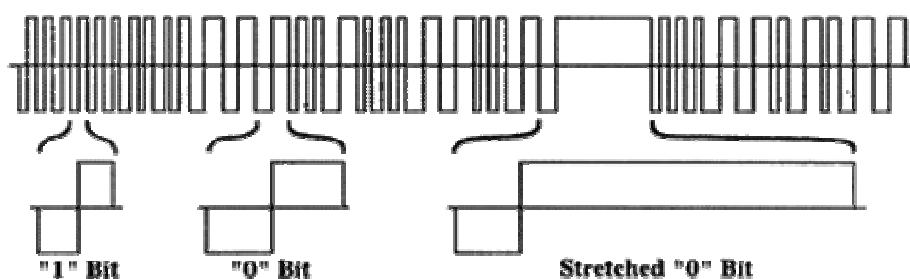
5.1 - Specifiche Elettriche DCC

L'alimentazione DCC presente sul binario, onda quadra con ciclo variabile, deve essere compresa da un minimo di +/- 7 Volt e un massimo di +/- 22 Volt, di solito si utilizza un tensione di circa +/- 13-15 Volt.

La tensione presente sul binario, prendendo come riferimento la Rotaia1 rispetto alla Rotaia2, deve essere, durante la semi onda positiva Rotaia1 > Rotaia2 (Rot.1=+15V Rot.2=0V) e durante la semi onda negativa Rotaia1 < Rotaia2 (Rot.1= 0V Rot.2=+15V). Così facendo si fornisce sul binario oltre ai pacchetti (comandi) DCC una tensione DC invertita ciclicamente, che viene utilizzata dalle locomotive in base al senso di marcia impostato.

Per viaggiare in una direzione la loco sfrutta solo la semi onda positiva e per la direzione inversa utilizza solo la tensione della semi onda negativa.

L'alimentazione DCC è composta da una serie di cicli di durata variabile. La durata dei cicli serve per determinare quando viene inviato un bit 1 o il bit 0 che poi uniti tra loro in determinate sequenze, impartiscono comandi ai decoder DCC.



- Bit = 1. La Centralina DCC deve generare un ciclo con una durata compresa tra 110-122 micro secondi (55-61 per semi onda positiva e 55-61 per quella negativa), mentre un decoder deve essere in grado di leggere come bit a 1 un ciclo compreso tra 114-128 uS. Di solito si utilizza una durata intermedia 58uS per ogni semi onda, quindi un ciclo complessivo è di 116uS.
- Bit = 0. La Centralina DCC deve generare un ciclo con una durata compresa tra 190-198 uS (95-99 per ogni semi onda), mentre un decoder deve essere in grado di leggere come bit a 0 un ciclo compreso tra 180-200 uS. Di solito si utilizza una durata di 116-118 uS per ogni semi onda, quindi un ciclo complessivo è di 232-240 uS. In questo caso ogni singola semi onda non deve superare i 120 uS.

Si utilizzano usualmente 58uS per semionda (mezzo ciclo) per rappresentare un bit a 1 e 118uS per rappresentare un bit a 0.

5.2 - Formato pacchetti base DCC

I bit trasmessi sui binari andranno a comporre i comandi DCC, qui di seguito vediamo come è composto un pacchetto base di 3 Byte (1Byte=8Bit):

111111111111 0 0AAAAAAA 0 CCC DDDDD 0 EEEEEEE 1

- Un **preamble** composto da un minimo di 11 bit, prima dell'inizio pacchetto DCC
- Il pacchetto DCC inizia con un bit a 0, chiamato bit di start.
- **1° byte** contenente l'indirizzo del decoder da impostare, seguito da un bit a 0
- **2° byte** contenente il comando da far eseguire al decoder, seguito da un bit a 0
- **3° byte** contenente il controllo d'errore, risultante dallo XOR tra il 1° e il 2° byte
- Infine il pacchetto DCC si conclude con un bit a 1, bit di stop.
- Significato 2° byte pacchetto di controllo base

Il 2° byte che contiene le informazioni sul comando da far eseguire al decoder, è suddiviso in due parti. la prima parte **CCC** è costituita da 3 bit mentre la seconda parte da 5 bit **DDDDD**.

I primi 3 bit specificano il tipo di comando da eseguire, mentre i restanti 5 contengono i dati relativi al comando selezionato.

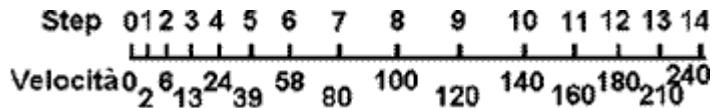
Vediamo ora il comando per gestire direzione e velocità e quello per comandare le funzioni f1-f4 e la funzione luce.

Comando per controllo velocità e direzione 14/28 Step

Cosa sono gli "step" di una locomotiva? Immaginiamo un **segmento** sul quale indichiamo la velocità 0 ad un estremo, e la velocità massima all'altro; possiamo dividere questo segmento in 14 o 28 o 128 segmenti non obbligatoriamente in modo uniforme. Ogni sotto-segmento rappresenta la **variazione di velocità** che avrà la locomotiva.

Questo vuol dire che ogni volta che passeremo ad esempio dallo step 10 allo step 11 con il regolatore di velocità, il rotabile **varierà** la sua velocità di un valore pari alla nostra **impostazione**.

Esempio grafico, il segmento è diviso in 14 parti (ciò vuol dire che abbiamo scelto la modalità **14 step**):



Per ogni step possiamo cambiare la velocità assegnata **programmando** opportunamente il decoder. Per poter impartire ad una locomotiva il comando relativo al senso di marcia e direzione si invia un pacchetto DCC composto da 3 byte, dove i primi 3 bit del 2° byte del pacchetto DCC sono i seguenti:

- 011 per gestire verso/velocità direzione normale
- 010 per verso/velocità con direzione inversa

Dopo questi primi 3 bit i 5 bit restanti servono per regolare la velocità.

Comando per controllo velocità e direzione 128 Step

Per comandare un decoder settato con 128 step bisogna inviare un pacchetto dcc avanzato composto da 4 byte (non da 3 byte). Il 2° byte del pacchetto si sdoppia in altri due byte sempre divisi tra loro da un bit a 0:

- Il primo dei due è sempre composto da 00111111 che informa il decoder che si sta inviando un comando per verso e velocità a 128 step.
- Il secondo byte è composto da un primo bit relativo alla direzione e i restanti 7 bit servono per indicare lo step.

L'intero pacchetto DCC a 4 byte è il seguente:

111111111111 0 0AAAAAAA 0 00111111 0 DVVVVVVV 0 EEEEEEEE 1

Dove le A stanno per indirizzo decoder, D la direzione, V per indicare lo step ed E controllo Errore.

Comando per controllo le Funzioni F1-F4 e Funzioni Luce

Per poter impartire ad una locomotiva un comando relativo al controllo delle funzioni da 1 a 4 più le luci, bisogna che i primi 3 bit del 2° byte del pacchetto DCC siano i seguenti:

- 100 per funzioni F1-F4 e FL
- Dopo questi primi 3 bit i 5 bit restanti servono per attivare/disattivare FL F1-F4:

Comando per controllo decoder accessorio con indirizzo a 9bit (es. Decoder x 4 Scambi)

Per poter governare in dcc un decoder scambi per esempio, si utilizza sempre un pacchetto dcc base da 3Byte, ma con il seguente formato:

1111111111 0 10AAAAAA 0 1AAACDDD 0 EEEEEEEE 1

- Il preambolo di almeno 11 bit a 1
- 1 bit a 0, bit di start

- 1° byte contenente i 6 bit bassi dell' indirizzo del decoder (totale. 9 bit indirizzo)
- 2° byte 3bit alti indirizzo decoder invertiti (101 -> 010), DDD sta per numero uscita e C per on off
- 3° byte controllo errore XOR tra primi due byte
- 1 bit a 1, bit di stop

6.0 - Il sistema DCC

Il controllo digitale (DCC) permette di comandare manualmente moltissime locomotive contemporaneamente senza la necessità di fare sezionamenti sulle rotaie.

In sostanza con un bus di soli due fili (le rotaie) il DCC permette di comandare in modo indipendente un grande numero (circa un migliaio) di locomotive o accessori.

Sui binari è sempre presente un alimentazione in corrente alternata fornito dalla centrale digitale. Essa invia, oltre alla tensione di 15V CA, degli "impulsi digitali" che vengono ricevuti da tutte le locomotive munite di decoder. Questi ultimi sono in grado di interpretare questi segnali ed agire di conseguenza. Se viene inviato un segnale ad una sola delle locomotive, essa lo riceve e riconosce che è indirizzato a sè stessa e quindi agisce di conseguenza.

Esempio: per mettere in movimento la locomotiva n° 16 a velocità bassa, sarà sufficiente selezionare il numero sulla centrale digitale e girare la manopola della velocità, come avviene per i regolatori tradizionali.

La centrale digitale invia all'intero tracciato degli impulsi che conterranno informazioni in codice binario, tutte le locomotive sul tracciato ricevono questa informazione ma SOLO la n° 16 eseguirà il comando; tutte le altre lo ignoreranno. È facile intuire come sia semplice comandare più locomotive in modo indipendente.

Sulle due rotaie il segnale è sempre in opposizione di fase con ampiezza di circa 15V. Ogni volta che la centralina deve comunicare con ogni decoder varia in modo opportuno la forma e la frequenza del segnale.

I componenti minimi, collegati con il tratto arancione in figura, fondamentali di un sistema DCC sono: la centralina (Command Station), un booster (Power Station), un decoder per ogni locomotiva (Locomotive decoder) e i decoder per accessori fissi (Accessory decoder).

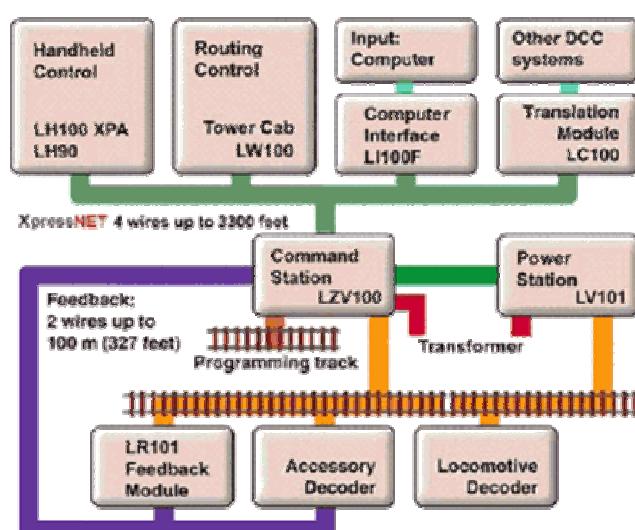


Figure 1: Digital plus system overview

- La centralina (**Command Station**) è quel componente che genera il segnale logico digitale e lo invia al tracciato. Sulla centralina si possono trovare i vari comandi per pilotare gli accessori e le locomotive.
- Il booster (Power Station) preleva il segnale logico generato dalla centrale e lo amplifica dandogli le necessarie grandezze per poter comandare le loco. È quindi questo il dispositivo che va collegato ai binari.
- I decoder delle loco (Locomotive decoder) hanno il compito di decodificare il segnale DCC presente sui binari e di pilotare il motore della loco più le eventuali funzioni aggiuntive (luci, fischi, fumo, etc...).
- I decoder per accessori (Accessory decoder) hanno il compito di comandare tutti gli accessori, scambi, semafori, ecc... del plastico.

