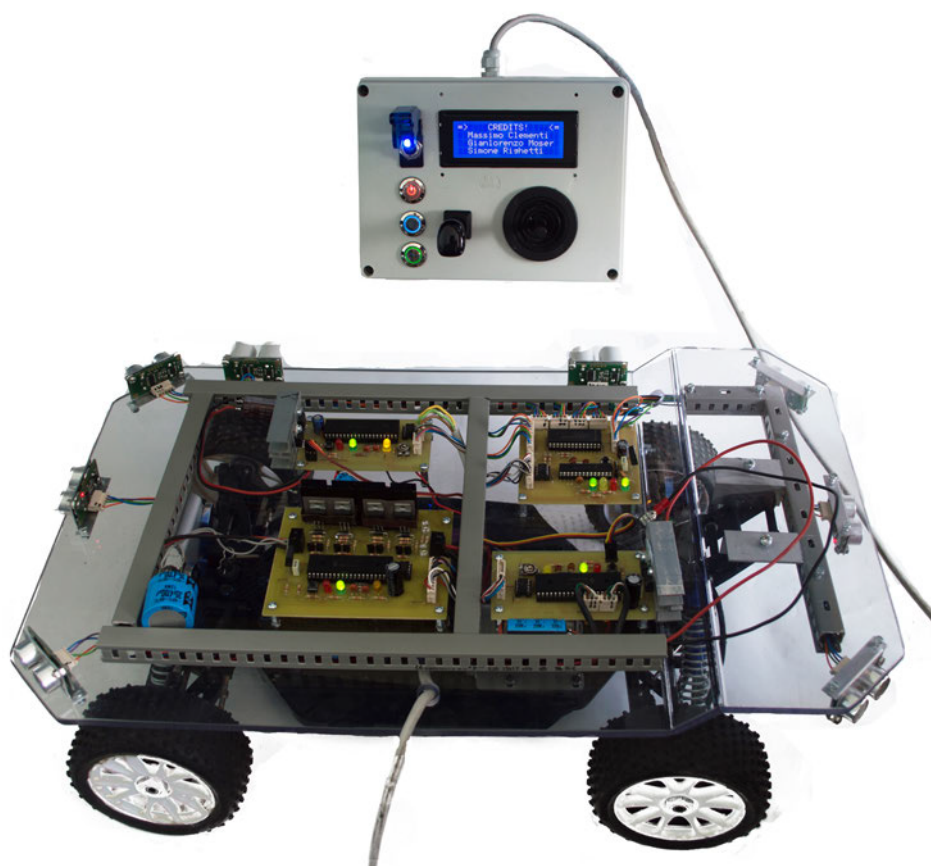


Park Assist

Automazione delle procedure di posteggio di un' autovettura



Studenti coinvolti:

Massimo Clementi - Gianlorenzo Moser - Simone Righetti

Materie coinvolte:

*Tecnologie di progettazione elettronica ed elettrotecnica -
Sistemi - Elettronica ed elettrotecnica - Storia - Letteratura
italiana - Matematica - Inglese*

*«La prima regola di ogni tecnologia è che l'automazione applicata ad un'operazione efficiente
ne aumenterà l'efficienza.
La seconda è che l'automazione applicata ad un'operazione inefficiente,
ne aumenterà l'inefficienza.»*

Bill Gates.

Sommario

Prefazione	Pag.V
1.0.0.0 Introduzione	Pag.1
1.1.0.0 Spiegazione progetto	Pag.1
1.1.1.0 La scelta	Pag.1
1.1.2.0 Fase di ricerca	Pag.1
1.1.3.0 Funzionamento del sistema.....	Pag.2
1.1.4.0 Ripartizione dei compiti in blocchi.....	Pag.2
1.1.5.0 Tempistiche	Pag.3
1.1.6.0 Bibliografia	Pag.3
2.0.0.0 Tecnologie e tecniche utilizzate	Pag.4
2.1.0.0 Microcontrollore.....	Pag.4
2.1.1.0 Informazioni generali.....	Pag.4
2.1.2.0 Caratteristiche Hardware	Pag.4
2.1.3.0 Caratteristiche software	Pag.5
2.1.4.0 Programmazione	Pag.5
2.1.5.0 Gli interrupt	Pag.6
2.1.6.0 I timer.....	Pag.6
2.1.7.0 Il CCP	Pag.7
2.1.8.0 L'ADC	Pag.7
2.2.0.0 Can Bus	Pag.8
2.2.1.0 Cenni storici.....	Pag.8
2.2.2.0 Caratteristiche principali.....	Pag.9
2.2.3.0 Il Physical Layer	Pag.9
2.2.4.0 Frame	Pag.10
2.2.5.0 Struttura dei frame	Pag.10
2.2.6.0 Gestione dei frame.....	Pag.12
2.2.7.0 Codifica NRZ.....	Pag.13
2.2.8.0 Gli errori	Pag.13
2.2.9.0 Possibili cause di errore	Pag.13
2.3.0.0 Bibliografia.....	Pag.14

2.4.0.0	Stabilizzatori e regolatori di tensione	Pag.14
2.4.1.0	Regolatore lineare	Pag.14
2.4.1.1	<i>Stabilizzatore non regolabile</i>	<i>Pag.15</i>
2.4.1.2	<i>Stabilizzatore regolabile</i>	<i>Pag.16</i>
2.4.2.0	Conversione DC-DC	Pag.16
2.4.2.1	<i>Chopper abbassatore (buck converter)</i>	<i>Pag.16</i>
2.4.2.2	<i>Chopper innalzatore (step-up)</i>	<i>Pag.17</i>
2.5.0.0	Sensori e trasduttori utilizzati	Pag.18
2.5.1.0	Encoder	Pag.18
2.5.1.1	<i>Descrizione</i>	<i>Pag.18</i>
2.5.1.2	<i>Funzionamento</i>	<i>Pag.18</i>
2.5.2.0	Joystick	Pag.18
2.5.2.1	<i>Descrizione</i>	<i>Pag.18</i>
2.5.2.2	<i>Funzionamento</i>	<i>Pag.18</i>
2.5.3.0	Ultrasuoni	Pag.19
2.5.3.1	<i>Descrizione e funzionamento</i>	<i>Pag.19</i>
2.5.3.2	<i>Pregi e Difetti</i>	<i>Pag.19</i>
2.5.4.0	Bibliografia	Pag.19
2.5.5.0	Datasheet	Pag.20
2.6.0.0	Printed Circuit Board	Pag.21
2.6.1.0	Descrizione	Pag.21
2.6.2.0	Come si realizza	Pag.21
2.6.3.0	Regole	Pag.21
2.6.4.0	Bibliografia	Pag.22

3.0.0.0 Centraline **Pag.23**

3.1.0.0	Introduzione alle centraline	Pag.23
3.2.0.0	Centralina Motore	Pag.23
3.2.1.0	Informazioni generali	Pag.23
3.2.2.0	Funzioni	Pag.24
3.2.3.0	Schema elettrico	Pag.24
3.2.4.0	Circuito stampato	Pag.25
3.2.5.0	Flowchart	Pag.26

3.3.0.0	Centralina <i>ABS</i>	Pag.28
3.3.1.0	Informazioni generali.....	Pag.28
3.3.2.0	Funzioni	Pag.28
3.3.3.0	Schema elettrico.....	Pag.29
3.3.4.0	Circuito stampato.....	Pag.30
3.3.5.0	Flowchart	Pag.30
3.4.0.0	Centralina Sterzo	Pag.32
3.4.1.0	Informazioni generali.....	Pag.32
3.4.2.0	Funzioni	Pag.33
3.4.3.0	Schema elettrico.....	Pag.33
3.4.4.0	Circuito stampato.....	Pag.34
3.4.5.0	Flowchart	Pag.34
3.5.0.0	Centralina Telecomando	Pag.35
3.5.1.0	Informazioni generali.....	Pag.35
3.5.2.0	Funzionamento	Pag.35
3.5.3.0	Schema elettrico.....	Pag.36
3.5.4.0	Circuito stampato.....	Pag.37
3.5.5.0	Flowchart	Pag.37
3.6.0.0	Centralina parcheggio.....	Pag.39
3.6.1.0	Informazioni generali.....	Pag.39
3.6.2.0	Schema elettrico.....	Pag.39
3.6.3.0	Circuito stampato.....	Pag.41
3.6.4.0	Flowchart	Pag.41
3.7.0.0	Bibliografia.....	Pag.42

4.0.0.0 La macchina in letteratura..... Pag.43

4.1.0.0	Premessa	Pag.43
4.2.0.0	Introduzione.....	Pag.43
4.3.0.0	Pirandello e il progresso tecnologico	Pag.43
4.4.0.0	Svevo e il progresso tecnologico.....	Pag.44
4.5.0.0	L'automobile di D'Annunzio	Pag.45
4.5.1.0	<i>Maia</i> - Gabriele D'Annunzio	Pag.46
4.6.0.0	Il Futurismo	Pag.47

4.6.1.0	La poetica del Futurismo	Pag.47
4.6.2.0	Artisti futuristi.....	Pag.48
4.6.3.0	Manifesto futurista.....	Pag.48
4.6.4.0	<i>All'Automobile da Corsa</i> - Filippo Tommaso Marinetti.....	Pag.49
4.6.5.0	L'arte.....	Pag.52
4.7.0.0	Bibliografia.....	Pag.52
5.0.0.0	La macchina nella storia	Pag.53
5.1.0.0	Il Giappone.....	Pag.53
5.1.1.0	La nascita di una potenza.....	Pag.53
5.1.2.0	Il "Toyotismo".....	Pag.53
5.1.3.0	Il <i>Kaizen</i>	Pag.54
5.2.0.0	La Germania	Pag.54
5.3.0.0	Italia.....	Pag.56
5.4.0.0	Bibliografia.....	Pag.58
6.0.0.0	Applicazioni della matematica in ambito tecnico... Pag.58	
6.1.0.0	Introduzione.....	Pag.58
6.2.0.0	Procedura di parcheggio.....	Pag.59
6.3.0.0	Assistente per avvicinamento parallelo	Pag.61
6.4.0.0	Bibliografia.....	Pag.62
7.0.0.0	English.....	Pag.63
7.1.0.0	Cars.....	Pag.63
7.1.1.0	Differences between types of cars	Pag.63
7.1.2.0	Advantages and disadvantages.....	Pag.63
7.2.0.0	Motors	Pag.64
7.2.1.0	AC Motors	Pag.64
7.2.2.0	DC Motors	Pag.64
7.2.3.0	Other types of motors	Pag.64
7.3.0.0	Bibliografia.....	Pag.65
8.0.0.0	Ringraziamenti.....	Pag.66
9.0.0.0	Glossario acronimi	Pag.67

PREFAZIONE

La parte scritta della tesina è organizzata in capitoli, paragrafi e sotto-paragrafi nell'ordine elencato. La divisione è effettuata secondo un ordine tematico.

Il primo capitolo è un'introduzione nel quale viene spiegato il motivo della scelta, le ricerche effettuate in materia e l'organizzazione del gruppo.

Il secondo capitolo tratta invece alcuni degli aspetti teorici utilizzati nel progetto studiati a scuola ed approfonditi per uso pratico nella tesina.

Nel capitolo successivo vengono spiegate nello specifico le varie centraline con allegata tutta la documentazione tecnica necessaria.

Il quarto capitolo è invece riservato all'analisi del modo in cui l'automobile ha influenzato gli artisti e la produzione letteraria mentre il quinto è dedicato alla parte storica.

I capitoli successivi riguardano matematica, con la spiegazione trigonometrica degli algoritmi utilizzati ed inglese in cui vengono analizzate le differenze tra le varie tipologie di macchine e motori esistenti.

In conclusione abbiamo inoltre riportato le considerazioni finali del progetto ed i ringraziamenti.

Chiude il nostro elaborato un glossario dei principali acronimi utilizzati.

A fine di ciascun capitolo verrà riportata la bibliografia degli argomenti trattati e consultati per la stesura del testo.

Ulteriore documentazione (video, foto, documenti, ...) è visionabile online da:

<https://goo.gl/gRdqXg>



1.0.0.0 INTRODUZIONE

1.1.0.0 Spiegazione progetto

1.1.1.0 La scelta

La scelta di realizzare una macchina in grado di parcheggiarsi in maniera autonoma nasce principalmente dall'osservazione della realtà. Camminando per strada è infatti possibile vedere vetture posteggiate in modo non corretto che occupano più di un singolo spazio dedicato oppure vedere automobilisti in seria difficoltà nel compiere manovre dipendenti da numerose variabili sempre diverse. Abbiamo quindi intrapreso una ricerca internet per riuscire a comprenderne le criticità e ciò ci ha portati ad un sondaggio svolto dalla *Nissan* (una nota casa automobilistica) in collaborazione con la società *YouGov*. Dall'inchiesta è emerso che negli ultimi cinque anni, una persona su tre in Europa è incorsa in un incidente proprio in fase di parcheggio.

Per verificare i dati trovati, abbiamo deciso di elaborare un nostro sondaggio anonimo che ha coinvolto 151 persone casuali (campione poco significativo ai fini statistici) coinvolte attraverso l'uso dei *social* (tra cui Forum online di siti dedicati all'argomento, *Whatsapp*, *Telegram*, *E-Mail*, etc) e tramite la somministrazione orale a conoscenti e parenti che ha dato risultati interessanti e concordanti con quelli trovati. Infatti il 72.8% degli intervistati ha danneggiato il proprio veicolo negli ultimi 5 anni di cui il 41.2% è avvenuto durante un parcheggio. I dati ottenuti, rapportati al numero esiguo di partecipanti (contando anche le persone sprovviste di patente), affermano che una persona su tre ha danneggiato il proprio veicolo durante un parcheggio. Se si aggiunge anche la percentuale di persone che ha commesso un danneggiamento negli ultimi 5 anni, ma che non risulta essere l'ultimo danno commesso, la percentuale diventa una persona su due (quindi i dati ottenuti rispecchiano i dati del sondaggio della casa automobilistica *Nissan*).

Inoltre è stato chiesto ai partecipanti del sondaggio quale fosse il parcheggio più difficoltoso da compiere, presupponendo che il parcheggio a nastro fosse il più complesso (in quanto viene spiegato in modo teorico e pratico nelle autoscuole), ma le risposte sono state estremamente eterogenee in quanto il 29.3% ha avuto problemi con uno di tipo parallelo, il 28% con uno a pettine, il 28% in parcheggi di altro tipo (ad esempio nei box auto) e il 14.6% in uno a spina di pesce.

Infine alla domanda se i candidati gradirebbero un ausilio di parcheggio trascurando il prezzo (per evitare influenze di risposta considerato che *Volkswagen* lo propone a circa 800€) il 55.6% ha risposto in modo positivo.

1.1.2.0 Fase di ricerca

Ci siamo dunque chiesti in che modo le case produttrici di automobili, che ormai hanno sviluppato una tecnologia estremamente avanzata, avessero tentato di risolvere il problema, analizzando nel particolare i modelli prodotti da *Volkswagen*. Abbiamo notato che vi è un optional chiamato *park assist* che «consente di parcheggiare la vettura in spazi paralleli alla strada e a pettine, nonché anche fuori dai parcheggi paralleli. Il sistema supporta il guidatore intervenendo automaticamente sul volante nel modo più adatto a parcheggiare la vettura nello spazio disponibile»¹. Il sistema progettato da *Volkswagen* non sostituisce totalmente il guidatore soprattutto per una questione di responsabilità, infatti deve essere in ogni caso l'utente ad occuparsi dell'accelerazione e della frenata del veicolo seppur dotato di sensori. In caso di incidente la colpa deve essere attribuibile al guidatore che non ha fermato il mezzo in tempo e non al sistema di parcheggio utilizzato.

1: http://it.volkswagen.com/it/innovazioni_volkswagen/glossario/glossario/park-assist.html

1.1.3.0 Funzionamento del sistema

La progettazione teorica è stata effettuata suddividendo il macrosistema iniziale in vari sottosistemi più semplici con compiti specializzati, seguendo il metodo che anche le grandi case automobilistiche adottano. Abbiamo dunque deciso di creare numerose centraline, ognuna con un compito specifico, come la centralina motore (che si occupa di modulare la velocità del mezzo), la centralina sterzo (che permettono di modificare l'angolo di sterzata delle ruote anteriori), la centralina ABS, la centralina parcheggio (che si occupa di individuare e effettuare le manovre di parcheggio in maniera autonoma) e la centralina telecomando.

La realizzazione pratica è stata invece svolta in varie tappe per ordine di importanza, partendo dalle centraline strettamente necessarie al funzionamento basilare del mezzo (centralina motore, centralina sterzo, centralina ABS e centralina telecomando) fino allo sviluppo di quelle che ne implementano funzioni aggiuntive (centralina parcheggio).

1.1.4.0 Ripartizione dei compiti in blocchi

Come già accennato in precedenza abbiamo diviso il sistema in varie centraline in modo da rendere più semplice l'elaborazione dei dati e di simulare in modo corretto il funzionamento di una macchina. Le varie centraline, ciascuna con funzioni specifiche, sono state poi messe in comunicazione tra di loro attraverso il protocollo di trasmissione dati *CAN BUS*.

La centralina sterzo si occupa di comandare un servo con un adeguato segnale *PWM*, traducendo in modo adeguato i vari comandi che giungono da altre centraline riguardanti la curvatura delle ruote anteriori.

La centralina motore si occupa invece di comandare attraverso un ponte H la velocità e il verso del motore che permette il movimento del veicolo.

La centralina ABS invece è dedicata alla gestione della frenata del veicolo attraverso il comando di un servo attraverso segnale *PWM*. Questa centralina inoltre esegue in modo contemporaneo la gestione separata dei due encoder delle ruote posteriori, fornendo al sistema la velocità reale del veicolo e la distanza percorsa dalla macchina (fondamentale nelle procedure di parcheggio).

La centralina telecomando esegue la gestione di tutti gli input del sistema (velocità, sterzata...), esegue trasformazioni e traduzioni per fornire al sistema dati adeguati da inviare alle centraline corrispondenti ed inoltre coordina assieme alla centralina parcheggio le procedure di ricerca ed abilitazione. Permette anche di visualizzare su un *LCD* diversi parametri, come ad esempio la velocità reale, e diversi messaggi, come ad esempio durante la manovra di parcheggio per indicare all'utente quali passi deve svolgere affinché la stessa venga svolta completamente.

La centralina parcheggio sfrutta 8 sensori ad ultrasuoni per individuare eventuali ostacoli e in caso di imminente urto, arrestare il veicolo. Inoltre essa svolge i calcoli necessari per effettuare la manovra di parcheggio e per allineare la macchina al bordo strada.

1.1.5.0 Tempistiche

Per la realizzazione del progetto sono stati impiegati numerosi pomeriggi di lavoro extra-scolastico nei mesi precedenti nei quali ogni componente del gruppo ha partecipato in modo attivo alla realizzazione del progetto fornendo anche conoscenze personali acquisite fuori dall'ambito scolastico per risolvere i numerosi problemi e le difficoltà incontrate durante la realizzazione di questo progetto.

Abbiamo poi realizzato questo lavoro che mira ad unire le varie materie e ambiti affrontati in questi tre anni di scuola, cercando di porre come protagonisti i sistemi di controllo.

Inizialmente si era pensato di realizzare entro dicembre le centraline strettamente necessarie al funzionamento del veicolo (centralina motore, sterzo e freno) in modo da terminare entro febbraio-marzo la centralina specifica per il parcheggio, in modo da avere un po' di tempo per aggiungerne ulteriori di contorno e di poter far fronte ad eventuali problemi durante il collaudo. In realtà le prime centraline sono state realizzate entro la fine di gennaio con l'aggiunta della centralina per il comando a distanza che ha occupato il gruppo fino a marzo. Successivamente si è lavorato alla centralina del parcheggio fino a giugno con relativi test per perfezionare la manovra.

1.1.6.0 Bibliografia

<http://inupgoin.com/nei-parcheggi-gli-italiani-i-piu-pericolosi/>

2.0.0.0 TECNOLOGIE E TECNICHE UTILIZZATE

La realizzazione del progetto ha richiesto varie conoscenze in diversi ambiti tecnici. Alcune di queste le abbiamo apprese durante il percorso scolastico da noi svolto, ma la maggior parte, utilizzate durante la progettazione e la realizzazione, ha richiesto un approfondimento che abbiamo appreso attraverso documentazione trovata con la consultazione di varie fonti e la spiegazione fornita da terzi. In questo capitolo approfondiremo per tanto alcuni aspetti comuni a tutte le centraline.

Questo processo ci ha permesso di unire varie tecnologie, utilizzate in progetti differenti, ed utilizzarle per il nostro progetto. Le varie conoscenze utilizzate a scuola ci hanno comunque permesso di capire con più facilità alcune tecnologie usate ed inoltre ci hanno aiutato nel trovare errori e ideare nuove strategie per aggirare i problemi che si sono verificati durante tutta l'elaborazione.

2.1.0.0 Microcontrollore

2.1.1.0 Informazioni generali

La parte più importante per il progetto è stata il microcontrollore. Sulle schede sono stati montati microcontrollori diversi a seconda delle esigenze dell'applicazione tutti provenienti dalla *Microchip Technology*, una società che produce semiconduttori dal 1989.

Il chip utilizzato è denominato PIC che rappresenta una famiglia di circuiti integrati a semiconduttore funzionanti come microcontrollore. La famiglia di PIC utilizzata è stata la 18F per rimanere aderenti ai microcontrollori utilizzati durante l'anno a scuola ("F" indica che all'interno è stata costruita una memoria di tipo Flash).

La differenza sostanziale tra un microprocessore e un microcontrollore è che l'ultimo non necessita di ulteriori periferiche: *CPU*, memorie, oscillatore, ecc.. infatti sono già integrati all'interno di un chip più o meno grande a seconda delle esigenze del progettista (sono disponibili sia in formato *SMD* che *THT*).

2.1.2.0 Caratteristiche Hardware

Il PIC utilizza l'architettura Harvard, ovvero una separazione tra la memoria dati e la memoria programma. Inoltre vengono utilizzati tre *BUS* separati:

- *Control Bus* (8 bit) utilizzato dalla *CPU* per comandare le periferiche esterne (memorie);
- *Address Bus* (16 bit) utilizzato per attivare le locazioni di memoria da cui prelevare e/o salvare il dato;
- *Data Bus* (8 bit) su cui vengono trasferiti i dati veri e propri.

Le memorie sono differenziate in *DATA MEMORY*, su cui vengono salvate le costanti e le variabili, *PROGRAM MEMORY* di tipo flash su cui vengono salvate le istruzioni necessarie al funzionamento del programma e una memoria *EEPROM* accessibile via software per salvare dati o parti del programma da caricare successivamente (ad esempio il bootloader).

All'interno del microcontrollore poi è possibile trovare diverse periferiche che verranno affrontate successivamente tra cui ad esempio *ADC* (convertitore analogico-digitale), *I/O* seriali e parallele, timer, e *CCP*.

Tutti i microcontrollori della serie 18 sono a 8bit. Nella *CPU* sono integrate varie periferiche utili al funzionamento come per esempio il *program counter*, lo stack register, il work register, l'*ALU*, ecc...

Durante il normale svolgimento di un programma il PIC svolge tre fasi ciclicamente:

- Fetch, o fase di ricerca: viene letto il *program counter* e trasferito il suo contenuto sull'*Address Bus* che attiverà un'allocazione di memoria programma precisa. Questa verrà salvata nell'*instruction register* in attesa di venire interpretata;
- Execute-Decode, o fase di decodifica, durante la quale viene decodificata l'istruzione e la *CPU* viene predisposta allo svolgimento della stessa;
- *Execute-Execute*, o fase di esecuzione: è la fase in cui l'istruzione viene realmente eseguita, eventuali dati salvati nel *work register*.

È possibile anche sovrapporre le fasi sopra descritte sfruttando i *bus* separati attraverso una tecnica detta pipeline. (approfondire?)

Il PIC è un microcontrollore di tipo *RISC*, *Reduced Instruction Set Computer*. Ciò significa che è in grado di svolgere un ridotto numero di istruzioni ma in maniera più rapida rispetto ad un'architettura *CISC*, *Complex Instruction Set Computer*. Altro vantaggio di una struttura *RISC* è la semplicità del linguaggio; il PIC18F4480 è in grado di eseguire 75 istruzioni differenti.

2.1.3.0 Caratteristiche software

Come ogni altro microcontrollore, il PIC è programmabile in linguaggio assembly (detto anche linguaggio macchina) o con linguaggi di maggior livello (C, C++, Pascal, Basic, ecc...) che rendono la stesura di un programma più semplice visto che restano praticamente invariati anche cambiando microcontrollore, permettendo al programmatore di non conoscere perfettamente la struttura interna del controllore in oggetto e dunque più flessibilità di progetto.

Nel linguaggio di programmazione assembly le istruzioni si suddividono in *byte oriented operations*, *bit oriented operations*, *literal operations* e *control operations*. Le *byte oriented operations* permettono di lavorare a 8 bit (1 byte) e quindi di poter modificare un intero registro (Esempio: TRISB); Le *bit-oriented operations* permettono invece di modificare un solo bit (esempio: PORTB,LED1,0); Le *literal operations* invece sono quelle operazioni che contengono nel registro o nei registri immediatamente successivi direttamente il dato da elaborare (ad esempio: movlw); Le *control operations* sono comandi che permettono di svolgere azioni di controllo (Esempio: goto Main Loop) (questa istruzione specifica però necessità di due byte di memoria).

Tutte le istruzioni, a parte le *control operations*, richiedono un solo ciclo istruzione per essere eseguite (quindi 4 cicli di clock).

2.1.4.0 Programmazione

Per programmare il nostro progetto abbiamo deciso di utilizzare un linguaggio di alto livello sfruttando un compilatore (ovvero il responsabile della traduzione da C a linguaggio macchina) prodotto dalla *microchip*: *XC8*.

Assieme al compilatore vengono fornite dalla Microchip alcune librerie chiamate *peripheral library* utili per controllare le periferiche senza dover modificare ogni singolo bit dei registri dedicati. Dove possibile, abbiamo evitato l'utilizzo di tale ausilio per mantenere il controllo delle operazioni eseguite.

Altre librerie utilizzate sono state prelevate dal sito *www.laurtec.it* per eseguire la gestione della periferica del *Can Bus*, della gestione di ritardi con tempi maggiori di 10ms e per il controllo dell'*LCD*.

I programmi sono stati tutti scritti mantenendo una logica comune inserendo in subroutine (sottoprogrammi) tutti gli algoritmi che si ripetono più volte durante lo svolgimento delle istruzioni e separando dal resto del programma le impostazioni iniziali che vengono eseguite una sola volta, per garantire maggior chiarezza e trasparenza.

I pin di ingresso e uscita sono fondamentali per interagire con l'ambiente. I vari *I/O* presenti spesso hanno più di una funzione, tutti possono essere impostati come ingressi digitali (ad alta impedenza) o come uscite digitali (massima corrente per uscita pari a 25mA). Oltre a queste funzioni vi sono dei pin assegnabili come ingresso analogico e quindi collegati all'*ADC*, alcuni utilizzabili dalle comunicazioni (sia seriali che parallele). Nel PIC questi ingressi/uscite vengono raggruppati a 8 bit in registri chiamati *PORTx* e *LATx*. Normalmente è consigliabile leggere *PORTx* e scrivere su *LATx* per una questione di circuiteria interna. La configurazione ingresso-uscita digitale è configurabile attraverso il registro *TRISx* (1 = ingresso, 0 = uscita).

Per la gestione delle periferiche e degli interrupt vengono messi a disposizione del programmatore dei *flag* di stato che vengono modificati quando si verificano determinate condizioni (ad esempio un *overflow* di un timer, la fine conversione dell'*ADC*, ecc..).

