

Indice

Introduzione	5
1 MG0611	7
1.1 <i>Centraline</i>	10
1.1.1 <i>ECU</i>	10
1.1.2 <i>GCU</i>	11
1.2 <i>Sensori</i>	11
1.2.1 <i>Sensori di temperatura</i>	11
1.2.1.1 <i>ECT</i>	13
1.2.1.2 <i>IAT</i>	13
1.2.1.3 <i>Oil Temperature</i>	14
1.2.2 <i>Sensori di pressione</i>	14
1.2.2.1 <i>MAP</i>	14
1.2.2.2 <i>Fuel pressure</i>	15
1.2.2.3 <i>Brake pressure</i>	15
1.2.2.4 <i>Oil pressure</i>	15
1.2.3 <i>Sensori di posizione</i>	15
1.2.3.1 <i>CKP</i>	16
1.2.3.2 <i>CMP</i>	16
1.2.3.3 <i>VS sensor</i>	16
1.2.3.4 <i>Traction control</i>	17
1.2.3.5 <i>TPS</i>	17
1.2.4 <i>EGCV</i>	17
1.3 <i>Attuatori</i>	18
1.3.1 <i>Coil & Spark Plug</i>	18
1.3.2 <i>Injection</i>	19
1.3.3 <i>Pneumatic shift</i>	20
1.3.4 <i>Variable intake geometry</i>	20

1.4	<i>Dashboard</i>	21
1.4.1	<i>Display</i>	21
1.4.2	<i>Switch</i>	21
1.4.3	<i>Steering wheel</i>	22
1.5	<i>Battery</i>	23
1.6	<i>Rectifier/Regulator</i>	23
1.7	<i>Wiring</i>	23
2	Innovazioni e strategie	27
2.1	<i>Comunicazione</i>	27
2.2	<i>Acquisizione segnali</i>	28
2.2.1	<i>MD3 EVO</i>	29
2.2.2	<i>Setup MD3 EVO</i>	30
2.2.3	<i>Download dati</i>	33
2.2.4	<i>Visualizzazione segnali</i>	35
2.3	<i>Calibrazione sensori</i>	38
2.4	<i>Mappatura centraline</i>	42
2.4.1	<i>ECU</i>	46
2.4.1.1	<i>Banco prova</i>	47
2.4.1.2	<i>Test su pista</i>	47
2.4.2	<i>GCU</i>	47
2.5	<i>Geometria variabile e cambio automatico</i>	48
2.5.1	<i>Geometria variabile</i>	48
2.5.2	<i>Cambio automatico</i>	49
2.6	<i>Traction Control</i>	50
3	Esperienze personali	51
3.1	<i>Posizionamento</i>	51
3.2	<i>Crimpatura</i>	52
3.3	<i>Connettori Super Seal</i>	53
3.4	<i>Cablaggio</i>	54
3.5	<i>Considerazioni mappe</i>	54
3.6	<i>Calibrazione sensori</i>	57
3.7	<i>Cost Report</i>	58
4	Verifica di problemi	63
4.1	<i>Problemi di temperatura</i>	63

<i>INDICE</i>	3
4.2 <i>Problemi di frenata</i>	64
4.3 <i>Pompa benzina</i>	65
Conclusione	67
Bibliografia	69

Introduzione

In questo elaborato si cercherà di relazionare il lavoro progettuale e pratico, svolto per determinare la configurazione del cablaggio e dei componenti elettronici, nella vettura per la competizione di Formula SAE dell'università di Padova per la stagione 2011.

In particolare verranno spiegate le varie tipologie di sensori presenti nel blocco motore e nella macchina per l'acquisizione dei dati di interesse. Verrà proposta una visione d'insieme degli strumenti utilizzati con particolare attenzione sul posizionamento dei componenti e sull'uso dei programmi per interfacciarsi alle centraline ed al datalogger dell'azienda GET. Si parlerà inoltre delle innovazioni apportate alla vettura ed alle strategie utilizzate per prepararsi alla competizione della Formula SAE. Infine verranno analizzati alcuni problemi sorti durante la stagione e la soluzione apportata.

La Formula SAE è una competizione per studenti di tutto il mondo dove si cerca di concepire, progettare, realizzare e far gareggiare una vettura monoposto da corsa. La vettura deve rispondere a requisiti di performance, affidabilità, sicurezza ed economicità di costruzione e mantenimento. Esistono restrizioni sul telaio, sul motore e su numerosi altri aspetti della vettura affinché la conoscenza, la creatività e l'immaginazione degli studenti siano messe alla prova.

Per quanto concerne l'apparato elettrico vengono definite poche ma essenziali regole. Tra le quali devono essere installati tre interruttori che riescano a spegnere completamente la macchina. Inoltre la batteria deve essere fissata in modo sicuro al corpo della macchina.

Capitolo 1

MG0611



Figura 1.1: Team e vettura 2011

La macchina progettata dal team quest'anno è stata battezzata MG0611. I lavori sono durati otto mesi, la macchina è stata costruita da zero per poter apportare le modifiche e i miglioramenti acquisiti durante i precedenti anni. La presentazione ufficiale si è svolta nel palazzo del Bo a Padova il 10 giugno 2011.

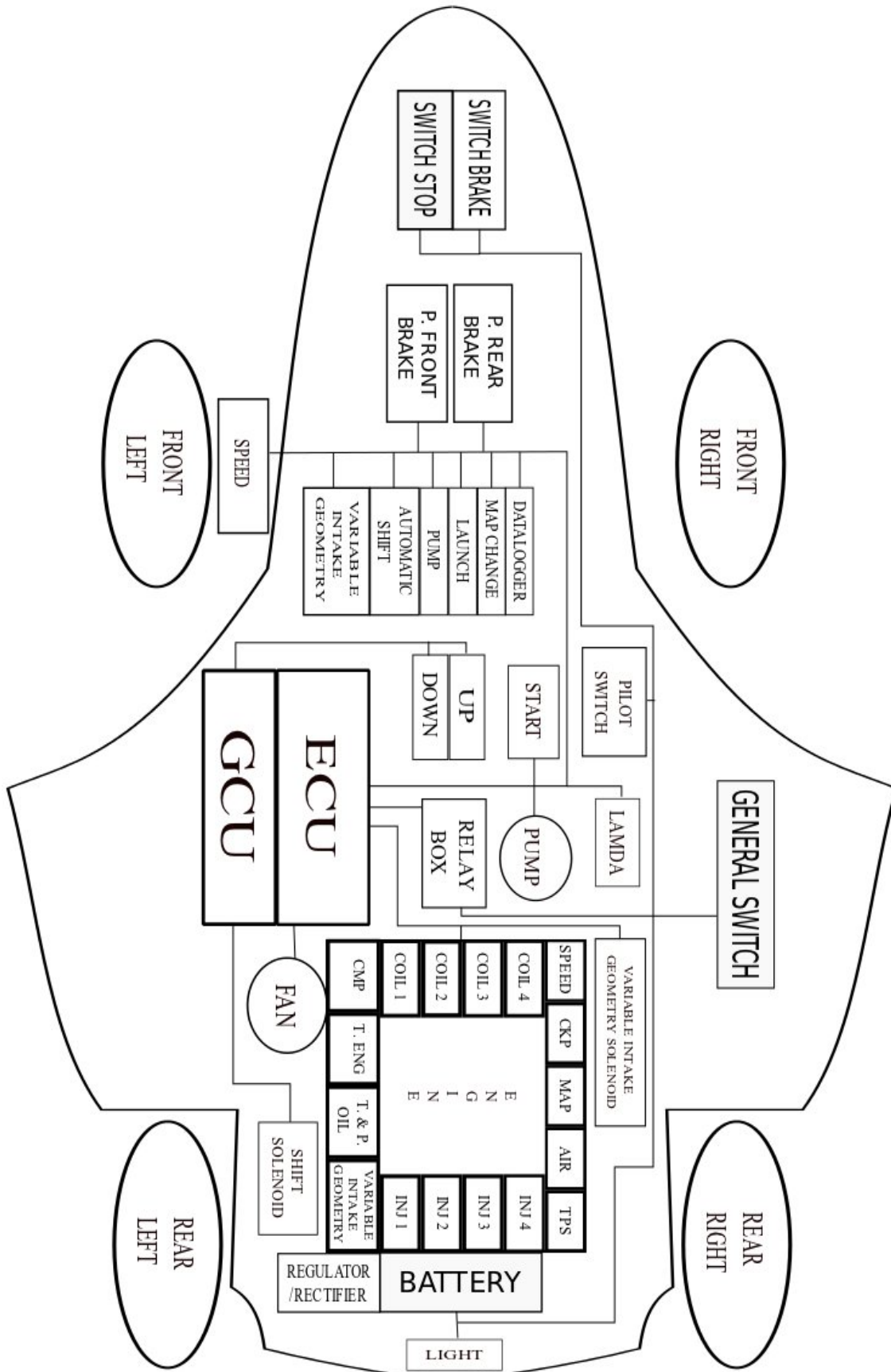


Figura 1.2: Schema a blocchi

Il lavoro svolto dal team elettronico ha riguardato in particolare il posizionamento e la regolazione dei vari componenti elettronici. In figura 1.2 si può vedere uno schema a blocchi unifilare generale riguardante la posizione dei vari elementi.

Nella parte superiore dello schema si trova la pedaliera. Sul pedale del freno sono montati un interruttore e un pulsante idro-stop per il funzionamento della luce di stop. L'interruttore serve per spegnere la vettura qualora si verificasse una caduta di pressione nell'impianto frenante e pertanto il pilota sia inabilitato a fermare la macchina. Esistono inoltre altri due pulsanti in grado di spegnere completamente la vettura in caso di guasto. Il 'pilot switch' azionabile direttamente dal pilota ed il 'general switch' posto all'esterno della vettura e ben visibile. Questi interruttori sono collegati alla batteria, premendoli si toglie l'alimentazione a tutta la macchina.

All'altezza delle ruote anteriori si trovano tre sensori, uno di posizione per la strategia del traction control e due sensori di pressione, uno per i freni anteriori e uno per i freni posteriori.

Il cruscotto è invece composto da quattro interruttori, tre di questi sono selezionabili in modalità on/off, invece l'ultimo preclude la modalità di cambio automatico o la geometria variabile dei condotti di aspirazione. Inoltre qui si trova il display ed i pulsanti di accensione e spegnimento della vettura. Assieme al volante sono previsti due pulsanti per la salita e la discesa della marcia.

All'altezza del sedile si trovano le pompe per la benzina, in quanto il serbatoio è posizionato sotto il sedile. Qui si trovano inoltre le due centraline ECU (engine control unit) e GCU (gear control unit) che permettono di alimentare tutti i sensori e attuatori presenti sulla vettura. Sul fianco sinistro è posta una ventola che permette di far confluire una quantità di aria maggiore attraverso il radiatore. Sulla parte destra della vettura è posto lo scarico su cui è montata la sonda lambda. La scatola per relè e fusibili è parte integrante del sedile.

Nella parte posteriore della vettura si trova il blocco motore circondato dai sensori di cui ha bisogno per svolgere un corretto funzionamento. Inoltre qui si trova anche il solenoide che permette di attivare la cambiata e quello per modificare la geometria dei condotti di aspirazione. Fissate al corpo del motore sono state create due staffe per tenere in posizione la batteria. Sull'alettone posteriore è stata posizionata una luce rossa, composta da diversi led, che indica la pressione del pedale del freno.

1.1 *Centraline*

Le centraline utilizzate sono di origine motociclistica e sono state fornite dall'azienda GET. Si sono adottate due centraline, l'ECU per la gestione del motore e la GCU che permette di impostare il cambio.

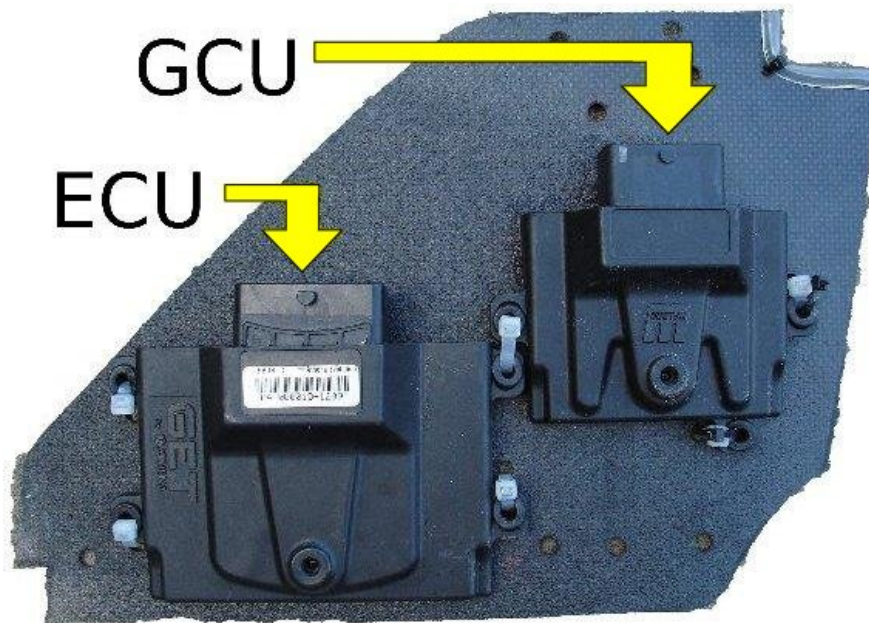


Figura 1.3: Centraline

1.1.1 *ECU*

Engine Control Unit, anche detta engine control module (ECM), è la centralina che permette di gestire il motore. La centralina montata sulla macchina è programmabile. Questo significa che permette di impostare gli attuatori come bobine e iniettori a piacimento per modificare le prestazioni del motore. Inoltre si possono salvare due tipi diversi di mappature, impostabili tramite un interruttore sul cruscotto. Con questa strategia si può cambiare completamente la risposta della macchina. Un esempio di utilizzo è quello di passare da una pista asciutta ad una bagnata.

Il prodotto utilizzato, HPUH è dedicato alla gestione di motori anche complessi a due e quattro tempi ad iniezione elettronica. Può controllare motori fino a sei cilindri eventualmente equipaggiati con corpo farfallato motorizzato. L'accesso alle variabili, tabelle e piani di calibrazione è possibile tramite il software Maya.

1.1.2 *GCU*

Gear control unit, è la centralina per la gestione del cambio. L'azienda GET ha modificato il software in modo da permettere di gestire la cambiata nella vettura. Per farlo sono state aggiunte quattro variabili in formato scalare. Oltre ai normali segnali di salita o discesa della marcia, si possono impostare il tempo in cui la centralina legge il segnale di cambiata e il tempo tra la risposta a un segnale e quello successivo. Questo per evitare errori accidentali, ad esempio che la leva del cambio rimanga incastrata o che venga premuta più volte. Anche per programmare questa centralina è necessario utilizzare il software Maya.