Il sistema di feedback prevede l'impiego di moduli specifici che comunicano con la centralina tramite un bus aggiuntivo, dedicato; in blu sullo schema a blocchi.

L'intero sistema può essere controllato da calcolatori o altri sistemi remoti come indicato nello schema a blocchi, collegamento in verde.

7.0 - Il sistema minimo Peano La Gare

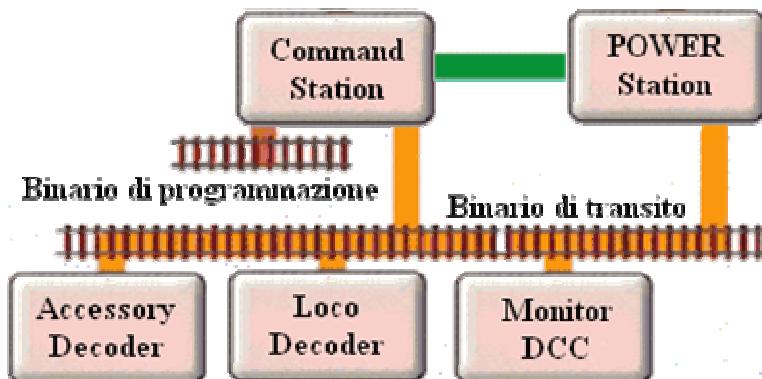
Il progetto sviluppato denominato "Peano La_Gare" si propone di realizzare un sistema ferromodellistico comprendente il comando di locomotori e di accessori come scambi e segnalazioni semaforiche.

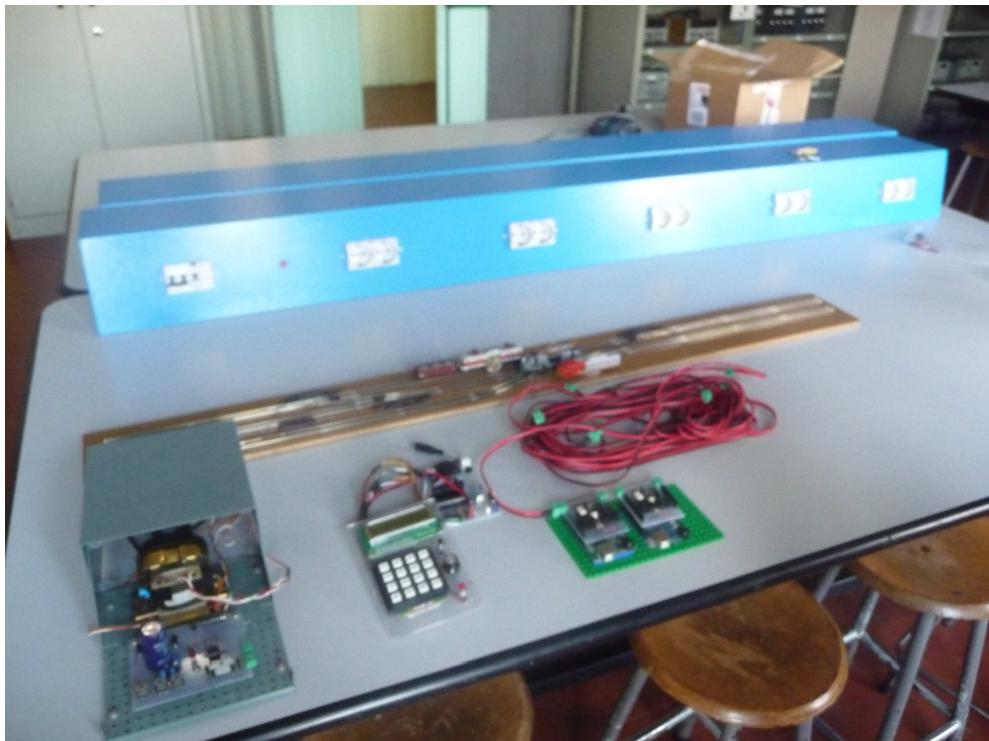
Il funzionamento di tutto il sistema si basa sul controllo DCC (Digital Command Control) basato a sua volta sulle direttive DCC – NMRA.

La topologia del sistema è di tipo master slave multipunto, privo di feedback. La comunicazione si basa su un collegamento a BUS (due fili: i binari) che dal Master invia la potenza necessaria all'alimentazione e i dati che vengono ricevuti in ugual modo da tutti gli slaves presenti sulla linea.

Il sistema realizzato è minimo, non prevede il controllo dell'esecuzione dei comandi inviati, evolvente verso un sistema completo DCC.

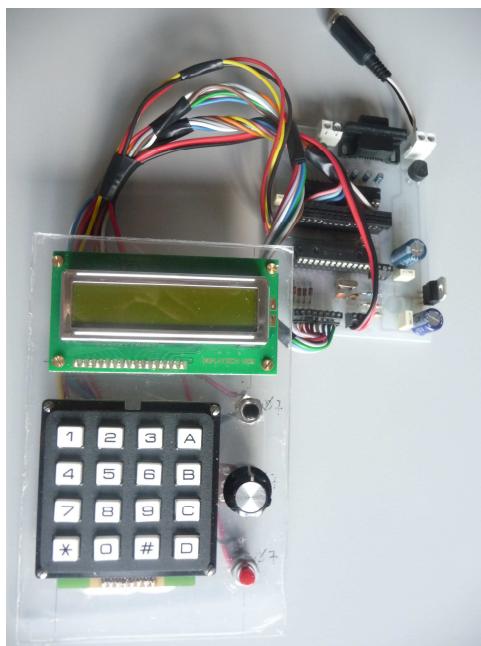
Lo schema a blocchi del sistema minimo:





7.1 - Command Station

DCC_Gen è una stazione di comando DCC monoposto con collegamento al computer e controllo di velocità tramite potenziometro. Il **progetto** è di **Paco CAÑADA**, preso da internet, è stato modificato per l'utilizzo di tastiere a matrice di tipo telefonico.



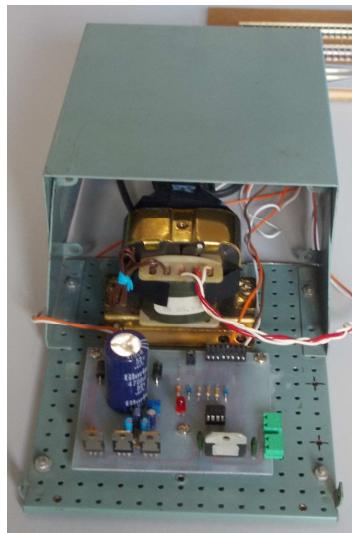
- Può controllare locomotive equipaggiate con decoder DCC con indirizzi da 1 a 99 e una locomotiva senza decoder sull'indirizzo 0 (in modalità analogica la forma dell'onda è simile ad un segnale PWM).

- Supporta 14, 28 e 128 passi di velocità, funzioni FL (funzione luci) e da F1 a F8 per le locomotive, fino a 99 scambi e 128 ingressi per feedback attraverso moduli S88. Si possono definire sino a 26 percorsi differenti, per i quali dispone di una memoria fino a 254 scambi.
- Si può controllare a distanza con un telecomando televisivo tipo RC5 (Philips, Daewoo, ...)
- Si possono programmare i decoder DCC in modalità Direct, Paged, Register e PoM.
- Con un circuito aggiuntivo si possono leggere i decoder DCC in modalità Direct, Paged e Register.

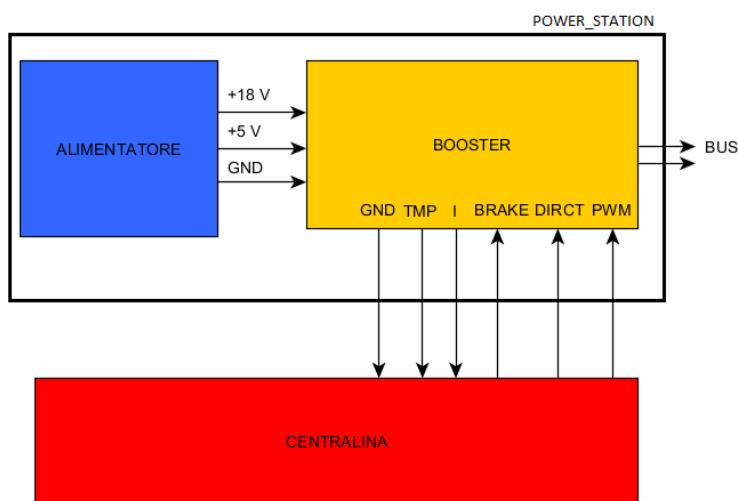
E' composta:

- PIC 16F876 a 8MHz,
- una tastiera con 16 tasti,
- due pulsanti aggiuntivi per Stop di emergenza e Selezione dei menu,
- display LCD da due righe per 16 caratteri,
- un ricevitore infrarosso,
- un potenziometro,
- un driver MAX232,
- un inverter logico.

7.2 - Power Station (GRASSI Fabio, NADAL Alessandro)



Schema a blocchi



Osservando lo schema a blocchi è possibile notare la presenza di tre elementi distinti che operano insieme:

1. ALIMENTATORE: permette di fornire la potenza (tensioni e correnti) necessarie all'intero sistema per il funzionamento;
2. BOOSTER: è un sotto-sistema che con la COMMAND_STATION permette il controllo del BUS. Il BOOSTER serve per inviare il flusso dati e il segnale di potenza per i dispositivi collegati al bus.
3. COMMAND_STATION: è l'unità centrale e permette di gestire il BOOSTER e generare i dati da inviare ai dispositivi collegati al BUS.

Qui di seguito vengono presi in esame il blocco ALIMENTATORE e il sottosistema BOOSTER illustrandone i principi teorici e progettuali.

ALIMENTATORE - SCHEMA A BLOCCHI



Funzionamento:

in figura è presentato lo schema a blocchi di un alimentatore DC, la funzione di ogni blocco:

1. **PROTEZIONE**: permette in caso di sovraccarichi di aprire il circuito e proteggere i componenti che compongono l'alimentatore. Nel nostro caso è costituito da un fusibile collegato a valle del trasformatore;
2. **TRASFORMATORE**: permette di collegare l'alimentatore alla linea 230 Vac e fornire la potenza necessaria ai circuiti collegati;
3. **RADDIZZATORE**: il circuito raddrizzatore permette di raddrizzare la tensione sinusoidale prelevata dal secondario del trasformatore per essere filtrata e stabilizzata;
4. **FILTRO**: livella la tensione pulsante in uscita dal raddrizzatore ;
5. **STABILIZZATORE**: la tensione livellata dal filtro viene infine stabilizzata al valore di progetto.