2.1.5.0 Gli interrupt

L'interrupt (in italiano "*interruzione*"), come suggerisce il termine, blocca il normale svolgimento sequenziale del programma a favore di una routine differente chiamata *ISR*. All'avvenire di un'interruzione il microcontrollore salva automaticamente il valore del *program counter* ed al suo posto viene caricato l'indirizzo stabilito dalla casa produttrice dell'*ISR*, detto *interrupt vector*. Alla conclusione della *ISR*, l'esecuzione del programma viene ripristinata dal punto in cui era stata interrotta, inserendo nuovamente nel *program counter* l'indirizzo precedentemente salvato nella stack memory.

Il pic utilizzato, come tutti quelli della famiglia 18, ha la possibilità di differenziare gli interrupt utilizzando due diverse priorità; ciò significa che se dovesse avvenire un interrupt di alta priorità mentre si svolge un'*ISR* di bassa, questa verrebbe abbandonata per servire quella con priorità maggiore. Contrariamente se dovesse avvenire un interrupt di bassa priorità durante lo svolgimento di una *ISR* di alta priorità, questo interrupt verrebbe ignorato. La modalità di salvataggio di dati e la locazione di memoria dedicata differisce a seconda della priorità; nel caso la priorità sia bassa, il contenuto dei registri viene salvato nella stack memory attraverso normali istruzioni (che richiedono quindi 4 cicli di clock). Nell'alta priorità il salvataggio è invece effettuato negli *shadow register* (in italiano letteralmente "*registri ombra*") utilizzando un solo ciclo di clock.

È possibile che più interrupt avvengano nello stesso momento, è perciò cura del programmatore verificare la fonte di interrupt attraverso un controllo dei flag dedicati. A fine routine è importante ricordare di azzerarli per poter tornare al corretto svolgimento del programma.

2.1.6.0 I timer

Possibile fonte di interrupt, ma anche utilizzati solo come misuratori di tempo sono i timer. Questi possono essere utilizzati per scandire il tempo (per esempio per evitare un ritardo di tipo blocking ovvero con istruzione *delay*), per misurare il tempo trascorso tra un istante e

l'altro(funzionamento simile ad un cronometro attraverso l'utilizzo degli interrupt).

La configurazione è affidata ai registri normalmente chiamati TxCON in cui è possibile scegliere (a seconda del timer utilizzato certe configurazioni potrebbero non essere disponibili) se utilizzare la periferica in modalità a 16 o 8 bit, scegliere la fonte di clock (interna o esterna), configurare il prescaler e postscaler per rallentare il conteggio fino alla frequenza desiderata ed ovviamente attivare o disattivare la periferica.

2.1.7.0 Il CCP

Il CCP è un modulo che permette di misurare o generare forme d'onda. Vi sono tre modalità di funzionamento della periferica:

- *Capture*: permette di catturare il tempo di un evento, in particolare al verificarsi di un trigger sul pin dedicato, i registri CCPRxH e CCPRxL conterranno il valore del timer che conteggia il tempo (i timer utilizzabili sono: TMR1 o TMR3). L'evento di trigger può essere stabilito dall'utente, può essere ogni fronte di salita o di discesa oppure ogni 4 o 16 fronti di salita;
- *Compare*: permette di confrontare il contenuto di CCPRxH e CCPRxL e ogni qual volta venga verificata l'uguaglianza di generare un interrupt e impostare in stato alto, basso, invertito o invariato il pin di uscita relativo al modulo (i timer utilizzabili sono: TMR1 o TMR3);
- *PWM*: permette di generare un'onda quadra con *duty cycle* variabile; il timer utilizzabile è il TMR2. La risoluzione massima è di 10 bit.

Il PIC18F4480 ha in realtà un modulo *ECPP* che varia solamente per una gestione differente dei pin dedicati al CCP che sono collegati via multiplexer, permettendo così il controllo semplificato di un ponte h completo (utilizzato per la centralina motore).

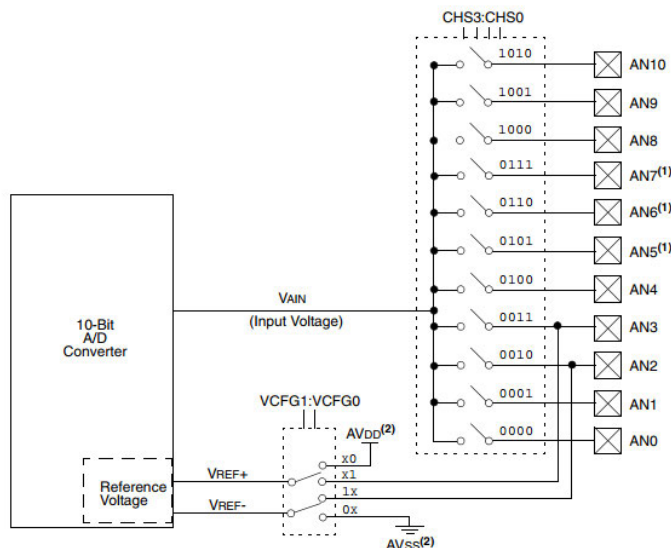
2.1.8.0 L'ADC

Per convertire una grandezza analogica, che può assumere con continuità qualsiasi valore in qualsiasi istante di tempo, in una grandezza digitale quantizzata e discretizzata è necessario utilizzare un convertitore analogico digitale.

Esistono vari tipi di convertitori *ADC*, ciascuno con i proprio vantaggi e svantaggi dunque la scelta deve basarsi sull'applicazione in cui viene utilizzato. I più veloci nella conversione sono quelli a conversione diretta (o Flash *ADC*) che sono formati da n-comparatori (dove n è la precisione in bit della conversione) tutti collegati tra loro in uscita attraverso un sistema a priorità che garantisce la lettura in uscita del comparatore maggiore. L'*ADC* di tipo pipeline si colloca invece a metà tra quello Flash e quello *SAR*. Esso infatti lavora in maniera simile ad un convertitore ad approssimazione successive individuando però blocchi di bit ad ogni ciclo di conversione.

La periferica sfruttata dal pic per la conversione è un *ADC* di tipo *SAR* ovvero ad approssimazioni successive. Generalizzando il funzionamento per qualsiasi convertitore ad approssimazioni successive, il bit più significativo del registro dedicato all'*ADC* viene settato a valore digitale alto. Il valore viene quindi convertito in segnale analogico attraverso un *DAC* (il risultato sarà una tensione pari a $V_{REF}/2$) e successivamente confrontato con un comparatore. Se il segnale analogico generato è maggiore della tensione da misurare, il bit verrà impostato ad un livello basso. Il processo proseguirà per tutti i bit successivi fino al termine della conversione. Attraverso un circuito di *Sample and Hold* (S&H) il segnale da misurare viene mantenuto stabile per l'intera durata della conversione.

Il PIC18F4480 è dotato di un modulo *ADC* a 10 bit quindi considerando che ogni locazione di memoria occupa 8 bit è facile comprendere che sono necessari due registri, chiamati *ADRESH* e *ADRESL*. Al programmatore è lasciata la scelta se utilizzare l'*ADC* a 8 bit oppure sfruttare tutti i bit di precisione disponibili attraverso la diversa giustificazione del risultato della conversione; giustificando a sinistra è possibile utilizzarlo a bit ridotti tralasciando i *LSB*. Al contrario, giustificando a destra, si mantiene la precisione massima a discapito del range di conversione ($V_{ref} / 4$).



Tre sono i registri dedicati alle configurazioni del modulo: *ADCON0*, *ADCON1* e *ADCON2*. Il primo consente di scegliere quale canale analogico considerare attraverso il multiplexer analogico (*A-MUX*) integrato, di iniziare e verificare lo stato della conversione e di attivare e disattivare la periferica. Il secondo permette di scegliere la tensione di riferimento superiore e inferiore dell'*ADC* e di configurare quali pin saranno ingressi analogici, secondo delle combinazioni precise. Il terzo permette di scegliere la giustificazione, di stabilire il tempo di acquisizione cioè il tempo dedicato al *S&H* per portarsi alla tensione di ingresso e mantenerla ed il clock di conversione (possibile utilizzare il clock generale con prescaler oppure un oscillatore *RC* interno).E' consigliato dalla Microchip mantenere il clock di conversione maggiore di $2\mu S$ ($500kHz$).

Nel PIC, il circuito di *S&H* è implementato attraverso un condensatore da $120pF$. Pertanto l'impedenza massima consigliata per l'ingresso è di $2.5k\Omega$. L'errore di conversione è $\leq 1/2 LSB$ e raggiunge il massimo scarto nella misura a fondo-scala.

2.2.0.0 Can Bus

2.2.1.0 Cenni storici

Il protocollo *CAN* (*Controller Area Network*) è un *bus* seriale di comunicazione digitale di tipo *broadcast*¹. Venne ideato dalla Bosch nel 1986 su richiesta della Mercedes quindi per scopi *automotive* al fine di ridurre i cablaggi tra le varie apparecchiature elettroniche che cominciavano a saturare i veicoli.

Il *BUS* doveva rispettare stringenti vincoli di sicurezza ed affidabilità verso errori di trasmissione visto l'impiego in apparecchiature legate alla sicurezza del guidatore (*airbag*, *abs*, ecc...). L'affidabilità raggiunta dalla Bosch fu talmente alta che molte case automobilistiche cominciarono a sfruttare il protocollo *CAN* per trasmettere dati all'interno del veicolo.

Al giorno d'oggi il protocollo è ampiamente utilizzato anche in svariati ambiti industriali

1: Il *broadcasting* in informatica indica una modalità di trasmissione per la quale un pacchetto inviato viene consegnato a tutti i nodi della rete.

(robotica, domotica, medicina). Tale espansione è dovuta alla relativa semplicità di utilizzo dal momento che gran parte delle complessità viene gestita a livello Hardware.

Dalla sua ideazione, il *CAN* ha subito alcune modifiche; pertanto la versione utilizzata oggi è la 2.0 la cui documentazione ufficiale venne rilasciata dalla Bosch nel settembre 1991

2.2.2.0 Caratteristiche principali

Varie sono le specifiche garantite dal protocollo, di seguito ne riassumiamo le più importanti:

- Tempi di risposta rigidi: sono previsti vari strumenti hardware e software per garantire tempi di risposta molto rapidi anche in caso di elevato numero di dispositivi connessi alla rete;
- Alta immunità ai disturbi: secondo lo standard ISO11898, la comunicazione deve continuare anche in caso si abbia l'interruzione di uno dei due fili o il corto circuito di una linea verso l'alimentazione. Ciò è garantito dal protocollo *BUS* grazie alla natura differenziale del segnale;
- Semplicità di cablaggio: il *can bus* è un protocollo *message oriented*, ciò significa che i nodi non sono identificati da indirizzi, sono i messaggi ad avere un identificatore che permette alle centraline di scegliere se ricevere o meno la comunicazione; pertanto è possibile aggiungere o rimuovere periferiche senza interferire con il funzionamento normale del protocollo. La comunicazione inoltre avviene su doppino, pertanto bastano due cavi per far comunicare tra loro più nodi;
- Elevata affidabilità: l'hardware è in grado di identificare errori di trasmissione e provvedere automaticamente alla ritrasmissione dell'informazione senza la necessità di un intervento software;
- Confinamento degli errori: ogni periferica è in grado di auto-diagnosticare eventuali problemi hardware ed autoescludersi dal *bus* in caso di malfunzionamento. Vi è inoltre una differenziazione tra errore occasionale o sistematico.
- Priorità dei messaggi: come già detto, ogni messaggio ha un identificatore. Tale caratteristica permette al protocollo di dare maggior priorità a determinati identificatori a seconda dei bit presenti;
- Protocollo multi-master: a differenza di altri protocolli (I2C, SPI, ecc...), ogni nodo è in grado di ottenere il dominio del *bus* e trasmettere come master;
- Event-driven: la trasmissione viene inizializzata solo quando necessario.

Il *Can Bus* è stato suddiviso in tre differenti layer: *Object*, *transfert* e *physical*. I primi due Layer sono i due livelli più bassi del modello ISO/OSI. L'*Object* layer si occupa di filtrare i messaggi che vengono ricevuti e preparare quelli che devono essere trasmessi (ad esempio i filtri impostabili dall'utente).

Il *Transfert* layer comprende tutte le regole del protocollo *CAN* tra cui la formattazione dei frame (messaggi), l'arbitraggio del *bus*, il controllo e la segnalazione degli errori e il confinamento della periferica in caso di errori. Per esempio, attraverso questo livello si decide quando il *bus* è pronto per iniziare una nuova trasmissione o quando iniziare la ricezione di un messaggio.

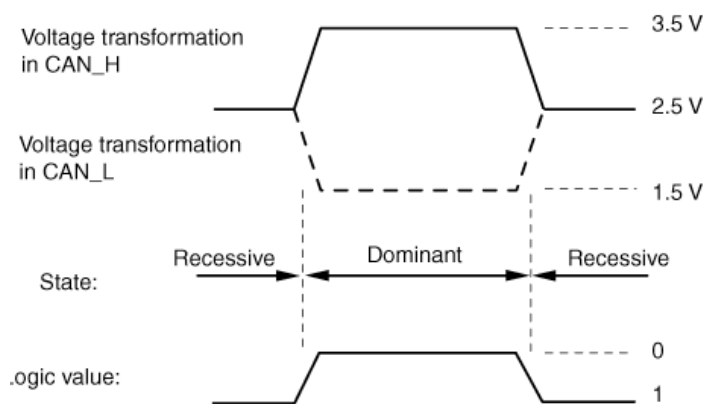
2.2.3.0 Il Physical Layer

Il *physical* layer rappresenta il mezzo fisico per mezzo del quale avviene la comunicazione.

Tale livello non è vincolato da specifiche precise, per cui è cura del progettista adeguarlo alle proprie esigenze anche se normalmente si utilizzano doppietti elettrici (sia schermati che non) o la fibra ottica. Ovviamente per ogni nodo collegato in una rete è necessario utilizzare sempre lo stesso tipo di collegamento (a meno di non introdurre decoder/encoder). Per questo sono nati vari standard, ciascuno con vantaggi e svantaggi progettati per adempiere a diverse specifiche.

Nonostante questa libertà, la trasmissione *Can* è normalmente svolta attraverso un canale bidirezionale differenziale soprattutto nell'ambito automobilistico dove il mezzo è sottoposto a svariati disturbi. Per marginare l'errore dovuto a disturbi di radio frequenza si potrebbe introdurre una schermatura dei cavi, ma non sarebbe sufficiente. Per questo il segnale trasmesso è di tipo differenziale ciò comporta la necessità di utilizzare due cavi, su uno dei due detto *CAN-H* verrà trasmesso il segnale come positivo, sull'altro detto *CAN-L* verrà trasmesso quello negativo. Il ricevitore farà la differenza tra i due segnali ottenendo il segnale di partenza senza errori.

Questo è garantito solo se i due cavi sono sottoposti allo stesso disturbo, quindi intrecciati tra loro. Per cui lo scostamento di tensione sarà uguale per tutti e due e il ricevente, facendo la differenza li eliminerà automaticamente.



2.2.4.0 Frame

Il *Can Bus* suddivide i messaggi inviabili in quattro strutture univoche chiamate frame:

- *Data Frame*: struttura utilizzata per l'invio di informazioni con dati. È caratterizzata da un identificatore (*ID*) che permette di identificare il tipo di dato fornito;
- *Remote Frame*: struttura simile al *data frame* ma che non invia dati. Normalmente è utilizzata per richiedere agli altri nodi le informazioni indicate dall'identificatore del messaggio. La priorità di un *remote frame* è più bassa di un *data frame*;
- *Error Frame*: inviato dai nodi quando viene rilevato un errore di trasmissione;
- *Overload Frame*: informa gli altri nodi che uno dei ricevitori non è pronto a ricevere un nuovo messaggio (ritardabile per un massimo di due volte al fine di garantire sempre l'invio di dati importanti evitando attese prolungate).

2.2.5.0 Struttura dei frame

Il *Data Frame* (lo stesso vale per il *remote frame*) è divisibile in sette sottosezioni. All'inizio della trasmissione viene inviato un bit denominato *start of frame* che è utilizzato per la sincronizzazione dei nodi (*hard synchronization*), segue l'*arbitration field* che contiene le informazioni sfruttate nella fase di arbitraggio per assegnare la priorità ai vari nodi del *bus*. Le dimensioni di questo campo variano a seconda dello standard utilizzato: la Bosch per comodità

ha diviso due categorie di identificatori: 2.0A *standard frame*- e 2.0B *extended frame* la cui differenza è legata alla quantità di bit utilizzabili che passano da 11 per uno standard frame a 29 per un extended frame. La trasmissione è svolta a partire dal bit più significativo. A questi viene aggiunto il bit *RTR* (*Remote Transmission Request*) con cui si differenzia la trasmissione di un *data* o un remote frame.

Successivamente viene inviato il **Control Field** composto da 6 bit, di cui gli ultimi 4 costituiscono il campo *DLC* (*Data Length Code*) utilizzato per codificare il numero di byte di dato trasmessi (che variano da 0 a 8 byte). Se il frame utilizzato è di tipo standard, il primo bit del Control Field è denominato *IDE* (*Identifier Extention*) che indica proprio il tipo di messaggio trasmesso.

Segue il *Data Field* che contiene i byte dell'informazione trasmessa la cui dimensione può variare da 0 a 64 bit a seconda di quanto specificato nel campo *DLC*. Anche in questo caso la trasmissione è effettuata partendo dal bit più significativo.

Il *CRC* (*Cyclic Redundancy Field*) è utilizzato per la rilevazione degli errori di trasmissione, in cui i bit vengono calcolati in base ai precedenti campi del frame. Chiude il *CRC* un bit recessivo detto *CRC Delimiter* per assicurarsi che il *bus* sia pronto a gestire la fase seguente.

L'*Acknowledge Field* è utilizzato per sincerarsi che il messaggio sia arrivato corretto a tutti i nodi della rete che invieranno un bit dominante in caso di risposta affermativa, in questo modo il nodo trasmettitore saprà che almeno un ricevente ha ricevuto il messaggio completo chiudendo la fase con l'*ACK Delimiter*.

Chiude la trasmissione l'*End Of Frame* composto da 7 bit recessivi.

La tabella che segue rappresenta in maniera riassuntiva i vari bit trasmessi in un *Data* (o remote) Frame. In Azzurro è stato evidenziato l'*Arbitration Field*, in verde il *Control Field*, in rosa il *CRC Field* e in arancione l'*ACK*.

Nome	Lunghezza (in bit)	Utilizzo
<i>SOA</i>	1	Bit di inizio trasmissione
<i>ID</i>	11	Identificatore unico da cui dipende la priorità
<i>RTR</i>	1	Se = 'r' denota un remote frame, viceversa un <i>data</i> frame
<i>IDE</i>	1	Identifica la lunghezza del messaggio ('d' per 11 bit)
<i>R0</i>	1	Bit riservato (consigliabile 'd')
<i>DLC</i>	4	Lunghezza del messaggio
<i>Data</i>	0-64	Dati del messaggio
<i>CRC</i>	15	Check ciclico (per confinare eventuali errori)
<i>CRC delimiter</i>	1	Indica la fine del campo <i>CRC</i> , 'r'
<i>ACK slot</i>	1	Il ricevitore lo imposta come 'd' per indicare la ricezione del messaggio
<i>ACK delimiter</i>	1	Fine <i>ACK</i> , 'r'
<i>EOF</i>	7	Fine del messaggio, 'r'

2.2.6.0 Gestione dei frame

Il *Can Bus* è un protocollo *CSMA-CD* (Carrier Sense Multiple Access - Collision Detection) ciò implica che i nodi della rete monitorano il *bus* e attendono finché non rilevano lo stato di idle per tentare di trasmettere il messaggio. Siccome nel *Can* non esistono master o slave, ogni nodo, quando identifica l'idle, può tentare la trasmissione (Multiple Access) "appropriandosi" del *bus*. Il potenziale problema potrebbe avvenire allorché il tentativo di comunicazione inizi in contemporanea da due o più nodi. Fortunatamente il protocollo prevede la rilevazione della "collisione" (collision detection) regolamentandone lo svolgimento a seconda della priorità del messaggio.

Tale priorità è stabilita attraverso un mezzo di arbitraggio bitwise (ovvero che agisce a livello di singolo bit) non distruttivo, ciò significa che durante l'arbitraggio il messaggio non viene modificato, pertanto quello con priorità più alta che "vince" l'arbitraggio, non deve essere ritrasmesso. I vantaggi di questo metodo sono:

- Eliminazione di tempi "morti";
- Garantita la trasmissione di messaggi ad alta priorità senza ritardo dovuto alla contesa del *bus*.

Il protocollo definisce come livello logico 0 il bit dominante (chiamato per comodità "d") e come livello logico 1 recessivo (abbreviato con "r"). Il *bus* sfrutta una modalità detta Wired-AND che prevede che un bit recessivo venga sempre sovrascritto da uno dominante in caso di invio multiplo.

Proprio sfruttando questo principio, durante una trasmissione con più nodi contemporaneamente collegati, l'Arbitration Field viene trasmesso bit per bit verificando il reale stato del *bus*. Se il trasmettitore rileva che il *bus* è in stato d mentre la sua trasmissione sarebbe dovuta essere r, la trasmissione viene interrotta e il dispositivo si imposta automaticamente in stato di ascolto perdendo quindi l'arbitraggio. Per questo, il messaggio con priorità maggiore sarà quello con identificatore più piccolo. In questo caso, il tentativo di ritrasmissione avviene subito dopo il rilascio del *bus*.

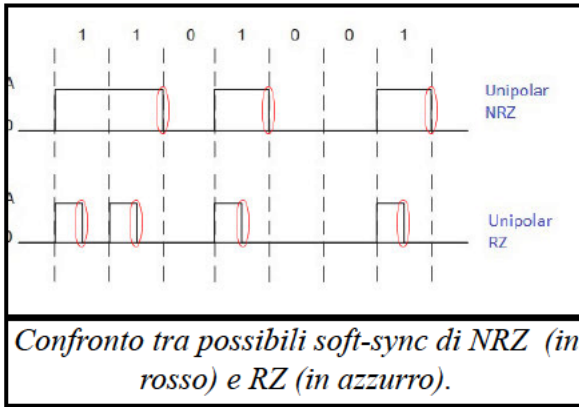
Esempio di arbitraggio:

Un nodo "A" e "B" iniziano la trasmissione contemporaneamente con *ID* (supposto a 4 bit per questione di brevità) rispettivamente: '0001' e '0011'. Il primo bit trasmesso sarà quello più a sinistra quindi '0'. Siccome entrambi i nodi hanno lo stesso bit, nessuno dei due si accorgerà dell'altro ('0' AND '0' = '0'). Lo stesso varrà per il secondo bit. Quello successivo invece risulterà essere 'd', e quindi diverso da quello trasmesso da B. Da questo momento, il nodo B si metterà in modalità ascolto perché ha perso l'arbitraggio.

	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
Nodo "A"	0 (d)	0 (d)	0 (d)	1 (r)
Nodo "B"	0 (d)	0 (d)	1 (r)	Trasmissione interrotta
<i>Can</i>	0 (d)	0 (d)	0 (d)	1 (r)

Vantaggio notevole dettato dalla struttura del *Can* è la possibilità di aggiungere un nodo senza dover riprogrammare gli altri già inseriti nella rete. Attraverso l'utilizzo dei Remote Frame, la trasmissione può essere ridotta all'essenziale richiedendo i dati solo quando realmente necessari.

2.2.7.0 Codifica NRZ



La codifica per la trasmissione del protocollo *CAN bus* è di tipo Non Return to Zero, ciò significa che se vi sono più bit consecutivi dello stesso valore, il *bus* resta fisicamente allo stesso valore di tensione senza inserire più fronti differenti tra uno e l'altro.

Ciò comporta un possibile difetto di sincronizzazione. Essa infatti può sfalsarsi di molto tra i dispositivi riceventi dal momento in cui vengono trasmessi svariati bit dello stesso

stato logico vista l'impossibilità di re-sincronizzazione che sfrutterebbe i fronti di discesa tra un cambio di bit e l'altro (soft-sync).

A inizio trasmissione, con il SOF i ricevitori sincronizzano il proprio clock con quello del trasmettitore (hard-sync).

2.2.8.0 Gli errori

Particolare molto importante che ha contribuito allo sviluppo del *Can bus* è la rilevazione degli errori. Quando un nodo rileva un errore è in grado di cambiare modalità in base alle condizioni fino ad arrivare all'autodisattivazione.

Non è possibile che un circuito difettoso monopolizzi la rete impedendo la trasmissione agli altri. La rilevazione dello stato d'errore è realizzata attraverso due contatori che vengono incrementati ad ogni errore di trasmissione o ricezione. Se entrambi sono minori di 127, il nodo resta in stato Error Active (funzionamento normale), ciò significa che all'avvenire dell'errore invierà sul *can* un Active Error Flag.

Quando almeno uno dei due contatori è maggiore di 127, il nodo passa alla modalità Error Passive. Ciò significa che invierà un messaggio di errore passivo composto da bit recessivi e che quindi non distruggeranno nessun altro traffico del *bus*. Da notare che non tutte le periferiche *can* sono provviste di questo stato d'errore.

Se il contatore dell'errore di trasmissione supera i 255 errori, il nodo è automaticamente disconnesso dalla rete fino ad una re-inizializzazione che può avvenire o per un reset del microcontrollore oppure dopo un certo periodo di tempo (1408 bit recessivi ricevuti).

La logica di incremento e decremento dei contatori è semplificabile così: Per ogni errore di trasmissione il contatore dedicato a tali errori viene incrementato di 8 punti mentre per ogni errore di ricezione il rispettivo contatore viene incrementato di 1 punto. Messaggi trasmessi o ricevuti correttamente comportano il decremento dei contatori. Nel caso dell'impiego automobilistico, anche in caso di errore della centralina motore, la macchina continuerebbe a funzionare perché il tutto verrebbe risolto nel giro di pochi millisecondi.

2.2.9.0 Possibili cause di errore

Un errore di invio o ricezione può avvenire a causa di svariati motivi, i principali sono i seguenti:

- *CRC error*: come già visto, parte del messaggio è dedicata al campo di controllo per verificare la corretta ricezione del messaggio. I nodi riceventi calcolano autonomamente il *CRC* per il messaggio ricevuto e lo verificano con quello inserito nel messaggio;
- *Acknowledge error*: se non è presente nell'*ACK* Field alcun bit dominante, nessuna centralina ha ricevuto il messaggio correttamente per cui viene generato un errore;
- *Form error*: se viene rilevato un bit dominante nei campi *CRC delimiter*, *Ack Delimiter* ed *End of Frame* significa che è stata violata per qualche motivo la struttura del messaggio. Nel caso di bit dominante nel campo *End of Frame*, viene generato un *Overload Frame* al posto di un *Error Frame*;
- *Stuff Error*: se 6 bit ricevuti sono della stessa polarità tra l'inizio della trasmissione (*SOF*) e il *CRC Delimiter* significa che il messaggio è stato ricevuto erroneamente (i bit dati vengono automaticamente impostati in fase di invio per avverare la condizione);
- *Bit error*: avviene quando il trasmettitore, controllando il messaggio inviato rileva che il bit sul *CAN* è l'opposto di quello che ha mandato. Ovviamente nella fase di arbitraggio (ovvero durante la trasmissione dell'*ID*) questo errore non può avvenire perché è già gestito dalle specifiche *CAN* per le priorità.