1.2 *Sensori*

La maggior parte dei sensori sono situati nel blocco motore. Alcuni dei sensori situati in quest'ultimo reparto sono fondamentali per il corretto utilizzo della vettura. Infatti senza di questi la macchina non potrebbe neppure accendersi. Pertanto è opportuno conoscere il funzionamento di tutti questi componenti per eseguire una corretta mappatura e per conoscere le varie anomalie che si potrebbero presentare durante l'utilizzo.

1.2.1 *Sensori di temperatura*

La maggior parte dei sensori di temperatura dell'autovettura sono di tipo NTC (Negative Temperature Coefficient), figura 1.5. La resistenza si riduce quando la temperatura aumenta, questo fa variare la tensione ai capi del sensori. La centralina è in grado di riconoscere questa variazione di tensione. Sfruttando questo metodo è in grado di risalire alla temperatura e può adattare i parametri di correzione.

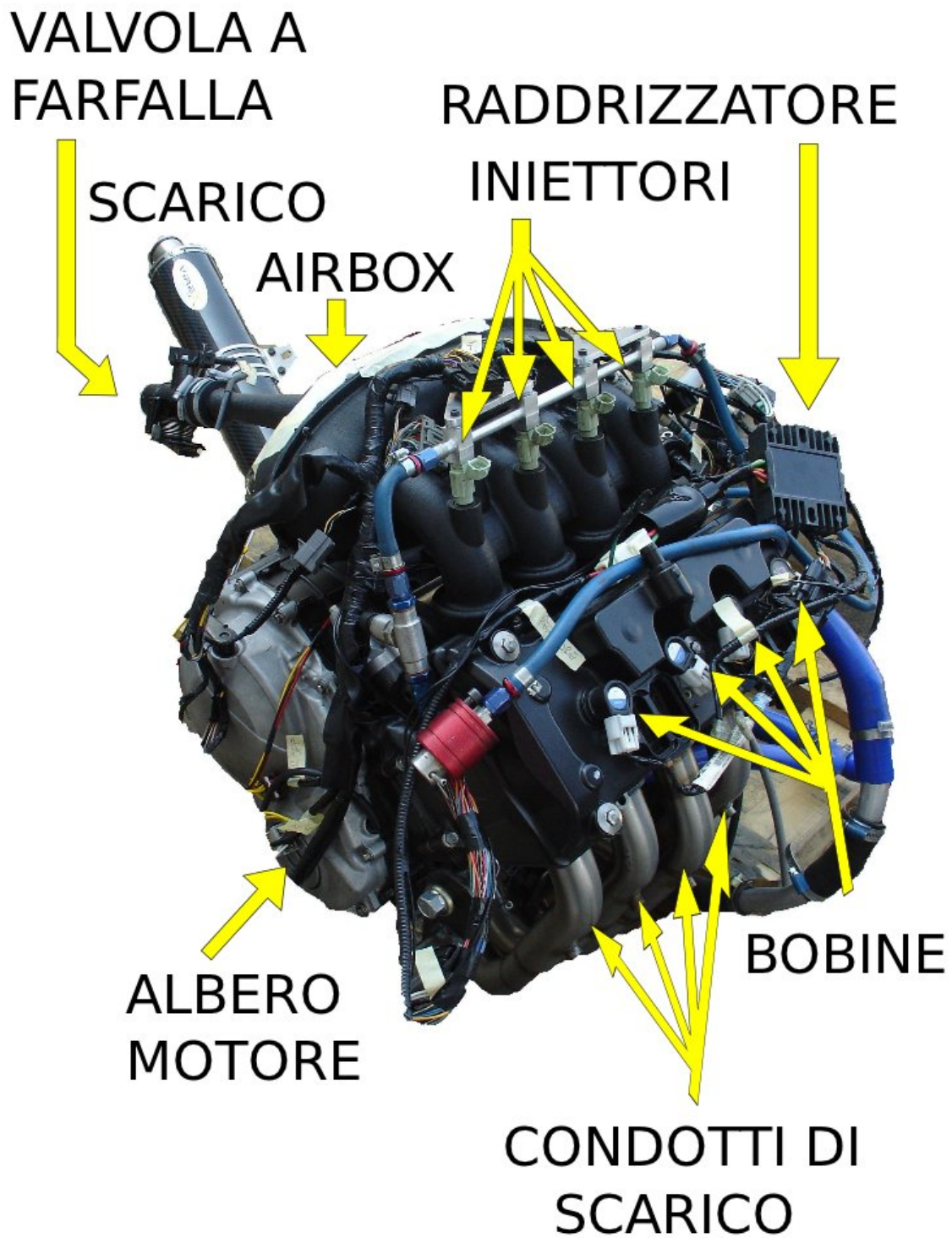


Figura 1.4: Motore

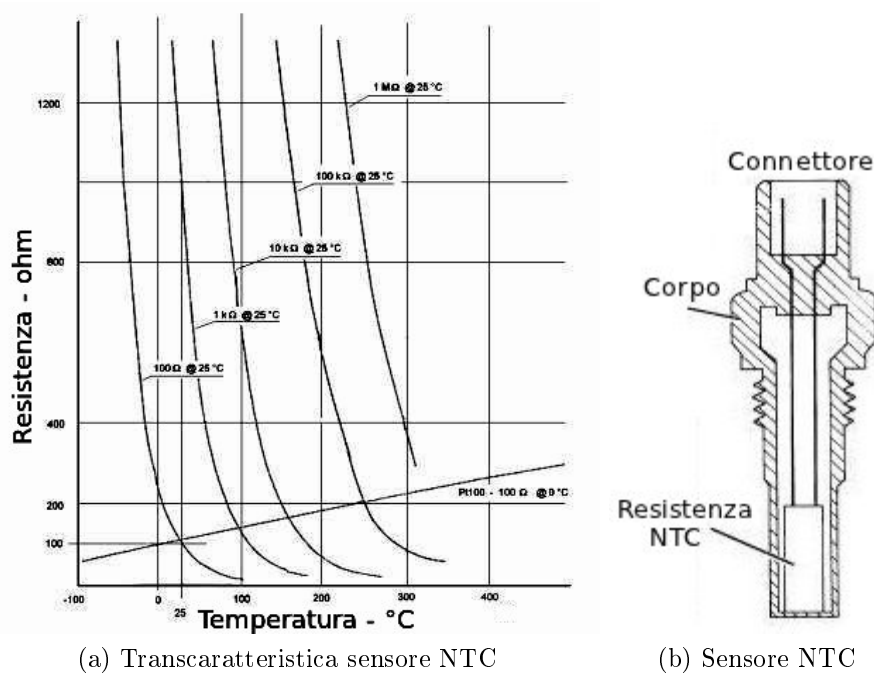


Figura 1.5

1.2.1.1 *ECT*

Engine Coolant Temperature, è il sensore che misura la temperatura del liquido refrigerante e pertanto determina la temperatura del motore. È un componente molto importante per regolare il funzionamento di molti parametri della centralina, questo a causa del comportamento differente del motore durante il suo ciclo di lavoro. Un esempio si ha durante la fase di accensione, nella quale il motore, inizialmente freddo, necessita di una quantità di carburante maggiore per rimanere in moto.

Il sensore è collegato sul collettore di uscita dell'acqua. Il liquido che si dirama all'interno del motore viene trasportato con dei tubi sulla fiancata esterna dove passa attraverso un radiatore. Quest'ultimo è utilizzato per raffreddare il fluido bollente. Se ciò non bastasse a diminuire adeguatamente la temperatura del liquido, a circa 95°C viene attivata una ventola che fa confluire l'aria attraverso il radiatore.

Da letteratura il range di utilizzo di questo sensore è compreso tra i -40 ed i 130 gradi.

1.2.1.2 *IAT*

Intake Air Temperature, è il sensore che misura la temperatura dell'aria nei collettori di aspirazione, nel nostro caso questo sensore è situato nella parte interna del sensore MAP che è collocato sull'airbox. L'ECU usa l'IAT e l'ECT per regolare candele e

iniettori. Anche la temperatura dell'aria aspirata può influire pesantemente sulla mappatura e pertanto sulle prestazioni del motore.

Da letteratura il range di utilizzo di questo sensore è compreso tra i -40 ed i 170 gradi.

1.2.1.3 *Oil Temperature*

Misura la temperatura dell'olio nel motore che serve a lubrificare i vari ingranaggi e catene per la trasmissione del moto. Se è troppo caldo è necessario far cessare immediatamente la combustione ed aspettare che il motore si raffreddi.

Da letteratura il range di utilizzo di questo sensore è compreso tra i -40 ed i 170 gradi.

1.2.2 *Sensori di pressione*

In un'automobile sono collocati diversi tipi di sensori per misurare la pressione. Generalmente sono formati da una membrana che svolge la funzione di diaframma sulla quale agisce la pressione da misurare. La sua caratteristica è di tipo lineare.

1.2.2.1 *MAP*

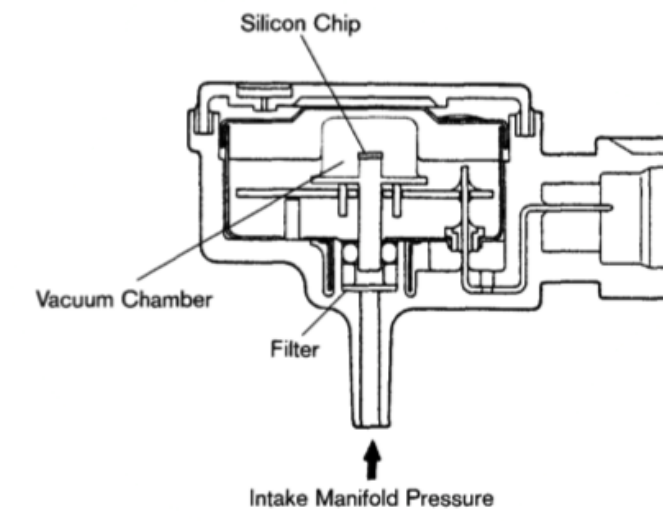


Figura 1.6: MAP

Manifold absolute pressure, è il sensore che permette di conoscere la pressione dell'aria presente nell'airbox. È composto da un chip di silicio montato dentro una camera a vuoto utilizzata per ottenere una pressione di riferimento.

Nel nostro caso all'interno di questo sensore è posizionato anche l'IAT. Il range di utilizzo nella nostra vettura è compreso tra i 0.2 e 1.3 bar. Il sensore montato può misurare fino a 5 bar. Figura 1.6

1.2.2.2 *Fuel pressure*

Utilizzato per conoscere la pressione dell'impianto benzina. Serve per regolare correttamente le pompe benzina in modo che gli iniettori riescano a far confluire sul motore la quantità di benzina desiderata.

Ad un utilizzo effettivo di 4,5 bar è stato montato un sensore in grado di misurare fino a 15 bar.

1.2.2.3 *Brake pressure*

Sono stati posizionati due sensori per conoscere la pressione dell'impianto frenante posteriore ed anteriore. Sono stati posizionati all'uscita dei regolatori di pressione che sono situati nella parte anteriore della macchina (figura 1.2).

I due sensori installati sulla vettura sono in grado di misurare fino a 250 bar di pressione.

1.2.2.4 *Oil pressure*

Misura la pressione dell'olio che lubrifica i vari ingranaggi del motore. È utile per capire se la pompa sta funzionando adeguatamente.

Il sensore montato è in grado di misurare fino a 15 bar.

1.2.3 *Sensori di posizione*

I sensori di posizione montati sulla macchina sono prevalentemente ad effetto hall. Questi componenti misurano la posizione mediante la rilevazione di alcuni denti posti sugli alberi in rotazione. Ogni volta che un dente dell'albero passa vicino al sensore, questo invia un segnale all'ECU. Nella programmazione della centralina sono impostati il numero dei denti e il diametro dell'albero su cui sono montati. Questo le permette di conoscere la posizione e la velocità dei vari alberi.

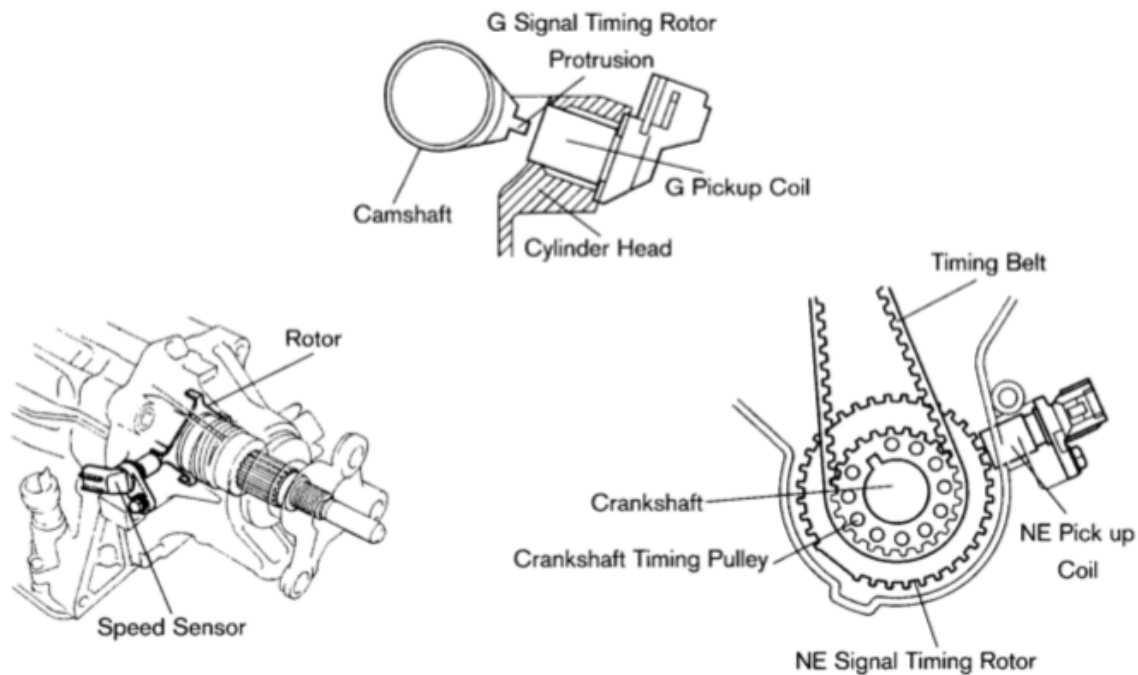


Figura 1.7: Sensori posizione

1.2.3.1 CKP

Crankshaft Position, è il sensore che rileva la posizione dell'albero di trasmissione. Permette di conoscere la posizione dei pistoni e di conseguenza regolare l'accensione delle candele. Il numero di denti utilizzato è 12. Questi sono posizionati sulla ruota libera del motore.