In questo caso l'alimentatore è costituito da due circuiti di stabilizzazione necessari a generare le due tensioni di lavoro utili al funzionamento del BOOSTER con una corrente massima teorica pari a 3 A. Lo schema elettrico è presente negli allegati.

Il circuito fornisce:

- Una alimentazione a +5 V necessaria per alimentare tutti i circuiti logici del BOOSTER.
- Una alimentazione di potenza, regolabile in funzione delle specifiche dei dispositivi che verranno collegati al BUS. Il range di regolazione va da +12 V a +18 V.

Progettazione

a) - protezione dai sovraccarichi:

E' costituita da un fusibile da 3 A collegato in uscita al secondario del trasformatore. Il suo valore è stato determinato in funzione della corrente massima fornibile: 3 A.

In situazioni di cortocircuito, sovraccarico di corrente o malfunzionamento il fusibile si interrompe salvaguardando i circuiti a valle. Questo viene segnalato dal diodo led L_{D1} che si accende in seguito all'interruzione di F_{U1} . La resistenza R_L viene dimensionata in funzione della tensione di secondario V_{SM} del trasformatore. Nel nostro caso il suo valore efficace V_{EFF} è pari a 16 V quindi il valore massimo risulta pari a $\sqrt{2} \cdot V_{EFF}$. La resistenza R_L potrà essere calcolata considerando una caduta di tensione sul diodo led V_{LD} pari a 1.6 V e una corrente massima I_{LD} di 15 mA.

$$V_{SM} = \sqrt{2} \cdot V_{EFF} \Big|_{V_{EFF}=16 \text{ V}} = \sqrt{2} \cdot 16 = 22.63 \text{ V}$$

La resistenza risulta:

$$R_L = \frac{V_{SM} - V_{LD}}{I_{LD}} \Big|_{V_{SM}=22.63\text{ V}; V_{LD}=1.6\text{ V}; I_{LD}=0.015\text{ A}} = \frac{22.63 - 1.6}{0.015} = 1402 \Omega = [1.2\text{ k}\Omega] SERIE E12$$

b) - trasformatore e raddrizzatore

Il trasformatore necessario per fornire le tensioni di progetto ai nostri circuiti ha una tensione di secondario V_{EFF} pari a 16 V. Essa è stata dimensionata considerando che:

- Lo stabilizzatore U₁ LM317 per poter funzionare e fornire in un uscita una tensione continua deve avere ai suoi capi una caduta di tensione minima V_{U1} pari a 3 V e il transistor Darlington Q1 BDX54 per poter condurre necessita di una caduta di tensione base-emettitore V_{BE} pari a 1.2 V.
- Lo stabilizzatore U₃ 7805 per fornire in uscita una tensione continua necessita di una caduta di tensione minima V_{U3} pari a 3 V.

Considerando che la tensione maggiore è fornita dallo stabilizzatore U₁ che deve gestire un range da +12 a +18 V per i calcoli di progetto è necessario considerare la tensione minima di lavoro.

Per il calcolo della tensione di secondario necessario al nostro sistema è stato valutato anche la caduta di tensione sui diodi del ponte raddrizzatore. È costituito da quattro diodi al silicio 1N5408, con corrente massima pari a 3 A secondo le specifiche di progetto, che garantiscono un raddrizzamento a doppia semionda. Durante il funzionamento i diodi causano una caduta di tensione sul raddrizzatore pari a 1.2 V.

Considerati questi parametri si può dire che la tensione minima presente sul condensatore C₁ con una tensione di uscita V_{OUT} di +18 V è:

$$V_{C1} = V_{U1} + V_{OUT} + V_{BE} \Big|_{V_{U1}=3\text{ V}; V_{OUT}=18\text{ V}; V_{BE}=1.2\text{ V}} = 3 + 18 + 1.2 = [22.2\text{ V}]$$

Pertanto il valore massimo di tensione del trasformatore V_{SM} deve essere pari a:

$$V_{SM} = V_{C1} + 2V_D \Big|_{V_{C1}=22.2\text{ V}; V_D=0.6\text{ V}} = 22.2 + 1.2 = [23.4\text{ V}]$$

Segue che il valore di tensione del secondario V_{EFF} è pari a:

$$V_{EFF} = \frac{V_{SM}}{\sqrt{2}} \Big|_{V_{SM}=23.4\text{ V}} = \frac{23.4}{\sqrt{2}} = 16.54\text{ V} = [16\text{ V}] Valore commerciale$$

La sua potenza massima P_{TRF} è data dal prodotto tra la corrente massima di secondario I_{MAX} e la tensione fornita dal secondario V_{EFF} :

$$P_{TRF} = V_{EFF} \cdot I_{MAX} \Big|_{V_{EFF}=16\text{ V}; I_{MAX}=3\text{ A}} = 16 \cdot 3 = [48\text{ W}]$$

c) - filtro

Il filtro è costituito dal condensatore elettrolitico C_1 e da due condensatori secondari di filtro per ogni stabilizzatore, C_2 e C_8 . La sua funzione è quella di livellare l'onda pulsante in uscita dal raddrizzatore per mantenerla costante entro una certa ondulazione detta ripple.

Il valore di C_1 è stato dimensionato secondo la regola empirica di $1\text{uF}/\text{mA}$. Pertanto supponendo una corrente massima di 3 A il suo valore risulta:

$$C_1 = \frac{1 \text{ uF}}{\text{mA}} \cdot I_{MAX} \Big|_{I_{MAX}=3000 \text{ mA}} = \frac{1 \text{ uF}}{\text{mA}} \cdot 3000 \text{ mA} = 3000 \text{ uF}$$

Considerando però $C_1 \geq \frac{1 \text{ uF}}{\text{mA}} \cdot I_{MAX}$ abbiamo fissato il suo valore a 4700 uF per ridurre ulteriormente il ripple.

Si è determinato il valore della tensione nominale presente sul condensatore C_1 . Essa deve essere maggiore della tensione V_{C1} in uscita dal raddrizzatore per evitare malfunzionamenti. È stato quindi scelto un condensatore elettrolitico da 4700 uF 50 V.

Infine i due condensatori elettrolitici C_2 e C_8 sono stati scelti secondo le regole descritte nei circuiti base dei fogli tecnici dei due stabilizzatori U_1 e U_3 . Il loro valore è stato fissato a 10 uF con tensione nominale 63 V.

d) - stabilizzatori

I due stabilizzatori servono per regolare la tensione presente sul condensatore di filtro C_1 secondo le specifiche di progetto. Essi sono collegati in parallelo così che lavorino in modo indipendente.

- **stabilizzatore u3 7805**

Questo stabilizzatore ha la funzione di regolare la tensione in uscita dal filtro a +5 V, serve per l'alimentazione della logica del BOOSTER. Secondo le regole descritte nei fogli tecnici è sufficiente inserire un condensatore di filtro C_7 in uscita con un valore pari a 100 nF. Per stabilizzare infine è necessario fornire in ingresso una tensione di 3 V maggiore rispetto a quella fornita al carico. In questo caso la condizione è rispettata in quanto la tensione in ingresso, presente sul condensatore C_1 risulta circa pari a 22.2 V.

- **stabilizzatore u1 lm317**

Questo stabilizzatore di tensione serve a regolare la tensione nel range da +12 a +18 V. Nel nostro caso verrà impostato a +12 V in quanto viene utilizzata la scala N.

A differenza del precedente stabilizzatore esso non ha una tensione fissa in uscita ma dipende dal dimensionamento della resistenza R_1 e dal potenziometro R_{V1} . I loro valori determinano la tensione massima sul carico se è garantita una differenza di potenziale tra ingresso e uscita pari a 3 V. La corrente massima erogabile da questo circuito integrato risulta pari a 1.5 A pertanto è necessario inserire un circuito che possa fornire al carico una corrente maggiore.

e) - dimensionamento di R_1 e R_{V1}

Questi due componenti determinano la tensione massima fornibile al carico dal LM317. I fogli tecnici forniscono un valore di tensione V_{REF} presente tra il terminale 3 e 2 pari a 1.25 V.

Essa corrisponde alla tensione presente sulla resistenza R_1 . È quindi sufficiente imporre una corrente I_P che circolando in R_1 e R_{V1} causa una caduta di tensione che corrisponde alla tensione di uscita stabilizzata dal circuito integrato.

Considerando $V_{REF}=1.25$ V scelgo $I_P=5$ mA, pertanto:

$$R_1 = \frac{V_{REF}}{I_P} \Big|_{V_{REF}=1.25\text{ V}; I_P=0.005\text{ A}} = \frac{1.25}{0.005} = 250 \Omega = \boxed{220 \Omega} \text{ Serie E12}$$

La tensione V_{OUT} fornita dal LM317 risulta:

$$V_{OUT} = V_{RV1} + V_{REF} \Big|_{V_{OUT}=18\text{ V}; V_{REF}=1.25\text{ V}}$$

Segue quindi:

$$V_{RV1} = V_{OUT} - V_{REF} = 18 - 1.25 = \boxed{16.75\text{ V}}$$

Conoscendo il valore della tensione sul potenziometro V_{RV1} e il valore di corrente I_P è possibile determinarne il valore. R_{V1} è pari a:

$$R_{V1} = \frac{V_{RV1}}{I_P} \Big|_{V_{RV1}=16.75\text{ V}; I_P=5\text{ mA}} = \frac{16.75}{0.005} = 3350 \Omega \rightarrow \boxed{4.7\text{ k}\Omega} \text{ Potenziometro Variabile}$$

Per ridurre i disturbi presenti su R_{V1} è stato inserito in parallelo il condensatore C_3 da 1 uF. In uscita è stato collegato un condensatore di filtro C_4 del medesimo valore per il medesimo scopo.

E' necessario inserire un circuito in grado di aumentarne la corrente massima fornibile. Esso è composto da un transistor Darlington PNP il quale aumenta la corrente erogabile. Per il dimensionamento del circuito di polarizzazione è sufficiente calcolare la resistenza R_2 . In conduzione ai suoi capi è presente una tensione di 1.2 V pertanto è sufficiente imporre la corrente di soglia oltre la quale il darlington entrerà in conduzione per determinarne il valore.

Per polarizzare BDX54 $V_{R1}=1.2$ V:

$$V_{R1} = R_1 \cdot I_{MAX317} = 1.2\text{ V}$$

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{MAX317}} \Big|_{V_{R1}=1.2\text{ V}; I_{MAX317}=0.030\text{ A}} = \frac{1.2}{0.030} = 40 \Omega = \boxed{39 \Omega} \text{ Serie E12}$$

Il darlington necessario deve garantire una corrente massima teorica di collettore di 3 A, è stato scelto il BDX54 che presenta una corrente di collettore massima pari a 8 A.

f) - dimensionamento del dissipatore di Q_1

I due stabilizzatori sono collegati al medesimo dissipatore di Q_1 il quale però subisce la maggior dissipazione di potenza per le alte correnti che deve erogare. Il collegamento degli stabilizzatori sul dissipatore oltre che ad abbassare la loro temperatura porta il seguente vantaggio: nel momento in cui la temperatura di case di Q_1 aumenta in modo anomalo raggiungendo i 140-150 °C il circuito di

protezione in temperatura dei due stabilizzatori entra in funzione abbassando la tensione di uscita e quindi l'assorbimento . In questo modo il BJT viene salvaguardato.