2.3.0.0 Bibliografia

- http://www.can-wiki.info/doku.php?id=can_faq:can_faq_erors
- [http://www.dia.uniroma3.it/autom/Reti_e_Sistemi_Automazione/PDF/CAN%20\(Applicazioni%20Automobilistiche\)%20Di%20Galanti%20Antonello.pdf](http://www.dia.uniroma3.it/autom/Reti_e_Sistemi_Automazione/PDF/CAN%20(Applicazioni%20Automobilistiche)%20Di%20Galanti%20Antonello.pdf)
- http://docenti.etec.polimi.it/IND32/Didattica/AzionamentixAutomazione/files/Dispensa_CAN.pdf
- http://www.microchip.com/stellent/groups/SiteComm_sg/documents/DeviceDoc/en558265.pdf (in inglese)

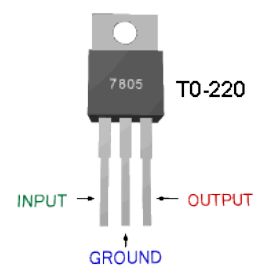
2.4.0.0 Stabilizzatori e regolatori di tensione

2.4.1.0 Regolatore lineare

Il regolatore di tensione lineare è un particolare circuito utilizzato frequentemente nelle applicazioni pratiche poiché permette di mantenere il più costante possibile la tensione ai capi di un carico regolandone automaticamente la corrente fornita. Questa tipologia di circuito è fondamentale nel progetto di una qualsiasi scheda di alimentazione di un sistema elettronico poiché si rivela estremamente utile nella protezione della circuiteria logica di comando, particolarmente sensibile alle sopraelevazioni di tensione.

Sul commercio sono state sviluppate diverse soluzioni integrate, come ad esempio i prodotti della serie "*LM78xx*", che garantiscono una tensione di uscita costante e stabile con correnti fino ad 1A (dissipandolo opportunamente in base alla potenza sviluppata).

Questi regolatori integrati sono tuttavia caratterizzati in ogni caso da una *tensione di drop-out* ai propri capi, necessaria per il funzionamento del circuito interno del componente. Nella fase di progettazione sarà dunque necessario considerare questo valore e fornire di conseguenza una tensione di ingresso maggiore di almeno 2,5V / 3V (per le tensioni precise si



Rappresentazione dei regolatori 78xx

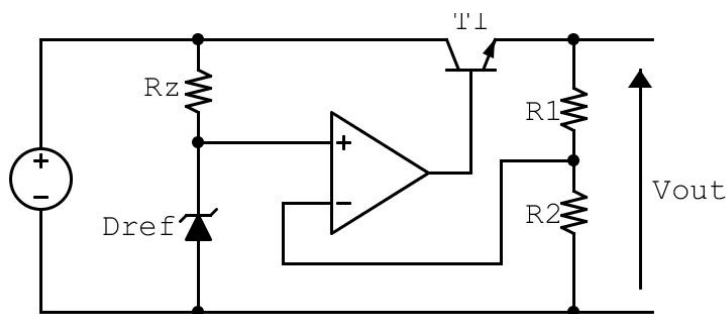
faccia riferimento al datasheet del componente utilizzato) rispetto a quella desiderata in modo da garantire il pieno funzionamento del regolatore.

Per applicazioni che necessitano di tensioni di drop-out molto basse sono stati sviluppati degli integrati speciali denominati *LDO* ("Low Drop Out") caratterizzati coprono una fascia di valori che parte da 1V fino ad arrivare a valori dell'ordine di 100mV.

2.4.1.1 Stabilizzatore non regolabile

Gli stabilizzatori di tensione non regolabili sono dei dispositivi semplici la quale funzione è di fornire in uscita una tensione costante il cui valore varia dal modello scelto (solitamente tensioni standard come 5V o 12V). Commercialmente gli integrati più utilizzati sono *LM7805* per avere una tensione di 5V mentre *LM7812* per una tensione di 12V.

Possiamo riassumere il comportamento di questo tipo di stabilizzatori attraverso lo schema concettuale seguente.



Schema regolatore lineare serie.

Il circuito rappresentato è composto principalmente da un transistor BJT polarizzato in zona attiva che regola il flusso di corrente all'utilizzatore in uscita, un diodo zener polarizzato in inversa che restituisce ai propri capi una tensione nota con una accuratezza molto alta ed un comparatore che fornisce un valore di tensione di uscita che dipende in modo estremamente sensibile dalla differenza delle tensioni tra i due ingressi del componente.

Il funzionamento si basa principalmente sul confronto continuo dell'operazionale tra la tensione del partitore e quella del diodo zener. La tensione di uscita agisce infatti sulla base del transistor BJT in modo da ridurre o aumentare la corrente transitante nel tentativo di raggiungere la tensione desiderata. L'operazionale infatti tenta di portare i propri ingressi allo stesso potenziale e quindi di portare la tensione ai capi del partitore ad un valore tale da garantire l'eguaglianza tra la caduta di tensione costante del diodo e quella misurata al centro del partitore. Il valore di tensione stabilizzata di uscita è determinato in fase di costruzione del circuito e soprattutto dalla scelta delle resistenze del partitore, infatti è possibile ricavarne il valore affinché al raggiungimento della tensione di uscita desiderata, la tensione del centro del partitore sia identica a quella ai capi del diodo zener .

$$\frac{V_{out}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = V_{REF}$$

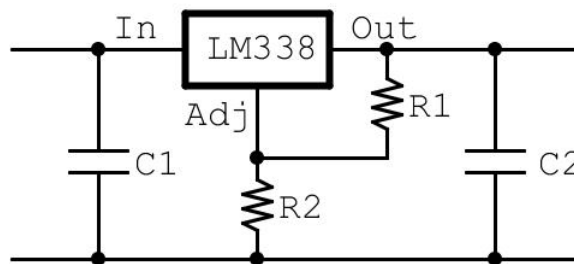
2.4.1.2 Stabilizzatore regolabile

Gli stabilizzatori regolabili di tensione o *variatori di tensione* hanno un funzionamento identico agli stabilizzatori di tensione analizzati prima solamente che introducono la possibilità di scegliere il valore di tensione in uscita desiderata permettendo all'utente di dimensionare a piacimento il partitore (detto sensore di tensione). Un integrato che svolge questa funzione è ad esempio *LM338* della *National Instruments*, in grado di fornire correnti di 5A a una tensione massima di 32V.

L'integrato è progettato in maniera tale da regolare la tensione d'uscita fino ad arrivare ad una caduta di tensione tra ADJ e Vout pari a circa 1.25V (il datasheet riporta come tensione tipica 1.24V), pertanto le resistenze R1 e R2 andranno dimensionate opportunamente per far cadere su R1 la tensione prima citata secondo la formula:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} \cdot R_2$$

Dove I_{ADJ} è pari a circa $45\mu A$. E' inoltre possibile sostituire R2 con una resistenza variabile per costruire in modo semplice un regolatore di tensione comandato dall'utente attraverso l'azione di un potenziometro oppure un trimmer su scheda.



Schema di applicazione generale di uno stabilizzatore regolabile

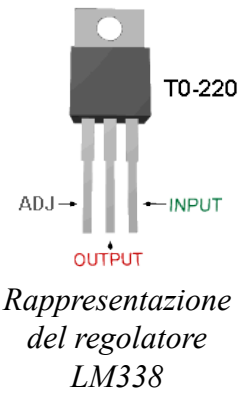
Il regolatore è protetto internamente dai cortocircuiti, dalle sovratemperature e dalle sovracorrenti che potrebbero rovinare la giunzione.

2.4.2.0 Conversione DC-DC

La conversione in corrente continua permette essenzialmente di variare il valore della tensione fino ad un nuovo livello desiderato. Per eseguire questa operazione è possibile utilizzare due speciali circuiti chiamati chopper che hanno la funzione di attenuare ("chopper abbassatore") oppure aumentare ("chopper innalzatore") la tensione fornita all'ingresso. Entrambi i circuiti hanno la necessità di un comando *PWM* ad alta frequenza per garantire un risultato accettabile.

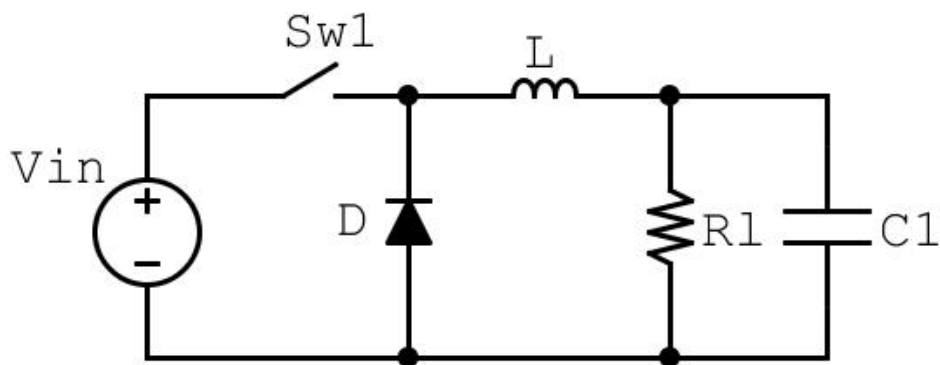
2.4.2.1 Chopper abbassatore (buck converter)

Il chopper abbassatore è composto principalmente da un controllo di tipo ON-OFF ad alta frequenza (ad esempio un MOSFET) che gestisce la corrente a monte del circuito, un induttanza in serie al nostro carico ed il corrispettivo diodo volano. In questo circuito l'induttanza svolge



Rappresentazione del regolatore LM338

un ruolo importante, poichè viene caricata quando il contatto è chiuso ed invece permette di mantenere la corrente quando il contatto è aperto in modo da permettere il suo ricircolo



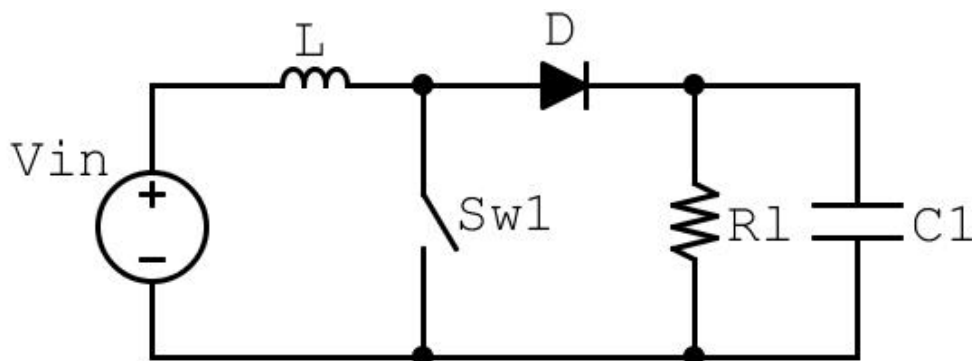
Schema concettuale buck converter.

attraverso il diodo volano in conduzione. La caratteristica dell'induttanza è difatti quella di non ammettere variazioni brusche di corrente e quindi in questa determinata configurazione il componente eroga corrente a seconda di quanto è stato caricato dall'ultima scarica. Siccome il tempo di carica e quello di scarica sono determinati dalla natura del segnale *PWM*, è possibile regolare il valore medio della tensione di uscita impostando adeguatamente il *duty cycle*.

$$V_{CM} = V_{CM} \cdot \delta$$

E' possibile inserire un condensatore di livellamento in parallelo al carico in modo da rimuovere il ripple del circuito e quindi rendere la tensione di uscita il più stabile possibile.

2.4.2.2 Chopper innalzatore (step-up)



Schema concettuale chopper innalzatore.

Il chopper innalzatore o step-up permette di ottenere una tensione di uscita maggiore di quella di ingresso attraverso la carica e la scarica intelligente di un induttore. Dal circuito riportato sopra si può notare che quando il contatto è chiuso l'induttore è in fase di carica mentre il diodo è polarizzato in inversa, quindi interdetto. Nel momento in cui il contatto viene aperto l'induttore tenta di mantenere la corrente precedente e viene a formarsi una differenza di potenziale ai capi del componente che permette al diodo in serie di condurre e quindi trasmettere l'energia al parallelo carico e condensatore. Nel modo di funzionamento continuo l'induttore non riuscirà mai a scaricarsi completamente e dunque rimarrà sempre una tensione residua ai capi del componente che sommata al segnale di ingresso permette di avere sul carico

una tensione maggiore (fino al doppio).

$$V_u = V_i \cdot \frac{1}{1 - \delta}$$

In questo caso il condensatore svolge un ruolo importante perché permette di ammorbidire gli impulsi di uscita del circuito e di costruire un segnale di uscita utile e stabile.

2.5.0.0 Sensori e trasduttori utilizzati

2.5.1.0 Encoder

2.5.1.1 Descrizione

Encoder è un termine che indica un trasduttore di posizione angolare. Questo significa che se applicato ad un albero rotante esso è in grado di convertire posizione angolare del proprio asse in un segnale elettrico digitale.

2.5.1.2 Funzionamento

Genericamente un trasduttore di posizione angolare è formato da un disco che ruota davanti ad un dispositivo di lettura, collocato in posizione fissa, che è in grado di produrre un segnale di uscita elettrico per ciascun settore che passa davanti al dispositivo di lettura.

La realizzazione può essere svolta con sistemi fotoelettrici, quindi con un disco con settori opachi e altri trasparenti alla luce accoppiati da un fototransistor o fotodiodo che rileva la luce generata da un led, oppure attraverso sistemi magnetoelettrici.

Il dispositivo che utilizziamo è formato da 16 magneti installati sulla ruota ed un sensore ad effetto hall che fornisce un segnale digitale alto alla presenza di ciascun magnete. Il movimento della macchina porta alla rotazione dell'asse ed alla conseguente alternanza del segnale di uscita con una frequenza direttamente proporzionale alla velocità.

Il sensore in questione è monofase e quindi è dotato di un solo sensore, di conseguenza non è possibile conoscere la direzione di rotazione dell'asse.

2.5.2.0 Joystick

2.5.2.1 Descrizione

Il joystick è una periferica di input analogico che permette di tradurre i movimenti di una leva controllata dall'utente in una coppia di valori resistivi. La rilevazione dei valori di ciascun asse permette di ottenere la posizione assoluta della leva. Questi particolari trasduttori hanno il loro maggiore impiego in computer e postazioni di comando. Il joystick montato sul nostro progetto è caratterizzato da potenziometri da 5kΩ lineari e un ritorno in posizione centrale automatico (circa 2.5kΩ).

2.5.2.2 Funzionamento

Alla base del funzionamento del joystick ci sono due potenziometri rotativi. Essi sono sostanzialmente dei trasduttori di posizione formati da un partitore resistivo variabile. La costruzione di un potenziometro può variare a seconda dell'utilizzo per cui è progettato; le tecnologie costruttive utilizzate sono principalmente due: i potenziometri a filo avvolto e i potenziometri a strato. I primi sono piuttosto imprecisi e generano forte rumore elettrico

mentre i secondi sono precisi e tendenzialmente meno rumorosi ma generalmente sono in grado di supportare correnti minori.

Pertanto la scelta deve essere svolta tenendo in considerazione la precisione richiesta, l'applicazione (ad esempio nel campo audio è sconsigliabile utilizzare quelli a filo avvolto), le correnti passanti, il budget.

Importanti caratteristiche da tenere in considerazione al momento dell'acquisto sono:

- Linearità: ovvero la diretta corrispondenza del segnale d'uscita rispetto alla posizione;
- Sensibilità: la variazione di posizione minima che fa variare la tensione in uscita.

Inoltre andranno tenuti in considerazione parametri come potenza massima dissipabile e corrente massima ammissibile. Entrambe possono portare l'elemento resistivo al surriscaldamento con conseguente errore di lettura della posizione o, nel caso peggiore, alla distruzione dello stesso.

2.5.3.0 Ultrasuoni

2.5.3.1 Descrizione e funzionamento

I sensori ad ultrasuoni sono dei sensori in grado di rilevare la distanza di un oggetto mediante l'utilizzo di un particolare segnale sonoro ad alta frequenza. Il principio di funzionamento è simile a quello dei sonar poiché questi sensori emettono un impulso ultrasonico ed attendono il ritorno (eco), calcolano la distanza percorsa considerando inoltre la natura del materiale attraversato (aria, acqua...).

Allo stesso modo i sensori ad ultrasuoni, dopo aver ricevuto un segnale di trigger dal microcontrollore, emettono dei segnali ultrasonici; a questo punto il dispositivo rimane in attesa di ricevere il segnale di ritorno (eco) per un tempo compreso tra i 100 nanosecondi e i 25 microsecondi. Nel caso il ritardo sia maggiore di 30mS il sensore considera l'onda persa e quindi nessun oggetto viene rilevato. Sapendo che il segnale è stato propagato in aria si può inoltre calcolare la distanza a cui si trova l'ostacolo individuato dal sensore (solitamente dividendo per 58).

2.5.3.2 Pregi e Difetti

I sensori ad ultrasuoni sono i dispositivi più utilizzati nella misura di distanze in quanto hanno dimensioni ridotte. Rispetto ai sensori ad infrarossi non sono condizionati dal colore dell'ostacolo mentre risentono comunque dal materiale che compone l'oggetto da rilevare. Inoltre in presenza di forti fonti luminose i sensori ad infrarossi possono riscontrare seri problemi nella rilevazione dell'onda trasmessa mentre gli ultrasuoni non ne risentono affatto.

I sensori ad ultrasuoni hanno comunque alcuni difetti che ne condizionano il corretto funzionamento, ad esempio la bassa precisione in presenza di ostacoli con superficie non uniforme (difetto anche dei sensori ad infrarossi) ed il ridotto campo di rilevazione. Questi dispositivi difatti non sono in grado di rilevare ostacoli oltre una distanza di circa 3-4 metri ed hanno un angolo di azione di circa 20-30°. Risulta dunque necessario l'utilizzo di numerosi sensori nel caso si voglia controllare un'area piuttosto estesa lateralmente e ciò implica possibili l'introduzione di errori causati da interferenze tra i vari sensori ad ultrasuoni, per questo è consigliabile evitare di azionarli tutti insieme.

2.5.4.0 Bibliografia

- *Corso di sistemi automatici 3* - Cerri, Ortolani, Venturi - HOEPLI, 2012
- *Elettronica industriale, Volume secondo -componenti e applicazioni*. Concetti, Cupido, Lotti, La Tecno Editrice, 1977
- https://it.wikipedia.org/wiki/Sensore_di_prossimit%C3%A0#Sensori_di_prossimit.C3.A0_ad_ultrasuoni
- <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Trasduttore_di_posizione_angolare

2.5.5.0 Datasheet

Di seguito riportiamo i link ai datasheet dei componenti trattati:

- LM7805: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm7805c.pdf>



*Download
datasheet 7805.*

- LM338: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm338.pdf>



*Download
datasheet 338.*

- Joystick OM200B-M2: <http://www.tme.eu/it/Document/2bdc3795256effad97c0ad2c7f93d8b4/om200.pdf>



*Datasheet
potenziometro*

[Document/2bdc3795256effad97c0ad2c7f93d8b4/om200.pdf](http://www.tme.eu/it/Document/2bdc3795256effad97c0ad2c7f93d8b4/om200.pdf)

- SFR05: <https://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>

Nota: Il documento proposto non è il vero datasheet in quanto lo stesso non è stato reperito. La validità è garantita dall'utilizzo del datasheet di base dalla capsula ad ultrasuoni montata sulla scheda. (<https://www.robot-electronics.co.uk/files/t400s16.pdf>)



SFR05

2.6.0.0 Printed Circuit Board

2.6.1.0 Descrizione

Sul mezzo sono montati diversi circuiti stampati, detti anche PCB, dal' inglese Printed Circuit Board sul quale sono saldati componenti elettrici ed elettronici. Lo scopo del PCB è quello di collegare elettricamente, attraverso piste in materiale conduttivo (rame), i vari elementi.

Il supporto su cui vengono realizzati è di solito in vetronite (un materiale isolante composito a base di fibre di vetro) con un substrato in rame dallo spessore di 35 μm coperto da una vernice fotosensibile detta fotoresist nel caso si utilizzi il processo di fotoincisione.

La grandezza di un PCB è variabile in quanto può essere tagliato da una lastra più grande in base alle necessità di progetto. Esistono però, usate soprattutto nell'industria, delle misure standard Europee che descrivono come Eurocard il PCB di misura 160X100 millimetri e doppia Eurocard di 233,35 millimetri.

2.6.2.0 Come si realizza

La realizzazione parte dalla progettazione che può essere svolta sia via CAD che su carta. Si prosegue poi con la realizzazione stampando su un foglio lucido il risultato ottenuto ricordandosi di specchiarlo. Successivamente il foglio lucido (detto master) e la basetta vengono sovrapposti ed esposti ad una fonte UV che polimerizza la vernice fotosensibile. Attraverso un bagno di sviluppo realizzato con una soluzione di soda caustica con concentrazione 7g/L, si elimina il fotoresist impressionato. Poi si procede con l'asportazione del rame che è rimasto scoperto dalla vernice utilizzando una soluzione che varia a seconda delle esigenze (per la tesina abbiamo utilizzato acqua ossigenata a 130vol. e acido cloridrico al 33%).

Fatto ciò, bisogna bucarlo per inserire i reofori dei componenti nella basetta al fine di assicurare un buon fissaggio meccanico dei componenti (nel caso il circuito sia realizzato utilizzando componenti *THT*).

Ultima fase è l'eliminazione del fotoresist rimasto attraverso l'uso di solventi o alcool e la saldatura, che permette il collegamento fisico dei componenti alle piste appena create attraverso lo stagno (che si compra sotto forma di lega storicamente formata da piombo al 40%, stagno al 60% e una piccola parte di flussante). La saldatura, è una fase delicata e richiede un po' di esperienza; il risultato deve essere lucido e a forma di "collinetta" altrimenti si dice che la saldatura è fredda. Una saldatura di questo tipo è piuttosto critica perché può determinare malfunzionamenti del circuito stesso e sollecitazioni meccaniche visibili solo al momento della rottura. Per ottenere saldature perfette è necessario scaldare uniformemente la piazzola e il reoforo del componente prima di aggiungere lo stagno.

2.6.3.0 Regole

Siamo consapevoli che nella progettazione delle schede a livello professionale è necessario rispettare delle norme precise che stabiliscono degli standard di sicurezza e qualità, come la normativa IPC2221 americana e la rispettiva CEI italiana. Per motivi pratici e problemi di accessibilità ai documenti non abbiamo avuto la possibilità di approfondire l'argomento. Ci siamo quindi limitati ad una progettazione che ha seguito quanto consigliato in classe ed il buonsenso.

Infatti abbiamo scelto lo spessore delle tracce in modo da non oltrepassare i limiti di corrente nelle piste e di conseguenza causare un aumento eccessivo della temperatura. Inoltre per evitare cortocircuiti o surriscaldamenti abbiamo lasciato uno spazio minimo fra un componente e l'altro.

Abbiamo inoltre raggruppato i componenti dello stesso tipo (resistenze, condensatori...) in modo

che siano vicini ed orientato nello stesso verso componenti come integrati, diodi o transistor. Bisogna poi ricordare che i vari componenti devono essere paralleli ai bordi del PCB (non in obliquo), che è preferibile tracciare le piste il più corto possibile ed evitare curve brusche (oltre i 90°) in modo da evitare disturbi. Per motivi pratici inoltre è altamente consigliato posizionare al bordo della scheda i componenti che devono dissipare potenza (transistor di potenza e LM3805) per permettere una facile e corretta installazione dei dissipatori.

2.6.4.0 Bibliografia

- http://sisko.colorado.edu/CRIA/FILES/REFS/Electronics/IPC_2221A.pdf
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Eurocard>

3.0.0.0 CENTRALINE

3.1.0.0 Introduzione alle centraline

I programmi delle centraline presentate in questo capitolo non sono riportati di seguito a ciascuna *ECU* ma sono consultabili in modalità cartacea attraverso il fascicolo allegato. La scelta di raccogliere tutti i programmi in modo separato nasce dalla volontà di non appesantire ulteriormente la lettura e di esporre in modo chiaro i concetti necessari, pur permettendo di approfondire l'argomento a chi ne fosse particolarmente interessato.

La stesura dei flowchart inoltre è stata eseguita ponendo come obiettivo primario quello di permettere al lettore di avere una visione globale dello svolgimento del programma. La profondità di analisi del programma è dunque ridotta, a favore di una semplificazione di interpretazione e di comprensione. Riportare flowchart completi e dettagliati di ciascuna centralina infatti avrebbe appesantito inutilmente il capitolo, avrebbe occupato uno spazio considerevole ed inoltre avrebbe rappresentato uno schema di una complessità considerevole. Per queste motivazioni i flowchart seguenti sono dei veri e propri schemi che aiutano la lettura del programma, riassumendo diversi passi di programma in routine e rappresentando il flusso logico del listato di codice.

3.2.0.0 Centralina Motore

3.2.1.0 Informazioni generali

La centralina Motore, in inglese abbreviata con *ECM* (*Engine Control Module*) o *PCM* (*Powertrain Control Manager*) simula una delle centraline più complesse montate su una macchina. Nel caso di una macchina con motore a combustione essa deve occuparsi della gestione di ogni cilindro separatamente pilotandone gli iniettori per controllare il rapporto carburante - comburente, il regime minimo, ecc...

Nel nostro caso invece simula un controllo di una macchina elettrica dove il controllo esercitato è completamente diverso. In particolare, a mezzo fermo non è necessario continuare ad alimentare il motore per evitare che si spenga come avviene con quelli a combustione interna.

La *ECU* è formata dalla parte logica e dalla parte di potenza costruita tramite ponte H visto l'utilizzo di motore in corrente continua; scelta obbligata dall'impossibilità di reperire uno trifase di tali dimensioni e a costo contenuto. Nella realtà sarebbero montati uno o più motori in corrente alternata trifase per cui sarebbe necessario prevedere un circuito di conversione DC-AC (un inverter) in grado di funzionare anche al contrario per poter recuperare energia in fase di frenata in modo da rendere il mezzo il più efficiente possibile ed estenderne quindi l'autonomia in termini di distanza.

I vantaggi e gli svantaggi di una macchina a trazione totalmente elettrica saranno discussi in inglese nel capitolo 7.0.0.0.

La *PCM* è cruciale per il corretto funzionamento del veicolo e deve essere anche in grado di rilevarne eventuali malfunzionamenti per assicurare un elevato grado di sicurezza al guidatore, ai passeggeri e a ciò che circonda il veicolo. Ci siamo concentrati particolarmente su questo aspetto giungendo alla conclusione che fosse necessario controllare la presenza e la corretta comunicazione delle centraline cruciali al funzionamento del veicolo (*Abs*, *Eps*, e *UI*) e in caso si dovessero riscontrare problemi sarebbe necessario bloccarlo istantaneamente per evitare che questo, fuori controllo, provochi danni a persone e cose.