1.2.3.2 CMP

Camshaft Position, è il sensore che rileva la posizione dell'albero a camme. Permette di conoscere la posizione delle valvole nella testa del motore. Viene usato per regolare il tempo di iniezione nei collettori di aspirazione. L'albero a camme possiede 3 denti. Rilevando i segnali del CKP e del CMP la centralina regola l'iniezione di benzina e l'accensione delle candele.

1.2.3.3 VS sensor

Vehicle speed sensor, è il sensore che rileva la velocità della macchina. È montato sull'albero secondario del cambio ed è stato utilizzato per conoscere la velocità della vettura e per la strategia del traction control.

1.2.3.4 *Traction control*

È stato montato un ulteriore sensore di posizione ed una ruota fonica nel cerchione anteriore sinistro della vettura, per rilevare la velocità della ruota. Questo permette di attuare la strategia del traction control che verrà descritta nel paragrafo 2.6.

1.2.3.5 *TPS*

Trottle Position sensor, è il sensore che indica l'apertura della valvola a farfalla nel condotto di aspirazione. A seconda dell'angolo di apertura il TPS varia la sua resistenza interna, questo crea una differenza di potenziale che viene registrato dall'ECU. In questo modo la centralina regola la quantità di benzina da immettere nella camera di combustione per ottenere le massime prestazioni dalla miscela.

Nella MG0611 la farfalla è aperta meccanicamente tramite un filo metallico collegato all'acceleratore, quando si affonda il pedale la valvola si apre. È posizionata all'estremità dell'airbox, come si vede dalla figura 1.4.

1.2.4 *EGCV*

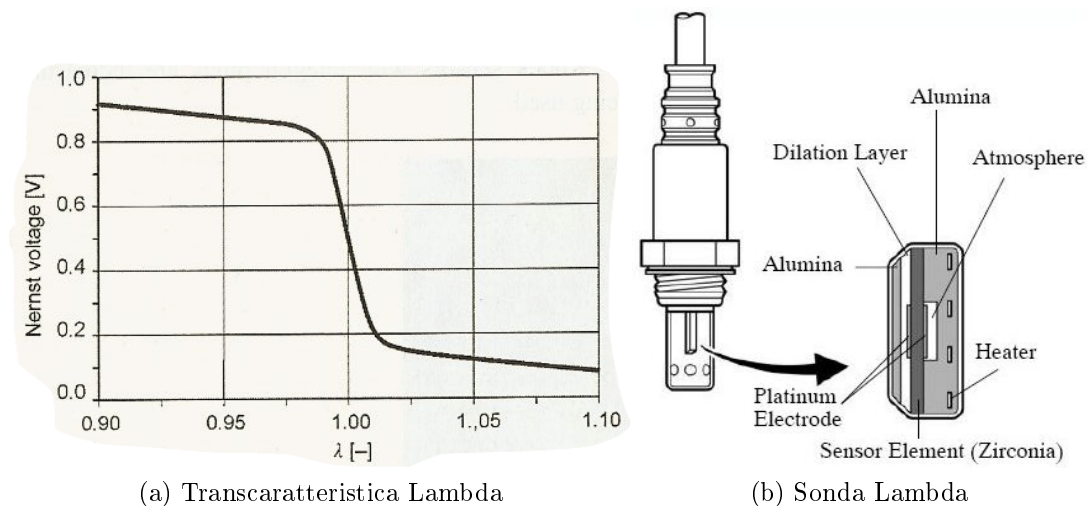


Figura 1.8

Exhaust Gas Control Valve, viene installato nei condotti di scarico, è composto da diversi strati di biossido di zirconio e da alcuni elettrodi di platino. Questo sensore viene preriscaldato, tramite una resistenza interna, per evitare che rimanga attaccata eventuale sporcizia. Il sensore è in grado di rilevare la presenza di specifiche sostanze e la loro concentrazione.

Nel campo automobilistico è necessaria la conoscenza della concentrazione dell'ossigeno. La sua transcaratteristica è quella di figura 1.8a, la combustione è ottimale quando il rapporto fra aria e combustibile è unitario, $\lambda = 1$. Grazie a questo elemento l'ECU può regolare la miscela iniettando più o meno benzina nella camera di combustione. In gergo la miscela viene definita "magra" se scarseggia la presenza di benzina e "grassa" se si verifica la condizione contraria.

1.3 Attuatori

Gli attuatori sono capaci di trasformare un segnale in input (tipicamente elettrico) in movimento.

1.3.1 Coil & Spark Plug

Le bobine permettono la generazione di una tensione molto elevata, dell'ordine di 10^4 Volt, che serve per creare un arco elettrico sulla candela. È costituita da due avvolgimenti posizionati su un unico traferro, questo permette la creazione della differenza di potenziale. Gli avvolgimenti sono coperti da un contenitore di plastica stampata ed isolati per immersione in un composto di resina epossidica e quarzo che conferisce loro eccezionali proprietà dielettriche, meccaniche ed anche termiche essendo esposte a temperature elevate. Le bobine sono comandate dall'ECU che decide quando inviare la corrente in base alla posizione del pistone.

La candela crea la scintilla necessaria per l'accensione della benzina nella fase di compressione del pistone. È composta dall'attacco per la bobina e da due elettrodi dove si verifica la scintilla.

Nel motore preso in considerazione sono situati quattro coppie fra bobine e candele, una per ogni cilindro. Le bobine sono situate a contatto con le candele. In figura 1.4 si può notare la loro posizione.

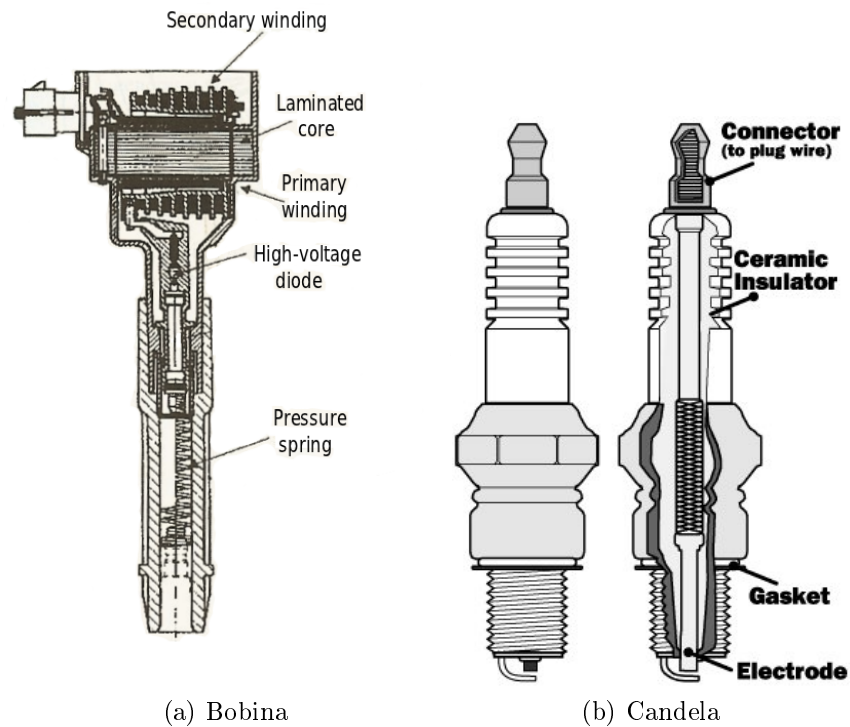


Figura 1.9

1.3.2 *Injection*

Gli iniettori permettono di far affluire la benzina nebulizzata dentro i condotti di aspirazione e successivamente nella camera di combustione attraverso l'apposita valvola.

Per questo tipo di iniezione è necessario che la benzina immessa negli iniettori abbia una pressione costante, di circa 4,5 bar. A seconda dei giri dell'albero motore si decide quando e quanta benzina far confluire dentro ai collettori. Questo processo è comandato dall'ECU. Il carburante viene prelevato dal serbatoio, dove al suo interno si trova una pompa per pressurizzare la benzina e una valvola di non-ritorno.

Nel motore sono posizionati come in figura 1.4.

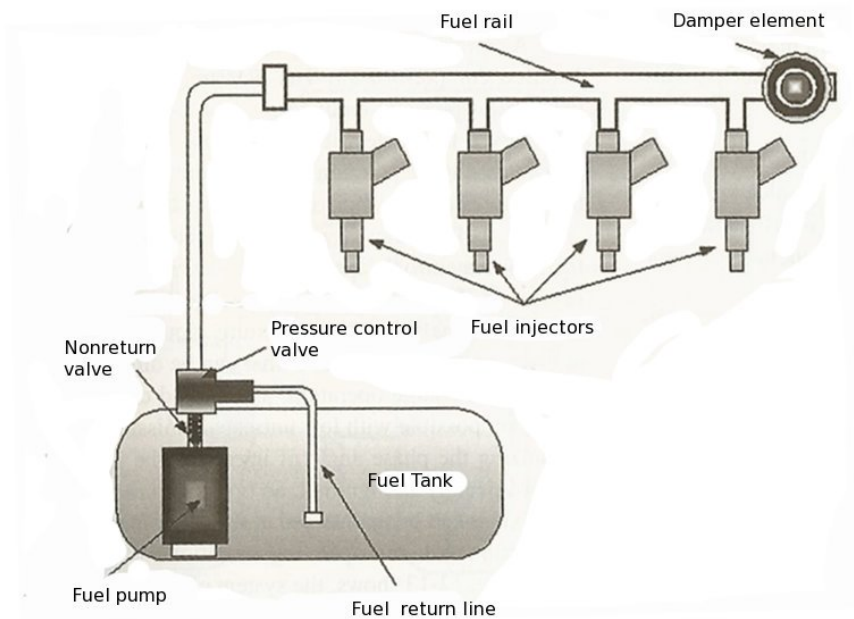


Figura 1.10: Iniettori

1.3.3 *Pneumatic shift*

Il cambio pneumatico è composto da una elettrovalvola e da un pistone che viene messo in moto da dell'aria compressa posta in un serbatoio a lato della vettura. La GCU è in grado di comandare l'elettrovalvola permettendo al pistone di muoversi verticalmente. Questo movimento comporta il cambio della marcia nella trasmissione. Inoltre quando si ingrana la marcia superiore il movimento del pistone schiaccia un pulsante per interrompere l'accensione della miscela all'interno del motore.

1.3.4 *Variable intake geometry*

La geometria variabile, posta all'interno dell'airbox è comandata tramite un attuatore magnetico che viene attivato ad un determinato numero di giri del motore. Questo processo è comandato dall'ECU e serve per riuscire ad ottenere un maggior numero di cavalli.

1.4 *Dashboard*

Il cruscotto permette al pilota di interfacciarsi direttamente con la macchina, pertanto svolge una funzione di aiuto alla guida. In esso sono disposti vari elementi, fra cui un display, quattro interruttori, due pulsanti ed il volante.



Figura 1.11: Cruscotto

1.4.1 *Display*

Anche il display è stato fornito dall'azienda GET. Si tratta del datalogger MD3 EVO con acquisizione dati e chrono GPS integrato. Possiede un connettore posteriore di interfaccia del tipo motorsport a 50 poli. I dati raccolti e la configurazione del dashboard MD3 EVO possono essere gestiti tramite il software GATE. Grazie a questo strumento si sono raccolti i diversi segnali provenienti dai sensori. Dai dati raccolti siamo riusciti a modificare le mappature delle due centraline.

1.4.2 *Switch*

Nel cruscotto sono disposti quattro interruttori e due pulsanti che permettono di attivare o disattivare le seguenti funzioni:

- cambio automatico;
- variazione della geometria interna nei condotti di aspirazione;

- limitatore del numero di giri del motore;
- pompe carburante;
- cambio mappatura;
- accensione della vettura;
- stop di sicurezza.

1.4.3 *Steering wheel*

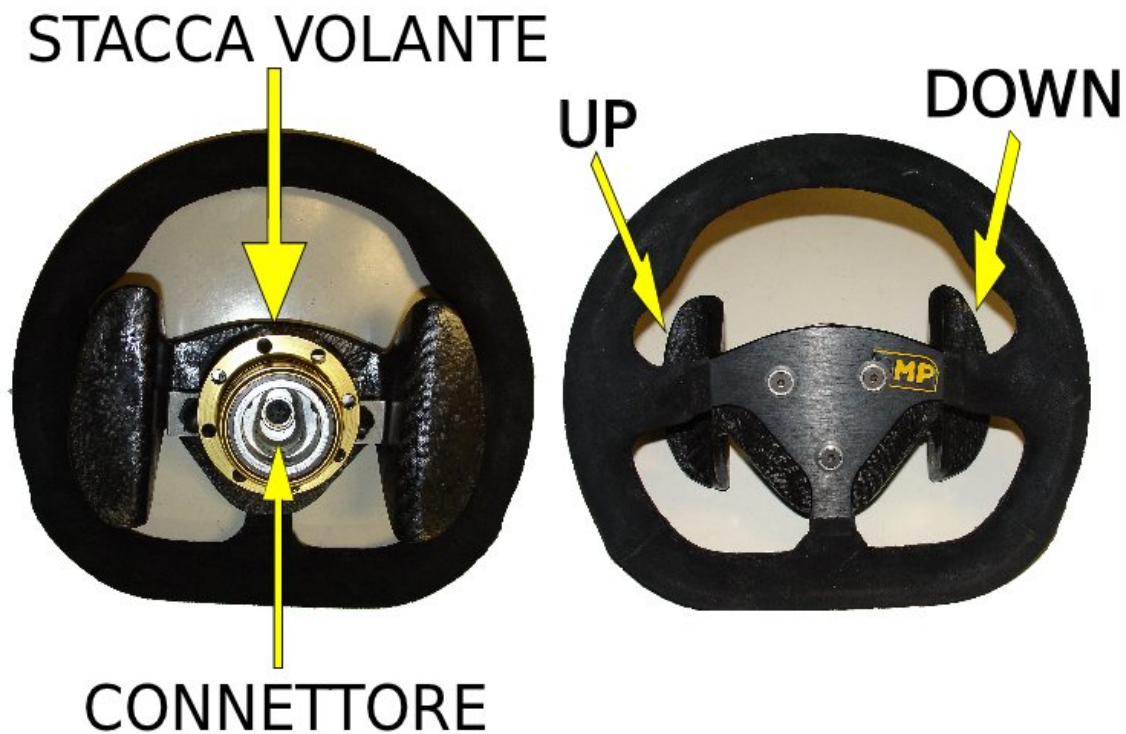


Figura 1.12: Volante

Il volante è una parte essenziale dell'autovettura, infatti senza di esso sarebbe impossibile controllare la macchina. È stato fornito dall'azienda OMP di Genova che ha supportato il progetto. A questo pezzo è stato aggiunto uno stacca volante per facilitare l'uscita e l'entrata nella vettura da parte del pilota. Sul volante sono poste due leve in carbonio che permettono di cambiare marcia. Quest'anno si è deciso di assemblare il connettore per il volante assieme allo stacca volante. Questo per non avere più ingombri di fili tra cruscotto e volante.