E' necessario il dimensionamento di un dissipatore per mantenere in un range di funzionamento corretto il dispositivo. La dissipazione termica degli integrati U₁ e U₃ è trascurabile date le basse correnti da erogare.

Sapendo che durante la conduzione sulla giunzione collettore-emettitore la tensione V_{CE} presente è pari alla somma tra la caduta di tensione sullo stabilizzatore LM317 e sulla giunzione base-emettitore V_{BE} (1.2 V), bisogna valutare il caso in cui questo valore è massimo. Se regoliamo tramite il potenziometro R_{V1} la tensione in uscita a +18 V il suo valore risulta pari a:

$$V_{CE} = V_{C1} - V_{OUT} \mid V_{C1}=22.2 \text{ V}, V_{OUT}=18 \text{ V} = 22.2 - 18 = \boxed{4.2 \text{ V}}$$

Se regoliamo il potenziometro per erogare in uscita una tensione di +12 V invece essa risulta:

$$V_{CE} = V_{C1} - V_{OUT} \mid V_{C1}=22.2 \text{ V}, V_{OUT}=12 \text{ V} = 22.2 - 12 = \boxed{10.2 \text{ V}}$$

Per il dimensionamento del dissipatore è utile considerare il caso di massima dissipazione quindi con V_{OUT} pari a +12 . In questo caso la potenza dissipata con un'erogazione teorica massima di 3 A risulta pari a:

$$P_{MAXQ1} = V_{CE} \cdot I_{MAX} \mid V_{CE}=18 \text{ V}, I_{MAX}=3 \text{ A} = 10.2 \cdot 3 = \boxed{30.6 \text{ W}}$$

Volendo mantenere la temperatura di giunzione T_j sotto i 150 °C , per evitare il danneggiamento del dispositivo, imponiamo una temperatura di giunzione pari a 90 °C in condizioni di temperatura ambiente T_a a 25 °C. Considerando una potenza P_{MAXQ1} di 30.6 W calcoliamo con la seguente relazione la resistenza termica R_{thJ-A} necessaria:

$$P_{MAXQ1} \cdot R_{th} = T_j - T_a$$

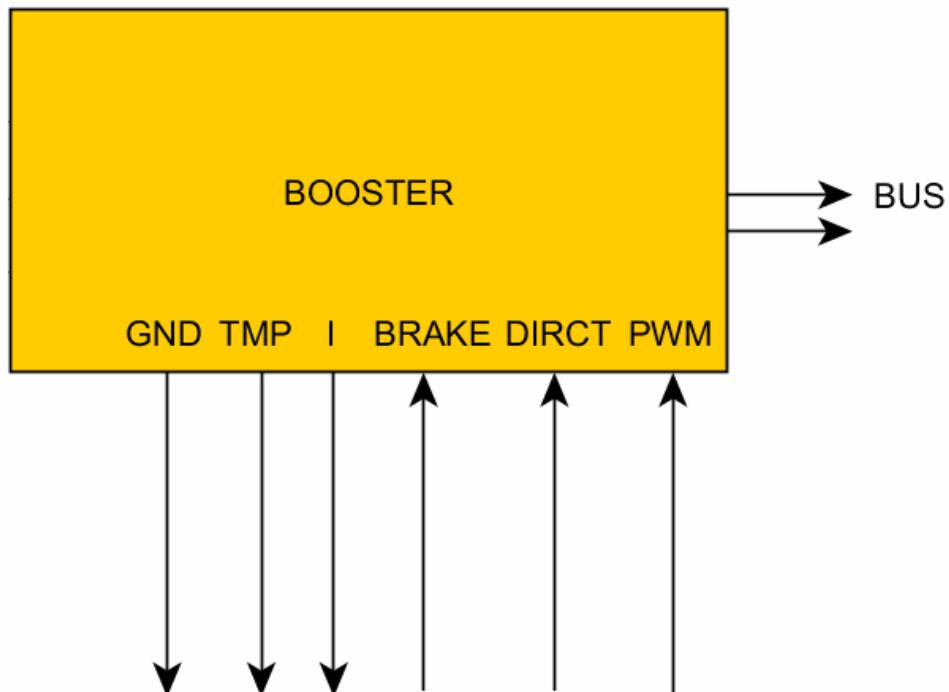
Da cui segue che:

$$R_{thJ-A} = \frac{T_j - T_a}{P_{MAXQ1}} \mid_{T_j=70 \text{ } ^\circ\text{C}, T_a=25 \text{ } ^\circ\text{C}, P_{MAXQ1}=30.6 \text{ W}} = \frac{90 - 25}{30.6} = \boxed{2.12 \text{ } ^\circ\text{C/W}}$$

Per mantenere quindi la temperatura di giunzione a 90 °C con un assorbimento di 3 A bisogna montare un dissipatore la cui resistenza termica consideri anche quella dipendente dal case del circuito integrato. Nel nostro caso il transistor Q₁ ha un case TO-220 quindi la resistenza R_{thJ-C} è pari a 1.2 °C/W. La resistenza termica R_{thD-A} necessaria al dissipatore risulta:

$$R_{thD-A} = R_{thJ-A} - R_{thJ-C} \mid_{R_{thJ-A}=2.12 \text{ } ^\circ\text{C/W}, R_{thJ-C}=1.2 \text{ } ^\circ\text{C/W}} = 2.12 - 1.2 = \boxed{0.92 \text{ } ^\circ\text{C/W}}$$

Booster - Schema a blocchi



Il BOOSTER è un sottosistema che permette di fornire ai dispositivi del BUS il segnale di potenza e le informazioni inviate dalla COMMAND_STATION. Vi sono un insieme di segnali che vengono scambiati unicamente tra BOOSTER e COMMAND_STATION utili al monitoraggio del circuito e della linea stessa.

Il BOOSTER, come si può osservare dallo schema elettrico nell'ALLEGATO 2.0, è composto essenzialmente da un PONTE-H, l'integrato LMD18200, che è in grado di fornire in uscita una corrente massima di 3A prelevata dall'ALIMENTATORE.

Collegato al PONTE-H vi sono poi un insieme di componenti che servono al condizionamento dei segnali per la visualizzazione e il monitoraggio delle tensioni e delle correnti fornite al bus, si possono così evidenziare situazioni critiche o di malfunzionamento.

Ingressi del modulo:

- BRAKE: viene comandato dalla COMMAND_STATION ed è utile per cortocircuitare i binari e quindi fermare immediatamente i segnali lungo la linea ;
- DIRCT: serve per cambiare la polarizzazione del PONTE-H interno al BOOSTER invertendo quindi la direzione della corrente. Questa funzione è utile per inviare il segnale e quindi le informazioni lungo la linea;
- PWM: l'ingresso PWM permette di abilitare o disabilitare il controllo di DIRCT. Questo ingresso può essere sia controllato dalla COMMAND_STATION che fissato a livello logico 1 tramite un ponticello J4 presente nel circuito, come si può notare nello schema elettrico ALLEGATO2.0.

uscite del modulo:

- TMP: è il segnale logico che viene inviato dal BOOSTER per segnalare che il PONTE-H ha raggiunto la temperatura di allarme della giunzione. La condizione viene segnalata con un livello logico 0 quando la temperatura raggiunge i 145 °C, negli altri casi rimane a livello logico 1;

- I: è il segnale analogico che viene fornito dal BOOSTER, più in particolare dal PONTE-H e da circuiti di condizionamento, permettendo alla COMMAND_STATION di monitorare l'assorbimento di corrente della linea.

I segnali +5 V e GND sono relativi all'alimentazione della COMMAND_STATION. Essa infatti non è dotata di trasformatore proprio, preleva la tensione necessaria al suo funzionamento dal sottosistema BOOSTER.

segnale tmp: thermal flag

Questo segnale è utile per rilevare la temperatura limite di giunzione del PONTE-H. Il suo livello logico 0 corrisponde ad una situazione di allarme mentre il livello 1 ad una circostanza di normale funzionamento. In caso di allarme la COMMAND_STATION provvederà ad agire in modo adeguato.

Per segnalare visivamente lo stato di questa condizione è stato inserito un diodo led D₅ con resistenza di limitazione di corrente R₃. Quando siamo in presenza di uno stato di allarme il led si accende, diversamente rimane spento.

Per il dimensionamento della resistenza R₃ è sufficiente considerare una corrente I_L pari a 15mA e una caduta di tensione V_{LED} pari a 1.6 V:

$$R_3 = \frac{V_{+5} - V_{LED}}{I_L} \Big|_{V_{+5}=5\text{ V}; V_{LED}=1.6\text{ V}; I_L=15\text{ mA}} = \frac{5 - 1.6}{0.015} = 227 \Omega = \boxed{220 \Omega} \text{ Serie E12}$$

segnale i: current e current-amp.

Il segnale I è utile alla COMMAND_STATION per monitorare l'assorbimento di corrente nella linea. Questo è reso possibile grazie ad un pin del PONTE-H il quale fornisce secondo la relazione 377µA/A una corrente proporzionale all'assorbimento del carico.

Per poterne leggere il valore è stata inserita una resistenza R₄ che permette di convertire le variazioni di corrente in una variazione di tensione. Il suo valore è pari a 2.7 kΩ. La relazione Vout/Acarico diventa quindi :

$$\frac{377 \mu A}{A} \cdot R_4 \Big|_{R_4=2700 \Omega} = \frac{377 \mu A}{A} \cdot 2700 \cong \frac{10 mV}{A}$$

La variazione di corrente assorbita è ora corrispondente ad una variazione di tensione. Per evitare condizionamento da parte dei circuiti esterni che vi si collegheranno per misurarla è stato inserito un amplificatore operazionale in configurazione di Voltage-Follower che adatta le impedenze del BOOSTER con quelle del dispositivo che vi misura il segnale, nel nostro caso la COMMAND_STATION.