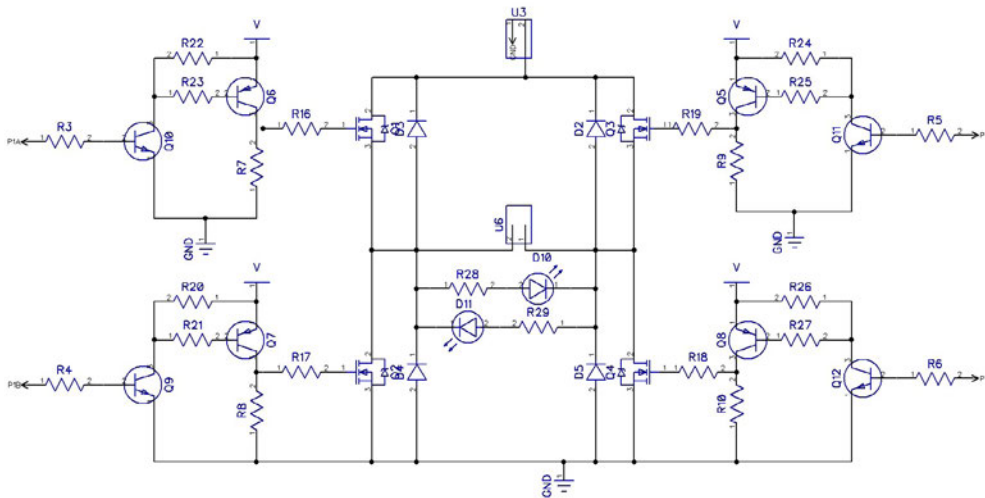
3.2.2.0 Funzioni

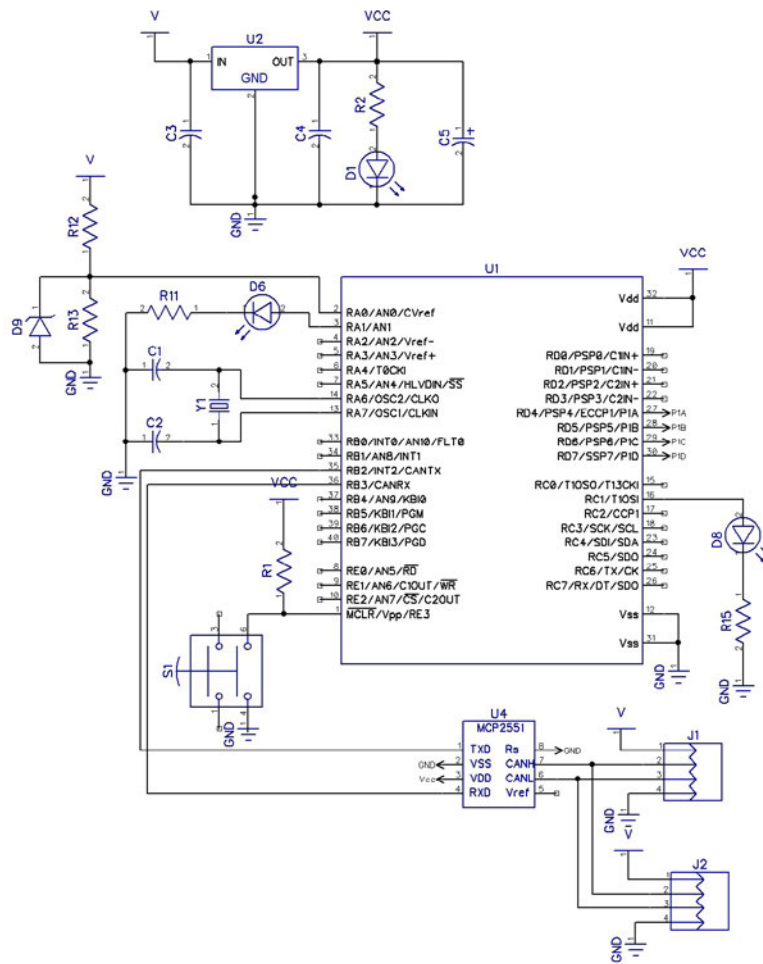
La centralina motore si occupa di far muovere il veicolo a una velocità impostata, verificando ogni 200 ms in modo ciclico lo stato di collegamento e operatività di ciascuna delle altre centraline fondamentali per il funzionamento basilare del veicolo. Per raggiungere tale velocità è stato elaborato un sistema di rampe di correzione dell'errore progettate per intervenire rapidamente in caso di discrepanza elevata, e non intervenire quando la differenza è minima per evitare oscillazioni indesiderate che porterebbero il mezzo a continue accelerazioni e decelerazioni. La velocità è impostabile utilizzando il messaggio con *ID "Speed Change"*.

Per misurare l'avanzamento dell'automobile la centralina è costantemente in comunicazione con la centralina *ABS* (ogni 200 ms): ciò le garantisce una discreta precisione nel mantenere la velocità impostata.

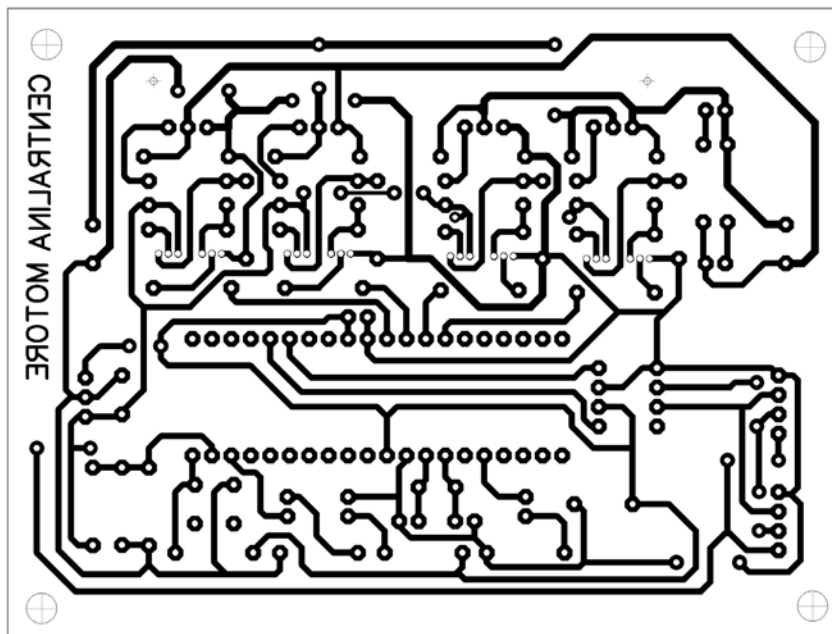
È stato inoltre previsto un algoritmo di misura della tensione della batteria che alimenta le centraline per ottenere ogni 10 secondi il valore di carica ed eventualmente avvisare l'utente quando sia necessaria una ricarica della suddetta batteria. Inizialmente la stessa batteria avrebbe dovuto alimentare anche il motore, ma a causa di alcuni problemi legati alla realizzazione di un riduttore switching per fornire la corrente necessaria, abbiamo dovuto inserire una seconda batteria da 6V per alimentarlo in modo diretto. La tensione di questa batteria purtroppo non è misurabile, a meno che non si decida di riprogettare e ricreare la scheda della centralina.

3.2.3.0 Schema elettrico



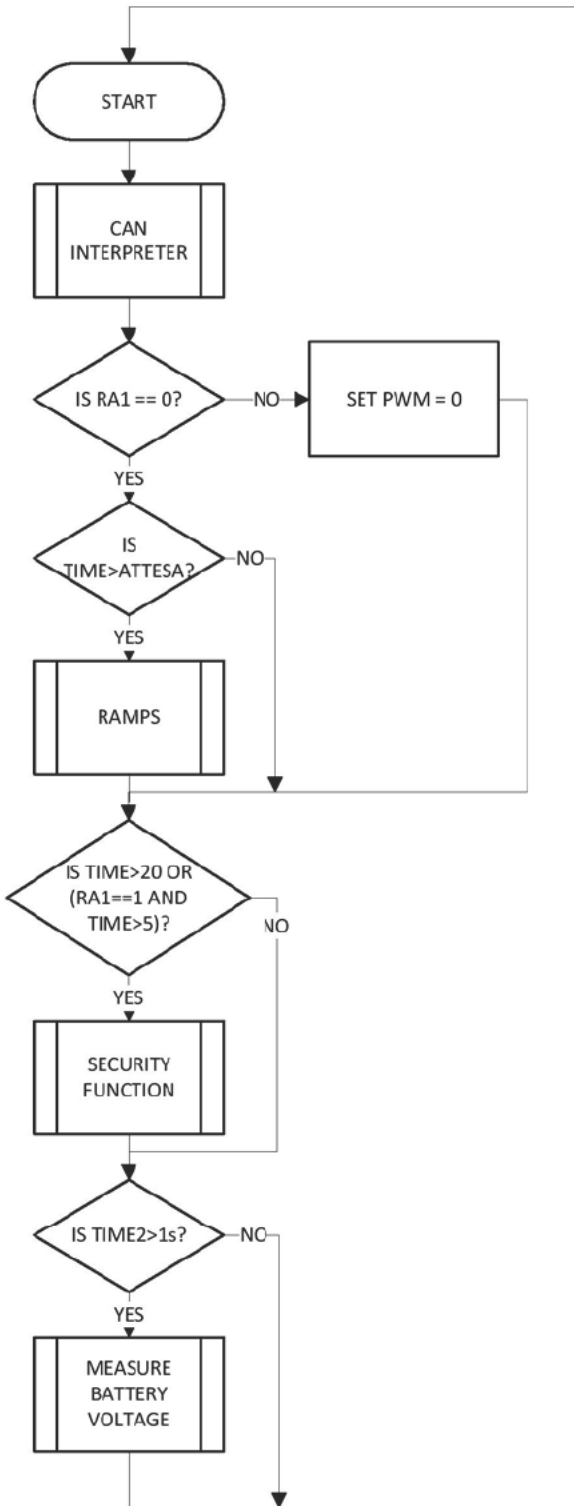


3.2.4.0 Circuito stampato

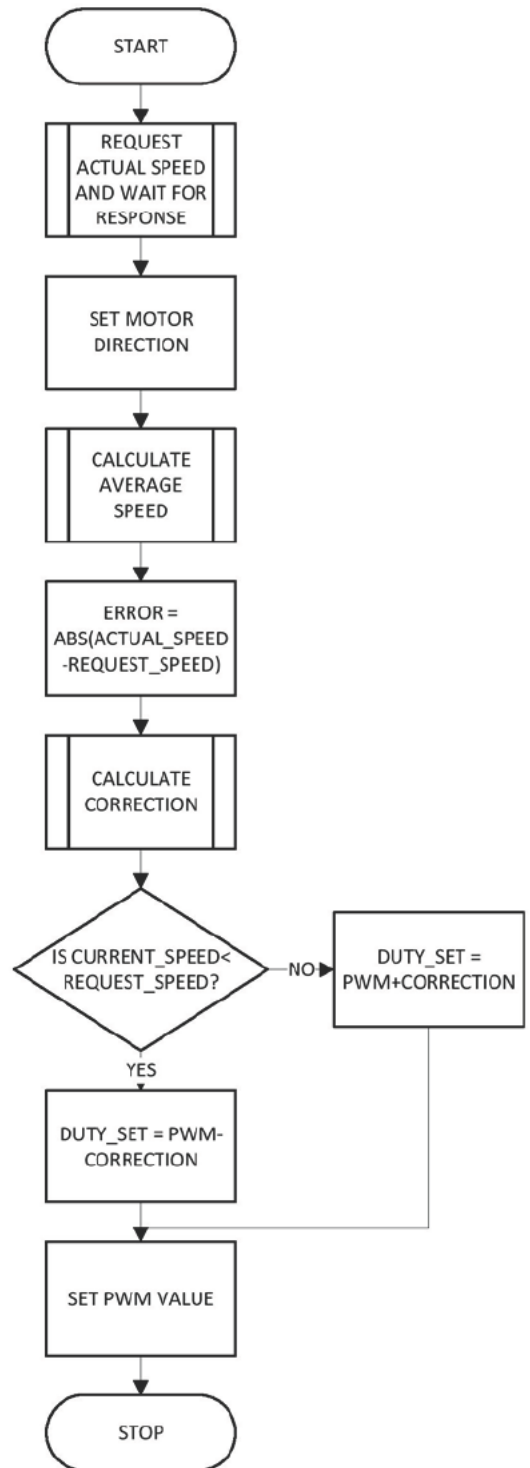


3.2.5.0 Flowchart

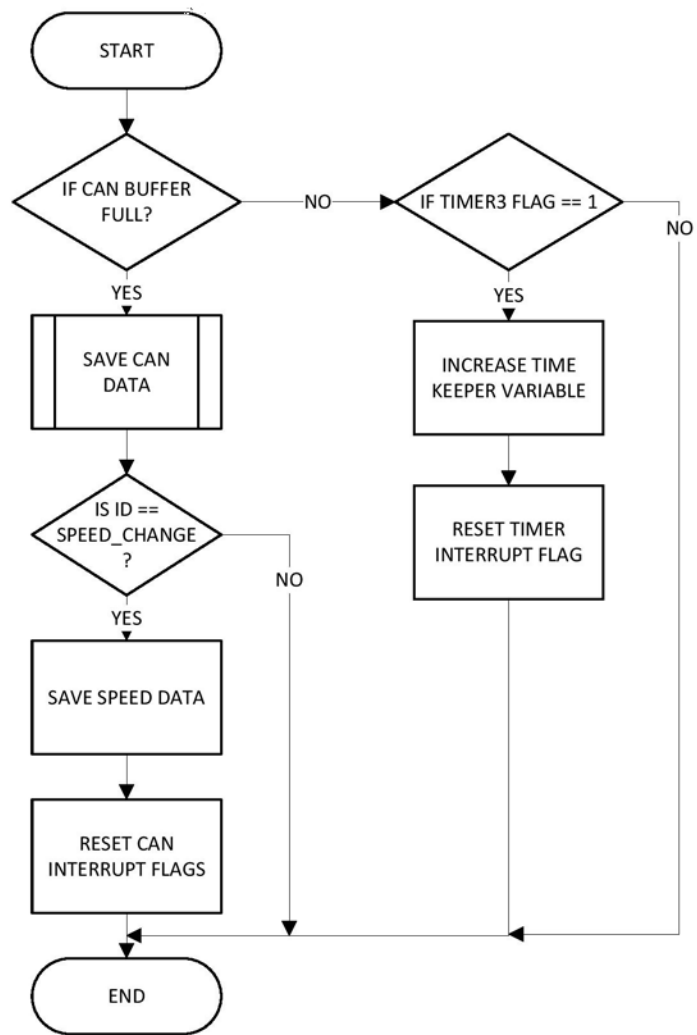
MAIN LOOP



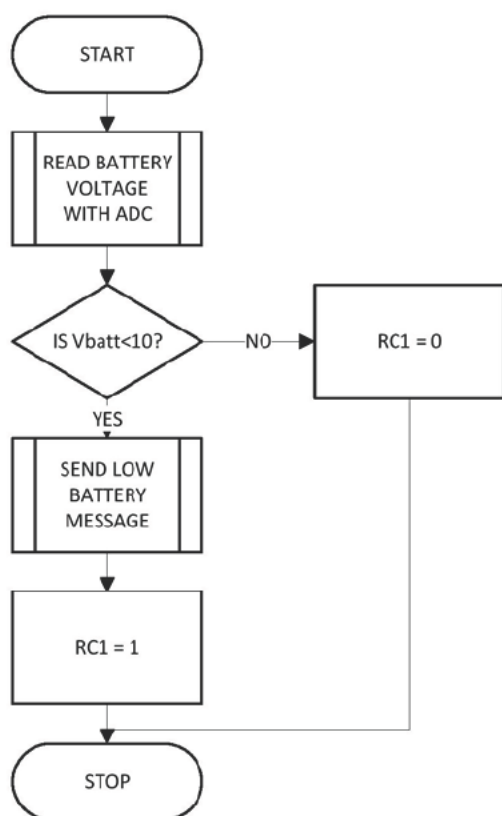
RAMPS



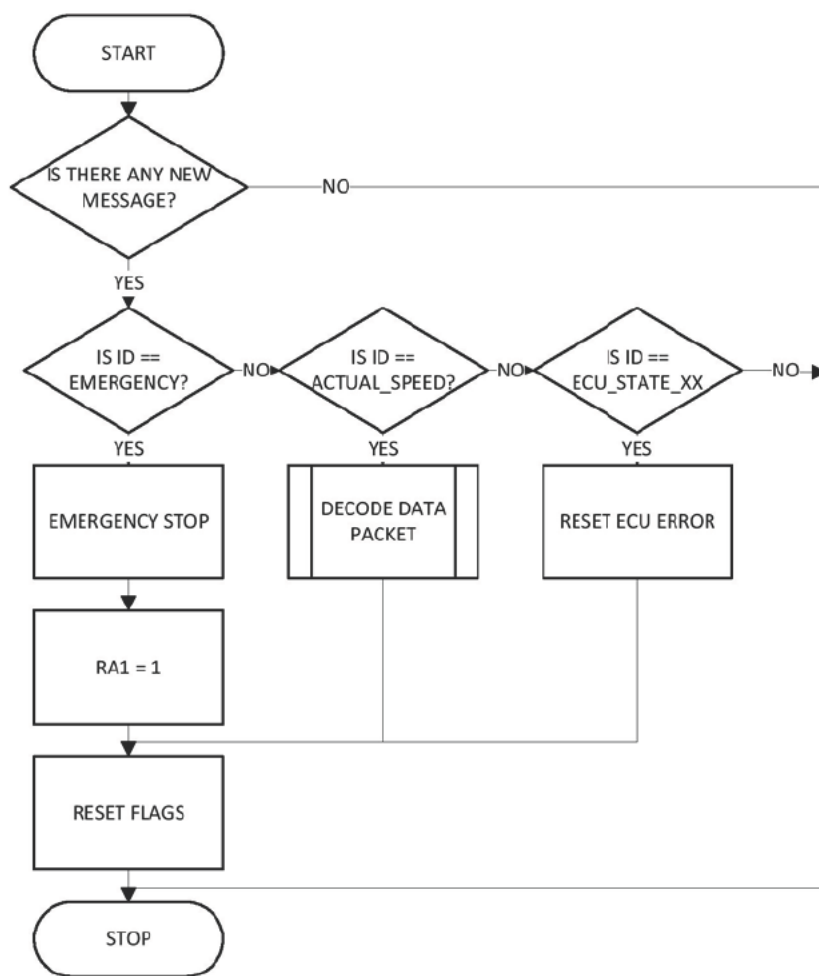
INTERRUPT



BATTERY MEASURE



CAN INTERPRETER



3.3.0.0 Centralina ABS

3.3.1.0 Informazioni generali

La centralina *ABS* (Antilock Braking System) è una *ECU* multifunzione in grado di gestire in modo simultaneo i segnali provenienti dalle altre centraline attraverso protocollo *Can Bus* e dagli encoder installati sulle ruote posteriori per comandare correttamente il servomotore dell'impianto frenante e calcolare matematicamente la velocità e la distanza percorsa dal veicolo.

La tecnologia fondamentale per il funzionamento della centralina in questione è chiamata "*Brake-by-wire*" ed introduce una rivoluzione nel controllo dei veicoli poiché permette di sostituire i componenti idraulici pesanti ed ingombranti con sensori ed attuatori elettronici. La natura elettrica del controllo permette inoltre di gestire la frenata con l'ausilio di correzioni ed interventi in tempo reale in modo da permettere al guidatore il maggior controllo possibile.

3.3.2.0 Funzioni

La centralina *ABS* possiede un discreto numero di funzioni. Prima di tutto la centralina interpreta e risponde al messaggio di presenza centraline (*ECU_STATE_ABS*) in modo che il sistema sia in grado di rilevare una possibile anomalia di connessione o comunicazione della

scheda.

Il software si occupa inoltre di ricevere il segnale di frenata (*BRAKE_SIGNAL*) ed interpretarlo in due diversi modi a seconda della logica utilizzata:

- Frenata "digitale", cioè quantizzata su 3 differenti gradi che sono caratterizzati da tre valori di frenata impostati nella fase di programmazione;
- Frenata "analogica", cioè di intensità dipendente da un valore variabile definito tra 0 a 255;

La natura del dato inviato alla centralina *ABS* deve essere dichiarato ponendo il secondo pacchetto del *byte* dati a zero nel caso di dato "digitale" ed invece al valore uno nel caso di dato "analogico".

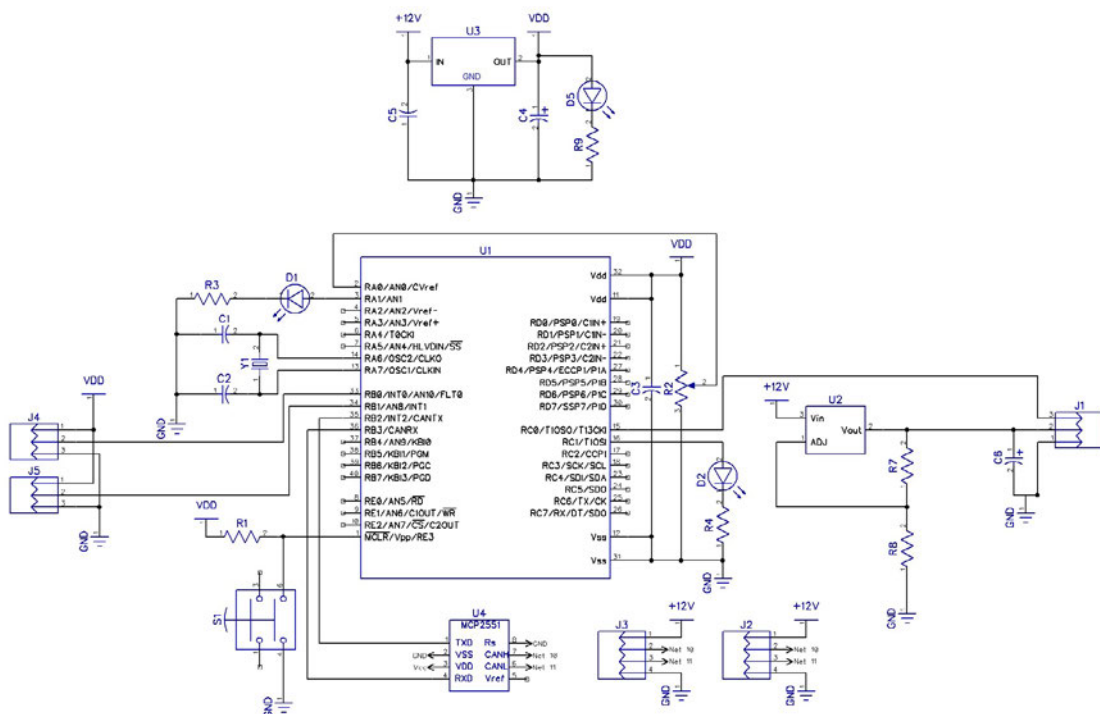
Il controllo fisico della frenata viene eseguito utilizzando un servomotore comandato da un segnale *PWM* generato via software con l'implementazione di un timer, poiché la frequenza del segnale desiderato (50Hz) è notevolmente minore di quella minima del modulo *PWM* integrato al microcontrollore.

La *ECU* in esame è inoltre in grado di rilevare il valore di velocità (in mm/s) di ciascuna ruota, calcolare la media per un numero di eventi definiti dal programmatore e di inviare ciascun dato al momento di una richiesta attraverso un remote frame con identificativo *ACTUAL_SPEED*.

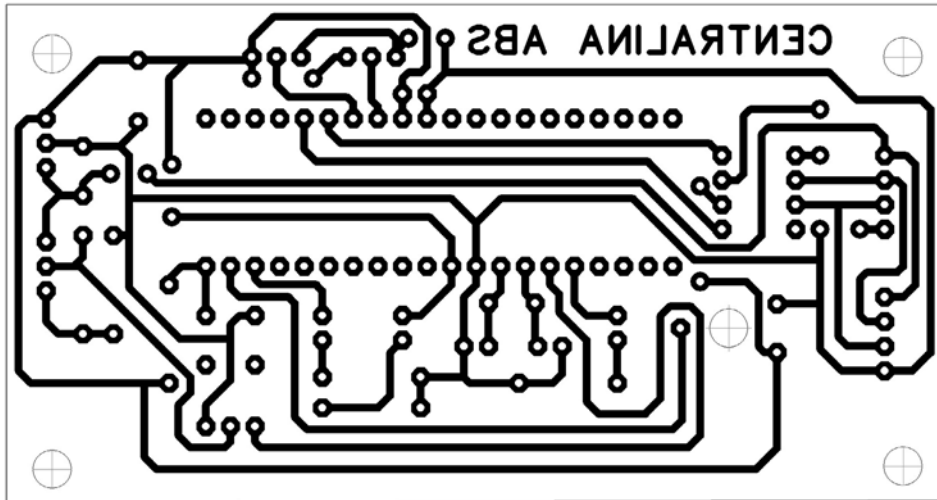
Ulteriore funzione è quella relativa alla misura della distanza percorsa in un determinato intervallo di tempo. Alla ricezione del messaggio *COUNT_START* il sistema inizia a rilevare la distanza percorsa da ciascuna ruota ed alla ricezione del messaggio *COUNT_STOP* la centralina converte questi dati in valori in centimetri e li invia alle altre centraline.

L'ultima funzione implementata, *DISTANCE_SET*, permette ad un'altra centralina di inviare ad *ABS* un messaggio con un valore di distanza in centimetri. La centralina dunque inizierà a rilevare la distanza coperta da veicolo e, al suo raggiungimento, invierà nuovamente sul *bus* un remote frame per avvisare le altre centraline dell'evento.