1.5 *Battery*

La batteria utilizzata è del tipo a gel. Queste batterie permettono di ottenere una serie di cicli di carica e scarica maggiori e quindi una elevata vita di utilizzo rispetto alle normali batterie. La dimensione della batteria è 150x87x89 mm, la tensione ai capi è di 13 V.

1.6 *Rectifier/Regulator*

Il raddrizzatore è un dispositivo che permette di raddrizzare la tensione proveniente dall'alternatore. Quest'ultimo dispositivo si trova dentro il motore e produce corrente alternata sfasata di 120° una volta che il veicolo è in moto. Il raddrizzatore è usato per trasformare la corrente alternata in corrente continua che va a ricaricare la batteria.

1.7 *Wiring*

Il cablaggio è stato realizzato home made, cioè interamente fabbricato dagli studenti. Si è usato cavo raychem per collegare il segnale e l'alimentazione dei vari sensori alla centralina. Per distribuire l'alimentazione nella vettura si è usato del cavo AWG 22. Il tutto è stato racchiuso da guaina termorestringente di varie dimensioni.

In figura 1.13, viene rappresentato il cablaggio che si dirama per tutta la lunghezza della vettura.

Per quel che riguarda i connettori si è fatto largo uso dei super seal, mentre per il motore sono stati usati i connettori originali. Inoltre per chiudere l'uscita dei connettori è stata usata della guaina termorestringente con mastice, questo ha permesso di rendere il cablaggio affidabile e resistente alla pioggia, alla polvere e alle vibrazioni.

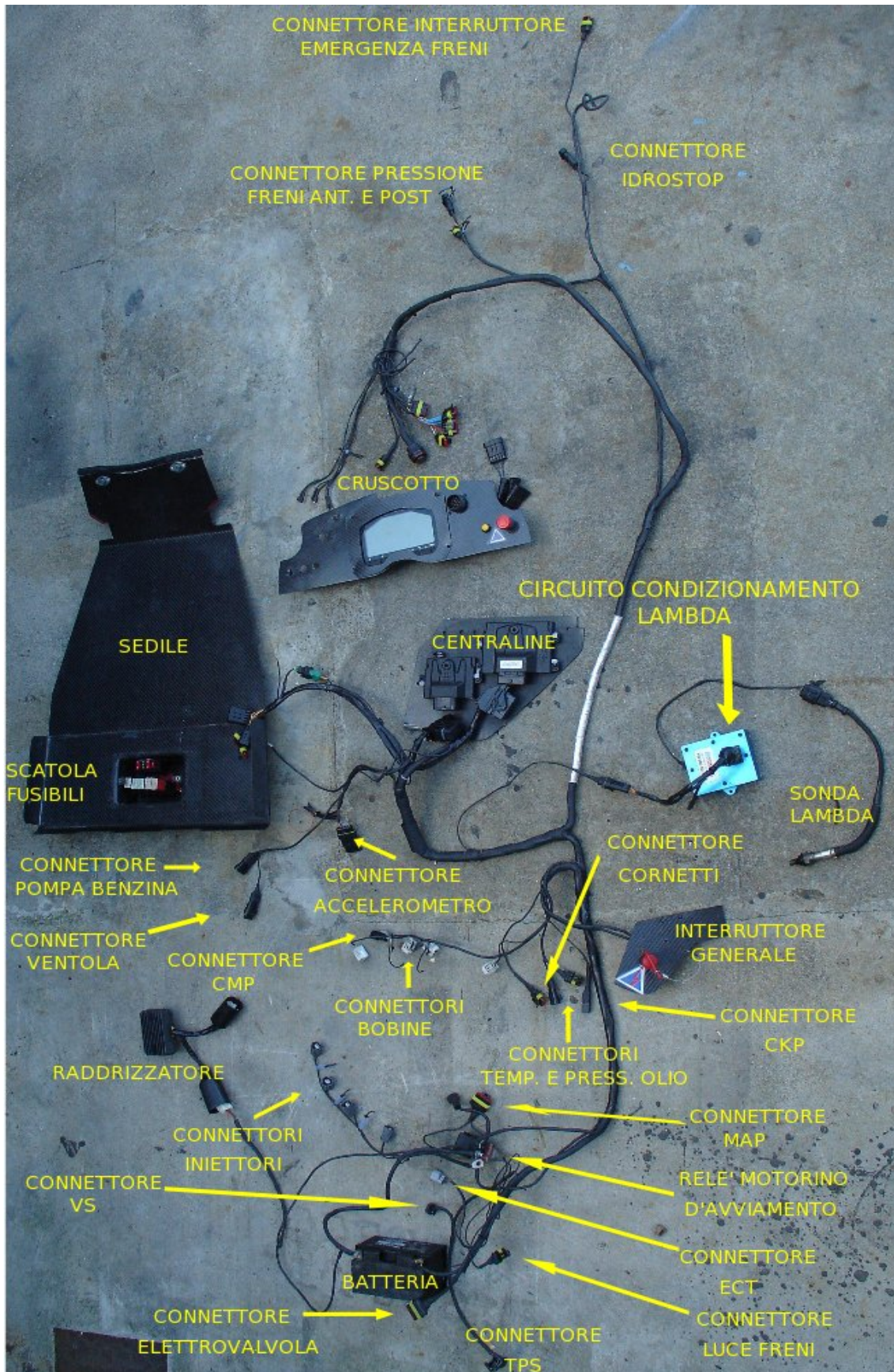


Figura 1.13: Cablaggio

Come si vede in figura 1.13, la maggior parte del cablaggio si trova nel blocco motore posizionato nella parte posteriore della macchina. Questo a causa dell'elevata strumentazione di cui ha bisogno il motore per funzionare. La posizione del cablaggio e della batteria, sono state scelte al termine del lavoro degli altri gruppi data la loro flessibilità di spostamento.

I supporti per il cruscotto, la scatola dei fusibili e della batteria, sono stati costruiti in carbonio. Questa innovazione ha permesso di modellare a piacimento le forme e di renderle il più ergonomiche possibili.

Per riuscire a consolidare il cablaggio alla vettura sono state usate diverse fascette di plastica di varie dimensioni. Nei punti critici, come in vicinanza della marmitta, si è usato un materiale apposito per isolarlo termicamente dal condotto di scarico.

Capitolo 2

Innovazioni e strategie

2.1 *Comunicazione*

La comunicazione fra le centraline ed il display avviene utilizzando il protocollo di comunicazione CAN (controlled aerea network). Questa tecnologia permette di trasmettere grandi quantità di dati attraverso una sola linea controllando che siano stati inviati correttamente.

Come si vede dalla figura 2.1, l'ECU invia segnali agli iniettori, alla geometria variabile ed alle candele. La centralina inoltre riceve segnali da diversi sensori, tra cui il CMP ed il TPS che le permettono di regolare le prestazioni del motore agendo sugli attuatori.

La GCU permette invece, tramite l'impostazione di determinate variabili, la regolazione della cambiata. Infatti questa centralina comanda direttamente il tempo di apertura dell'elettrovalvola che aziona il pistone pneumatico. La GCU e l'ECU vengono programmate tramite il computer grazie al software MAYA, che permette di cambiare le diverse mappe anche in real-time.

Il display, oltre a ricevere informazioni sull'andamento del motore da parte dell'ECU e del cambio tramite la GCU, permette di raccogliere dati su ulteriori sensori montati sulla vettura. Queste informazioni sono scaricabili direttamente sul computer e vengono aperte con il programma GATE. Grazie a quest'ultimo è possibile visualizzare l'andamento nel tempo dei segnali ricevuti.

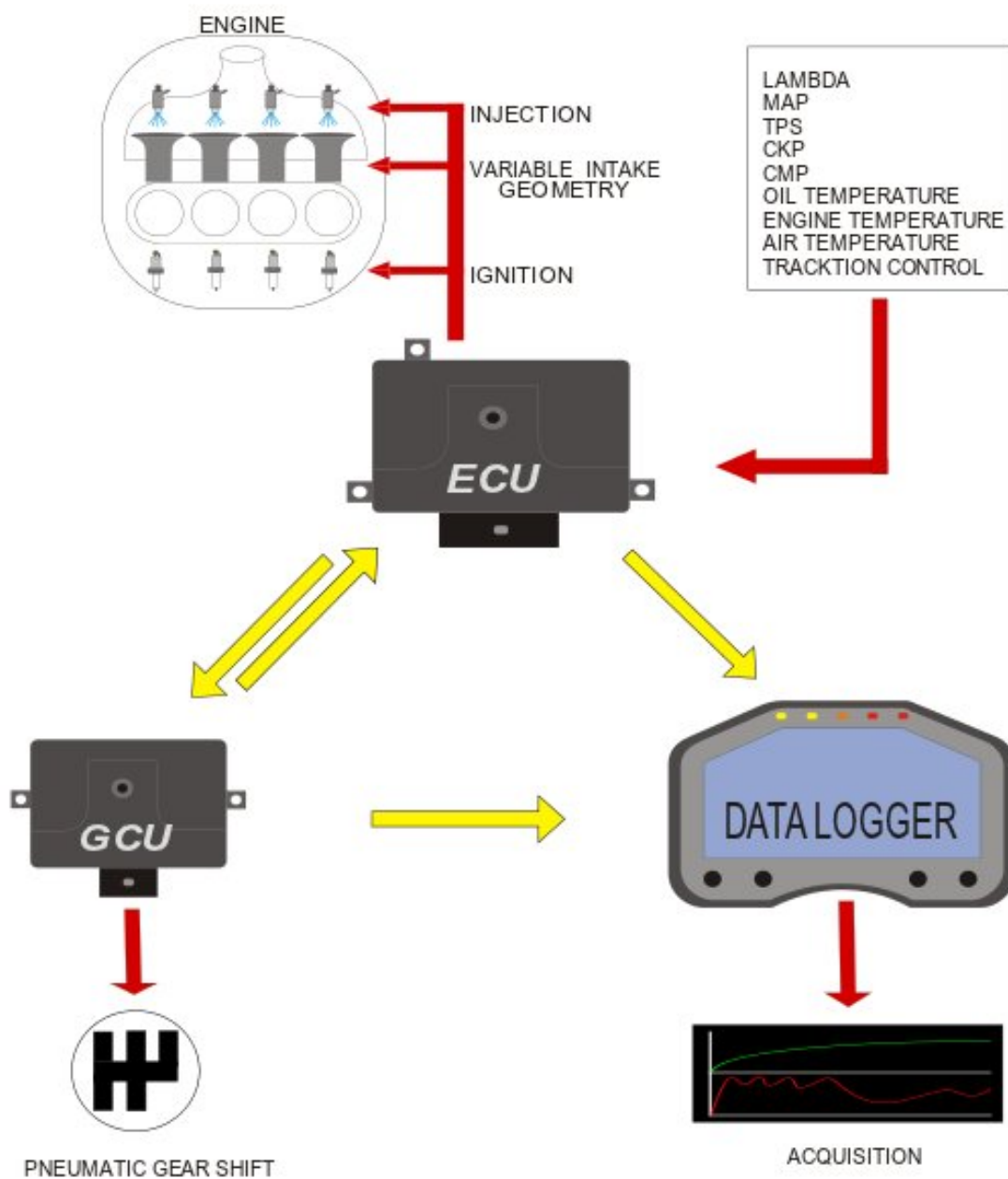


Figura 2.1: Comunicazione

2.2 *Acquisizione segnali*

Per l'acquisizione dati si è usato il display MD3 EVO. Questo strumento permette di monitorare diversi canali e trasferire i dati al pc attraverso un cavo usb. Il display gode di una memoria da 2 GB, che equivale ad oltre 100 ore di acquisizione.

Il programma utilizzato per la visualizzazione dei dati si chiama GATE. Questo software è in grado di interpolare i dati dell'MD3 EVO in modo da ottenere delle curve in base al tempo in cui è rimasta accesa la macchina. Direttamente dalle impostazioni sul computer si possono scegliere varie frequenze di campionamento, da 1 a 100 MHz. È inoltre possibile scegliere il segnale da visualizzare direttamente sul display per fornire maggiori informazioni al pilota.

2.2.1 MD3 EVO

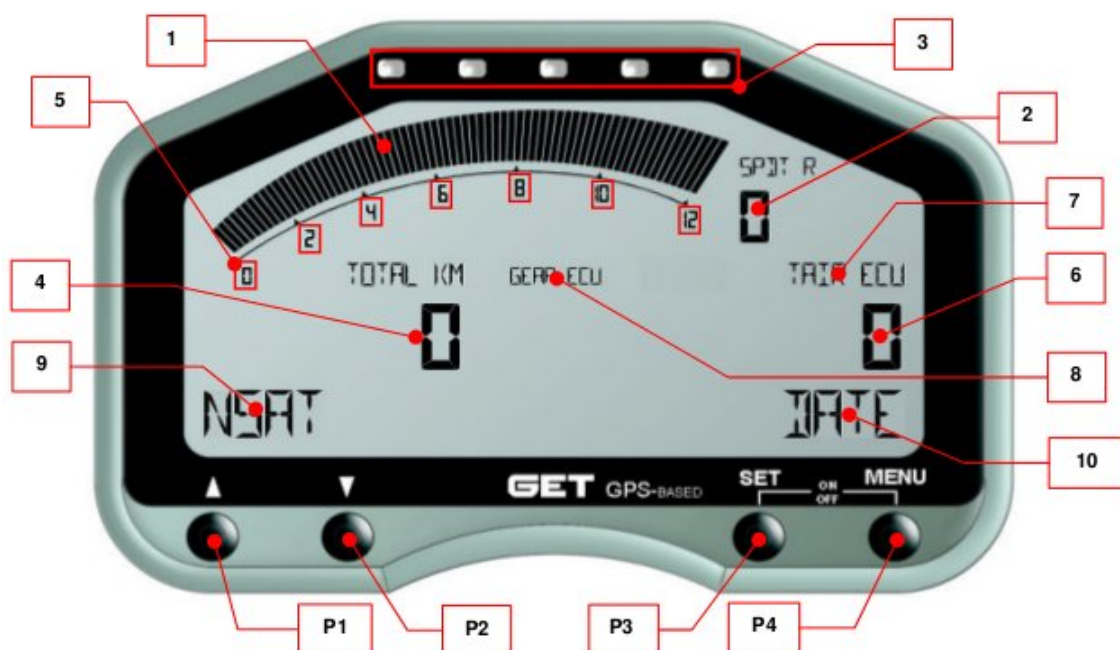


Figura 2.2: MD3 EVO

Display:

1. Barra giri motore (giri min. x 1000);
2. Campo configurabile solitamente utilizzato per visualizzare la velocità;
3. Barra flash di cambiata / presenza allarme;
4. Campo configurabile, in figura 2.2 è utilizzato come contachilometri;
5. Etichette della scala giri motore;
6. Campo configurabile solitamente utilizzato per la temperatura del motore;

7. Nome del canale visualizzato al punto 6;
8. Campo non utilizzato, in figura 2.2 rappresenta l'indicazione del rapporto inserito;
9. Campo configurabile, in figura 2.2 è utilizzato per la visualizzazione della data;
10. Campo configurabile, in figura 2.2 è utilizzato per la visualizzazione dell'ora.