Successivamente abbiamo inserito un secondo amplificatore operazionale con la funzione di amplificatore. La configurazione è Non-Invertente. Il suo compito è di aumentare la sensibilità del segnale fornito dal PONTE-H, presente sulla resistenza. Con un amplificazione di tensione Av pari a 11 infatti la relazione 10 mV/ A diventa:

$$\frac{10 mV}{A} AV \Big|_{Av=11} = \frac{10 mV}{A} \cdot 11 = \frac{110 mV}{A}$$

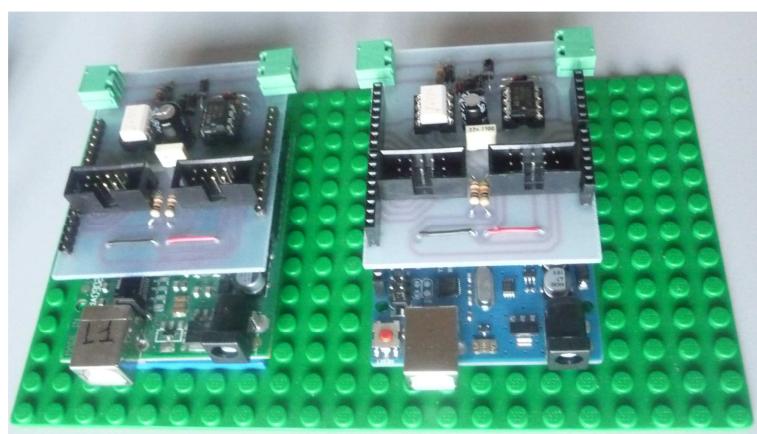
In questo modo il convertitore ADC (Analogico-Digitale) presente nella COMMAND_STATION avrà una maggiore sensibilità nella lettura. In fase di cablaggio del circuito è comunque possibile, in relazione alle scelte dell'utilizzatore, scegliere tra i due differenti segnali: segnale CURRENT (segnale originario sulla resistenza R₄) o segnale CURRENT AMP (segnale amplificato).

L'amplificatore operazionale scelto per questa applicazione è un LM358 in alimentazione singola alimentato a +18 V.

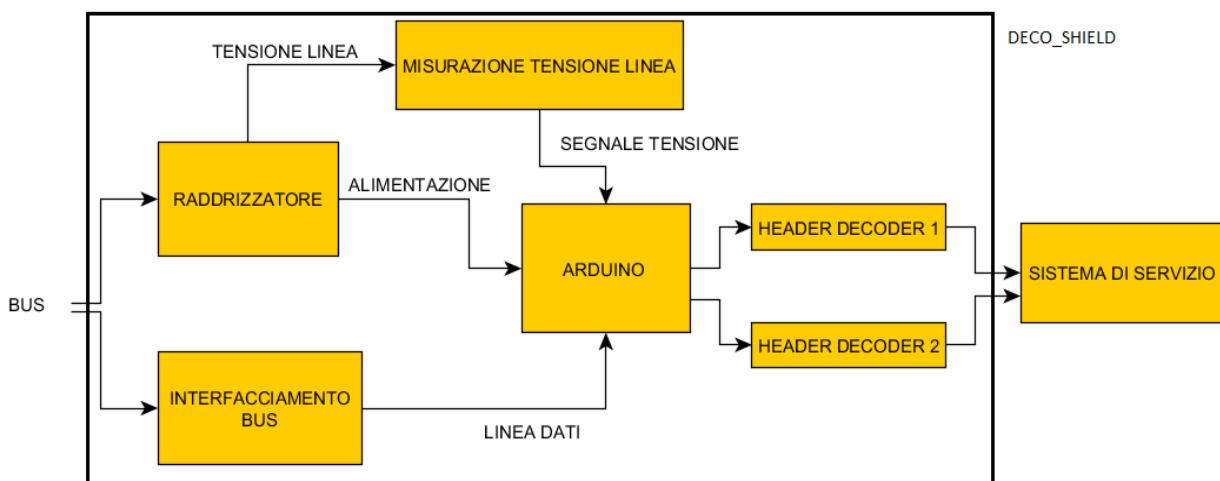
In uscita da ogni amplificatore infine è stato inserito un diodo Zener di limitazione per proteggere gli ingressi ADC dei convertitori che seguono. Essi sono D₆ e D₇ entrambi con una tensione di Zener pari a 5.1 V. La scelta di questo valore è dettata dalle specifiche di ingresso dei convertitori ADC della COMMAND_STATION i quali ammettono una dinamica di ingresso da 0 a 5 V.

Non sono presenti resistenze di limitazione per correnti di corto circuito in uscita in quanto lo stesso amplificatore operazionale risulta protetto.

7.3 – Decoder Monitor: (GRASSI Fabio, NADAL Alessandro, MOSSINO Mattia)



Schema a Blocchi



Il DECO_SHIELD è un sistema che permette ad ogni dispositivo collegato al BUS (SISTEMA DI SERVIZIO) di leggere le informazioni e comunicare con la COMMAND_STATION.

Il suo schema a blocchi qui sopra presentato contiene i seguenti elementi:

1. **RADDRIZZATORE**: permette di raddrizzare il segnale di Potenza della linea fornendo quindi l'alimentazione necessaria al DECO_SHIELD stesso e al SISTEMA DI SERVIZIO;

2. **INTERFACCIAMENTO BUS:** permette di interfacciare il sistema ARDUINO il BUS per lo scambio di informazioni. Il collegamento non è diretto ma avviene tramite un opto-isolatore che separa galvanicamente il DECO_SHIELD dal BUS;
3. **MISURATORE TENSIONE di LINEA:** questo blocco permette di misurare il valore della tensione raddrizzata per monitorare la linea. Il segnale viene elaborato dal sistema ARDUINO;
4. **ARDUINO:** sistema a microcontrollore che opportunamente programmato è in grado di leggere i dati e la tensione presente nel BUS e controllare e gestire il sistema di servizio attraverso i due HEADER DECO_SHIELD ;
5. **HEADER DECO_SHIELD 1 e 2:** connettori utili all'interfacciamento tra il SISTEMA DI SERVIZIO e il DECO_SHIELD.
6. **SISTEMA DI SERVIZIO** costituisce l'elemento che viene controllato, gestito o monitorato dal DECO_SHIELD.
Ogni dispositivo connesso al BUS utilizzerà il DECO_SHIELD, opportunamente programmato, per controllare il SISTEMA DI SERVIZIO.

a) - RADDRIZZATORE

Il raddrizzatore permette al DECO_SHIELD di essere alimentato direttamente dal BUS. Sulla linea (binari) è presente un segnale rettangolare bipolare regolabile ± 12 V a ± 18 V. Raddrizzando questo segnale attraverso un ponte di Graetz si ottiene una tensione continua da un minimo di +12 ad un massimo di +18 V.

Il livello di tensione dipende dal segnale di potenza inviato sul BUS. Il ponte è realizzato con quattro diodi al silicio 1N4004 con corrente massima 1 A.

Durante la commutazione vengono generati dei disturbi o “Spikes” che sono attenuati da un filtro passa basso. Quest’ultimo è composto dai condensatori C_1 e C_2 e delle induttanze L_1 e L_2 . I valori di C_1 e C_2 sono rispettivamente di 100 μ F e 47 nF mentre le induttanze sono VK200.

b) - INTERFACCIAMENTO BUS

Il collegamento tra il DECO_SHIELD e il BUS avviene grazie ad un circuito che ne permette l’interfacciamento. La connessione non avviene direttamente in quanto l’informazione inviata sul BUS presenta tensioni che danneggierebbero il sistema ARDUINO. Per questo motivo l’INTERFACCIAMENTO BUS è costituito da un opto-isolatore (il circuito integrato U3, 6N137) che permette di leggere il flusso di dati separando galvanicamente il BUS dal sistema ARDUINO.

optoisolatore

Questo componente basa il suo funzionamento sull’accoppiamento ottico tra il circuito di ingresso (Pin 2 e 3) e il circuito di uscita (Pin 6 e 5). Per trasferire il segnale tra l’ingresso e l’uscita è necessario polarizzare il diodo interno al 6N137.

La caduta di tensione V_D utilizzata per il dimensionamento della resistenza R_3 è pari a 1.8 V, con una corrente di polarizzazione pari I_D di 10 mA e una tensione di linea a ± 12 V la resistenza risulta :

$$R_3 = \frac{V_{LINEA} - V_D}{I_D} \Big|_{V_D=1.8\text{ V}; I_D=0.010\text{ A}} = \frac{12 - 1.8}{0.010} = 1020 \Omega = 1 \text{ k}\Omega \text{ Serie E12}$$

Nel circuito di uscita è necessario imporre tramite una resistenza di Pull-Up la tensione massima a cui viene riferito il segnale. Nel nostro caso, considerando la dinamica di ingresso del sistema ARDUINO (da 0 a 5 V) è stata collegato a +5 V.

Il valore della resistenza di Pull-Up R5 è stato fissato a 10 kΩ. La resistenza R4 serve per abilitare il trasferimento di informazione tra il circuito di ingresso e quello di uscita. Se viene collegata a livello 0 il trasferimento è disabilitato contrariamente se collegata a livello logico 1 viene abilitato. Nel nostro caso è stata fissata a +5 V. Il suo valore è pari a 10 kΩ.

misurazione tensione di linea

Per monitorare il valore della tensione presente nel BUS e quindi controllare il valore della tensione di alimentazione dello stesso DECO_SHIELD è stato progettato un circuito che permettesse il collegamento con il sistema ARDUINO il quale elaborerà il segnale prelevato.

Considerando che la dinamica di ingresso di ARDUINO va da 0V a +5V è stato inserito un partitore di tensione in modo da diminuire di un fattore costante il valore della tensione di alimentazione. Questo partitore è costituito dalle resistenze R₁ ed R₂ i cui valori sono rispettivamente 3.3 kΩ e 1 kΩ. Con questi valori resistivi il fattore di riduzione F della tensione V_{DD} di alimentazione è pari a:

$$F = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Big|_{R_1=3.3\text{ k}\Omega; R_2=0.010\text{ A}} = \frac{1000}{3300 + 1000} = 0.233$$

Pertanto con la tensione massima di alimentazione pari a 18 V la tensione presente sulla resistenza R2 è uguale a:

$$V_{R2} = V_{DD} \cdot F \Big|_{V_{DD}=18\text{ V}; F=0.233} = 18 \cdot 0.233 = 4.20\text{ V}$$

Mentre con la tensione minima di alimentazione pari a 12 V risulta:

$$V_{R2} = V_{DD} \cdot F \Big|_{V_{DD}=12\text{ V}; F=0.233} = 12 \cdot 0.233 = 2.80\text{ V}$$

In questo modo il range di tensione di alimentazione da +12V a +18V volt rientra nella dinamica di ingresso del sistema di misurazione ARDUINO.