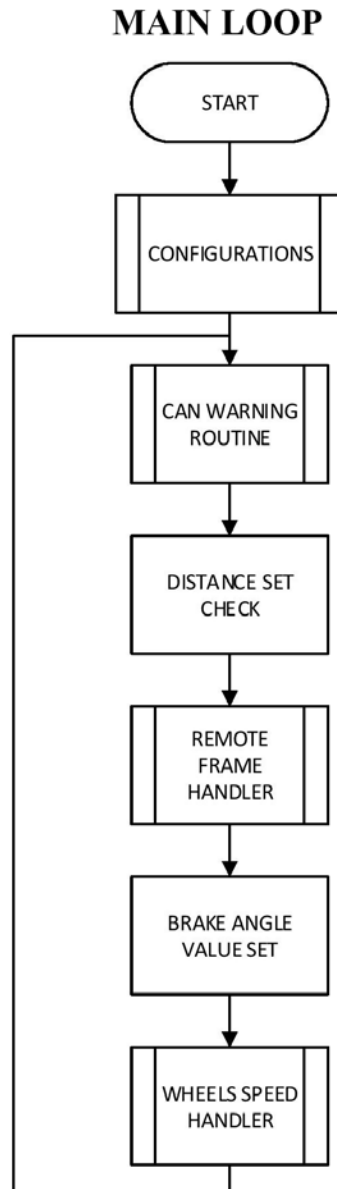
3.3.3.0 Schema elettrico



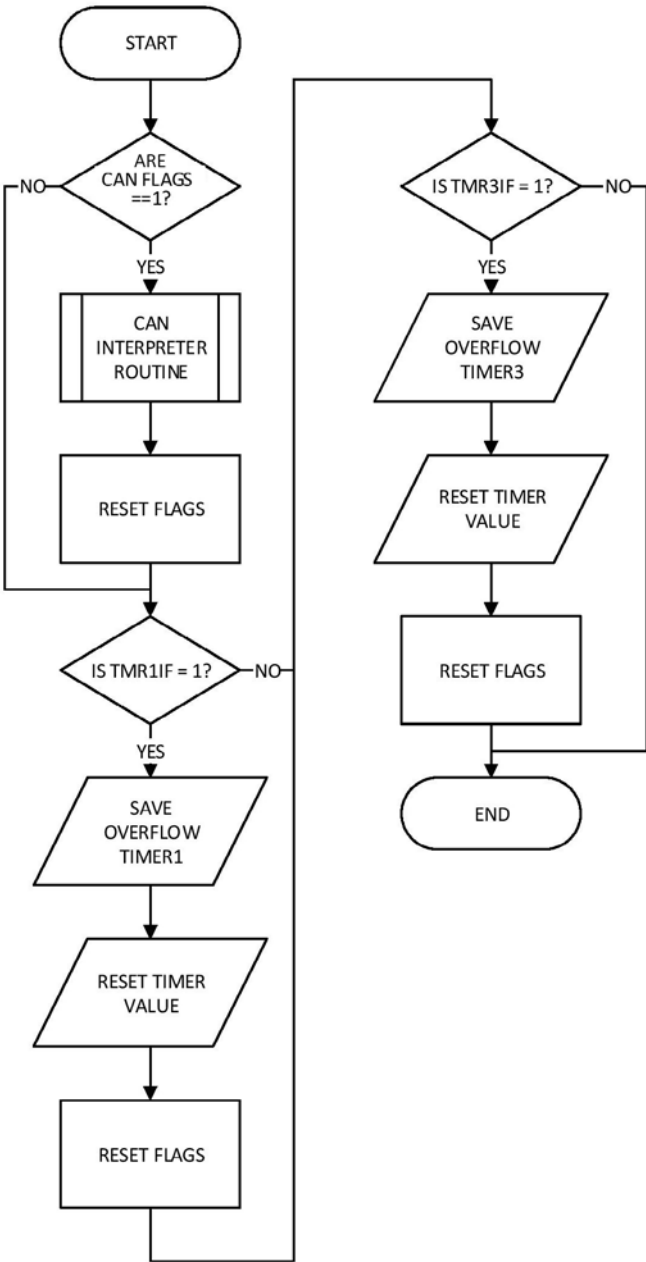
3.3.4.0 Circuito stampato



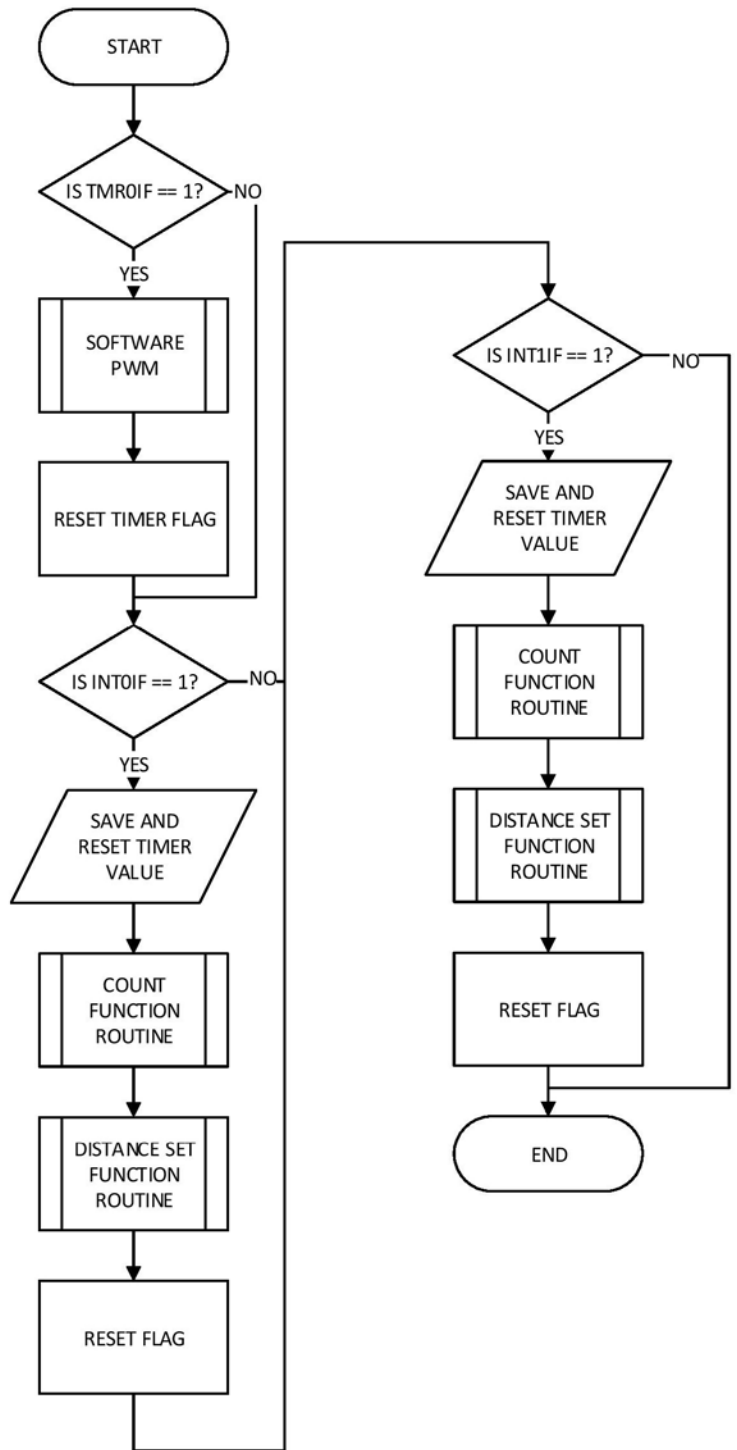
3.3.5.0 Flowchart



INTERRUPT LOW PRIORITY



INTERRUPT HIGH PRIORITY



3.4.0.0 Centralina Sterzo

3.4.1.0 Informazioni generali

La centralina sterzo simula il servosterzo elettrico di un'ipotetica macchina reale (detto *EPS*). Sul modello è stato quindi montato un servomotore che si occupa di muovere l'asse delle ruote anteriori in modo da compiere sterzate più o meno ampie.

I vantaggi dell'introduzione di un'unità elettronica al posto di una idraulica sono molteplici tra i quali:

- minore consumo di carburante: attraverso l'*EPS* l'intervento sullo sterzo viene infatti effettuato solo nel momento in cui l'utente decide di muovere il volante mentre attraverso quello idraulico è necessario mantenere l'olio in pressione utilizzando in modo costante parte dell'energia generata dal motore anche quando non è richiesta alcuna variazione nella posizione delle ruote;
- ridotto peso aggiunto: la tecnologia non necessita di tubature, pompe, olio e valvole, i quali aumentano notevolmente il peso dell'auto;
- flessibilità: grazie alla gestione puramente elettronica è possibile calibrare con facilità il sistema. Inoltre attraverso l'utilizzo di questa tecnologia si è in grado di impostare diverse configurazioni in modo da ottenere una maggiore precisione a discapito della velocità di intervento oppure avere minor precisione guadagnando però una maggior rapidità. Si può anche cambiare la servo-assistenza fornita rendendo lo sterzo più "morbido" o "duro" a seconda della situazione (per esempio attraverso la modalità city già presente su certe macchine che permette di rendere lo sterzo molto fluido);
- controllabile da altre centraline in modo puramente elettronico: senza l'utilizzo di un servosterzo elettronico sarebbe difatti necessario aggiungere ulteriori attuatori per muovere le ruote in caso di centralina per il parcheggio assistito o di mantentore di corsia;
- ridotta manutenzione: le parti in movimento sono ridotte e dunque anche le possibilità di un guasto interno.
- aperto alle innovazioni: prevedendo che nel futuro uno scenario possibile vedrà macchine totalmente automatiche percorrere le strade, sarà possibile implementare i sistemi attualmente esistenti ed automatizzare anche una macchina non prodotta con tale innovazione semplicemente aggiornando i software e montando nuove centraline;
- adatto a sistemi start&stop e macchine ibride: essendo alimentato attraverso la batteria, anche in caso di motore spento come ad esempio avviene con l'intervento del sistema di start&stop è possibile girare agevolmente le ruote.

La sicurezza è garantita completamente grazie a vari test effettuati prima della commercializzazione del veicolo e da sistemi ridondanti di controllo.

La centralina progettata e realizzata è controllata da un PIC18F4480 ed è dotata di tre led colorati utilizzati per le diverse segnalazioni, per esempio l'accensione della centralina attraverso il led verde, gli errori del *can bus* attraverso il led rosso e la richiesta di presenza attraverso quello giallo. Sulla scheda inoltre sono montati due regolatori di tensione, un *LM7805* della *Texas Instruments* per ottenere i 5V necessari all'alimentazione della parte logica e un *LM338* sempre della *Texas Instruments* che fornisce i 6V necessari al funzionamento del servomotore. Per i dettagli si invita la consultazione dello

schema elettrico proposto nelle pagine successive.

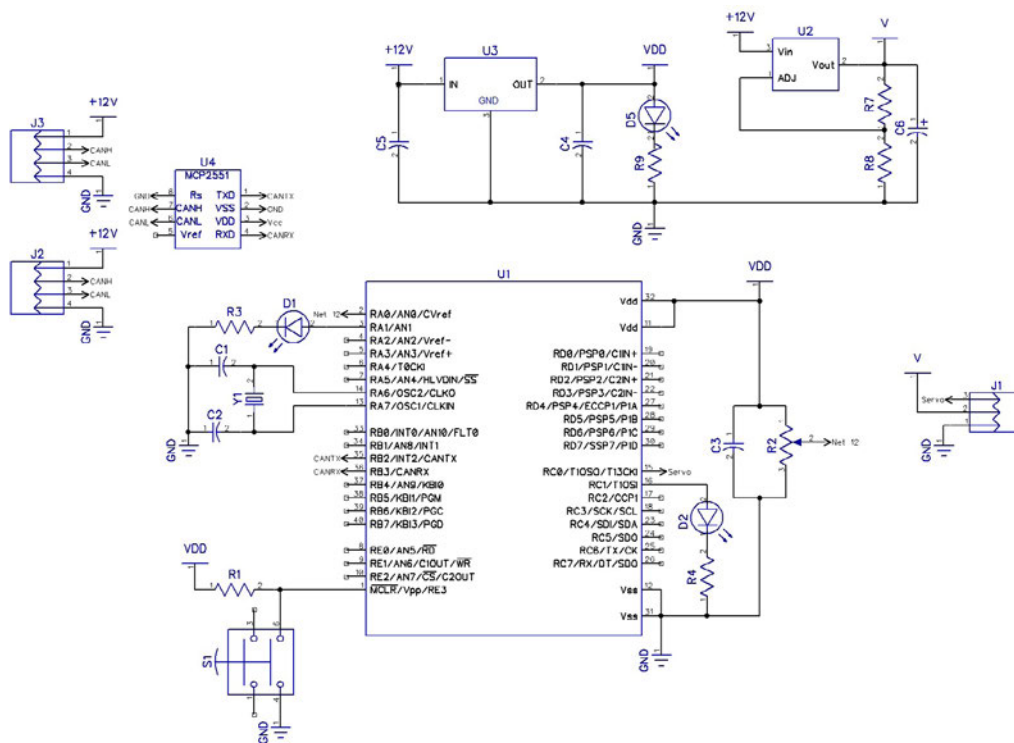
3.4.2.0 Funzioni

La centralina sterzo principalmente riceve e interpreta due messaggi da tutte le altre centraline: una funzione di sicurezza che indica alla centralina motore la presenza della *ECU* sulla linea di comunicazione (*ECU_STATE_EPS*) e il comando di sterzata che posiziona le ruote ad un certo angolo compreso da 0° a 180° (poi limitato via software a 120°).

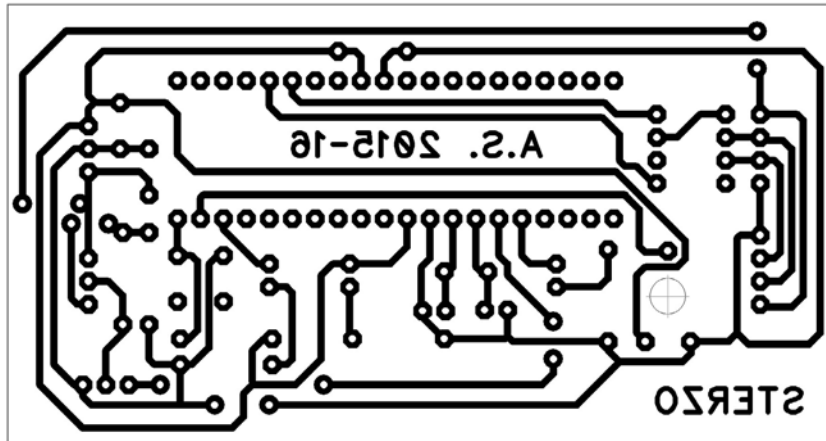
La centralina inoltre è in grado di generare via software un segnale *PWM* con frequenza 50 Hz per comandare il servomotore. Siccome il modulo del microcontrollore dedicato alla creazione di segnali *PWM* non è in grado di raggiungere frequenze così basse è stato necessario utilizzare un timer (TMR0) e formare via software l'onda quadra a *duty cycle* variabile.

Il sistema è stato in seguito collaudato, dapprima in maniera strumentale attraverso l'utilizzo di un oscilloscopio (di cui si riporta uno screenshot) e solo dopo aver verificato il corretto funzionamento, con l'attuatore reale.

3.4.3.0 Schema elettrico

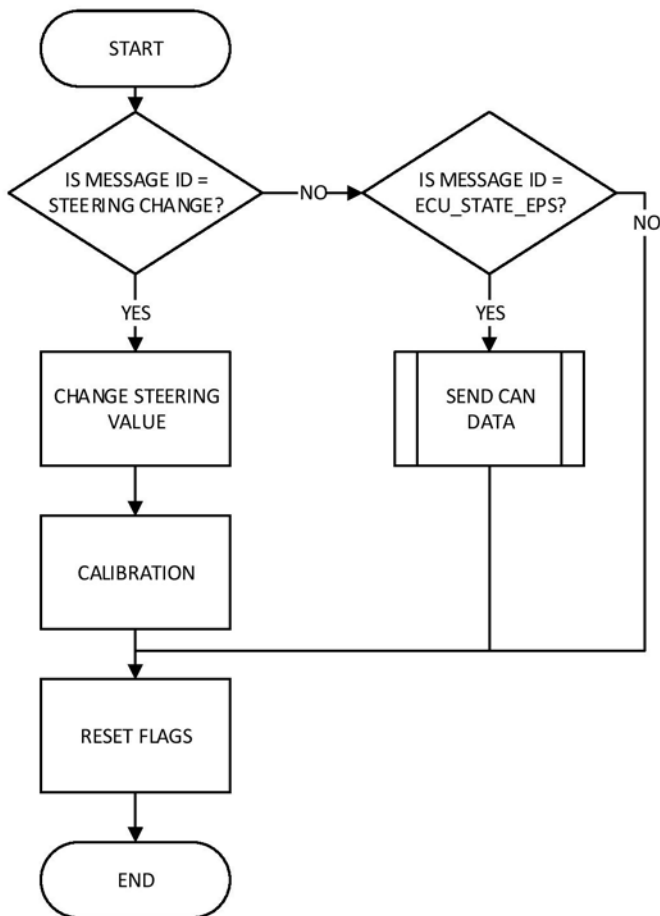


3.4.4.0 Circuito stampato

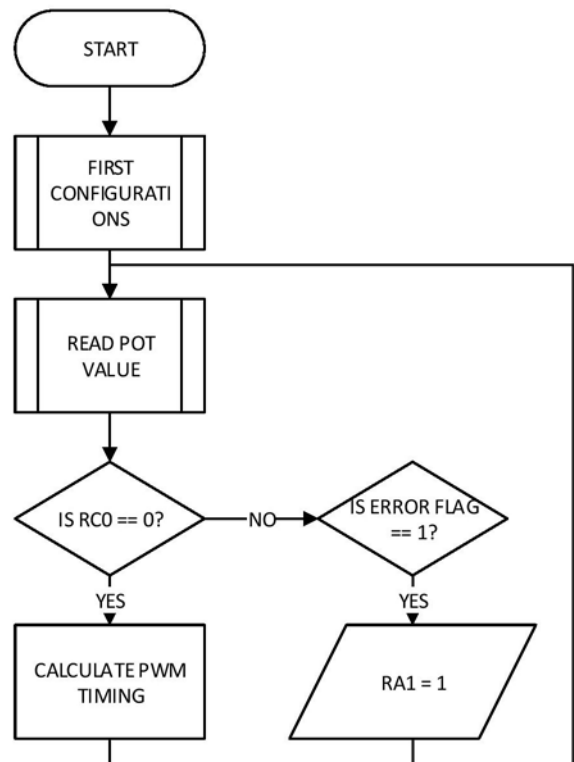


3.4.5.0 Flowchart

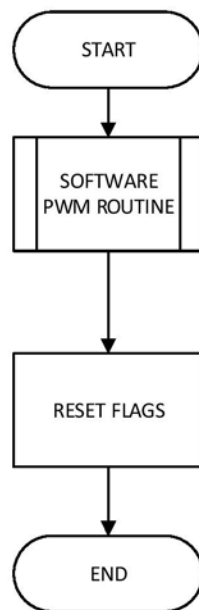
INTERRUPT LOW PRIORITY



MAIN LOOP



INTERRUPT HIGH PRIORITY



3.5.0.0 Centralina Telecomando

3.5.1.0 Informazioni generali

La centralina telecomando gestisce la parte del progetto che si interfaccia con l'utente e coordina le altre centraline attraverso l'invio al sistema di messaggi contenenti direttive oppure dati relativi ai controlli e ai pulsanti predisposti sul telecomando fisico. La *ECU* inoltre è in grado di visualizzare sullo schermo *LCD* in tempo reale diverse informazioni relative al veicolo come ad esempio la velocità effettiva della macchina e la direzione.

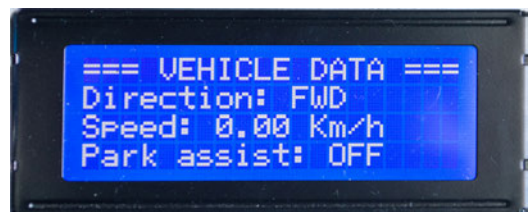


Foto display reale macchina.

La centralina inoltre mostra all'utente lo stato dell'assistente di parcheggio e della procedura di parcheggio assistito. Attraverso la pressione dei pulsanti predisposti e la gestione user-friendly della loro retroilluminazione è possibile abilitare o disabilitare in qualsiasi momento la ricerca del parcheggio e le procedure in modo facile ed intuitivo. La *ECU* inoltre, in fase di ricerca, interpreta e segnala attraverso i led di retroilluminazione e svariati messaggi sullo schermo la presenza di uno spazio libero e la possibilità di iniziare le procedure. Al termine del processo inoltre mostra sull'*LCD* una schermata di segnalazione per l'utente nella quale indica se le sequenze di parcheggio automatiche sono terminate con o senza successo.

3.5.2.0 Funzionamento

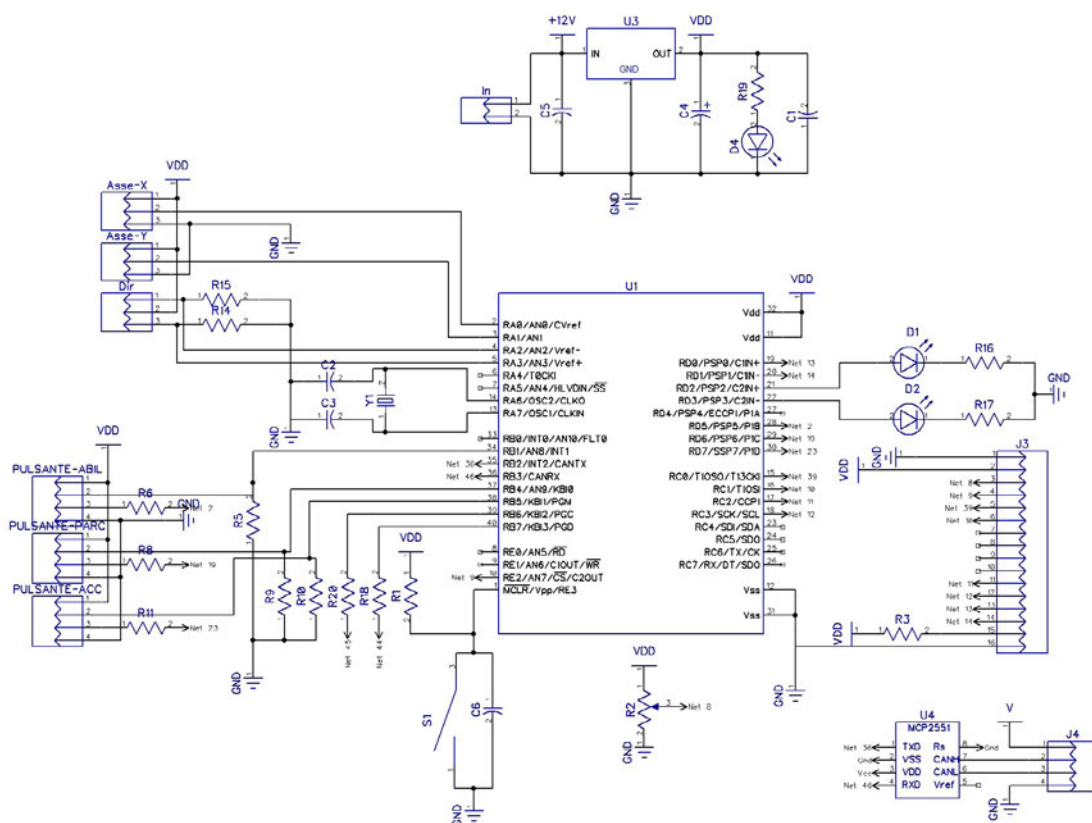
Questa centralina è fondamentale per il controllo del progetto poiché attraverso un interruttore dedicato è in grado di fornire o togliere potenza a tutte le schede *ECU*. Il sistema inoltre rimane in attesa finché la macchina non viene accesa dal pulsante di accensione predisposto sul telecomando. Nel momento in cui il pulsante viene premuto nuovamente durante lo svolgimento del programma la macchina viene arrestata e sarà necessario fornire nuovamente l'autorizzazione.

A macchina accesa il codice esegue il polling continuo del joystick a due assi, dei tre pulsanti e dello switch a tre posizioni, trasforma i valori acquisiti e reinterpreta i dati alla luce dello stato della macchina. Il programma esegue dunque l'impacchettamento delle informazioni necessarie e ad intervalli di tempo regolari invia sul CANbus i valori alle rispettive centraline. Contemporaneamente il software gestisce lo schermo LCD e la visualizzazione dei dati necessari all'utente in una schermata.

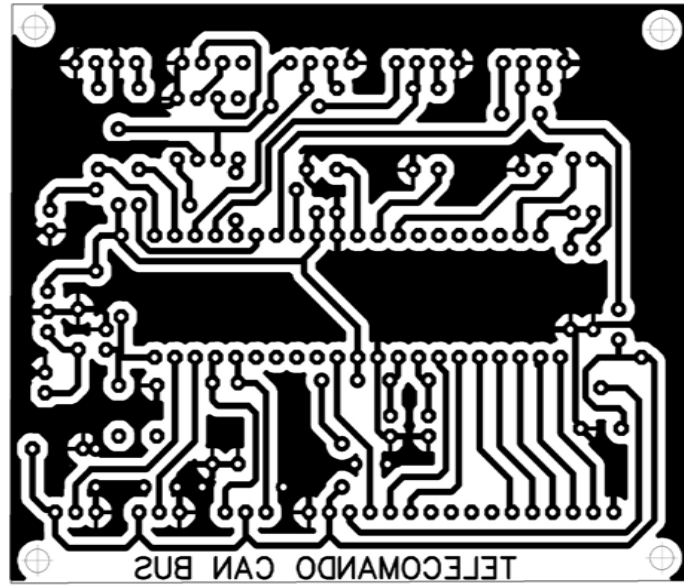
La centralina controlla in modo autonomo il funzionamento normale del veicolo mentre nella ricerca dello spazio libero la ECU lavora in contemporanea alla centralina parcheggio per la gestione della sterzata e lo scambio di messaggi di stato. Nella procedura di parcheggio effettiva la centralina telecomando lascia alla centralina omonima il controllo completo della velocità, della sterzata e della frenata, avendo però in qualsiasi momento il potere di rimuoverlo interrompendo istantaneamente la procedura.

Inoltre il veicolo è dotato di un sistema di frenata di emergenza che arresta la macchina in modo automatico nel momento in cui il sensore nel senso di marcia rileva un oggetto troppo vicino in funzione della velocità di marcia, evitando per quanto possibile fisicamente di urtare l'oggetto.

3.5.3.0 Schema elettrico

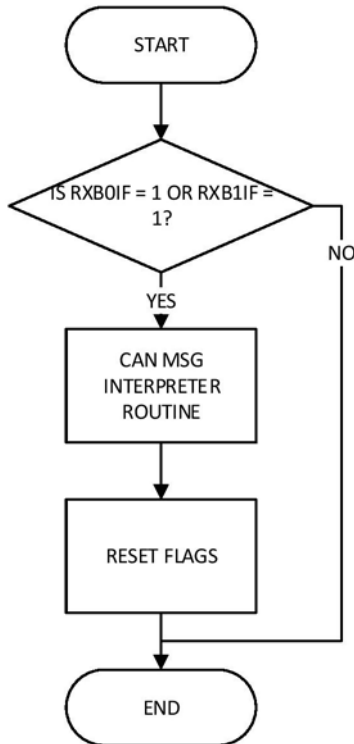


3.5.4.0 Circuito stampato

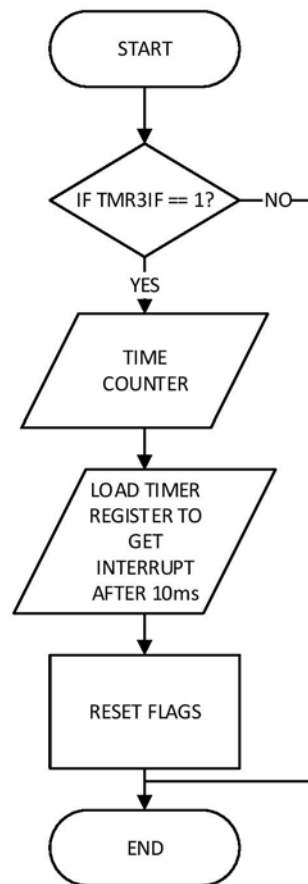


3.5.5.0 Flowchart

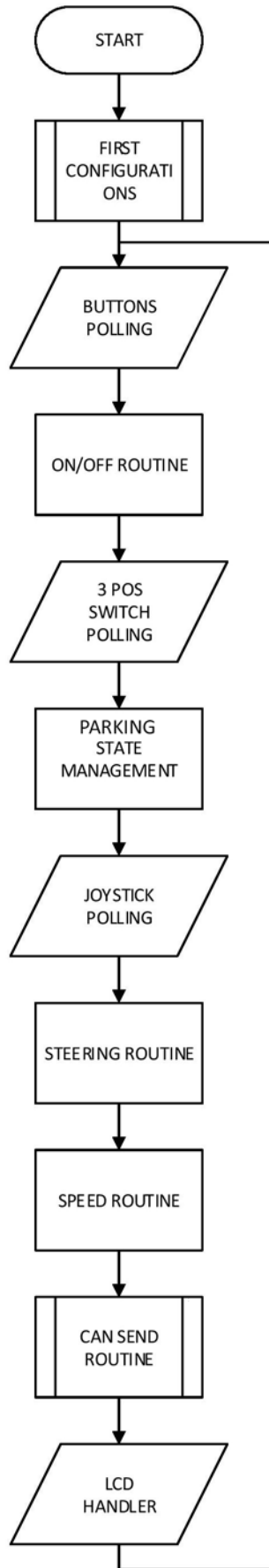
INTERRUPT HIGH PRIORITY



INTERRUPT LOW PRIORITY



MAIN LOOP



3.6.0.0 Centralina parcheggio

3.6.1.0 Informazioni generali

La centralina parcheggio è la parte centrale della nostra tesina. Essa si occupa di gestire autonomamente le procedure necessarie alla realizzazione della manovra di parcheggio che iniziano fin dall'abilitazione della stessa.

Le procedure sono divisibili in due parti principalmente: la ricerca del parcheggio e l'esecuzione vera e propria. La prima fase inizia subito dopo che l'utente ha abilitato la centralina premendo l'apposito tasto sul telecomando; da questo momento la velocità del mezzo viene limitata per questioni di sicurezza. A differenza dei sistemi reali, abbiamo deciso di includere in questa fase un algoritmo che aiuti il guidatore a posizionarsi parallelamente rispetto alle macchine parcheggiate per agevolare la manovra.