Pulsanti:

1. P1, Pulsante freccia su;
2. P2, Pulsante freccia giu;
3. P3, Pulsante SET;
4. P4, Pulsante MENU'.

2.2.2 *Setup MD3 EVO*

Per la configurazione dell'apparecchio MD3 EVO sono disponibili numerosi canali, la maggior parte sono di tipo CAN, ma si possono scegliere anche canali analogici, seriali, del GPS e diversi switch.

Per configurare il display è necessario:

1. Aprire il programma GATE ed accedere al 'setup manager';

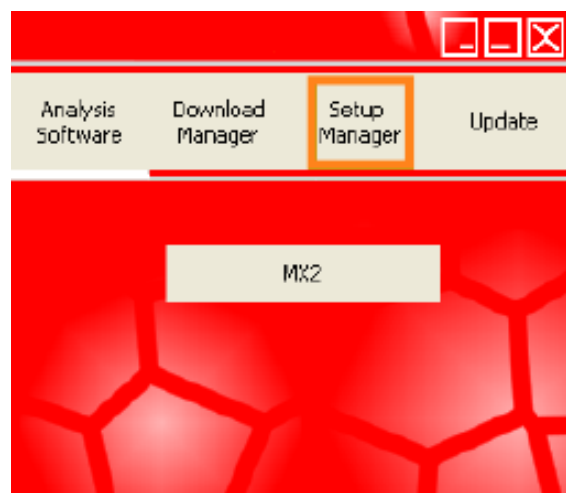


Figura 2.3

2. Scaricare il setup interno del display sul PC cliccando sull'icona evidenziata in figura o tramite il menu in alto 'Setup > Open from device';

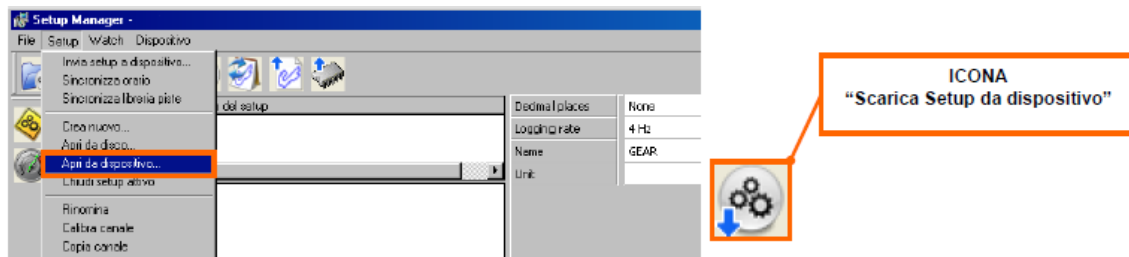


Figura 2.4

3. A scaricamento ultimato apparirà un messaggio di conferma del buon esito dell'operazione, a questo punto è necessario cliccare sul pulsante 'Switch to MD3 Manager' evidenziato in figura;

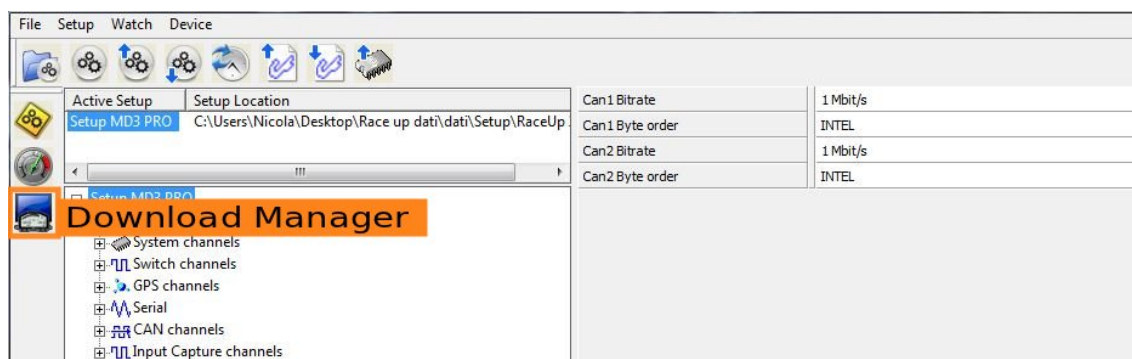


Figura 2.5

4. Selezionare la pagina del display.

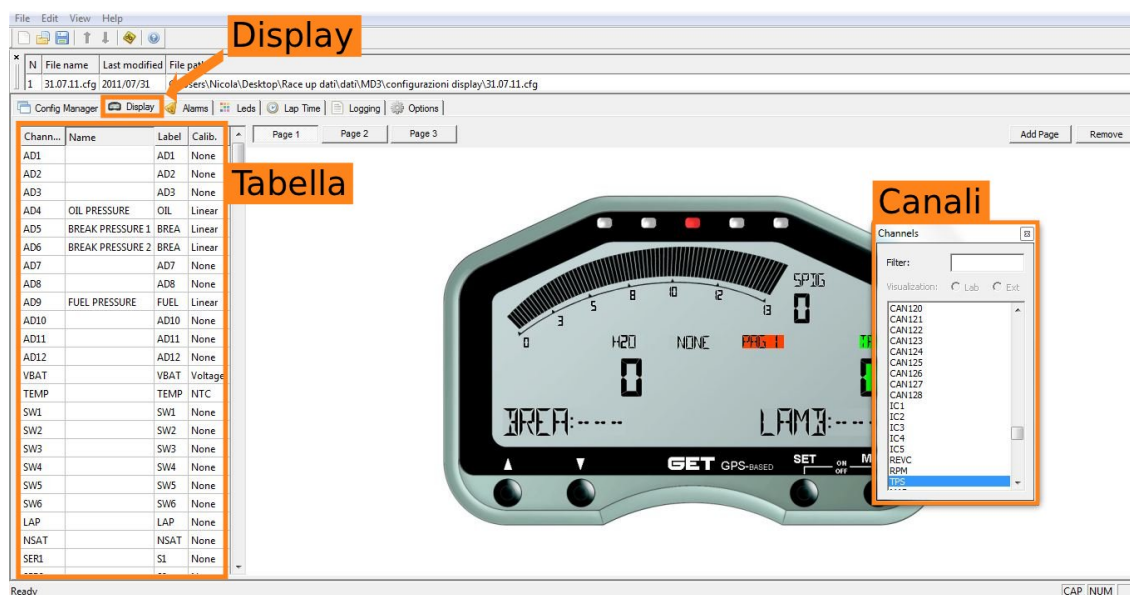


Figura 2.6: Setup display

Nella tabella a sinistra sono presenti quattro elenchi:

1. Channels, indica l'assegnamento di default del canale;
2. Name, indica il nome del canale;
3. Label, indica la stringa che comparirà nel display;
4. Calibration, indica il tipo di calibrazione che ha subito il canale.

Nella facciata centrale della figura 2.6, si può notare la rappresentazione del display. Da questa immagine si possono selezionare i campi, descritti nella sezione 2.2.1, dove apparirà un elenco 'Channels' che permette di selezionare il canale che si vuole visualizzare nello spazio appena selezionato.

Durante le prove, il display è stato configurato inserendo nella variabili visualizzate: il numero di giri del motore, l'apertura della farfalla e la temperatura dell'acqua. Il pilota ha così la possibilità di individuare, anche in corsa, i principali casi di guasto per cui è necessario spegnere la vettura.

Il valore dei giri del motore, permette al pilota di conoscere la risposta che avrà sulla vettura agendo sul pedale dell'acceleratore. Al raggiungimento di 11000, fino a 13000 rivoluzioni al minuto del motore, i led posti nella parte superiore del display si accendono in progressione. Queste segnalazioni luminose permettono al guidatore di capire quanto tempo manca per ottenere una cambiata ottimale. Le luci di allarme

sono ben visibili in modo che, anche quando il pilota è concentrato sulla pista (ad esempio in curva), riesca ad avere delle indicazioni sull'andamento della vettura.

Il TPS permette di avere una misura sull'apertura della valvola a farfalla e pertanto conoscere la pressione che si sta applicando sul pedale dell'acceleratore. La gara di skidpad è una prova sulla controllabilità della macchina. Per questa competizione è necessario avere molta sensibilità con l'acceleratore in quanto la macchina potrebbe slittare andando fuori dal percorso o risentire troppo del freno motore. Avendo subito disponibile il valore dell'accelerazione, il pilota può regolare immediatamente la forza da applicare sul pedale.

Il valore della temperatura dell'acqua è il dato più importante, esso indica la temperatura del motore e pertanto un suo eventuale surriscaldamento. Se non si spegnesse la macchina al raggiungimento di una determinata soglia, si incorrerebbe a dei gravi problemi al motore.

Sono inoltre impostati altri due valori utili, anche se meno essenziali dei precedenti. Il primo è la pressione dell'impianto freni, per verificare il corretto funzionamento e per controllare eventuali anomalie. Il secondo è il valore della lambda, necessario per conoscere il comportamento degli iniettori. Il pilota leggendo questo valore è in grado di conoscere come si sta comportando la centralina, se la miscela fosse troppo 'magra' si avrebbe come conseguenza un surriscaldamento del motore. Se si verificasse questa condizione troppo a lungo si potrebbero avere dei seri problemi al motore. Viene risolto modificando la mappatura.

La seguente impostazione si è utilizzata maggiormente durante le prove. Altre configurazioni sono state impostate durante i test a seconda dell'elemento da analizzare. Nel corso delle competizioni, il setup riguardante il display era indifferente al pilota che ha voluto concentrarsi unicamente sulla pista avendo come punto di riferimento solamente le segnalazioni luminose della dashboard.

2.2.3 *Download dati*

Per scaricare i dati riguardanti le acquisizioni è necessario collegare con un cavo usb il computer al dispositivo ed accendere il quadro strumenti. A questo punto è necessario avviare il software GATE seguendo quanto descritto di seguito:

1. Aprire il programma 'Download Manager' ed attendere che lo strumento appaia nel campo 'Devices and Sessions';

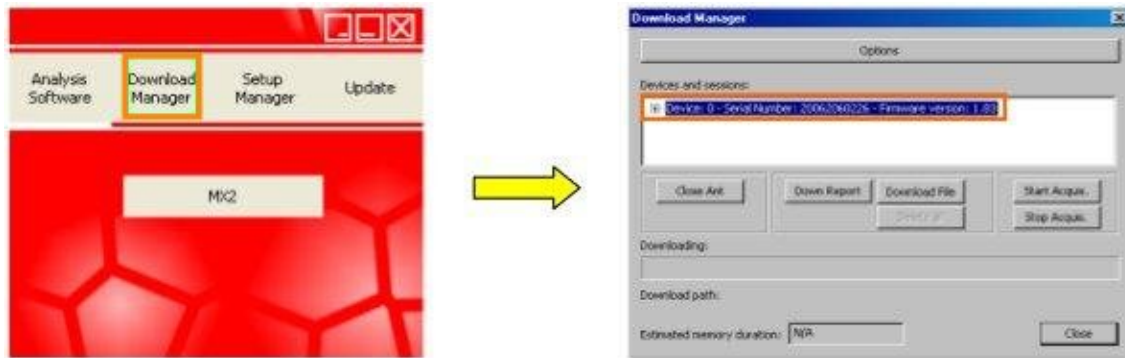


Figura 2.7

2. Cliccare sulla casella con il simbolo '+' posta prima del nome del dispositivo per far apparire la lista delle sessioni presenti nella memoria;

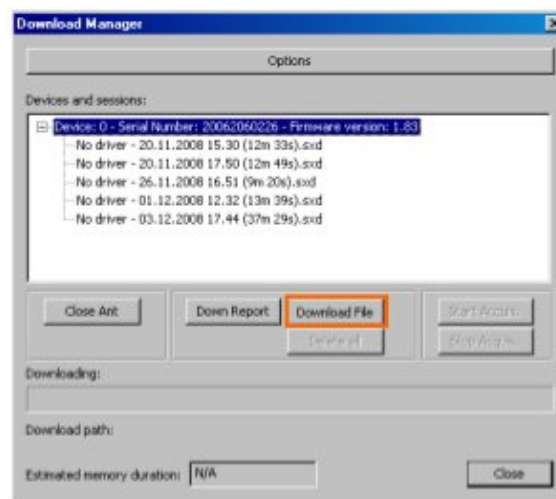


Figura 2.8

3. Selezionare la sessione che si desidera scaricare cliccando col tasto sinistro del mouse;
4. A questo punto premere il pulsante 'Download File' ed attendere il completamento dell'operazione.

Finita questa procedura il file sarà consultabile tramite il programma MX2 del pacchetto GATE che verrà descritto nella sezione successiva.

2.2.4 Visualizzazione segnali

Per la visualizzazione dei dati acquisiti dal display, è stato utilizzato il programma MX2 del pacchetto GATE. Tramite questo programma è stato possibile analizzare l'andamento nel tempo dei sensori nella vettura. Inoltre si è potuto ricreare, tramite le acquisizioni GPS, ogni singolo giro che la vettura ha percorso nella pista.