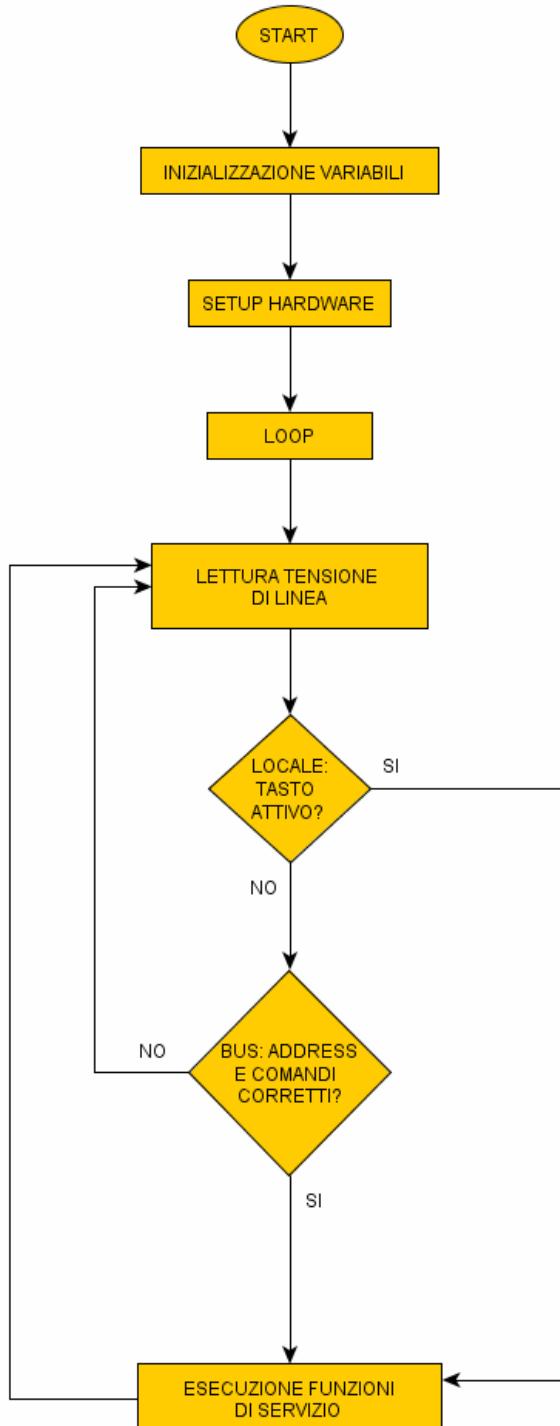
Per interfacciare ARDUINO con il partitore di tensione è stato inserito un amplificatore operazionale in configurazione di Voltage-Follower. L'amplificatore scelto è un LM358 in alimentazione singola. Nel caso in cui, per malfunzionamenti del BUS o del DECO_SHIELD la tensione in uscita dall'amplificatore operazionale superi i 5 V entra in funzione il diodo zener D₁ inserito per proteggere l'ingresso di ARDUINO.

Il diodo è privo di resistenza di limitazione in quanto lo stesso amplificatore operazionale è protetto per sovraccarichi di corrente in uscita.

Arduino

ARDUINO è un sistema a microcontrollore semplice da programmare. Esso viene programmato in relazione al SISTEMA DI SERVIZIO collegato al DECO_SHIELD tramite due connettori ML10E. ARDUINO, oltre alla misurazione della tensione di linea e alla lettura delle informazioni inviate sul BUS provvede ad eseguire delle funzioni specifiche richieste dell'utilizzatore.

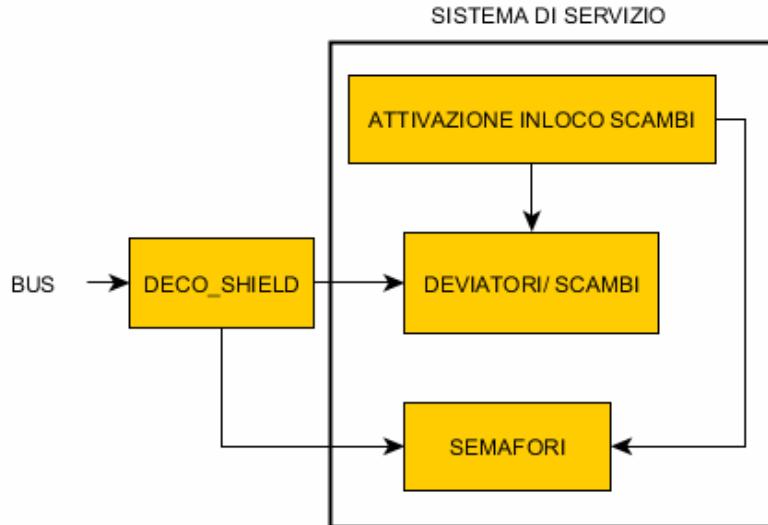
Flowchart che descrive il funzionamento:



7.4 – Controllo Deviatoi: (CENSULLO Luca, PERTOSA Federico)

Il SISTEMA DI SERVIZIO qui presentato è stato progettato per gestire la segnaletica e gli scambi di un plastico di trenini da modellismo in scala N . Esso si interfaccia al BUS che caratterizza il progetto “La Gare” nel suo complesso. Lo schema elettrico è allegato.

É presentato di seguito lo schema a blocchi del sistema:



Come si può notare esso è suddiviso in quattro parti :

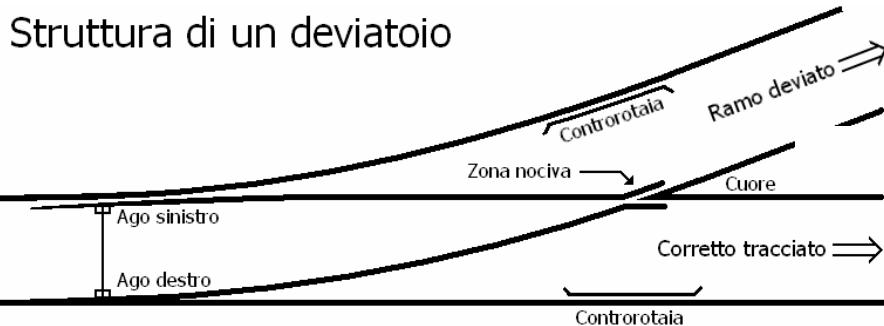
1. **DECO_SHIELD:** è il sistema principale che ci permette di interfacciare il nostro SISTEMA DI SERVIZIO con il BUS il cui segnale è fornito dal BOOSTER. La connessione tra il nostro sistema e il DECO_SHIELD avviene mediante i connettori J₁ e J₂. Esso in seguito ad una opportuna programmazione ci permette di gestire i dispositivi desiderati.
2. **DEVIATORI/SCAMBI:** è l'elemento gestito dal DECO_SHIELD che permette di far commutare gli scambi o deviatori per regolare il traffico dei treni.
3. **SEMAFORI:** questo blocco è costituito da quattro semafori con un totale di otto LED, ovvero due LED a semaforo. Essi gestiti opportunamente dal DECO_SHIELD permettono di implementare le funzioni desiderate in stretto legame con la gestione del blocco DEVIATORI/SCAMBI;
4. **ATTIVAZIONE IN LOCO:** è l'elemento che gestisce l'interfaccia utente locale del SISTEMA DI SERVIZIO e interagisce con il DECO_SHIELD per poter attuare i comandi inviati dalla centralina.

a) - deviatoi/scambi

Il deviatoio, detto anche scambio, è un dispositivo ferroviario utile a deviare la corsa di un treno trasferendola in un differente binario. I deviatori utilizzati sono costituiti da due bobine indipendenti che se eccitate permettono di muovere meccanicamente gli scambi e quindi cambiare le direzioni sui binari. Esse, come si può notare dallo schema elettrico, sono rappresentate dalla BOBINA 1 e dalla BOBINA 2. L'attivazione o la disattivazione degli scambi avviene grazie alla programmazione del sistema DECO_SHIELD e quindi di ARDUINO il quale permette in funzione

dei comandi generati dalla COMMAND_STATION o dell'ATTIVAZIONEIN LOCO di agire in modo conforme.

La struttura di uno scambio è presentata qui di seguito:



caratteristiche strutturali:

Un deviatore è costituito da due diversi componenti. Esse sono:

- Componente fissa come per esempio la controrotaia.
- Componenti mobili : sono costituite da due rotaie mantenute ad una distanza costante. Lo spostamento della barra scorrevole ad esse collegate permette il cambio di posizione del deviatore.

circuito di controllo degli scambi

Per attivarli o disattivarli, considerando che la corrente richiesta, di picco, è pari a 1 A, è necessario inserire uno stadio di potenza. Nel nostro caso esso è costituito da un DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY ULN2803A. Non sono necessarie resistenze di base o diodi per limitare l'effetto delle commutazioni sulle bobine in quanto risulta tutto integrato nel chip.

b) - semafori

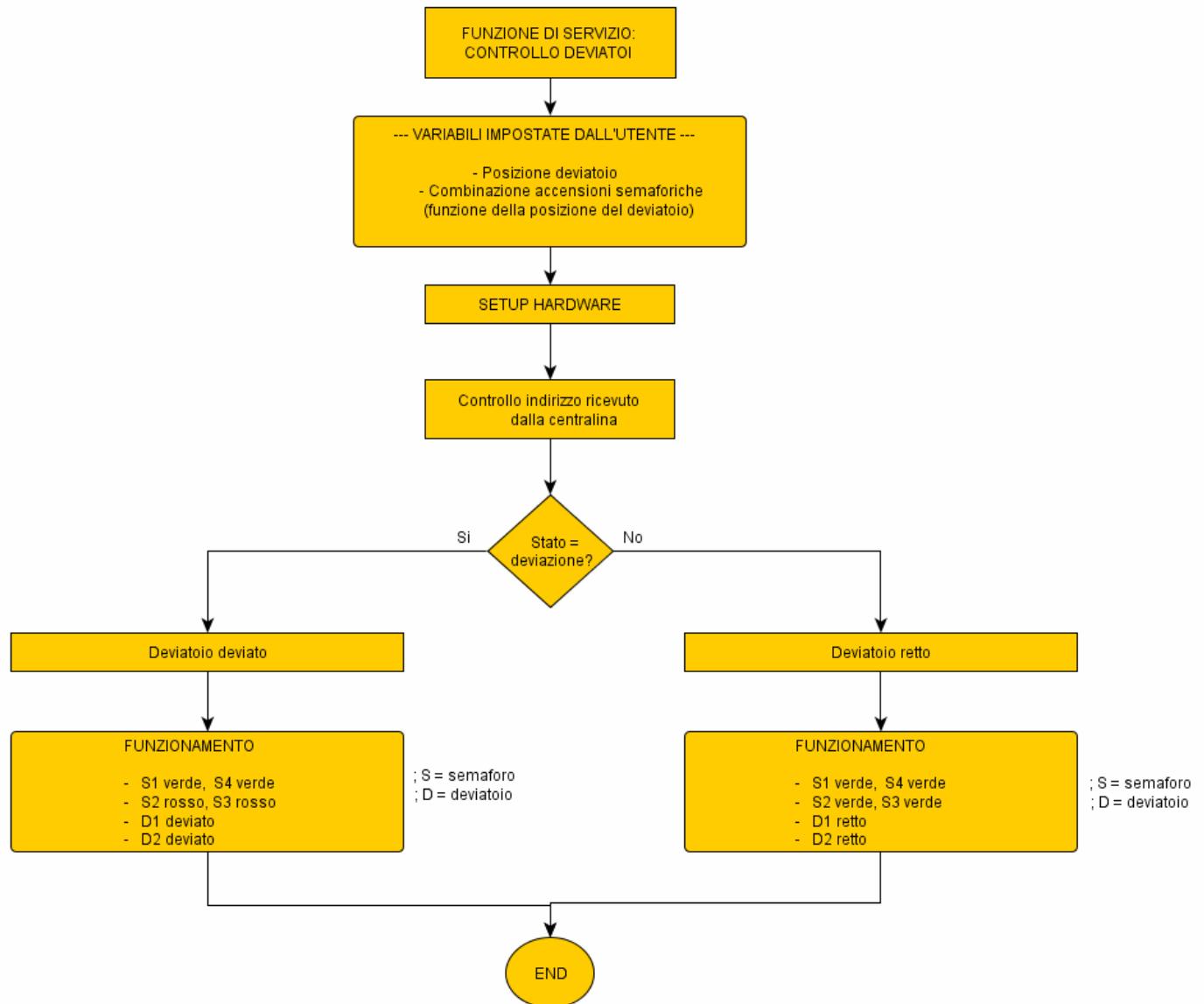
Questo blocco è costituito da otto LED che in generale realizzano il sistema semaforico. Essi sono gestiti dal DECO_SHIELD che in relazione ai comandi della COMMAND_STATION o dell'UTENTE in locale ne decide l'attivazione o la disattivazione. La tecnica utilizzata prevede il collegamento diretto con ogni LED. Essa si concretizza nel seguente modo:

Ogni LED viene posto con il catodo a massa mentre ogni anodo viene collegato direttamente ad un pin di uscita del DECO_SHIELD che ne consente il controllo. Sono stati utilizzati quattro semafori e due scambi.

attivazione in loco degli scambi

Questo blocco costituisce l'interfacciamento diretto con l'utente. E' costituito dal pulsante B₁ il quale se premuto inverte la posizione dei deviatoi. L'attivazione del pulsante corrisponde ad inviare un livello logico 0 al microcontrollore mentre quando è disattivo è inviato un livello logico 1. La condizione è generata dalla resistenza R₃ di Pull-Up dell'valore 10 kΩ.

flowchart



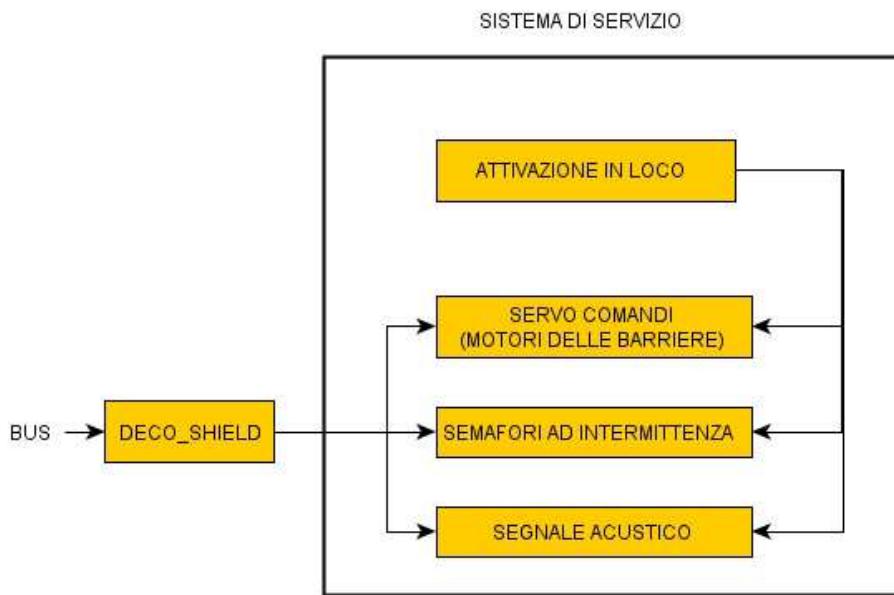
7.5 – Passaggio a livello: (IULIANO Stefano, PORPIGLIA Vincenzo)

E' stato progettato un SISTEMA DI SERVIZIO che collegato ad un DECO_SHIELD ,secondo lo standard NMRA-DCC, effettui le seguenti funzioni:

- Lettura della tensione presente sul BUS.
- Intercettazione e decodifica del segnale di comando e di indirizzo sul BUS.
- Lettura dell'interfaccia locale.
- Esecuzione del comando selezionato dalla decodifica o dall'utente.

a) - schema a blocchi

Lo schema a blocchi sottostante rappresenta il posizionamento nel sistema ferroviario globale e la costituzione del sistema stesso.



Esso è suddiviso in cinque parti :

1. **deco_shield:** è il sistema che permette di interfacciare il passaggio a livello con il BUS il cui segnale è fornito dal BOOSTER. La connessione tra il sottosistema e il DECO_SHIELD avviene mediante i connettori J₁ e J₂.
2. **motori barriere:** è l'elemento gestito dal DECO_SHIELD che pilota le barriere del passaggio a livello.
3. **segnalatori ad intermittenza:** questo blocco costituisce il sistema semaforico comandato dal deco_shield. Il suo fine pratico è quello di dare una segnalazione visiva di pericolo da parte dei transitanti sull'incrocio ferroviario.
4. **segnaletica acustica:** anche questo blocco è comandato dal deco_shield suo scopo è quello di costituire una segnalazione uditiva di pericolo da parte dei transitanti sull'incrocio ferroviario.

5. attivazione in loco: è l'elemento che gestisce localmente l'interfaccia utente del sistema di servizio e interagisce con il deco_shield per poter attuare i comandi impostati dall'utente.

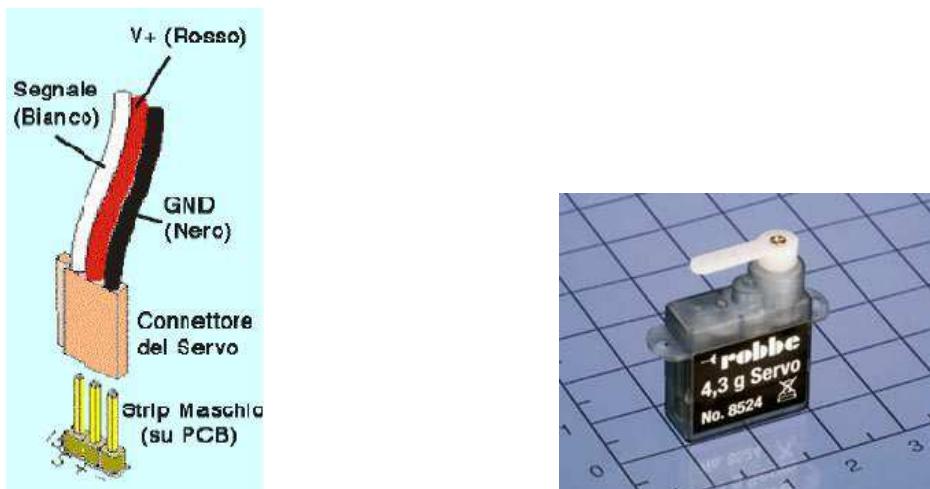
motori barriere.

Questo blocco costituisce le barriere del passaggio a livello che devono essere alzate e abbassate durante il funzionamento del sistema.

Per questo motivo sono realizzate con due servomotori. Essi sono dispositivi meccanici che sono costituiti da un motore elettrico, completo di riduzione meccanica, da un sistema di feedback per determinare la posizione dell'asse rotativo e dall'elettronica di controllo.

Ogni servomotore è collegato al deco_shield che, opportunamente programmato, può far ruotare l'asse del servomotore e posizionarlo in una specifica posizione per la discesa o la salita delle barriere.

I collegamenti per il controllo e l'alimentazione dei servomotori avvengono come illustrato nell'immagine sottostante. Il filo rosso viene collegato a 5 V mentre il filo nero a GND. Il filo bianco corrisponde al segnale di controllo.

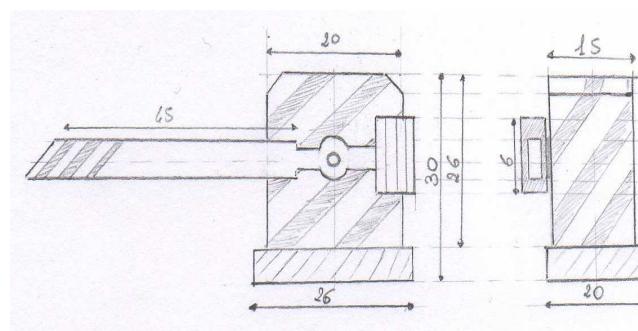


Il pilotaggio di questi motori avviene applicando, al cavo del segnale di controllo (filo bianco), un segnale PWM che all'aumentare o al diminuire del Duty-cycle modifica il posizionamento del leverismo di comando.

Il passaggio a livello è costituito da due barriere che contemporaneamente devo abbassarsi e alzarsi pertanto è sufficiente utilizzare un unico segnale di controllo per pilotare entrambi i servomotori che saranno collegati in parallelo.

Il servomotore impiegato in questo SISTEMA DI SERVIZIO è mostrato nell'immagine.

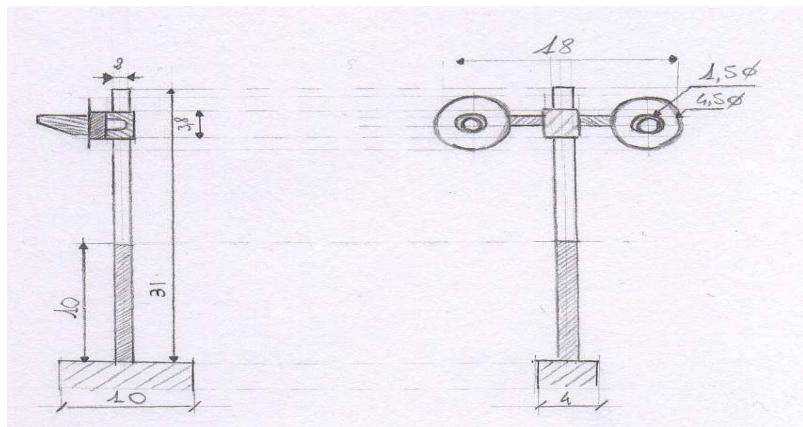
Il tutto è stato progettato per essere impiegato all'interno di un plastico ferroviario di ridotte dimensioni (scala N). È stato progettato e dimensionato l'ingombro fisico del motore delle barriere. Di seguito viene mostrato il disegno quotato (misure in millimetri):



segnalazioni ad intermittenza.

Le segnalazioni utilizzate sono due semafori ad intermittenza posti vicino alle barriere del passaggio a livello con il compito di avvisare i pedoni e le auto in transito: è un segnale visivo di pericolo rivolto ai passanti e ai mezzi che devono transitare sulla sede tranviaria.

Il semaforo ad intermittenza viene attivato insieme al segnale acustico, avvisa quando è in arrivo un treno. Nell'immagine successiva è riportato un disegno di un semaforo ad intermittenza con due luci e relative misure in scala N (misure in millimetri).



Si è realizzato un segnalatore ad intermittenza a doppia vela implementandolo con due led di diametro 1,8 mm, i più piccoli che siamo riusciti a reperire.