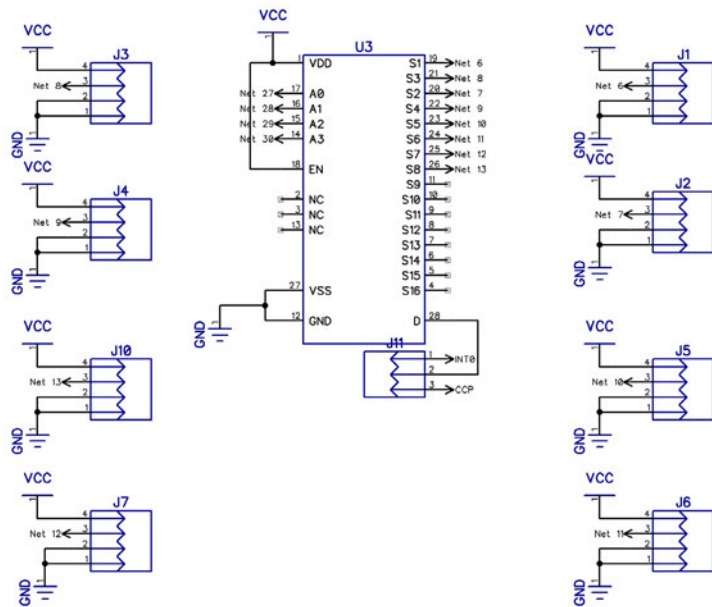
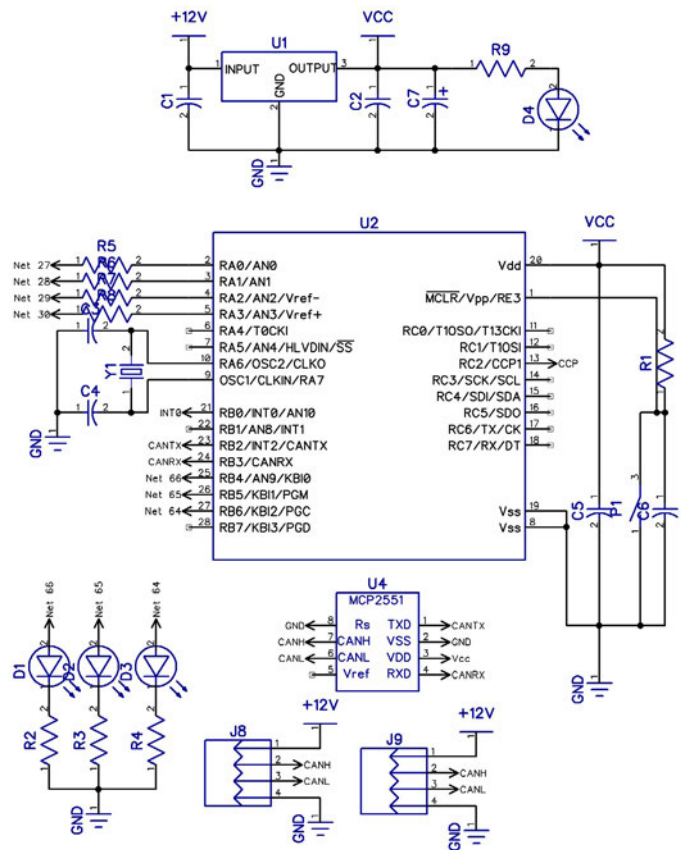
Una volta rilevato lo spazio sufficiente all'esecuzione in sicurezza, la macchina deve proseguire sempre allineata alle altre per poter iniziare la manovra nel punto calcolato in base alla distanza dalla colonna di macchine.

A questo punto il mezzo resta in attesa del consenso a effettuare la manovra da parte del guidatore che dovrà togliere le mani dal volante. Come abbiamo già accennato, nella realtà, l'elettronica di bordo si occupa della gestione automatica solo del volante mentre noi abbiamo deciso di gestire tutti gli aspetti automaticamente (quindi: accelerazione, freno, marce, sterzo) per dimostrare che l'unico motivo per cui è ancora richiesto l'intervento dell'utente è di responsabilità.

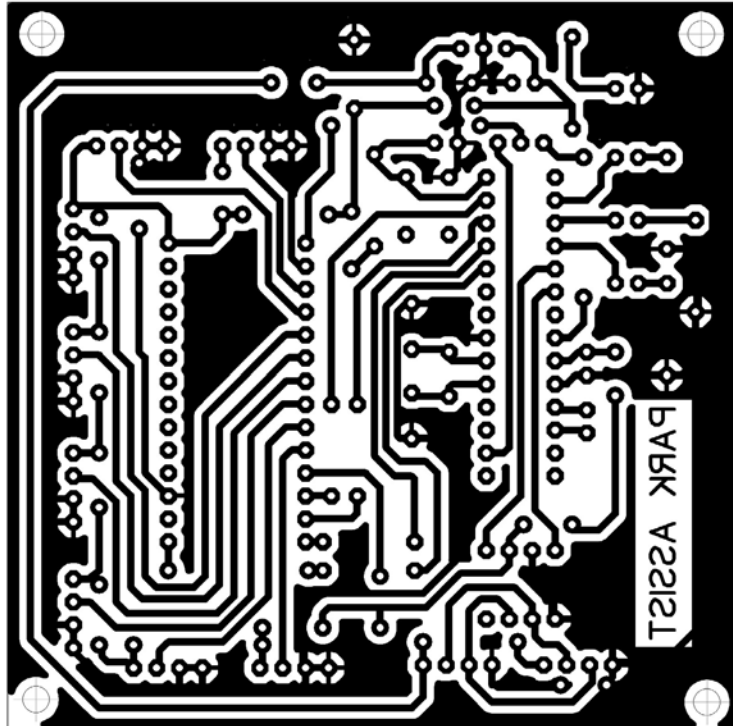
Quando la centralina è disabilitata, svolge un ruolo di sicurezza sfruttando i due sensori posti uno posteriormente e l'altro anteriormente. Grazie ad essi infatti la macchina è in grado di bloccarsi automaticamente in caso di scontro imminente dovuto alla distrazione del guidatore.

3.6.2.0 Schema elettrico

Per la gestione di tutti i sensori montati sul mezzo, servirebbero 16 I/O di cui almeno 8 dovrebbero essere collegati ad ingressi interrupt. Per risparmiare risorse abbiamo quindi deciso di effettuare la lettura ciclica di un sensore alla volta, anche per evitare interferenze, attraverso l'uso di un multiplexer. Il software implementa un controllo di tipo *TDMA* con tempo 26ms per ogni sensore, al termine del quale se non è rilevato un'eco considera l'oggetto più distante di 5m.

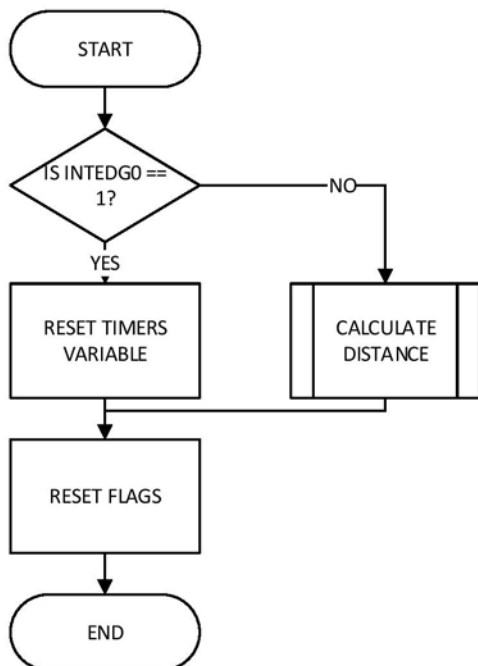


3.6.3.0 Circuito stampato

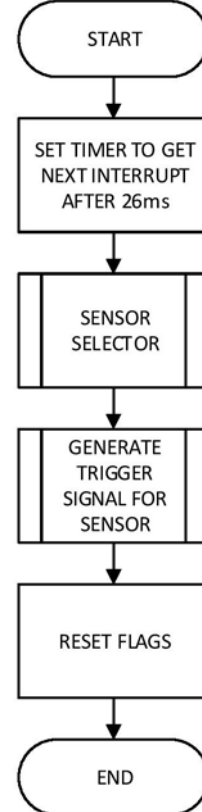


3.6.4.0 Flowchart

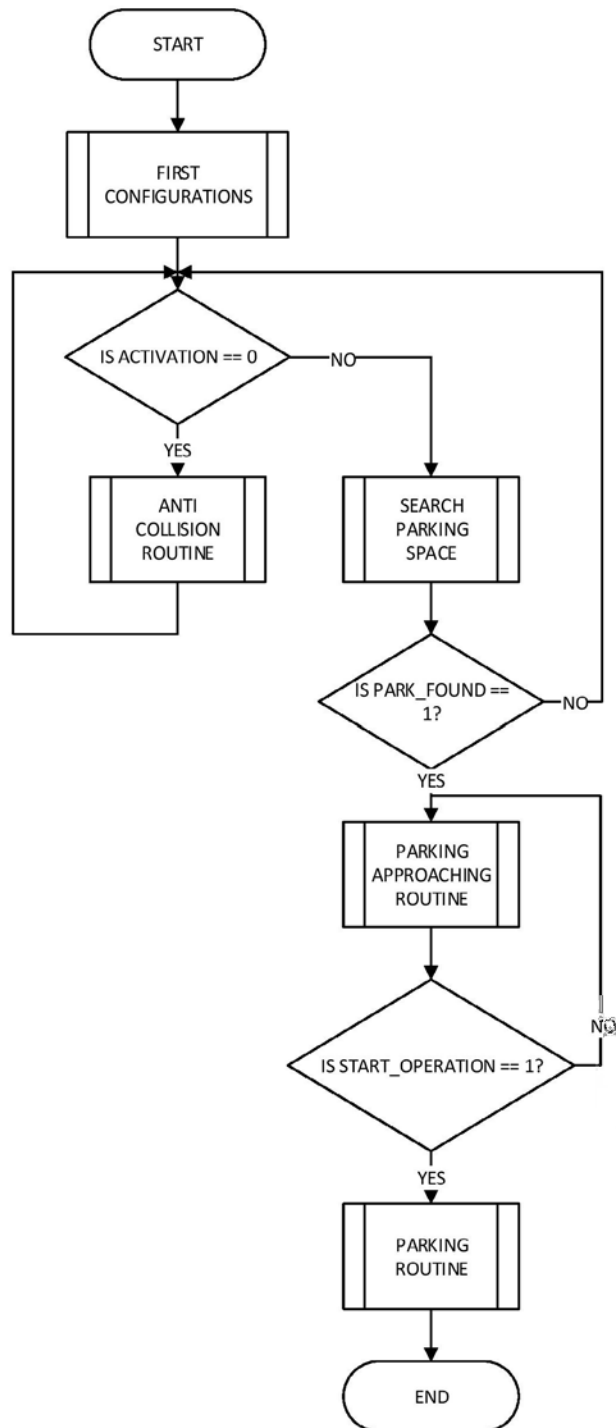
INTERRUPT HIGH PRIORITY



INTERRUPT LOW PRIORITY



MAIN LOOP



3.7.0.0 Bibliografia

- <http://www.automoto.it/news/servosterzo-elettrico-ecco-perch-meglio-dell-idraulico.html>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Power_steering
- <http://www.auto.it/2013/07/12/infiniti-q50-ela-prima-autocon-lo-sterzo-driveby-wire-come-i-jet-da-caccia-collaudato-da-vettel/12082/>
- Brevetto US4621327 A, data pubblicazione: 4/11/1986, data registrazione: 13/06/1984. consultato da: <https://www.google.com/patents/US4621327>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Engine_control_unit
- https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system

4.0.0.0 LA MACCHINA IN LETTERATURA

4.1.0.0 Premessa

Vista la lunghezza della parte che segue, sia per quanto riguarda la letteratura che per la storia, abbiamo deciso di creare un percorso tematico per ogni membro del gruppo; in particolare, Massimo Clementi presenterà la parte relativa a Gabriele D'Annunzio e la storia della Fiat in Italia; Moser Gianlorenzo si concentrerà su Pirandello e Svevo per quanto riguarda letteratura e del Toyotismo per la parte storica; Simone Righetti esporrà il Futurismo e la storia della VolksWagen in Germania.

4.2.0.0 Introduzione

La rivoluzione industriale del XIX secolo, portò a un notevole sviluppo economico e a un significativo progresso nel campo della scienza e della tecnica. A partire da questo momento storico, l'uomo iniziò a convivere con una nuova compagna: la macchina. Essa influenzava il modo di lavorare e di vivere portando a uno stravolgimento della società.

Per questo anche i temi affrontati dalla letteratura variarono; La macchina divenne elemento centrale della riflessione artistica dividendo il mondo letterario in due: chi era a favore del progresso e chi, consapevole che ogni cambiamento storico comporta anche contrarietà e problemi, ne è quasi spaventato.

Tra i letterati favorevoli allo sviluppo tecnologico è d'obbligo citare D'Annunzio, Marinetti e il Futurismo in generale.

Se da un lato autori naturalisti come Zola e gli artisti prima citati, condividono l'ottimismo e la fiducia introdotti dalla rivoluzione industriale, altri ne sono spaventati e cercano di spingere il lettore alla riflessione delle conseguenze che non sempre possono essere positive di questo sviluppo.

Molti furono gli artisti contrari, tra cui gli scapigliati (movimento artistico e letterario contrario al Romanticismo italiano) con Praga e Boito che mostrano un rimpianto verso il passato in cui la strada ferrata non aveva ancora aggredito *il legame tra la bellezza della terra e l'anima del poeta*.

4.3.0.0 Pirandello e il progresso tecnologico

Artisti critici furono Pirandello e Svevo. Il primo espresse il suo scetticismo in tutta la sua produzione letteraria. In particolare analizzando il romanzo *Il Fu Mattia Pascal* si nota come Adriano Meis, il protagonista, resti "spaesato" visitando Milano. La metropoli moderna, percorsa da tram elettrici, illuminata dalla luce elettrica sembra non piacere molto a Pirandello. La meccanizzazione ha introdotto una separazione incolmabile tra l'anima e il paesaggio e la natura non rappresenta più una possibilità di armonia dell'uomo con se stesso e con il mondo come accadeva per i Romantici. Scrive Pirandello nel romanzo: «*Oh perché gli uomini [...] si affannano così a rendere man mano più complicato il congegno della loro vita? Perché tutto questo stordimento di macchine? E che farà l'uomo quando le macchine faranno tutto? Si accorgerà allora che il così detto progresso non ha nulla a che fare con la felicità? Di tutte le invenzioni, con cui la scienza crede onestamente d'arricchire l'umanità (e la impoverisce,*

perché costano tanto care), che gioja in fondo proviamo noi, anche ammirandole?»¹.

Nel *Quaderni di Serafino Gubbio Operatore* in cui il protagonista, Serafino Gubbio, che lavora come operatore cinematografico (oggi anche chiamato "cameraman") deve riprendere una scena che diverrà una tragedia: l'attore che avrebbe dovuto uccidere una tigre viene sbranato dalla stessa. Serafino resta muto per lo shock. La visione pessimistica dell'innovazione viene portata a livelli quasi estremi. Vari sono i messaggi inseriti nell'opera, i più importanti sono:

- L'incapacità di esprimersi di Serafino è una metafora per indicare la riduzione dell'uomo a macchina (essa non è infatti in grado di comunicare con il mondo esterno ma esegue solo dei determinati compiti) che ha tolto la possibilità di dare un senso al fluire della vita;
- Lo smarrimento d'identità (ne è un esempio l'incontro con un violinista che dovrebbe accompagnare un pianoforte automatico ma che alla fine si riduce ad ubriacarsi solamente) e con esso anche l'intellettuale che non ha più niente da dire.

•

4.4.0.0 Svevo e il progresso tecnologico

Svevo invece presenta un futuro ancora più macabro. Nel finale de *La Coscienza di Zeno*, introduce uno scenario quasi apocalittico dell'uomo ammalato che crea e piazza un ordigno per far esplodere il mondo, da cui si evince la paura e l'incertezza verso il vertiginoso progresso delle macchine e il pericolo di un futuro in cui non c'è più spazio per il controllo dell'uomo (tema poi ripreso negli anni successivi ad esempio da Orwell in 1984).

«Quando i gas velenosi non basteranno più, un uomo fatto come tutti gli altri, nel segreto di una stanza di questo mondo, inventerà un esplosivo incomparabile, in confronto al quale gli esplosivi attualmente esistenti saranno considerati quali innocui giocattoli. Ed un altro uomo fatto anche lui come tutti gli altri, ma degli altri un po' più ammalato, ruberà tale esplosivo e s'arrampicherà al centro della terra per porlo nel punto ove il suo effetto potrà essere il massimo. Ci sarà un'esplosione enorme che nessuno udrà e la terra ritornata alla forma di nebulosa errerà nei cieli priva di parassiti e di malattie.»²

Il tema verrà poi abbandonato fino allo sviluppo industriale negli anni del dopo guerra (1950-60) in cui verranno scritti vari romanzi sulla vita in fabbrica e sulla relazione persona-società industriale.

Ciò che più spaventa i letterati è un futuro caratterizzato da tecnologie che rendono la società disumana, appiattita nel conformismo e tendente all'eliminazione della soggettività e del pensiero dell'individuo. Uno dei romanzi caratteristici di questa paura è *1984* di *George Orwell* che descrive una società di massa in cui non esiste più alcuna libertà individuale. Domina infatti un regime totalitario che usa la tecnologia (telecamere e mass media) sia per spiare la vita dei cittadini e punire i trasgressori che per manipolare le informazioni fornite con scopo propagandistico.

Nel mondo di Orwell non c'è spazio per il pensiero, i sentimenti e per tutto ciò che è "umano". Questo romanzo rappresenta quindi il più grande esempio di letteratura distopica³.

1: *Il Fu Mattia Pascal*, capitolo IX *Un po' di nebbia*, *Bur Rizzoli*, 07/06/2013

2: *La coscienza di Zeno*, capitolo 8 *Psico-analisi*, *Laboratorio di Letteratura*, *Sambugar-Sala*, *Rcs education*, p. 367, 2013

3: Distopia = società o luogo descritto o immaginato con forme indesiderabili e inquietanti fino alla catastrofe

Seguirono molti altri romanzi di questo carattere come per esempio *Fahrenheit 451* di Ray Bradbury che descrive una società in cui sono eliminati i libri. Il titolo indica una temperatura pari a circa 230°C che è quella necessaria per incenerire la carta.

4.5.0.0 L'automobile di D'Annunzio

Grazie alla catena di montaggio introdotta da Henry Ford e Taylor nel 1913, il costo dell'automobile si ridusse drasticamente, rendendola quindi accessibile anche ai cittadini meno agiati. Per questo diventò un simbolo della società di massa e segnò in modo definitivo le avanguardie del 1900 che vedevano nella scienza e nel progresso il bene dell'umanità.

Nonostante l'automobile fosse già presente nella società europea del 1800, in Italia essa tardò a diffondersi, probabilmente a causa dell'arretratezza economica e sociale. La letteratura italiana era infatti concentrata sulla narrazione della realtà contadina principalmente del Sud Italia, di cui è d'obbligo citare Manzoni e Verga.

D'Annunzio ha sempre dimostrato notevoli interessi per l'automobile, l'aereo e tutti gli aspetti legati all'innovazione meccanica e tecnologica. Esso è sempre stato affascinato dalla modernità, interesse che lo ha portato ad uno studio piuttosto approfondito, riportato nei suoi epistolari e nei suoi scritti conservati presso *il Vittoriale*, delle nuove tecnologie.

Vari sono i testi che trattano i motori tra cui il *Notturmo*, opera in prosa costituita da una raccolta di meditazioni e ricordi in un periodo di cecità causata da un grave incidente aereo, in cui numerose sono le immagini dedicate al «rombo assordante del motore», al «battito del motore».

Il poeta si fida ciecamente della tecnologia, come si legge nelle parole scritte prima del Volo su Vienna del 1918 in cui sprona i compagni ad abbandonare l'azione solo al momento di un fallimento del mezzo: «Nessuno di voi si arresterà se non con l'ultimo battito del motore. [...] Ciascuno di voi atterrerà, o precipiterà quando il motore abbia cessato di battere senza speranza di ripresa.»⁴

Proprio questa attenzione alla modernità lo porterà a coniare il termine velivolo nel romanzo *Forse che sì forse che no*, tutt'ora presente nei dizionari italiani (per esempio la Treccani riporta: «Aeromobile più pesante dell'aria [...], sostenuto in volo da uno o più piani alari e dotato di sistema propulsivo proprio [...]. Il termine, introdotto da G. D'Annunzio nel suo romanzo *Forse che sì forse che no* (1910), è attualmente meno comune [...] di aeroplano o aereo.»⁵

Altra innovazione linguistica introdotta da D'Annunzio fu la variazione di genere del termine automobile. Tale termine era stato soggetto ad ambiguità grammaticale vista la provenienza dall'aggettivo *voiture automobile* (vettura automobile, vettura che si muove da sé) francese ed era stato scritto prevalentemente al maschile fin dalla seconda metà dell'Ottocento (si pensi per esempio al quarto articolo del *Manifesto del Futurismo* in cui si legge «un automobile da corsa [...]»⁶). D'Annunzio si espresse in una lettera al senatore Agnelli stabilendo il genere femminile del termine, ancora una volta affascinato dal progresso tecnologico scriveva: «L'automobile è

4: *Gabriele D'Annunzio e gli Eroi di San Pelagio*, Carlo Piola Caselli, consultato da google libri (disponibile solo in formato ebook)

5: <http://www.treccani.it/vocabolario/velivolo/>, data ultima consultazione: 13/04/2016

6: *Fondazione e Manifesto del futurismo*, traduzione da Figaro, 20/02/1909, consultato da: <http://www.irre.toscana.it/futurismo/opere/manifesti/manmari1.htm>

femminile. Questa ha la grazia, la snellezza, la vivacità d'una seduttrice e non da ultimo una virtù sconosciuta alle donne: la perfetta obbedienza.»⁷

La macchina, ha per D'Annunzio un fascino femminile. Essa gli permetteva di raggiungere velocità elevate (si stima che la macchina da lui posseduta andasse alla velocità massima di 70km/h) e distanze una volta impercorribili in tempi così brevi. Proprio per questo durante la sua vita cercherà a tutti i costi di possedere automobili splendide e fuori-serie collezionandone diverse.

Inoltre il poeta subirà la bramosia di velocità e d'infinito che, sulle strade dell'epoca, non trovava riscontri. Per questo si farà promotore di battaglie a vantaggio della viabilità, di cui ricordiamo quella condotta per realizzare la Gardesana Occidentale.

4.5.1.0 Maia - Gabriele D'Annunzio

La raccolta *Maia* rappresenta il primo libro delle *Laudi del Cielo, della Terra e degli Eroi* (insieme ad *Elettra, Alcyone, Merope e Asterope*) che sarebbe dovuta essere composta da sette libri in onore delle Pleiadi (costellazione) scritti da D'Annunzio "vate", sostituto di Carducci.

All'interno della raccolta si sviluppa il tema del superomismo (concetto introdotto dal filosofo tedesco Friedrich Nietzsche in *also sprach zarathustra* che D'Annunzio apprezza molto), ideale rivisto dal poeta per adattarlo al suo modo di vivere. Nasce quindi un individuo che vive al di sopra del bene e del male, svincolato da ogni legge il cui compito è di indicare e guidare i suoi seguaci ad una certa meta le cui caratteristiche principali sono: energia, esuberanza sessuale, istinto di dominio, estetismo ed erotismo.

Maia è incentrata sul culto degli eroi antichi in cui viene celebrato il superuomo incarnato da Ulisse e da D'Annunzio stesso. All'interno della raccolta troviamo una poesia intitolata: *Preghiera a Erme: un inno alla macchina e al capitalismo industriale* nella quale il poeta rivolge un inno ad Erme, divinità greca protettrice dei viaggiatori, dei mercanti e del commercio e più in particolare, un inno alla macchina (vv.127-147) di cui riportiamo il testo:

O Macchinatore, e una stirpe
di ferro, una sorta di schiavi
foggiata nella sostanza
lucente de' clipei dell'aste
degli schinieri, una serva
moltitudine di Giganti
impigri obbedisce ai fanciulli
e alle femmine, meglio
che su triere veloce
al celeùste la ciurma
unta di olio d'oliva.

O Macchinatore, i pezzi meccanici che
compongono la macchina, simili a schiavi
foggiati nella stessa sostanza utilizzata per le
lance, gli scudi e le gambiere.

Come una moltitudine di Giganti schiavi
che non si fermano mai, obbediscono ai
comandi anche delle donne e dei ragazzi
meglio di quanto su una veloce trireme la
squadra dei rematori, unti di olio, obbediva
al comandante.

7: *Caro Senatore l'automobile è femminile, Corriere della Sera, 27/10/2003, p.25*

E non il flauto né il canto
regola il moto con ritmo
eguale; ma una potenza
che non falla, simile al sano
cuore nel petto dell'uomo,
pulsava in quelle ossature
polite e circola in ogni
membro con giro iterato
accelerando il lavoro.
Gran fremito scuote le case.

Ma per la macchina non c'è né un flauto
né un canto che ne regola il movimento con un
ritmo regolare: c'è una forza che non sbaglia,
simile al cuore sano nel petto dell'uomo, che
agisce nei pezzi levigati della macchina,
e si muove in ogni ingranaggio, con un
movimento circolare ripetuto, accelerando il
lavoro. Una forte vibrazione fa tremare gli
edifici in cui si trova la macchina.

4.6.0.0 Il Futurismo

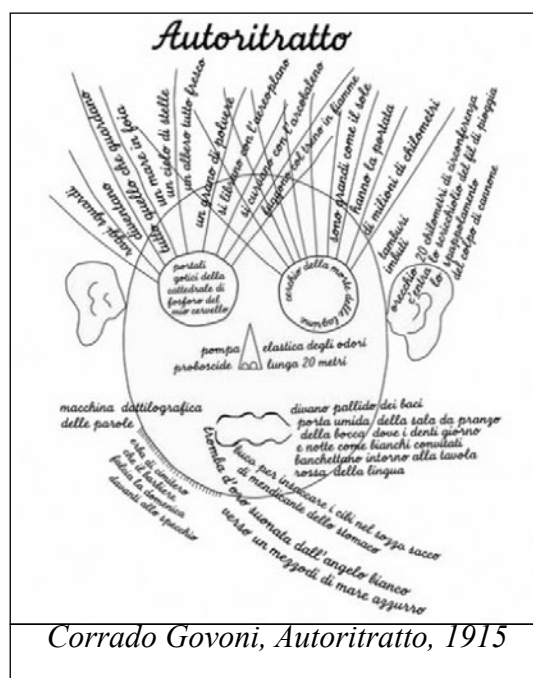
Le avanguardie sviluppate nel corso del 1900, ed in particolare quella Futurista, considerano l'innovazione come colonna portante della società e quindi rifiutano il passato e tutte le istituzioni che lo rappresentano, come ad esempio musei, accademie e biblioteche. Queste ultime infatti secondo il pensiero futurista dovevano essere distrutte (passatismo).

Inoltre i Futuristi considerano la guerra in modo positivo, perché è in grado di cancellare il passato ed è fonte di innovazione tecnologica. Per questo motivo la guerra, che si svilupperà in quegli anni con il primo conflitto mondiale, viene definita da molti futuristi come «*sola igiene nel mondo*»⁸. Lo stesso Marinetti affermerà infatti che «*la Prima Guerra Mondiale è il più bel poema apparso fin ora*»⁹.

Infine i futuristi tratteranno nel loro manifesto anche la questione delle donne ed anche ad un cambiamento profondo nell'arte.