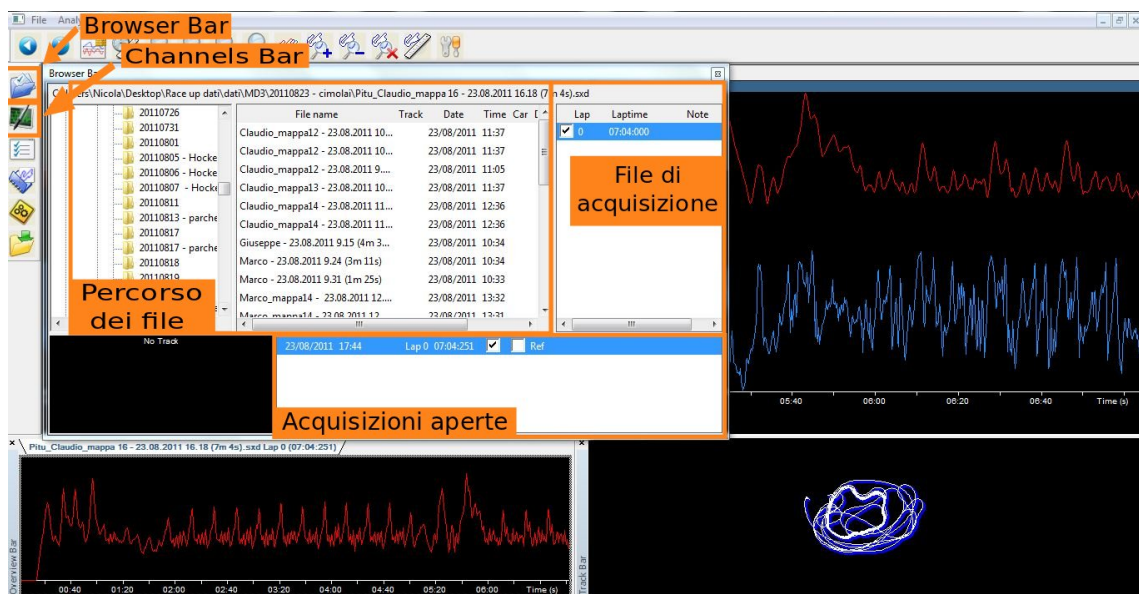


Figura 2.9: Browser Bar

Per accedere al programma si apre il software GATE. Appaia la solita finestra vista in figura 2.3. Questa volta è necessario premere il pulsante centrale 'MX2' o 'Analysis Software'.

Il programma si apre con una finestra (figura 2.9) dove è possibile selezionare i file che sono stati salvati sul computer tramite il pulsante 'Browser Bar' posto nella barra menu a sinistra. Una volta spuntata la sessione da analizzare si passa alla 'Channels Bar' premendo il pulsante posto sotto al precedente.

Da questa finestra compare una tabella di cui è importante riconoscere i seguenti elenchi:

N Descrive il numero del canale;

_ Qui viene indicato il tipo del canale che può essere:

- Digitale;
- Analogico;
- Del sistema;
- GPS;
- CAN;
- Funzione matematica.

Channel: Descrive il nome del canale;

Visible: Viene spuntato per rendere visibile il canale nella schermata di visualizzazione;

Scale: Rende visibile l'ampiezza in Y del canale;

Over: Permette di creare nel secondo riquadro ('Zoom segnale' figura 2.11) un andamento del canale di interesse;

Color: Descrive il colore con cui verrà visualizzato il canale;

Lock: Permette di bloccare il canale nella visualizzazione e pertanto di creare due visualizzazioni coincidenti;

Down%,Up%: Permette di selezionare il valore di Y in modo che il segnale ricopra tutta o parte la scala;

Auto: Crea automaticamente i valori Y in modo che il segnale copra l'intera ampiezza Y;

Min: Indica il valore minimo acquisito dal canale;

Max: Indica il valore massimo acquisito dal canale;

Input: Indica il nome dove sono stati inseriti i canali nel display;

Hertz: Indica la frequenza a cui viene campionato il canale;

Ref: Con questo comando si possono creare fino a tre linee tratteggiate di riferimento;

Filter: Permette di filtrare i risultati ottenuti;

Calib: Descrive il tipo di calibrazione effettuata sul canale;

Offset: Crea un valore di offset nelle visualizzazioni.

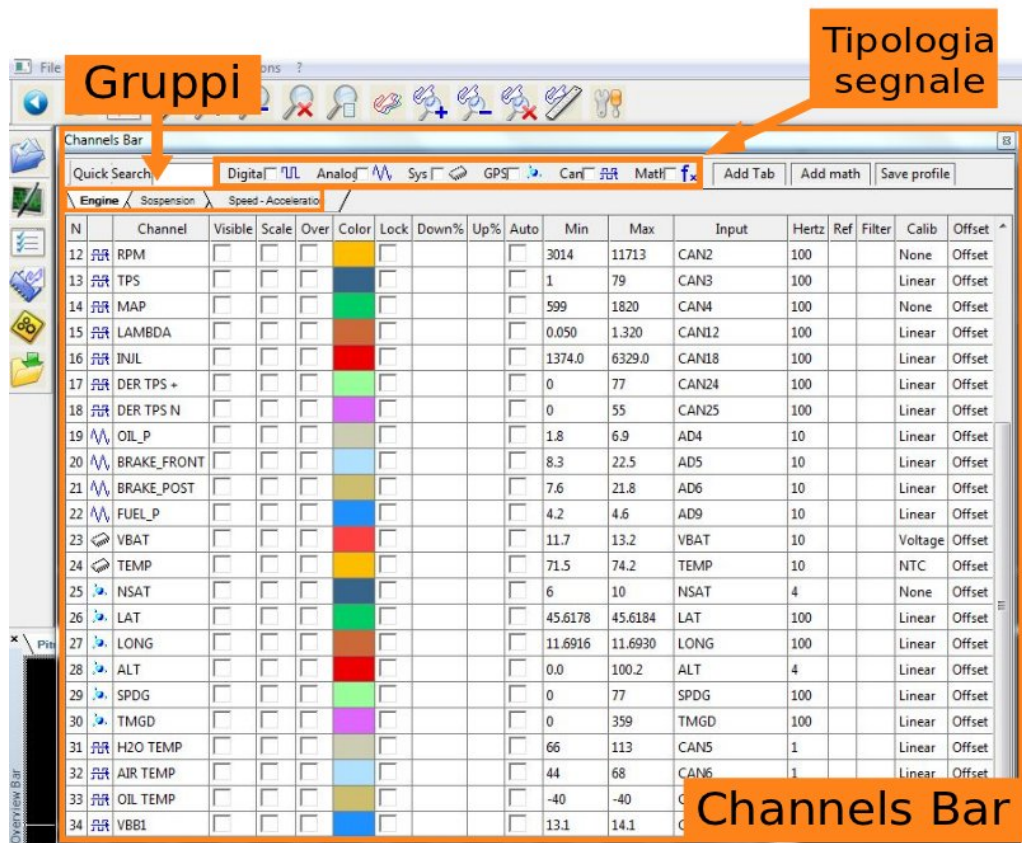


Figura 2.10: Channel Bar

Per facilitare la visualizzazione si possono creare dei gruppi dove inserire i canali da visualizzare, questo permette di rendere più veloce la visualizzazione di determinati sensori in base alla categoria scelta. Inoltre è possibile creare delle funzioni matematiche, che andranno ad inserirsi come dei canali, per rendere più semplice la visualizzazione di un dato. Ad esempio per descriverlo sotto forma percentuale.

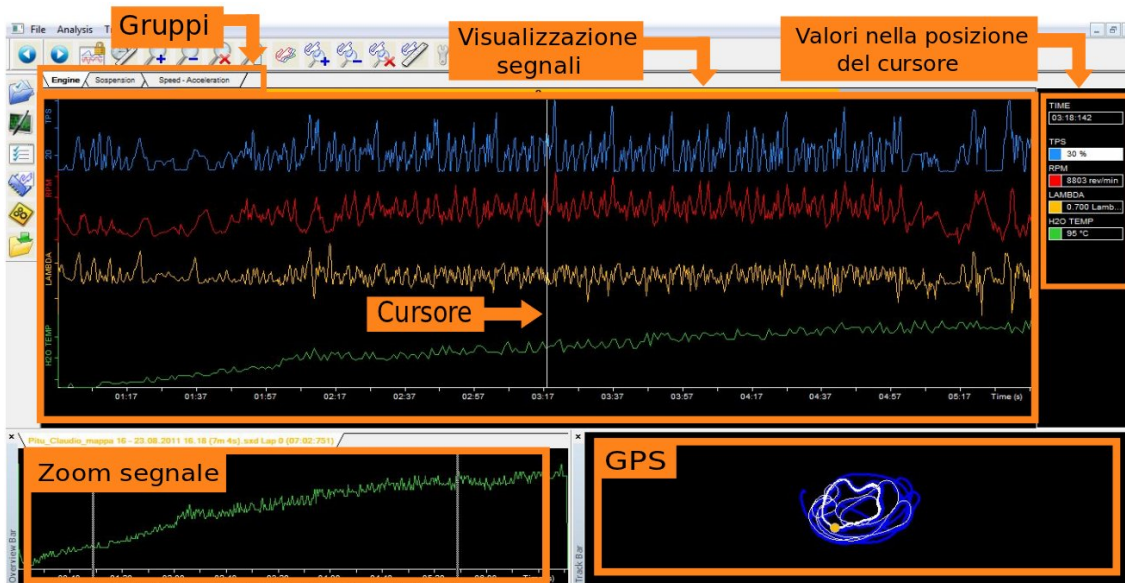


Figura 2.11: Visualizzazione segnali

Una volta scelti i segnali da visualizzare si chiudono le finestre lasciando aperto il programma come in figura 2.11. Sul riquadro centrale si possono inserire diversi segnali, i quali vengono diagrammati in funzione del tempo. Questo permette di analizzarli con più precisione e capire se ci sono anomalie. Inoltre è possibile creare un valore di riferimento che comparirà tratteggiato sullo schermo. Nella parte sinistra dello schermo si possono notare i tempi a cui si stanno analizzando i sensori ed il loro valore nell'istante segnalato dal cursore. Nella parte inferiore a destra si trova la coordinata GPS che disegna il tracciato percorso dalla vettura. Nel riquadro in basso a sinistra si può eseguire uno zoom del segnale se nella 'channel bar' è stato spuntata la casella 'Over'. Ogni segnale viene colorato in modo da distinguerlo dal successivo.

2.3 Calibrazione sensori

Per la calibrazione dei diversi sensori si è usato il datalogger nel seguente modo:

1. Si apre il software GATE e si accede al 'setup manager';

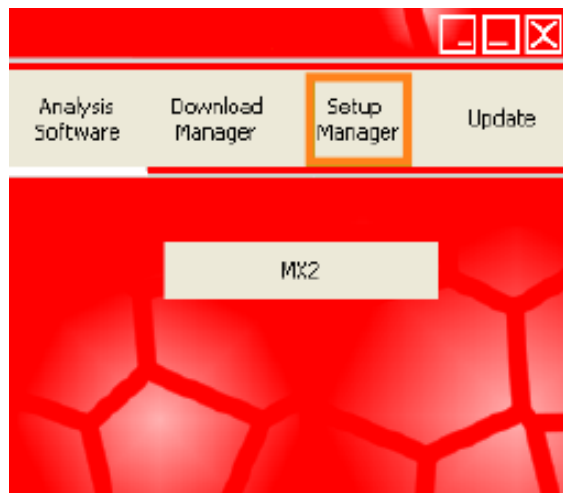


Figura 2.12

2. Scaricare il setup interno del display sul PC cliccando sull'icona evidenziata in figura 2.13 o tramite il menu in alto 'Setup > Open from device';

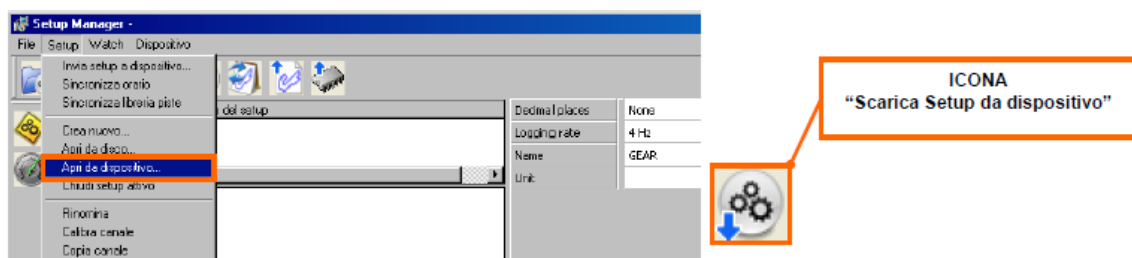


Figura 2.13

3. A scaricamento ultimato apparirà un messaggio di conferma del buon esito dell'operazione ed il setup verrà visualizzato in 'Setup Manager' come in figura 2.14;

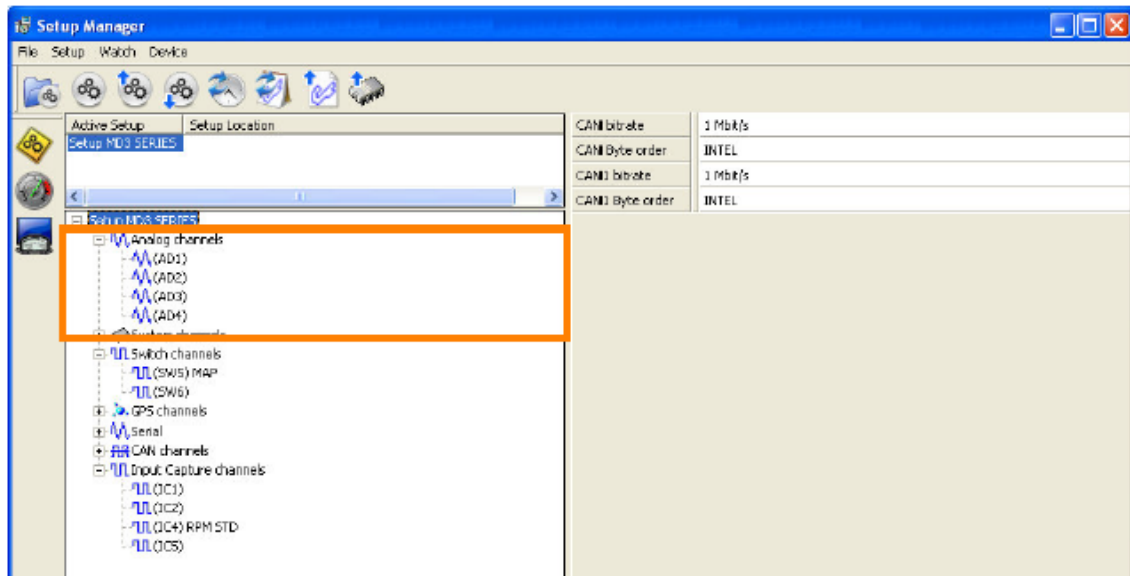


Figura 2.14

4. Selezionare il canale in cui è stato inserito il segnale in arrivo dal sensore (in figura 2.15 è riportato l'esempio nel caso in cui si tratti di un canale analogico);