Per la realizzazione del prototipo abbiamo impiegato tubi di ottone di diametro 2mm. Per i collegamenti abbiamo utilizzato un filo di rame di spessore 0,5mm..



I led all'interno del semaforo sono stati collegati per ottenere un catodo comune e due anodi indipendenti così da presentare all'esterno tre fili:

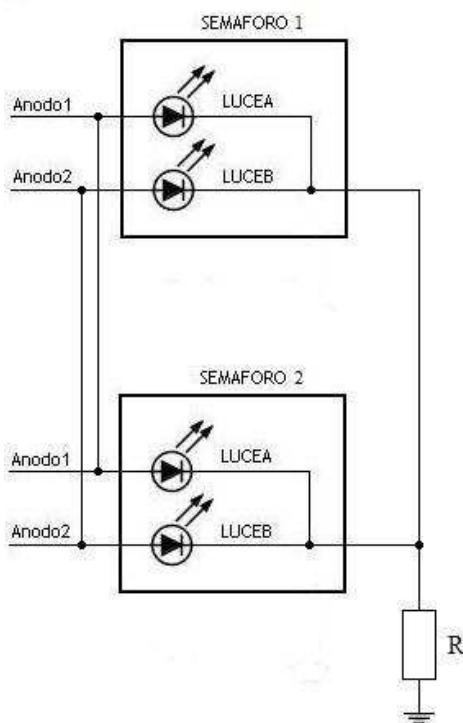
- Anodo1, che se portato a livello logico alto permette l'accensione della LUCE A.
- Anodo2, che se portato a livello logico alto permette l'accensione della LUCE B.
- Catodo, che essendo sempre collegato a GND abilita l'accensione dei led se sull'anodo è presente un livello logico alto.

Questo sistema di servizio comprende due semafori situati sull'estremità della carreggiata. Essi svolgono la medesima funzione perciò gli anodi della LUCE A del primo e del secondo semaforo devono essere collegati insieme come anche quelli della LUCE B.

Lo schema elettrico per collegare i semafori è mostrato nell'immagine sottostante. La resistenza R è inserita per limitare la corrente dei led e può essere calcolata con la relazione:

$$R = \frac{V_{AL} - V_D}{2 \cdot I_D} \quad |_{V_{AL}=5\text{ V}; V_D=1.6\text{ V}; I_D=0.005\text{ A}} = \frac{5 - 1.6}{2 \cdot 0.005} = 340 \Omega = \boxed{330 \Omega} \text{ Serie E12}$$

schema elettrico collegamento led



segnale acustico.

Il segnale acustico è generato da un buzzer. Esso presenta due terminali: uno (+) per l'alimentazione positiva, e uno (-) per la massa. Per attivare il suono sarà necessario che il DECO_SHIELD , fornisca un livello logico alto sul terminale (+), il terminale (-) è collegato a GND.

E' opportuno collegare in serie al buzzer un trimmer in modo da calibrare il volume del suono generato. All' aumentare del valore di resistenza del trimmer diminuisce il volume del suono.

Nella figura in è riportata la fotografia del buzzer utilizzato, ha un diametro di 11,5mm e una altezza di 8,5mm.



attivazione in loco.

Questo blocco costituisce l'interfaccia diretta per l'utente. Esso è costituito da un pulsante il quale permette di attivare le due funzioni: salita e discesa delle barriere.

Se il sistema sta eseguendo una delle due funzioni alla pressione del tasto essa si interrompe e viene svolta immediatamente l'altra.

L'attivazione corrisponde ad un livello logico 0 mentre la condizione di riposo ad un livello logico 1 che è garantito dalla resistenza di Pull-Up R_1 collegata a +5 V del valore di 10 k Ω .

programmazione, flowchart e algoritmo

Le funzioni svolte dal software saranno principalmente due: la prima che consente l'elevazione delle barriere e la seconda che ne permette la discesa.

L'elevazione delle barriere.

Alla chiamata di questa funzione, il semaforo a luci intermittenti entra in funzione con tempo di intermittenza pari alla variabile "tempo_luce" espressa in millisecondi. Trascorso un tempo pari alla variabile "tempo_attesa_ast", espresso in millisecondi (dall'avvio della funzione), cominciano ad alzarsi le barriere fino al raggiungimento dell'altezza prestabilita.

Terminata la funzione le barriere rimangono alzate, le luci del semaforo spente e il segnale acustico disattivato.

La discesa delle barriere.

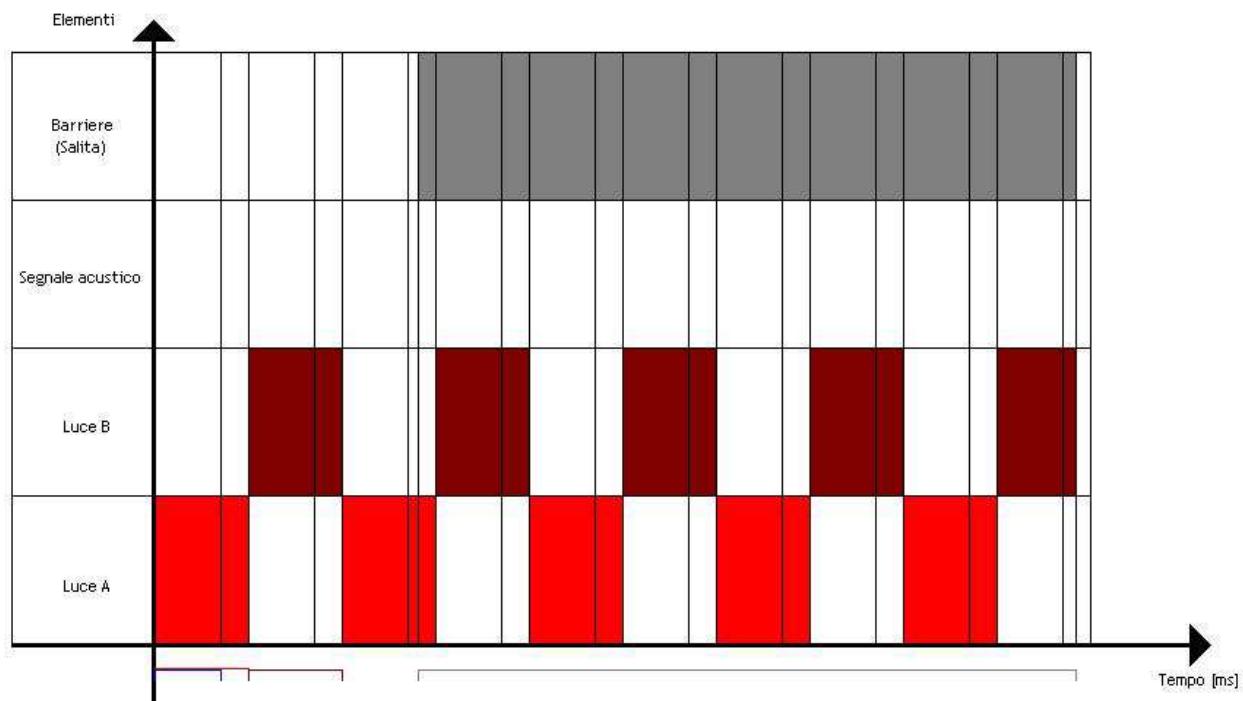
In questa funzione gli elementi che intervengono e i tempi di esecuzione non cambiano, eccetto per quanto riguarda il segnale acustico che si attiva all'accensione delle luci del semaforo ad intermittenza e si disattiva dopo un tempo di "tempo_buzzer" espresso in millisecondi.

Quando le barriere, dopo "tempo_ast" espresso in millisecondi, raggiungono la posizione più bassa, la funzione termina.

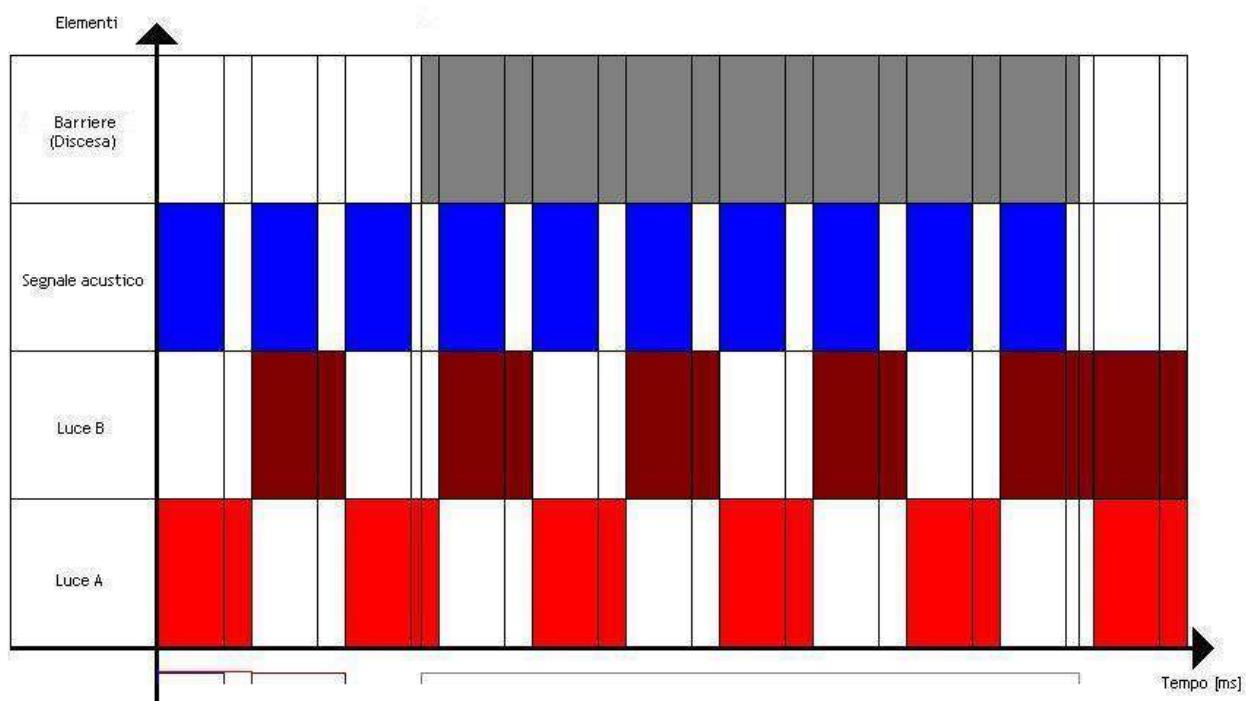
Terminata la funzione le barriere rimangono abbassate, le luci del semaforo entrambe accese e il segnale acustico disattivato.

Di seguito sono riportati i grafici che rappresentano con lo scorrere del tempo il comportamento di ogni singolo elemento del passaggio a livello per le due diverse funzioni.

Funzione di salita del passaggio a livello.



Funzione di discesa del passaggio a livello.



flowchart