4.6.1.0 La poetica del Futurismo

L'avanguardia Futurista, nata ufficialmente nel 1909 con la pubblicazione del *Manifesto futurista*, si può riassumere in due frasi dello stesso Marinetti: «*uccidiamo il chiaro di luna!*», titolo di un'opera, e «*parole in libertà*». La prima frase vuole infatti indicare la rottura con



8: *Fondazione e Manifesto del futurismo*, traduzione da Figaro, 20/02/1909, consultato da: <http://www.irre.toscana.it/futurismo/opere/manifesti/manmari1.htm>

9: *Ibidem*.

il passato e più precisamente si riferisce alle poesie di Pascoli (precisamente *Assiuolo* dalla raccolta *Myrica*) che utilizzano figure retoriche e stili appartenenti a poesie più antiche. La seconda vuole indicare una rivoluzione della poesia non solo dal punto di vista sintattico, ma anche visivo.

L'insieme dei cambiamenti della poesia futurista rispetto al passato vennero riassunti nel *Manifesto Tecnico della Letteratura Futurista* (1912) nel quale si afferma la volontà di distruggere la sintassi ed usare i verbi all'infinito per rendere la scrittura più oggettiva possibile (non è presente l'io dello scrittore). Inoltre si abolisce l'aggettivo, l'avverbio e la punteggiatura.

Le frasi non sono legate tra loro da nessi logici, per permettere al lettore di creare i propri accostamenti logici senza che lo scrittore influenzi i pensieri e i ragionamenti del lettore.

Si abbandona la metrica ed il ritmo (caratteristiche della poesia) a favore del verso libero. Vengono anche creati suoni onomatopeici evocativi; la rappresentazione della poesia su un foglio viene sconvolta attraverso l'organizzazione grafica moderna ed elaborata in modo da formare figure.

Le tematiche ricorrenti del Futurismo sono la forza, la potenza, l'energia, la corsa, il salto, il pugno, il movimento, la città e la simultaneità.

4.6.2.0 Artisti futuristi

I principali poeti futuristi furono Filippo Tomaso Marinetti (1876-1944), Aldo Palazzeschi, Pietro Lucini, Paolo Buzzi, Ardengo Soffici e Luciano Folgore.

Filippo Tomaso Marinetti nacque ad Alessandria d'Egitto nel 1876. Studiò in un istituto di gesuiti francesi e successivamente a Parigi e a Genova (dove si laureò in giurisprudenza). Nel 1909 pubblicò il Manifesto del Futurismo su alcuni giornali italiani e sul *Le Figaro* (giornale parigino); questo permise al Futurismo di essere conosciuto in tutta Europa, consacrando così Marinetti come uno dei maggiori teorici. Dal 1910 organizzò le cosiddette serate futuriste che avevano lo scopo di avvicinare il popolo alla nuova corrente letteraria.

Nel 1911 combatté in Libia e compose alcune opere legate alla guerra (*la battaglia di Tripoli* e *Zang Tumb Tumb*). Successivamente partecipò alla prima guerra mondiale come volontario e fondò il partito politico futurista. Negli anni divenne un acceso sostenitore del Fascismo anche se ci fu un periodo di allontanamento dalla vita politica a causa del conflitto tra lui e Mussolini. Dal 1926 però ritornò ad essere uno dei fedelissimi di Mussolini che gli conferì onori ed incarichi prestigiosi (Accademia d'Italia) e, per ricompensare Mussolini, scrisse numerosi romanzi e opere riguardanti il Fascismo (*il manifesto degli intellettuali fascisti*, *spagna veloce* e *toro futurista*).

Marinetti fu contrario all'antisemitismo a tal punto che Mussolini in un discorso disse: «Marinetti la pianta di credere che il regime voglia lo sterminio degli ebrei. Si tenga i suoi amici, i suoi discepoli ebrei. Nessuno li disturberà mai!»¹⁰. Partecipò inoltre alla campagna in Russia e nel 1944 morì a Bellagio, sul lago di Como.

4.6.3.0 Manifesto futurista

Testo pubblicato in anteprima su *Gazzetta dell'Emilia* il 5 febbraio 1909, successivamente riproposto su altri quotidiani e tradotto in francese e inserito in prima pagina su *Le Figaro* il 20

10: *Studi Interculturali*, Gianni Ferracuti, 2/2015

febbraio 1909 con cui raggiunse una fama internazionale.

Già da questo documento, si capisce l'importanza che i futuristi attribuivano alla tecnologia e in particolare alla macchina e alla velocità:

- *«Noi affermiamo che la magnificenza del mondo si è arricchita di una bellezza nuova; la bellezza della velocità. Un automobile da corsa col suo cofano adorno di grossi tubi simili a serpenti dall'alito esplosivo... un automobile ruggente, che sembra correre sulla mitraglia, è più bello della Vittoria di Samotracia.»¹¹*
- *«Noi vogliamo inneggiare all'uomo che tiene il volante, la cui asta ideale attraversa la Terra, lanciata a corsa, essa pure, sul circuito della sua orbita.»¹²*

4.6.4.0 All'Automobile da Corsa - Filippo Tommaso Marinetti

Tratto dalla raccolta Lussuria-Velocità del 1921 questa poesia dal titolo *All'automobile da Corsa* racchiude vari temi come l'innovazione tecnologica, la velocità, il dinamismo e la potenza.

Veemente dio d'una razza d'acciaio,
Automobile **ebbrrrra** di spazio,
che scalpiti e **frrrremi** d'angoscia
rodendo il morso con striduli denti...
Formidabile mostro giapponese,
dagli occhi di fucina,
nutrito di fiamma
e d'olî minerali,
avidio d'orizzonti e di prede siderali...
io scateno il tuo cuore che tonfa diabolicamente,
scateno i tuoi giganteschi pneumatici,
per la danza che tu sai danzare
via per le bianche strade di tutto il mondo!...
Allento finalmente
le tue metalliche redini,
e tu con voluttà ti slanci
nell'Infinito liberatore!
All'abbaiare della tua grande voce

11: *Op. cit 8*

12: *Ibidem*

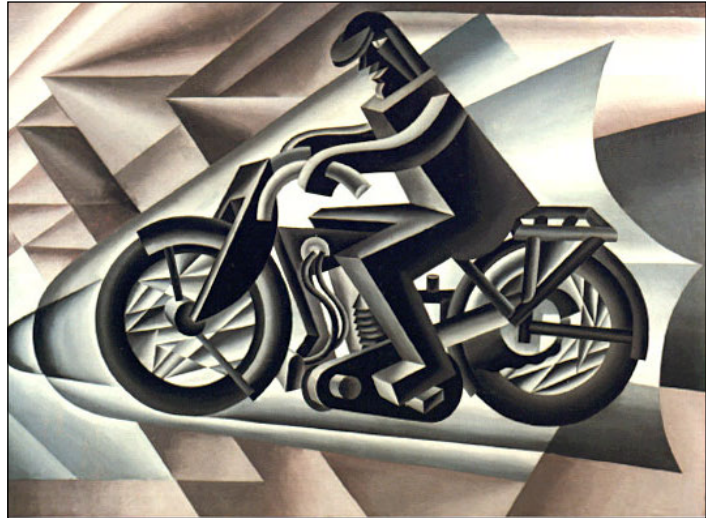
ecco il sol che tramonta inseguirti veloce
accelerando il suo sanguinolento
palpito, all'orizzonte...
Guarda, come galoppa, in fondo ai boschi, laggiù!
Che importa, mio dèmone bello?
Io sono in tua balia!... **Prrrendimi! Prrrendimi!**
Sulla terra assordata, benché tutta vibri
d'echi loquaci;
sotto il cielo accecato, benché folto di stelle,
io vado esasperando la mia febbre
ed il mio desiderio,
scudisciandoli a gran colpi di spada.
E a quando a quando alzo il capo
per sentirmi sul collo
in soffice stretta le braccia
folli del vento, vellutate e freschissime...
Sono tue quelle braccia ammalianti e lontane
che mi attirano, e il vento
non è che il tuo alito d'abisso,
o Infinito senza fondo che con gioia m'assorbi!
Ah! ah! vedo a un tratto mulini
neri, dinoccolati,
che sembran correr su l'ali
di tela vertebrata
come su gambe prolisce...
Ora le montagne già stanno per gettare
sulla mia fuga mantelli di sonnolenta frescura,
là, a quella svolta bieca.
Montagne! Mammut, in mostruosa mandra,
che pesanti trottate, inarcando
le vostre immense groppe,
eccovi superate, eccovi avvolte

dalla grigia matassa delle nebbie!...
E odo il vago echeggiante rumore
che sulle strade stampano
i favolosi stivali da sette leghe
dei vostri piedi colossali...
O montagne dai freschi mantelli turchini!...
O bei fiumi che respirate
beatamente al chiaro di luna!
O tenebrose pianure!... Io vi sorpasso a galoppo
su questo mio mostro impazzito!
Stelle! mie stelle! l'udite
il precipitar dei suoi passi?...
Udite voi la sua voce, cui la collera spacca...
la sua voce scoppiante, che abbaia, che abbaia...
e il tuonar de' suoi ferrei polmoni
crrrrrollanti a **prrrr**ecipizio
inter**rrrr**minabilmente?...
Accetto la sfida, o mie stelle!...
Più presto!... Ancora più presto!...
E senza posa, né riposo!...
Molla i freni! Non puoi?
Schiàntali, dunque,
che il polso del motore centuplichi i tuoi slanci!
Urrrrà! Non più contatti con questa terra immonda!
Io me ne stacco alfine, ed agilmente volo
sull'inebriante fiume degli astri
che si gonfia in piena nel gran letto celeste!

4.6.5.0 L'arte

L'avanguardia del Futurismo, come già detto, influenzò anche l'arte il cui artista Trentino per eccellenza è Fortunato Depero.

Fortunato Depero, nato a Fondo nel 1892 e morto a Rovereto nel 1960, fu uno dei maggiori esponenti del Futurismo nell'arte. Le sue opere infatti riuscirono ad includere molti dei contenuti futuristi come il movimento, la città e la simultaneità. Un'altra particolarità di Depero fu la capacità di realizzare opere che sfruttassero vari campi sensoriali (oltre alla vista), utilizzando materiali come legno, metalli ed altri oggetti, per rendere le sue opere più complesse



Fortunato Depero, *motociclista*, 1923

ed articolate di un normale quadro.

Altri artisti futuristi furono Umberto Boccioni e Gino Severini che contribuirono con numerose opere: *forme uniche nella continuità dello spazio*, *bambina che corre sul balcone*, *la città che sale*, *la danzatrice blu* e *mercurio che passa davanti al sole*.

4.7.0.0 Bibliografia

- *Laboratorio di letteratura 3*, Marta Sambugar e Gabriella Salà, La nuova Italia 2013
- <http://www.treccani.it/enciclopedia/ermes/>
- https://it.wikipedia.org/wiki/Letteratura_futurista
- https://it.wikipedia.org/wiki/Futurismo#Futuristi_italiani
- https://it.wikipedia.org/wiki/Filippo_Tommaso_Marinetti
- http://www.treccani.it/magazine/strumenti/una_poesia_al_giorno/07_15_Marinetti_Fil._Tomm.html
- https://it.wikipedia.org/wiki/Fortunato_Depero
- *La scrittura e l'interpretazione: vol. 3*, A.A.V.V., Palermo, Palumbo, 2003
- *L'uomo e la macchina nella letteratura del Novecento*, A.A.V.V, Istituto Italiano Edizioni Atlas

5.0.0.0 LA MACCHINA NELLA STORIA

La seconda rivoluzione industriale interessò numerosi Stati di tutti i continenti e portò allo sviluppo della catena di montaggio, impiegata per la prima volta nella produzione dell'automobile "Ford model T". I cambiamenti radicali si ripercossero di conseguenza sull'economia e la società, modificandole sia in senso negativo che positivo.

Per questo motivo nei capitoli seguenti abbiamo deciso di analizzare approfonditamente le dinamiche di questi cambiamenti ed in particolare di come l'automobile influenzò e caratterizzò l'economia e la politica delle tre potenze dell'Asse: Italia, Germania e Giappone.

Non tratteremo la catena di montaggio perché è un argomento che sappiamo essere approfondito da altri compagni di classe nelle rispettive tesine. Ciò ci ha portato ad analizzare altri aspetti storici legati all'automobile che in classe non sono stati trattati.

5.1.0.0 Il Giappone

5.1.1.0 La nascita di una potenza

Il Giappone rappresenta una potenza a sviluppo capitalistico ritardato. Questo perché prima del 1858 fu sotto il controllo di un regime feudale, una sorta di "ancien régime" asiatico che impedì qualsiasi scambio economico con gli altri stati.

Con il rinnovamento Meiji (detto restaurazione Meiji) il Giappone intraprese una politica di dirigismo economico e di scambio con altri Paesi specializzandosi nell'economia di trasformazione: si acquistavano materie prime che venivano processate industrialmente per poi essere rivendute. Queste lavorazioni si concentravano solo su pochi prodotti, per lo più tessili e tè.

5.1.2.0 Il "Toyotismo"

Alla fine della Seconda Guerra Mondiale e quindi a seguito dei bombardamenti atomici su Hiroshima e Nagasaki rispettivamente del 6 e del 8 agosto, il Giappone risultò essere uno dei Paesi vinti. Questi due clamorosi eventi ed i danni riportati costrinsero la nazione alla firma della resa agli alleati (Inghilterra, Russia e America) il 2 settembre 1945 nella quale perdeva oltre un terzo della ricchezza nazionale e permetteva inoltre l'occupazione del territorio dagli Stati Uniti d'America. Il Giappone dovette affrontare la sfida di competere con la produzione di massa dei Paesi occidentali utilizzando solamente le poche risorse disponibili.

Fu proprio questo contesto di crisi che permise lo sviluppo del *Toyotismo* (*Toyota Production System*) che in certi aspetti si può considerare l'alternativa alla catena di montaggio di Taylor. L'idea di base può essere riassunta con la frase "fare di più con meno" ossia sfruttare le risorse disponibili nel modo più produttivo possibile in modo da incrementare drasticamente la produttività della fabbrica.

La differenza sostanziale dei due sistemi risiede nella flessibilità di produzione: infatti se da un lato le teorie di Taylor richiedevano all'azienda coinvolta un notevole investimento nell'acquisto di nuovi macchinari necessari alla composizione della linea di montaggio e dedicati al solo compito per cui erano stati progettati, il sistema *Toyota*, una piccola azienda automobilistica i cui macchinari erano vecchi e con quotazioni praticamente nulle sul mercato, permetteva agli industriali di riorganizzare in modo dinamico il sistema produttivo a seconda delle richieste di mercato, programmando costantemente la produzione per evitare la produzione di merce in eccesso.

La novità non era infatti legata all'introduzione in azienda di nuove tecnologie bensì nella riorganizzazione industriale ragionata mirata alla rivalutazione del contributo umano. Mentre per Taylor la figura umana deve svolgere un compito definito, semplice e puramente ripetitivo in un lasso di tempo ridotto, nella logica del toyotismo si attribuisce particolare valore alla flessibilità e all'istruzione dell'individuo, riconoscendo comunque in modo positivo il lavoro di gruppo mirato alla produttività. L'operaio doveva infatti essere in grado di intervenire sulla produzione in modo da modificarne l'andamento, adattandolo quindi alla domanda del mercato.

Altro aspetto fondamentale del *TPS* è l'eliminazione delle giacenze di materiale in fabbrica a favore della produzione "just in time" (letteralmente "appena in tempo") basata sul principio di produrre solamente su diretto ordine. La produzione ha quindi inizio solamente dal momento in cui arriva la richiesta dal cliente e le materie prime vengono acquistate esclusivamente per soddisfare le quantità richieste.

5.1.3.0 Il Kaizen

Un concetto legato al sistema produttivo *Toyota* è quello del *Kaizen* (*KAI* = cambiamento, *ZEN*=migliore) che può essere spiegato come un miglioramento continuo frutto dell'occupazione americana. Alcuni esperti in business management furono infatti commissionati dagli USA per favorire la ricostruzione industriale ed innestare la metodologia del *Training Within Industries*, ideale sviluppatosi dopo la grande depressione (detta anche crisi del '29) che prevedeva un continuo miglioramento del sistema produttivo.



Il *Kaizen* è quindi un compromesso tra cultura occidentale ed orientale in cui la catena di produzione è progettata in base alle esigenze del singolo lavoratore e non dalla quantità minima di produzione giornaliera. E' inoltre presente un utilizzo maggiore dell'automazione in modo tale da ridurre al minimo il lavoro ripetitivo fino ad eliminarlo completamente. Il personale viene continuamente formato attraverso processi di apprendimento dedicati nei quali ciascuna persona viene addestrata ad analizzare criticamente il processo, trovare ed eliminare ogni possibile spreco di materiale o risorse. In fabbrica i lavoratori sono messi sullo stesso piano per quanto riguarda il processo di miglioramento e di gestione della qualità, che si tratti di un amministratore delegato oppure di un semplice addetto alle pulizie.

Un altro mezzo utilizzato sistematicamente in azienda per far sentire importante ogni lavoratore della produzione del successo economico è il sistema dei suggerimenti, creato negli Stati Uniti ed utilizzato durante la seconda guerra mondiale.

5.2.0.0 La Germania

«Con questa macchina, le cui prestazioni la rendono superiore a qualsiasi altra al mondo nella sua classe di prezzo, vogliamo dare al popolo [...] la possibilità di acquisire un bene che fino ad oggi è stato per pochi. Semplificherà l'andare al lavoro, regalerà ristoro e riposo nei fine settimana e nelle vacanze e permetterà al lavoratore [...] di partecipare e godere dei frutti della tecnologia del nostro secolo»¹

1: http://www.repubblica.it/motori/sezioni/classic-cars/2015/05/11/news/hitler_e_la_volkswagen_ecco_tutta_l_incredibile_storia-113460846/

La frase proposta rappresenta uno dei numerosi discorsi dedicati all'automobile da Hitler. Il Führer infatti comprese immediatamente il grande potere propagandistico che era in grado di garantire l'automobile, mezzo simbolo del '900.

Già nel 1925 Adolf Hitler, all'epoca ancora un uomo relativamente poco conosciuto, lesse la biografia di Henry Ford rimanendo affascinato dall'idea di "costruire una macchina per il popolo".

Per questo motivo, alcune delle prime mosse politiche che lo contraddistinsero nel momento della propria ascesa al governo nel 1933 furono proprio l'abolizione della tassa di circolazione sulle vetture nuove, la semplificazione delle procedure per ottenere una patente di guida e l'annuncio di un innovativo piano di sviluppo della rete autostradale. La nuova automobile avrebbe dovuto infatti rafforzare l'immagine della Germania nel mondo e, simbolicamente, trasmettere ai cittadini la sicurezza che il nuovo regime fosse in grado di provvedere ai loro bisogni. Le caratteristiche richieste da questa autovettura erano ferree e definite a tal punto da richiedere numerosi prototipi e test. La nuova macchina tedesca doveva infatti:

- raggiungere una velocità di 100km/h in autostrada;
- percorrere 7 km con un litro di benzina;
- ospitare la tipica famiglia tedesca;
- costare meno di 1000 marchi;

L'incarico venne inizialmente affidato a Ferdinand Porsche in collaborazione con la *RDAl* (*Reichsverband Deutschen Automobil Industrie*) cioè l'associazione tedesca dei costruttori di automobili che fornì un finanziamento per il progetto. Porsche avrebbe dovuto produrre i primi prototipi entro dieci mesi dalla firma del contratto (1934) per poterli presentare al Salone di Berlino che si sarebbe svolto nel 1935.

I prototipi tardarono ad arrivare a causa della difficoltà nel ridurre il costo della vettura rispettando comunque tutte le specifiche richieste. Il primo modello prodotto venne presentato solo il 3 luglio 1935, seguito da altri tre modelli praticamente identici presentati l'anno successivo. Le prime vetture vennero sottoposte a collaudi severi tra cui un test di percorrenza di 50000 km da svolgere in due mesi.

Il modello successivo, la Volkswagen 30, venne prodotto in trenta esemplari dalla Daimler-Benz e venne sottoposto a prove ancora più rigide di quelle delle precedenti vetture. A fine 1937 si calcola che questa vettura abbia percorso addirittura 2.400.000 km, affermando in modo indiscutibile la affidabilità e la robustezza del marchio.

L'anno successivo iniziò la costruzione dello stabilimento di produzione, distante pochi chilometri da Hannover. Nei dintorni della fabbrica venne costruita una città per garantire alla direzione il controllo del dopolavoro degli operai. Alla fine del 1938 i clienti che ordinarono e pagarono in anticipo una Volkswagen senza però riceverla furono moltissimi.

La produzione del Maggiolino iniziò infatti nel 1940 come versione modificata per uso militare grazie a vari potenziamenti al motore che permettevano l'impiego della vettura nei fuori strada. Durante la seconda guerra mondiale la fabbrica Volkswagen produrrà molti mezzi ma nessuno di questi destinato al popolo.

A fine guerra, il 10 aprile 1945 le truppe americane arrivarono nella città della Volkswagen (ribattezzata successivamente Wolfsburg) che risultava essere stata praticamente rasa al suolo

dai bombardamenti. Gli inglesi, incaricati della gestione della Germania con le altre potenze vincitrici, assunsero la direzione della fabbrica intraprendendo un processo di ricostruzione rapida.

La produzione riprese infatti l'anno stesso e si stabilizzò su circa mille vetture al mese. La gestione degli alleati proseguì fino al 1948, momento in cui venne ceduta a Heinz Nordoff, ex oppositore di Porsche; non senza difficoltà di scelta visto che gran parte dei candidati erano caduti in guerra o erano stati compromessi dal passato nazista. Da questo momento la storia della Volkswagen è sempre stata di crescita, fino ad arrivare nel 1950 all'esportazione dei primi esemplari negli Stati Uniti. Il Maggiolino



Magazzino automatizzato Volkswagen

divenne quindi il simbolo del miracolo economico di un Paese che era in grado di risollevarsi e diventare nuovamente una potenza, dapprima industriale e poi finanziaria.

Ovunque il Maggiolino divenne un simbolo della generazione Hippy. La storia fiorente è proseguita fino al giorno d'oggi, in cui lo scandalo legato all'inquinamento ha contribuito a incrinare la reputazione della Volkswagen, passata da "auto simbolo" ad "auto scandalo".

In ogni caso, degno di nota è il magazzino di Wolfsburg alto svariati piani e completamente automatizzato dove le auto vengono prelevate da un braccio robotico collocato al centro di un edificio.

5.3.0.0 Italia

La storia economica dell'Italia è identificabile con la storia della Fiat, fondata nel 1899 a Torino per assecondare la volontà di alcuni aristocratici, imprenditori e professionisti guidati da Giovanni Agnelli di avviare una fabbrica per la produzione di automobili. E' interessante notare che tra i fondatori storici della Fiat vi furono anche i creatori dell'*ACI* (Automobile Club Italia).

Inizialmente la produzione della Fiat fu piuttosto varia e spaziò dagli autocarri ai mezzi marini, dai motori per l'aviazione agli autobus. Le vetture si imposero immediatamente sul mercato nazionale, internazionale e nelle gare automobilistiche (primo pilota Fiat fu Felice Nazzaro che vinse il primo Giro d'Italia in Automobile il 1901).

La crescita dei titoli automobilistici negli anni seguenti fu molto forte, fino ad arrivare all'improvviso crollo del 1907 in cui una profonda crisi economica sconvolse e costrinse alla chiusura svariate case automobilistiche, da cui però la Fiat sembrò trarre un vantaggio enorme. Questo, insieme ad altri episodi particolari, portarono Agnelli e i suoi soci a venire denunciati per illecita coalizione, falsificazione dei bilanci e aggio², accuse dalle quali vennero successivamente sollevati.

2: «Reato commesso da chiunque diffonde notizie false, ovvero pone in essere operazioni simulate o altri artifici concretamente idonei a provocare una sensibile alterazione del prezzo di merci o di strumenti finanziari o a incidere in modo significativo sull'affidamento che il pubblico ripone nella stabilità patrimoniale di banche o di gruppi finanziari.» da [http://www.treccani.it/enciclopedia/aggiotaggio_\(Dizionario-di-Economia-e-Finanza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/aggiotaggio_(Dizionario-di-Economia-e-Finanza)/)

Importante fu per la Fiat la parziale introduzione del sistema di produzione sviluppato da Taylor che portò l'azienda ad un aumento della qualità dovuta alla vendita sul mercato della prima utilitaria prodotta in serie: la Fiat tipo "zero". Già nel 1914 la produzione rappresentava circa il 50% dei veicoli fabbricati in Italia. La decisione di «fare come il Ford» presa a seguito di una visita negli Stati Uniti di Agnelli fu un fattore importante che permise all'azienda di raggiungere tale predominio.

Con l'avvento del primo conflitto mondiale la produzione della casa torinese quintuplicò la produzione soprattutto grazie alle commesse militari (in questa fase vennero difatti prodotti mezzi per l'esercito, mitragliatrici e motori avionici). La legislazione di guerra prevedeva la militarizzazione della produzione ed in questa fase venne scoperto anche l'enorme potenziale dell'auto nel trasporto di merci e uomini. «Entrando alla Fiat gli operai devono dimenticare in modo più assoluto di essere uomini per rassegnarsi ad essere considerati come utensili»³.

Alla fine della guerra Agnelli, come molti altri imprenditori ed industriali del tempo, decise di supportare il fascismo a fronte dell'instabilità politica e delle forti proteste che portarono all'occupazione da parte dei lavoratori degli stabilimenti di produzione (il "biennio rosso", 1919-20). Sia Agnelli che Mussolini erano consapevoli della necessità di mantenere unito il potere politico ed economico e proprio per questo motivo si stabilì un clima di "reciproca cortesia" tra le due figure nel momento in cui Mussolini arrivò al governo, portando il governo fascista a prendere alcuni provvedimenti a favore degli industriali tra cui la nomina di senatore di Agnelli (già attesa senza risultato dal governo Giolitti). Reciprocamente il neo senatore contribuì ad epurare la Fiat dagli ultimi sindacalisti non fascisti e a cessare le polemiche giornalistiche de "La Stampa", accentuate dopo il delitto Matteotti.

Agnelli non si iscrisse volontariamente al partito ma la tessera gli fu concessa ad honoris causa. La politica di riarmo fascista e il protezionismo contribuirono inoltre all'arricchimento dell'azienda Torinese che creò una macchina ad hoc per il popolo italiano: la Balilla.

La crisi di Wallstreet del '29 portò alla chiusura di varie aziende italiane che vennero assorbite dalla Fiat. Importante fu l'apertura dello stabilimento Mirafiori nel 1939.

La produzione civile subì un nuovo rallentamento il 10 giugno 1940 con l'ingresso dell'Italia nel secondo conflitto mondiale, assegnando infatti la priorità alla produzione bellica. Nel 1943 il Duce chiese alla casa automobilistica di produrre una vettura che uguagliasse per imponenza e stile le Mercedes che utilizzava Hitler durante le proprio parate oceaniche. La azienda iniziò dunque la produzione della Fiat 2800 presidenziale, di cui oggi ne sono rimasti solo tre esemplari.

Durante l'epurazione del 1945, Agnelli affermò che la tessera fascista era stata per lui «una croce da accettare», dimostrando che l'unico interesse che lo spinse ad investire nel fascismo fu il benessere della propria azienda. Importante fu anche il supporto fornito a diversi settori della Resistenza (mantenendo sempre rapporti con la nuova Repubblica di Salò e con gli occupanti tedeschi) coincidendo con il motto «con chiunque, purché questo coincida col bene "dell'universo" (della Fiat)». Negli anni successivi la Fiat estese la produzione fino ad ulteriori Paesi esteri e fu protagonista della motorizzazione di massa, anche grazie allo sviluppo della Fiat "600" e "500".

3: pag. 81, Vittorio Castronovo, Giovanni Agnelli, Einaudi 1977 (22 marzo 1916).