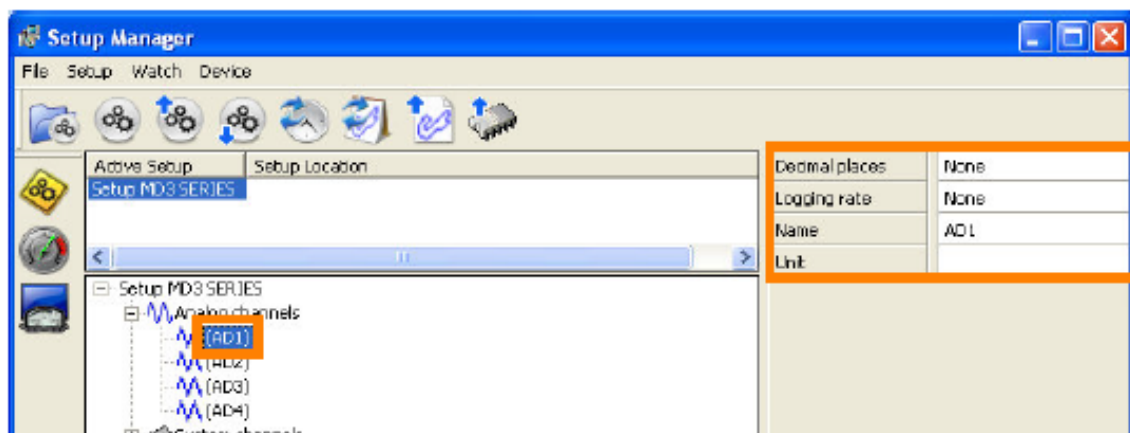


Figura 2.15

5. Le voci indicate nel rettangolo a destra indicano:

- Decimal Places: qui va indicato il numero di cifre decimali che si desiderano visualizzare nei valori assunti dal canale;
- Logging rate: determinata la frequenza di acquisizione del canale, si può selezionare da 1 a 100 Hz;
- Name: il nome del canale preso in esame;

- Unit: l'unità di misura del canale.
6. Ora si procede alla calibrazione del canale (operazione necessaria per ottenere un corretto valore del segnale in acquisizione ed in visualizzazione sul display). Cliccare sul pulsante 'Calibrate Channel' in basso a destra. Apparirà la finestra di calibrazione del canale precedentemente selezionato;

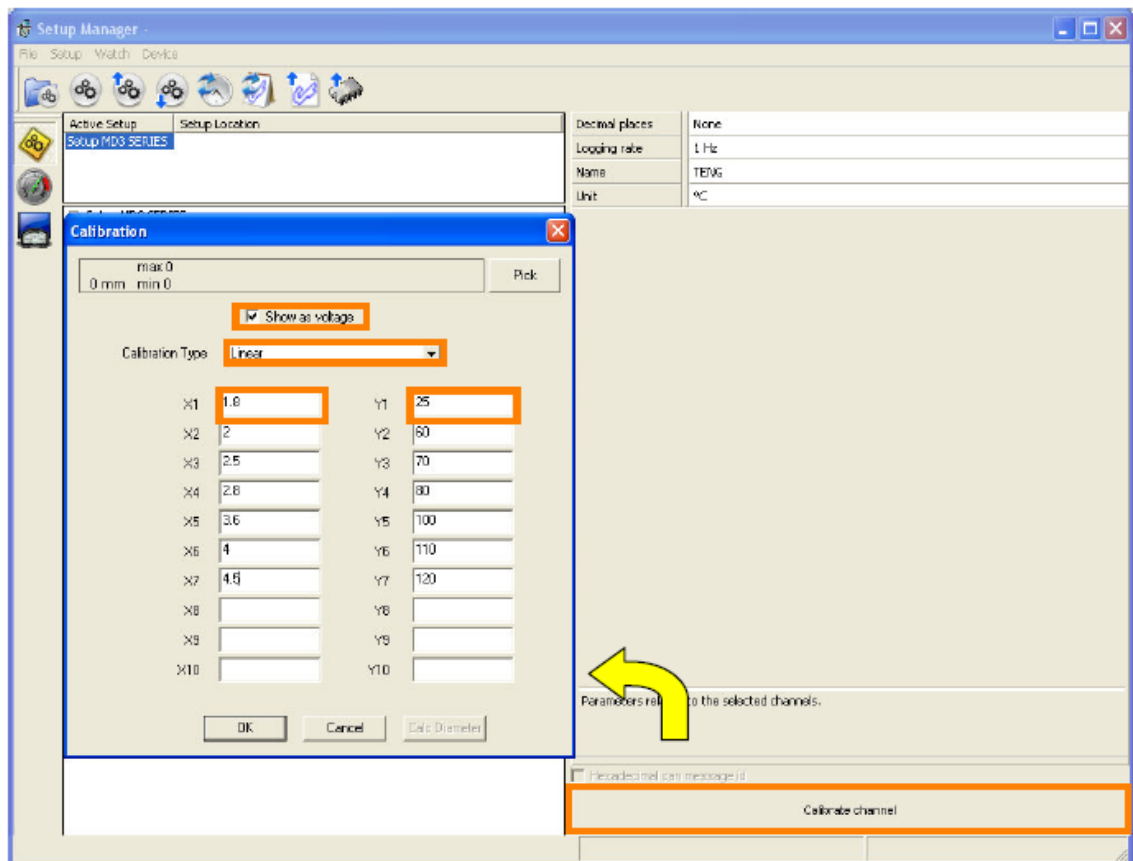


Figura 2.16

7. Una volta entrati nella finestra di calibrazione è necessario definire:

- Calibration Type: definisce il tipo di calibrazione del canale;
- Valori X: valori espressi in 'count' o 'voltage', del canale in calibrazione, selezionabile sopra il tipo di calibrazione con una semplice spunta della casella;
- Valori Y: definiscono i valori calibrati del canale riferiti alla casella X adiacente.

Nota: Il software 'Setup Manager' offre la possibilità di acquisire i valori dei campi X, direttamente dallo strumento, con la semplice pressione sul pulsante 'Pick'. Ovviamente i corrispondenti valori dei campi Y dovranno essere noti.

8. Una volta terminata la definizione dei valori di calibrazione del sensore, cliccare sul pulsante 'Ok' per ritornare alla schermata del setup dell'MD3EVO;
9. Per trasferire il setup modificato nello strumento: cliccare sull'icona evidenziata in figura o tramite il menù 'Setup > Send to device';

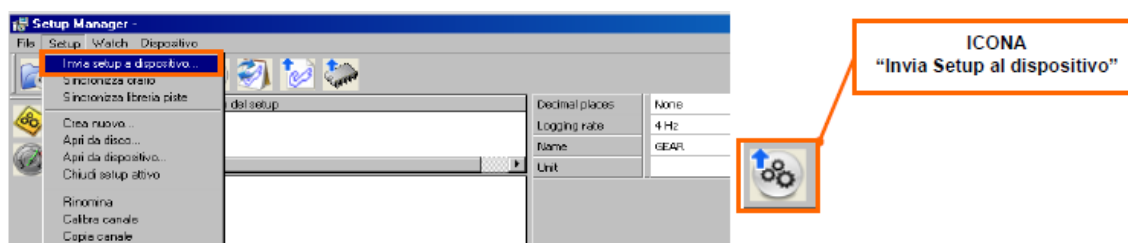


Figura 2.17

10. Per salvare il setup modificato sul disco rigido del PC basta andare sul menù 'File > Save as' per archiviare il setup e dargli un nome.

2.4 Mappatura centraline

La mappatura delle centraline è stata effettuata attraverso il software Maya. È un'attività molto importante e delicata in quanto se impostate in modo sbagliato si potrebbe rompere il motore.

Il programma si apre come in figura 2.18.



Figura 2.18: Maya

Gli elementi della barra degli strumenti sono mostrati in figura 2.18 e descritti qui di seguito ordinati da sinistra verso destra:

1. Apri device: apre un file di device con la descrizione di una ECU;
2. Apri mappa: apre un file di mappa nel blocco di memoria correntemente selezionato;
3. Salva mappa: salva la mappa corrente su un nuovo file;
4. Salva dati device: salva in un unico file tutti i dati che devono essere inviati alla ECU;
5. Leggi mappa da ECU: legge i dati di una o più mappe dalla ECU, caricandoli in memoria;
6. Scarica sull'ECU: scarica i dati di mappa attuali sulla ECU;
7. Selettore del blocco: seleziona quale mappa utilizzare: il numero corrisponde a quello visualizzato negli oggetti Map nell'albero del Device Manager;
8. Connetti a ECU: avvia la comunicazione con la ECU e comincia il monitoraggio in tempo reale;
9. Disconnetti da ECU: ferma il monitoraggio in tempo reale e chiude la comunicazione con la ECU. I pulsanti Connetti e Disconnetti sono mutualmente esclusivi: attivandone uno, l'altro si disabilita e viceversa;
10. Fine Linea: apre la finestra di Fine Linea (End Of Line);
11. Diagnostica: apre la finestra di diagnostica;
12. Conta ore: legge il conta ore e mostra il suo valore.

La prima cosa da fare quando si carica Maya è aprire un file di device: si tratta di un file che contiene la configurazione dell'ECU utilizzata e che viene fornito con essa. Facendo doppio click su un file di device file si apre automaticamente una istanza di Maya con il contenuto di quel file. Successivamente si carica una mappa o la si scarica dall'ECU tramite l'apposito pulsante. A questo punto sarà possibile leggere la mappa della centralina ed andare a modificare i valori.

La mappa contiene i seguenti oggetti descritti in figura 2.19:

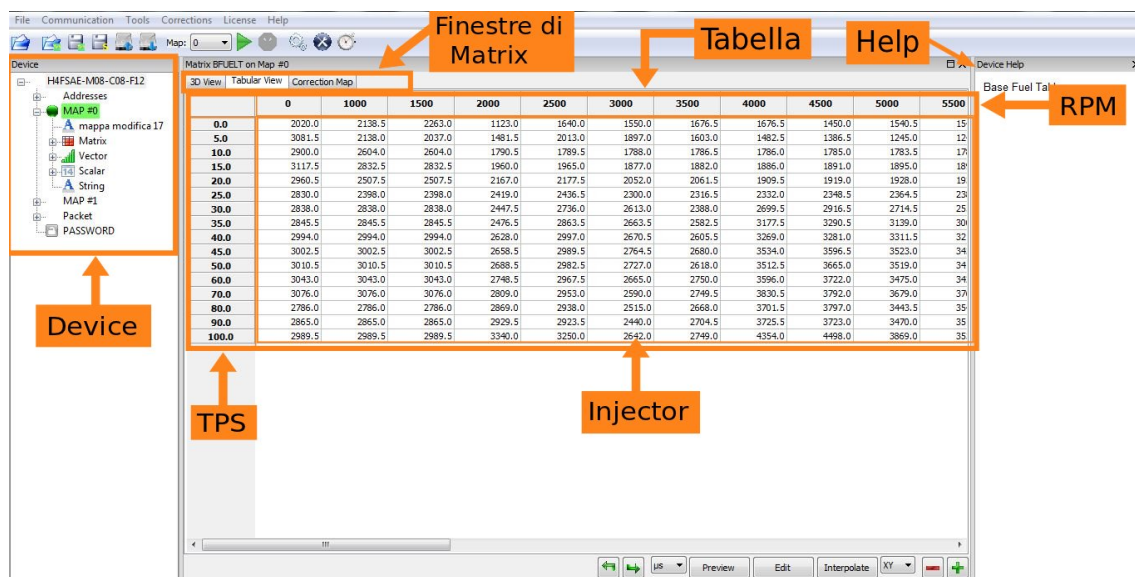


Figura 2.19

1. Addresses: si tratta di informazioni che vanno in accesso a specifici indirizzi nella memoria della ECU.
2. Map items: Sono gli oggetti mappa indicati con MAP #0, MAP #1. Sono le mappe disponibili nell'ECU e sono indipendenti fra loro. Ogni oggetto mappa contiene un certo numero di sotto oggetti:
 - (a) Matrix: una matrice rappresenta un parametro di centralina che dipende da 2 altri valori (ad esempio il parametro di iniezione come funzione del numero di giri e dell'apertura della valvola a farfalla). Una matrice viene rappresentata da una tabella o da un grafico con una superficie 3D. Facendo doppio click su un oggetto matrice sul Device Manager si apre una finestra di matrice.
 - (b) Vector: un vettore rappresenta un parametro di centralina che dipende da un altro valore (ad esempio i valori di breakpoint). Viene rappresentato da una tabella a singola colonna oppure da un grafico bidimensionale. Facendo doppio click su un oggetto vettore nel Device Manager si apre una finestra vettore.
 - (c) Scalar: gli scalari rappresentano valori singoli di parametri di ECU. Se il parametro è editabile, facendo doppio click su di esso nel Device Manager si apre la finestra di modifica delle variabili. Selezionando una variabile scalare nel Device Manager viene mostrato il suo valore assieme a una breve descrizione nella barra di stato (ad esempio i valori di cambiata).

- (d) String: le stringhe rappresentano delle variabili della centralina contenenti del testo. Una stringa particolare è quella chiamata filename: tiene traccia del nome che viene dato all'oggetto mappa, memorizzandolo anche all'interno della ECU, permettendo all'utente di vedere facilmente quali file sono stati memorizzati dentro l'ECU.
3. Packet: elenca le variabili che possono essere lette dalla ECU nella modalità in tempo reale. Il Device Manager le elenca soltanto, per visualizzarle è necessario utilizzare i display numerici o analogici.
 4. Password: imposta una password di accesso per la modifica delle tabelle.

Ogni mappa contiene tre sotto-oggetti principali: matrici, vettori e scalari. Per accedere a un singolo oggetto, è sufficiente espanderlo, e poi fare doppio click sul loro nome.

All'interno dell'oggetto matrice si aprono tre finestre come in figura 2.19:

1. 3D view: rappresenta in un grafico tridimensionale i valori della mappa;
2. Tabular view: da qui si possono modificare i valori dei breakpoint nella mappa;
3. Correction map: permette di svolgere una correzione in percentuale del valore descritto nella tabular view.