5.4.0.0 Bibliografia

- Il segno della storia, Il Novecento e il mondo contemporaneo, De Luna, Meriggi, Paravia 20125
 - http://www.repubblica.it/motori/sezioni/classic-cars/2015/05/11/news/hitler_e_la_volkswagen_ecco_tutta_l_incredibile_storia-113460846/
 - <http://www.webalice.it/mor.alessio/kdf.pdf>
 - <http://www00.unibg.it/dati/corsi/88003/44924-il%20%20sistema%20toyota.pdf>
 - <http://giorgiosonnante.altervista.org/index.php/percorsi/164-rivoluzioni-industriali/453-toyotismo.html>

6.0.0.0 APPLICAZIONI DELLA MATEMATICA IN AMBITO TECNICO

6.1.0.0 Introduzione

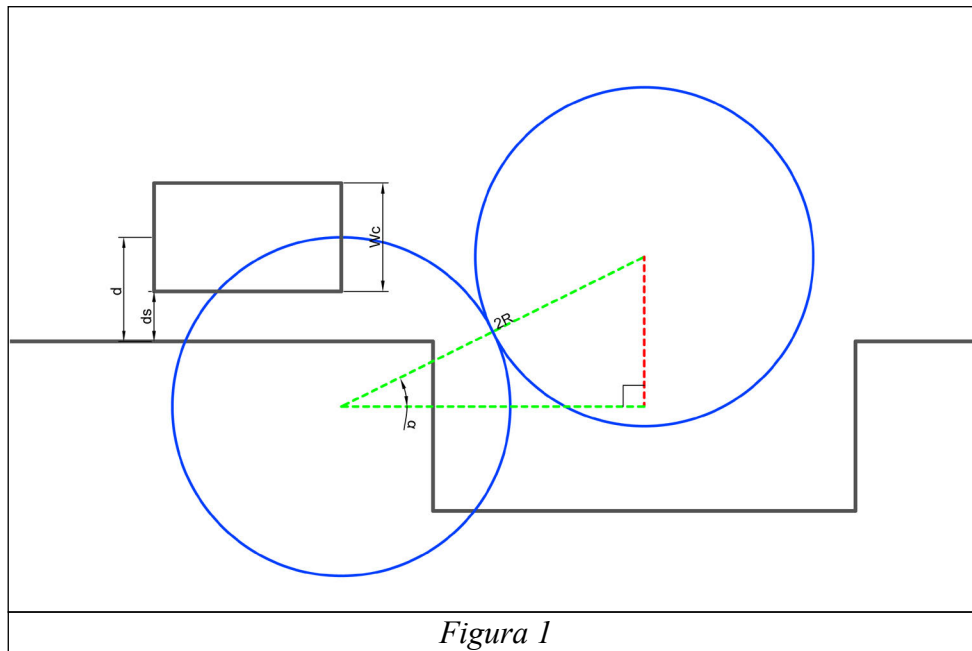
Il parcheggio a nastro o parallelo è considerato da molte persone la manovra più difficile da eseguire in quanto è dapprima necessario valutare la lunghezza del posteggio e successivamente in quali momenti sterzare o controsterzare. I rischi principali in una manovra di parcheggio simile sono quello di urtare la vettura posta anteriormente al parcheggio nel momento in cui si va a controsterzare oppure quello di urtare le vetture poste nelle vicinanze del posteggio nello svolgimento delle manovre finali di posizionamento centrale al posto auto del veicolo. Nel caso la manovra non venga svolta correttamente è possibile che la macchina sia posizionata troppo esterna o troppo interna al parcheggio, rischiando sia di ostruire la normale circolazione su strada sia di danneggiare pneumatici e carrozzeria in un eventuale collisione con un ostacolo posizionato ai bordi del parcheggio (marciapiede). la concomitanza di questi ed altri motivi portano alla necessità di insegnare e verificare l'apprendimento delle procedure per il parcheggio in parallelo per conseguire la patente B, approfondendo sia l'aspetto teorico che quello pratico.

Esistono varie tecniche per eseguire un parcheggio in parallelo ma quella utilizzata comunemente è quella descritta nelle righe seguenti: dopo aver individuato il parcheggio la macchina deve accostarsi alla vettura posteggiata successivamente al posteggio libero. A questo punto si inserisce la retromarcia e si incomincia a sterzare fino a che la macchina non si trova quasi completamente all'interno del parcheggio, quindi è sufficiente controsterzare per raddrizzare il veicolo. Una volta allineati con le altre macchine è dunque possibile posizionare la vettura al centro del parcheggio. Anche se all'apparenza può sembrare una manovra facile, risulta difficile la scelta dei momenti esatti in cui incominciare a sterzare e controsterzare.

Nel nostro progetto ci siamo affidati a questa tecnica di parcheggio sfruttando alcuni procedimenti per effettuarla con precisione ed in assoluta sicurezza. In questo modo si può eseguire una manovra di parcheggio in spazi ridotti, ottimizzando lo spazio utilizzato e riducendo al minimo i rischi di urto.

6.2.0.0 Procedura di parcheggio

Per prima cosa è necessario stabilire in che modo si svolgerà la manovra. Dopo alcuni tentativi abbiamo determinato che la manovra più efficiente consiste nel girare completamente le ruote verso il lato destro e successivamente ruotarle nuovamente in modo completo nel verso opposto.



I dati di partenza a disposizione sono quelli reali del progetto:

- R (raggio di sterzata) = 65 cm
- W_c (larghezza veicolo) = 33 cm
- d_s (distanza veicolo dalla vettura parcheggiata) = misurata con l'utilizzo di un sensore ad ultrasuoni collocato a lato veicolo;

Si procede quindi con il calcolo di d che ci permetterà di semplificare il nostro veicolo in un oggetto teoricamente privo di larghezza. Tale misura corrisponderà alla distanza dall'altro mezzo sommata a metà della larghezza dell'auto.

$$d = d_s + \frac{W_c}{2}$$

Successivamente si calcola l'angolo α che si forma tra la retta che unisce i centri delle due circonferenze tangenti e la retta passante per il centro della prima circonferenza parallela al parcheggio.

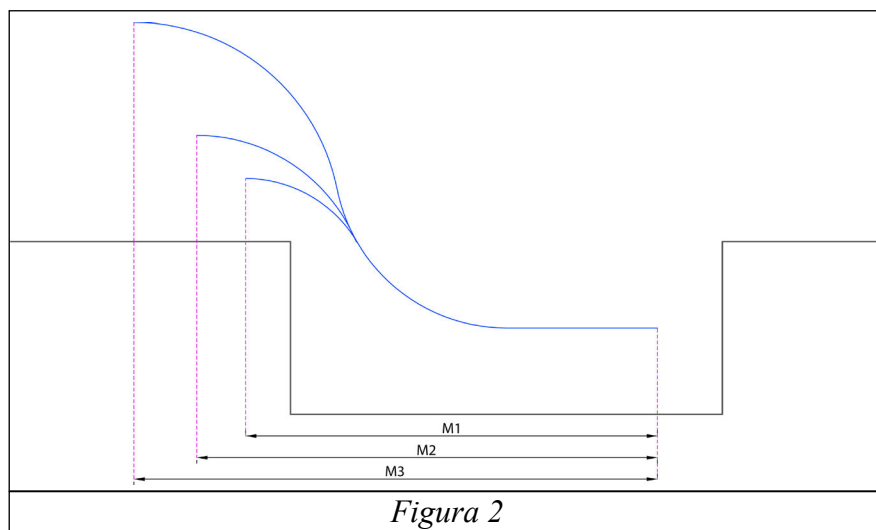
$$\alpha = \sin^{-1} \left[\frac{2R \left(\frac{W_c}{2} \right) d}{2R} \right]$$

Proseguiamo quindi con il calcolo del coseno dell'angolo (l'altro cateto) che corrisponde al

tratto (in linea d'aria) tra la posizione in cui la macchina sterzerà e dove la stessa terminerà la fase di posteggio (senza tenere conto degli spazi aggiuntivi di sicurezza).

$$N = 2R \cos(\alpha)$$

$$M = N + P_d$$

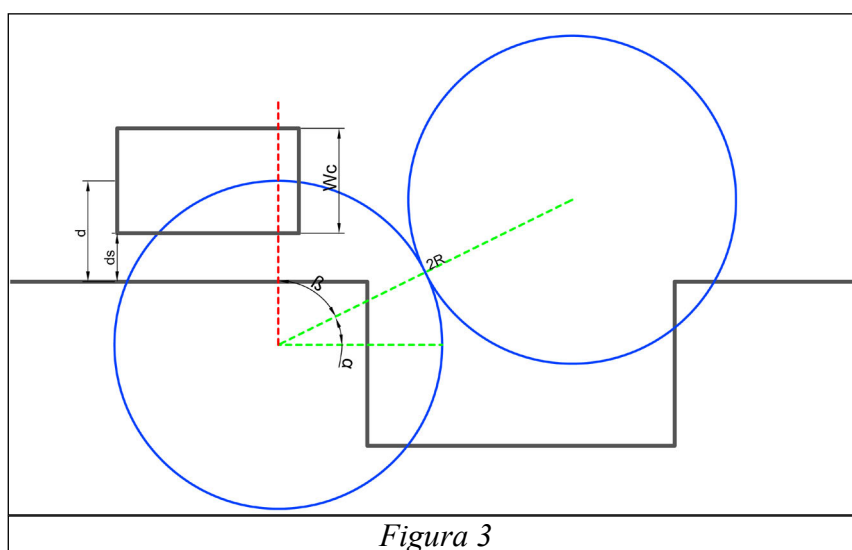


Si può facilmente notare che questi valori variano a seconda della distanza dal veicolo parcheggiato e quindi la manovra inizierà con più o meno anticipo a seconda dei vari casi. Ciò garantisce una certa flessibilità durante la fase di avvicinamento parallelo (rif. *Figura 2*).

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

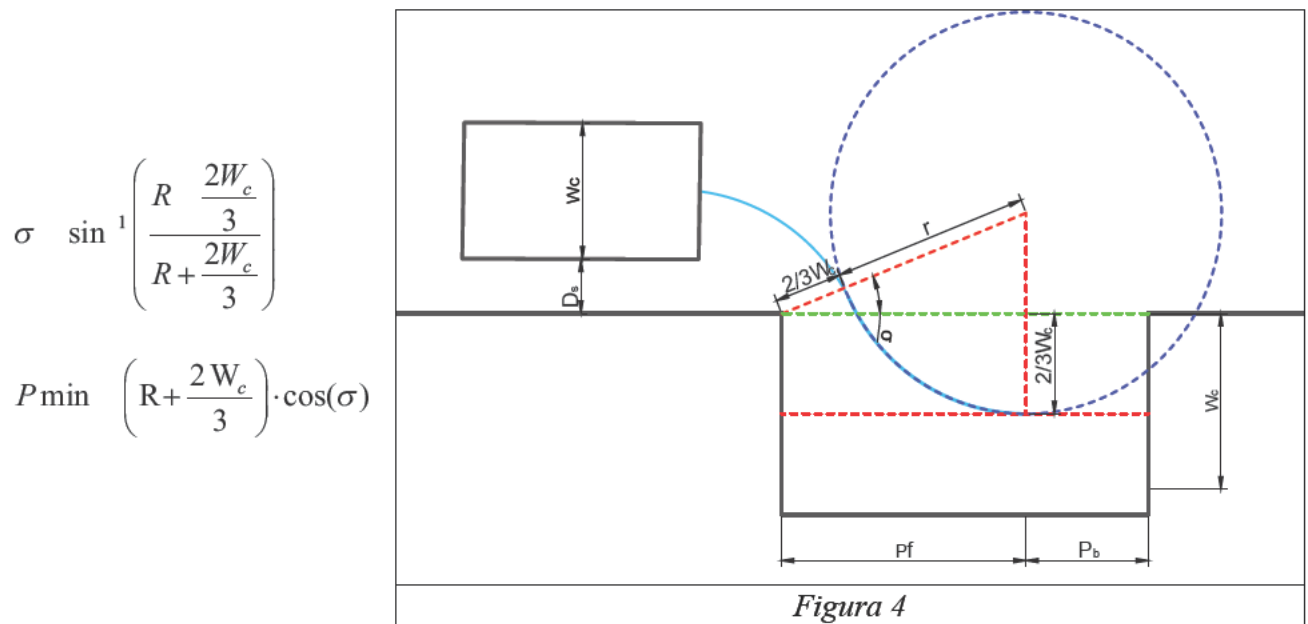
$$\hat{E} = 2\pi R \cdot \frac{\beta}{360}$$

I calcoli proseguono ricavando l'angolo β , l'angolo complementare ad α (*Figura 3*). Grazie a questo valore saremo in grado di determinare con una proporzione la lunghezza da percorrere con le ruote sterzate completamente verso destra.



Supponendo che i due raggi di sterzata coincidano, sappiamo che la stessa distanza sarà percorsa dalla macchina con le ruote sterzate in direzione opposta.

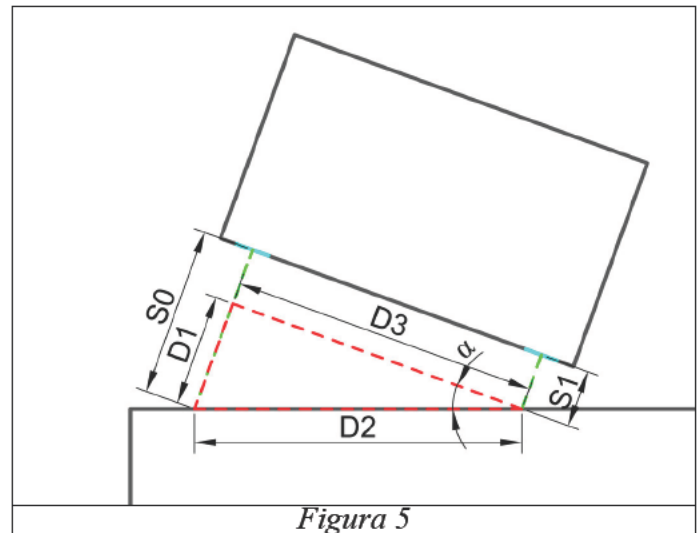
Inoltre è possibile calcolare la lunghezza minima necessaria a parcheggiare il veicolo utilizzando analogamente i principi trigonometrici, come mostrato in figura 4.



6.3.0.0 Assistente per avvicinamento parallelo

Oltre alle procedure di automazione della fase di parcheggio, abbiamo agevolato anche la manovra precedente che vede il guidatore a dover guidare parallelamente alle altre macchine parcheggiate, il più vicino possibile per poter ridurre lo spazio necessario.

La centralina, sfruttando i due sensori montati a lato macchina, misura l'angolo di inclinazione tra i veicoli parcheggiati (o comunque l'ostacolo che delimita il parcheggio) e la vettura stessa. Successivamente provvede ad inviare un messaggio alla centralina sterzo



contenente l'angolo di sterzata per correggere la posizione.

I dati iniziali utilizzati sono:

- Distanza dal veicolo misurata dal sensore 0 (S0);
- Distanza dal veicolo misurata dal sensore 1 (S1);
- Distanza tra i due sensori (D3);

Da questi si costruisce un triangolo rettangolo con ipotenusa parallela all'ipotetico veicolo parcheggiato. La lunghezza del cateto D1 sarà pari al modulo della distanza misurata da S1 sottratta a quella misurata da S0:

$$D1 \quad |S_0 \quad S_1|$$

D3 sarà una distanza fissa relativa alla posizione dei due sensori di misura. Avendo questi dati è quindi possibile calcolare la lunghezza dell'ipotenusa sfruttando il teorema di Pitagora:

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 + D_3^2}$$

Successivamente calcoliamo l'angolo α , il cui seno sappiamo essere legato trigonometricamente dal rapporto tra il cateto e l'ipotenusa. Sfruttando la funzione inversa otterremo l'angolo α . Tale misura verrà aggiunta o sottratta a seconda se $S1 > S0$ o viceversa all'angolo di sterzata impostato dall'utente, permettendo alla macchina di raddrizzarsi autonomamente.

$$\sin(\alpha) = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{D_1}{D_2}\right)$$

6.4.0.0 Bibliografia

- *Parking Path Programming Strategy for Automatic Parking System*, Jian-Min Wang, Sen-Tung Wu, Chao-Wei Ke, Bo-Kai Tzeng, *Vehicle Engineering (VE)*, volume 1 (giornale). Scaricabile da: www.seipub.org/VE/Download.aspx?ID=6647



QR code per scaricare il file.

- *Matematica verde*, Massimo Bergamini, Anna Trifone e Graziella Barozzi, Zanichelli, gennaio 2013.

7.0.0.0 ENGLISH

7.1.0.0 Cars

7.1.1.0 Differences between types of cars

On the market there are many types of cars which differ mainly by the energy source used, for example we *can* have machines that use petrol, gasoline fuel or even electric batteries to work. In fact the consumer needs to make the choice considering the distance that covers every day and the type of roads that he/she usually travels.

There are lot of differences between normal cars and electric cars. Basically a conventional car has the following elements:

- a tank of fuel for combustible substance that provides the energy the machine needs;
- the engine, which transforms chemical energy in mechanical energy;
- the transmission system that transfers the mechanical energy from the engine to the wheels and helps to keep the stability of the car adjusting the speed of each wheel.

In this kind of car there is also a battery but it's simply used to start the engine electrically and feed the dashboard. Oppositely electric car uses electricity to make the vehicle move, without needing of a fuel tank and the transmission system too.

There is a smart combination of the traditional and the electric car: the hybrid car. It has a small petrol engine and also a power battery. The electric motor works at low speeds and permits high accelerations while the traditional motor starts working when the velocity is higher or the battery needs to be recharged through the alternator. Moreover lately it has been developed a technology called “regenerative braking” that consists in the recovering the braking energy, which is used to recharge the battery and allows a longer time of use of the machine.

Other kinds of cars that are still in development are for example solar cars and fuel cell cars. The solar car transforms the energy of the sun in electric power with the help of solar panels and therefore in mechanical power to the wheels to make the car move. However nowadays solar panels are not able to produce enough power to guarantee a full functional car. The fuel cell car has got the same problem but instead it uses a different method to create energy, that is practically the transformation of oxygen and hydrogen into water and energy.

The fuel cell cars are more dangerous than other types of cars because of the hydrogen is an extremely flammable substance. Another problems of those cars are that the fuel stations around the world that have hydrogen pumps are really rare and the production of this gas may result more expensive than petrol (using electrolysis for example).

7.1.2.0 Advantages and disadvantages

The electric car brings a lot of advantages. First of all these cars don't create noise because they use electric engines that don't need an explosion to generate energy. Moreover the electric car doesn't create pollution, greenhouse gases and other type of polluting substances simply because it doesn't need to burn oils. Furthermore the electric motor doesn't need to work also when the car is halted because it *can* simply be detached from the energy source .

However there are some disadvantages like the battery troubles: a battery charge is way shorter than a full tank petrol range and the standard recharge *cycle* may take more than 8 hour. Moreover, like the fuel cell powered cars, there aren't a lot of power stations in most countries where it's possible to recharge the battery. For these reasons electric cars aren't suitable for long travel, they are perfect for city uses yet.

At last there is the problem about the exhausted batteries, that need expensive and long processes to be eliminated in safety.

Moreover batteries have a relatively short life (8 years) and the price is quite high.

7.2.0.0 Motors

There are lots of electric motors, but all of them work with the same principle: the transformation of electrical energy in to mechanical energy through the magnetic force. The motor is made of two different parts: the rotor and the stator. The rotor is fixed to the axle and it rotates inside the stator to deliver mechanical energy. There are many types of electric motors because some of them could be used with AC current and other need DC current.

7.2.1.0 AC Motors

The AC motors were developed in the 20th century, when the alternating current became available in the cities. This type of motor has a simpler technology compared to a DC motor because the current changes naturally its direction therefore there is no need to use brushes or commutators, making it more convenient.

The AC induction motor is used in some house appliances like washing machines and has the power wires connected with the main while the rotor is an electromagnet. The rotor moves quickly and creates mechanical energy. The speed of the motor depends on the frequency of the current: higher frequency means higher speed.

The three-phase AC motor is similar but it's often used in heavy work machines because it *can* provide a higher mechanical torque. The synchronous AC motor is similar to the AC inductor motor but is more complex because it can reach very high speed (with low torque). This motor is often used in CDs players, clocks and computer hard drives.

7.2.2.0 DC Motors

The DC brush motor was the first electric motor ever invented and it's still used in many appliances for its high torque at low speed (useful for locomotives) and its high adaptivity to different speed-torque combinations.

However the DC brush motor needs a devices that allows the current direction to change to work correctly, so those motors have always an internal commutator that permits to change continually the direction of the current and keep the rotor turning. The commutator uses brushes to make contact with the rotor. Brush motors are not much used today because the brushes create sparks that are dangerous in certain environments and because after some years the brushes have to be replaced.

For these reasons it has been developed the brushless DC motor, that uses an electronic integrated switching circuit to change the direction of the electric current.

7.2.3.0 Other types of motors

There are many other types of motors that have developed from the AC and DC motors

and are used in particular applications.

For example the hub motor is built into the center of the wheel and uses the rotor to turn the wheel directly without needing an axle. This type of motor is used for example to make electric bicycle work.

Another different type is the universal motor, that has the particularity of being able to work with both DC and AC current with high starting torque and high speed. This one is increasingly used in portable tools and even more in domestic appliances like vacuum cleaners and hair dryers where high speed and light weight are desirable.

The stepper motor is an another typology of motor that is used mainly in robot and industrial appliances because it allows to control the movement of the axle through a series of precise and really small steps that are defined by a known angle value. Therefore we *can* control the step sequence by a computer or a micro controller to make the axle move in determined ways and modality:

- wave drive: only a single phase is activated at a time;
- full step drive: two phases are activated at one to provide the maximum torque available;
- half stepping: the drive alternates between "two phase on" and "single phase on" to increase the angular resolution;
- micro stepping: similar to half stepping control but with power management to every single phase (*PWM*).

7.3.0.0 Bibliografia

- English for new technology- Electricity, Electronics, IT & Telecoms, O'Malley, 2012, Pearson
- https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor
- https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor#Phase_current_waveforms

8.0.0.0 RINGRAZIAMENTI

A conclusione del nostro lavoro, è doveroso ringraziare tutti coloro che hanno contribuito a rendere questo progetto concreto. In primis vogliamo ringraziare tutti i professori che ci hanno accompagnato nel triennio permettendoci di raggiungere le conoscenze di base utili poi per approfondire autonomamente gli argomenti di interesse principale. In particolare coloro che ci hanno aiutato nella correzione delle bozze della parte scritta e nella risoluzione di alcuni problemi pratici.

Vogliamo poi dedicare un ringraziamento speciale a tutte le persone che hanno contribuito alla lavorazione meccanica della tesina. Grazie a Luigino Betta che ci ha fornito i dischi magnetici per gli encoder, il supporto per il motore, e i supporti per i sensori ad ultrasuoni. Grazie a Silvio Zambaldi che ci ha dedicato molto tempo libero nel tentativo di far funzionare il riduttore switching, per spiegarci come dimensionarne uno adatto alle nostre esigenze e per realizzare il circuito con il sensore ad effetto hall per realizzare l'encoder. Grazie anche a Giorgio Andreolli e Vittorio Zeni che ci hanno fornito e piegato, dopo aver fornito loro le opportune quote, il piano in Lexan, il supporto per la batteria e un primo telaio della macchina. Un ringraziamento va anche a Luigino, papà di Simone, che ha aiutato nella realizzazione del telecomando e dei supporti per il Lexan mettendo a nostra disposizione la sua officina.

Ultimo, ma non per importanza, è Mauro Laurenti dal sito www.laurtec.it da cui abbiamo scaricato le librerie, varia documentazione utilissima e che abbiamo potuto contattare via forum per chiedere alcuni consigli sull'utilizzo del *Can* ricevendo sempre una risposta puntuale e precisa.

Ringraziamo poi tutti i conoscenti e non che hanno compilato il questionario, dedicandoci dieci minuti del loro tempo.

In conclusione dobbiamo ringraziare tutti coloro che non hanno creduto nella possibilità di realizzare un progetto simile. È grazie a loro se nei momenti in cui nulla sembrava funzionare non abbiamo gettato la spugna, trascorrendo varie serate svegli fino a tardi spinti dal desiderio di poter dire loro di esserci riusciti.

Grazie a tutti,

Massimo Clementi, Gianlorenzo Moser, Simone Righetti.

9.0.0.0 GLOSSARIO ACRONIMI

- *ADC*: Analog to Digital Converter, convertitore analogico digitale.
- *ALU*: Arithmetic Logic Unit, unità aritmetica-logica. Componente fondamentale per un microprocessore o microcontrollore. L'*alu* normalmente svolge operazioni aritmetiche su numeri interi (somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione) e operazioni logiche (AND, OR, XOR, ...).
- *CAN*: Controller Area Network. Sistema di comunicazione creato dalla Robert Bosch GmbH, nato inizialmente per l'utilizzo sulle automobili.
- *CCP*: Capture Compare *Pwm*. Modulo dei PIC18 che permette di generare un segnale *PWM*, misurare la frequenza di un segnale, misurare la durata di un impulso, generare un impulso di durata stabilita, ecc...
- *CISC*: Complex Instruction Set Computer, architettura per microprocessori formata da un set di istruzioni in grado di svolgere compiti complessi.
- *CPU*: Central Processing Unit, unità di elaborazione centrale. Processore digitale che sovrintende a tutte le funzionalità di un computer o di un microcontrollore.
- *CSMA -CD*: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, accesso multiplo con rilevamento delle collisioni. Il protocollo permette di trasmettere un messaggio rilevando durante la trasmissione se rileva collisioni.
- *DAC*: Digital to Analog Converter, convertitore digitale analogico. Permette di trasformare un segnale digitale di n-bit in un segnale analogico.
- *DLC*: *Data Length Code*, codice di lunghezza dati;
- *ECCP*: Enhanced Capture, Compare, and *PWM*;
- *ECM*: Engine Control Module, abbreviazione per la centralina motore
- *ECU*: Electronic Control Unit, unità di controllo elettronico. Nome generico per definire una centralina.
- *EPS*: Electronic Power Steering, sterzo elettronico di potenza.
- Hz: Hertz, unità di misura del Sistema Internazionale per la misura della frequenza.
- *ID*: Identifier, identificatore.
- *I/O*: Input/Output, utilizzato per indicare una porta generica di un PIC
- *ISR*: Interrupt Service Routine, gestore di interrupt. Routine attivata dal momento in cui si verifica un interrupt.
- *LCD*: Liquid Crystal Display, display a cristalli liquidi.
- *LDO*: Low DropOut, regolatore con bassa caduta di tensione.
- *LSB*: Least Significant Bit, bit meno significativo di un numero.
- *PCM*: Powertrain Control Module, centralina motore.
- *PWM*: Pulse With Modulation, modulazione di larghezza di impulso. Modulazione digitale

che permette di variare la tensione media in rapporto alla durata del tempo in stato alto e quello in stato basso (*duty cycle*).

- *RISC*: Reduced Instruction Set Computing, architettura a microprocessore che predilige lo sviluppo di un sistema semplice e lineare. Questo sistema è in grado di compiere un set ridotto di istruzioni favorendone la velocità
- *RTR*: Remote Transmission Request, richiesta di trasmissione remota. Bit trasmesso in un messaggio *Can Bus*.
- *SAR*: Successive Approximation Register, registro ad approssimazioni successive. Utilizzato nell'*Adc* dei pic della nostra tesina.
- *SMD*: Surface Mount Device, componenti a montaggio superficiale.
- *TDMA*: Time Division Multiplexer Access, accesso multiplo a divisione di tempo.
- *THT*: Through Hole Technology, tecnologia di costruzione per i circuiti stampati. Generalmente utilizzata per indicare dei componenti a montaggio attraverso foro.
- *TPS*: *Toyota Production System*.