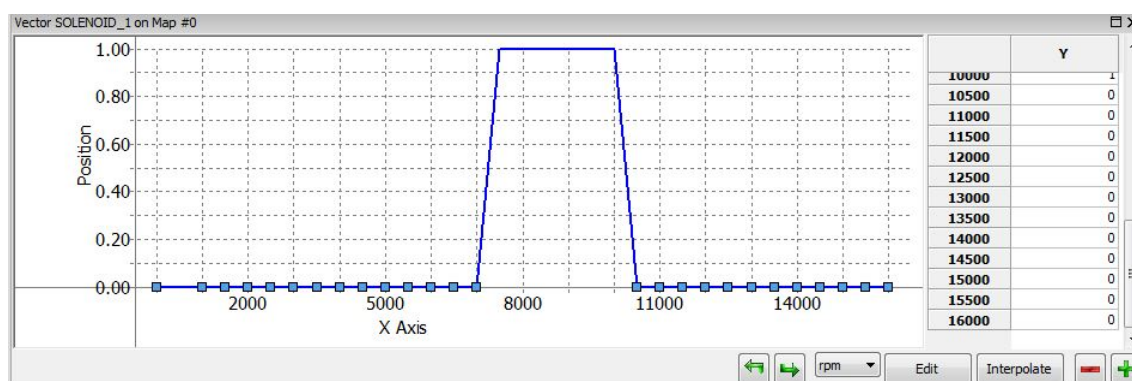


Figura 2.20: Tabella vettori

MINPTV	43	-	+	bit
MAXPTV	233	-	+	bit
FLP_F	255	-	+	
FLP_F2	255	-	+	
TEETH	12	-	+	teeth
TDC_1	3	-	+	tooth
DELAYCYL2	180.0	-	+	deg
DELAYCYL3	540.0	-	+	deg
DELAYCYL4	360.0	-	+	deg

Figura 2.21: Tabella scalari

Maya permette di modificare contemporaneamente più valori sulla mappa. Selezionando le caselle grazie al mouse e premendo i pulsanti '+' e '-' (posti in basso), i valori si spostano di un singolo passo che dipende dalla rappresentazione interna delle variabili. Un'altra funzione importante del programma è la possibilità di interpolare i dati grazie ad un click. Il pulsante Interpolate (posto in basso), effettua una interpolazione lineare dei dati selezionati. L'interpolazione XY viene fatta simultaneamente lungo righe e colonne: i valori nelle celle selezionate vengono trasformati secondo i valori nelle quattro celle d'angolo della selezione.

La matrice aperta nella figura 2.19 rappresenta il tempo di apertura degli iniettori in funzione della valvola a farfalla e dei giri motore.

All'interno dell'oggetto vettore si trova un grafico in due variabili (figura 2.20). I valori nella vista tabulare possono essere modificati allo stesso modo di quelli delle matrici.

Nell'oggetto scalare vengono indicati dei valori assegnati ad un determinato oggetto in una singola finestra (figura 2.21).

La finestra di aiuto, posta nella parte destra del programma, permette di visualizzare le informazioni dell'oggetto selezionato.

2.4.1 ECU

La centralina per il controllo del motore è sicuramente la componente più importante della vettura. La mappatura è stata modificata a partire da una mappa standard per il motore CBR600 RR.

2.4.1.1 *Banco prova*

Una prima mappatura è stata eseguita al banco prova di Cognolato Racing a Padova. Il motore è stato collegato al banco con la sonda lambda installata al collettore principale dello scarico. Qui, a partire dalla mappa base, si sono andati a modificare i parametri riguardanti il tempo di apertura degli iniettori e la scintilla nelle candele. Attraverso la connessione real-time è stato possibile configurare i diversi punti della mappa agendo sull'acceleratore. Il cursore sul programma Maya si muove a seconda delle ascisse e ordinate che si trovano in tabelle. Grazie alla retroazione della lambda, dopo qualche secondo di attesa, siamo riusciti ad ottenere dei valori accettabili in cui la sonda riusciva a correggere l'iniezione misurando un rapporto unitario.

2.4.1.2 *Test su pista*

Una seconda mappatura è stata eseguita nel circuito costruito all'interno dell'azienda Cimolai Technology. In questo caso non è stato possibile utilizzare la connessione real-time con la retroazione della sonda lambda. Per controllare il comportamento del motore si sono usati i dati acquisiti dal display. Tramite il software GATE si è analizzato, una volta scaricati i dati, il comportamento della sonda lambda in base al numero di giri del motore, al MAP e al TPS. Attraverso queste acquisizioni si sono potute verificare le diverse anomalie della vettura. Per correggerle sono state modificate le mappe base di accensione delle candele e di iniezione del carburante. Inoltre si è potuti agire sulla risposta della vettura nel caso di brusche accelerazioni e decelerazioni andando ad osservare la derivata del TPS e modificando le relative mappe. Per modificare la matrice base dell'iniezione di carburante, si è cercato di tenere la lambda compresa tra 0,8 e 0,9 utilizzando diverse prove sperimentali. Per la gestione della mappa di anticipo si è tenuto conto delle osservazioni dei piloti riguardante il freno motore.

2.4.2 *GCU*

La centralina per il controllo del cambio permette di gestire il tempo di apertura dell'elettrovalvola. Questa viene azionata da due pulsanti (uno per la salita e uno per la discesa della marcia) azionabili dalle palette poste sul retro del volante. Per ottenere questo risultato l'azienda GET ha aggiunto quattro valori scalari dentro la GCU.

Dopo diverse prove sono stati impostati nel seguente modo:

- T_PUSH: regola il tempo minimo in cui i pulsanti devono essere premuti. È stato impostato a 10 ms;
- T_MUTE: stabilisce il tempo che deve intercorrere fra la rilevazione di due segnali affinché venga eseguito nuovamente il comando. È stato impostato a 400 ms;
- T_VALVE_UP: il tempo di apertura della valvola per la salita della marcia. È stato impostato a 160 ms;
- T_VALVE_DOWN: il tempo di apertura della valvola per la discesa della marcia. È stato impostato a 160 ms.

2.5 *Geometria variabile e cambio automatico*

Nelle mappe dell'ECU è compresa un'ulteriore tabella per la generazione di un segnale logico a seconda del numero di giri del motore. Questa tabella è stata inizialmente creata per comandare il solenoide che regola la geometria variabile dei condotti di aspirazione. Ma attraverso il pulsante situato nel cruscotto, il segnale è stato deviato all'ingresso di 'T_VALVE_UP' nella GCU. Utilizzando questo metodo si è riusciti a far cambiare automaticamente la vettura arrivati ad un certo numero di giri. Come si può intuire, i problemi che si presentano sono molteplici. Il primo è sicuramente la diversità dei due tipi di segnale a seconda del numero di giri, che si è risolto attraverso l'implementazione di due diverse mappe nell'ECU, azionabili direttamente dal pilota attraverso l'interruttore 'Map change', figura 1.11.

2.5.1 *Geometria variabile*

In figura 2.22, sono visualizzate le curve di coppia ottenute sperimentalmente durante la sessione al banco prova di Cognolato Racing. Queste si differenziano a seconda dell'altezza dei cornetti, i quali sono posizionati all'interno dell'airbox e posti all'inizio dei condotti di aspirazione di ogni cilindro. I cornetti sono di forma cilindrica e si muovono meccanicamente tramite un solenoide posto sul telaio della vettura.

La linea blu rappresenta la prova in cui i cornetti sono corti ed il solenoide non attivo. La linea verde indica il test con i cornetti allungati ed il solenoide attivo. Da questi due grafici abbiamo valutato la curva che avrebbe consentito le migliori prestazioni alla vettura. L'attivazione del solenoide è stata impostata tra i 7500 e

10000 giri. In questo intervallo l'ECU aziona l'attuatore facendo allungare i cornetti. Questo ha permesso di ottenere una curva di coppia rappresentata dalla linea rossa nella figura 2.22.

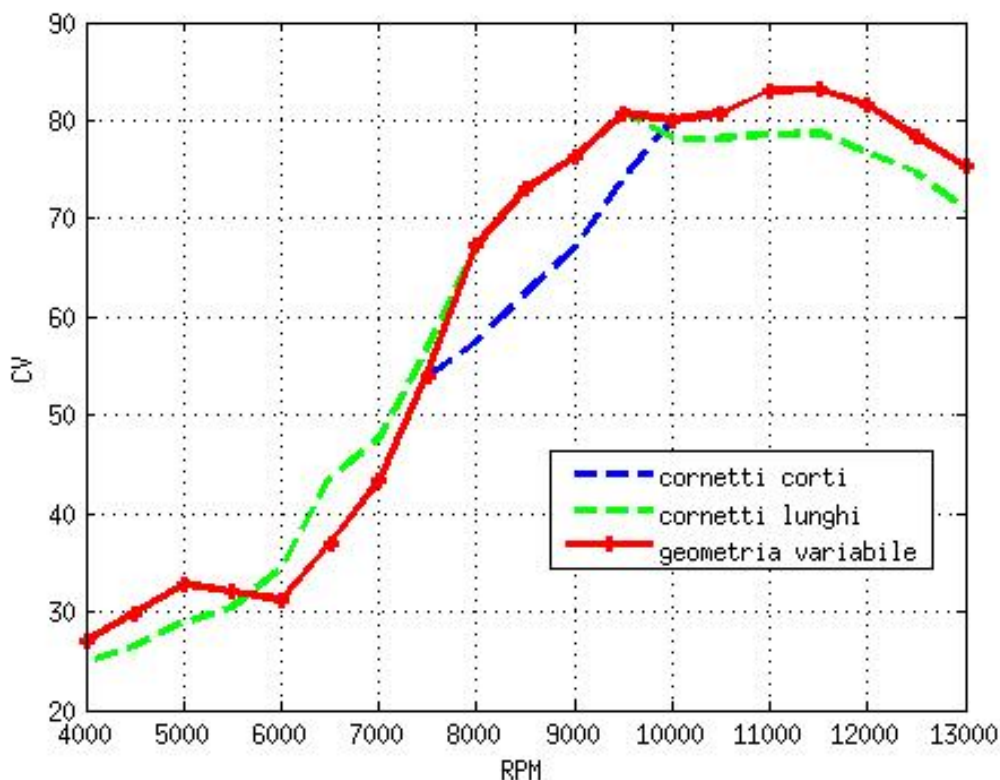


Figura 2.22: Curve di coppia

2.5.2 *Cambio automatico*

Si è voluta sfruttare questa strategia solamente nella competizione di 'acceleration'. Durante questa gara, il problema principale a cui deve far fronte il pilota è la cambiata ad un determinato numero di giri. Questo deve essere svolto nel minor tempo possibile. Attraverso le sperimentazioni si è potuto ottimizzare il breakpoint di cambiata. Questo è stato impostato ad 11500 RPM.

Questa strategia permette alla GCU di comandare un pistone pneumatico, il quale è collegato direttamente al cambio del motore tramite una cella di carico. Quando viene premuto il pulsante, presente nella cella, si invia un segnale alla centralina che interrompe la scintilla delle candele. Grazie a questa strategia l'attuatore può far salire la marcia fino a fondo scala senza la necessità che venga premuta la frizione. Il metodo appena descritto funziona solamente in accelerazione, per la de-

celerazione non si è potuta attuare. Questo perché si sono esaurite le matrici su cui agire, inoltre, la gestione della discesa della marcia, per l'utilizzo stesso della vettura da parte del pilota, non sarebbe stata utile.

2.6 *Traction Control*

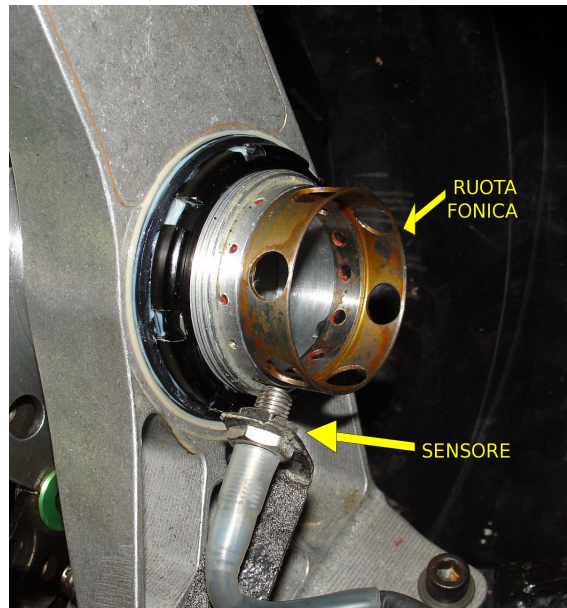


Figura 2.23: Traction control

La strategia del traction control utilizzata è costituita da una ruota fonica con sei fori cilindrici montata sulla ruota anteriore destra, dove è situato a distanza di pochi millimetri un sensore di posizione. Inoltre viene sfruttato un ulteriore sensore situato nel motore, il VS, per conoscere la velocità delle ruote posteriori. La centralina riesce in questo modo a stabilire la velocità di rotazione delle ruote anteriore rispetto a quella delle ruote posteriori.

Quando i due sensori misurano velocità differenti, allora significa che una delle ruote sta slittando. La centralina agisce tagliando benzina al motore e pertanto facendo calare i suoi giri finché le velocità misurate dai due sensori non si uguagliano.

Questo sistema permette di migliorare il trasferimento della coppia al terreno impedendo alle ruote di slittare e pertanto di ottenere delle accelerazioni nette.

Capitolo 3

Esperienze personali

3.1 *Posizionamento*

Il mio contributo personale alla realizzazione della vettura ha riguardato la stesura di uno schema generale per la sistemazione dei vari componenti elettronici ed il crimpaggio di diversi connettori del cablaggio. Ho deciso la sistemazione dei sensori dopo un confronto con i gruppi che necessitavano della misurazione di una grandezza.

Per quanto concerne il motore non si sono cambiate le postazioni di fabbrica degli alloggi e del modello dei sensori.

Per l'impianto dei freni sono stati utilizzati due sensori posti adiacenti ai regolatori di pressione, questo per verificare la loro effettiva apertura e per conoscere la pressione dell'impianto posteriore ed anteriore nel medesimo punto. Il pulsante idrostop, per la segnalazione della frenata, è situato sul sandwich del freno per non occupare, con ulteriori raccordi, lo spazio a disposizione.

Le centraline sono state alloggiate sotto il firewall del serbatoio e fissate con delle fascette sulla fiancata della vettura. Questo spazio è stato scelto perché poteva racchiudere un gran ingombro di fili. Per la scatola fusibili ho deciso di integrarla al sedile in quanto non è stato possibile trovare ulteriore spazio vicino alle centraline. Per ottenere un sedile facilmente removibile, e per rispettare il regolamento, sono stati messi diversi connettori. Anche il cruscotto è completamente estraibile in poche mosse, ed è stato progettato dandogli la forma del display. Così facendo il datalogger è diventato parte integrante del cruscotto.

Tutto il cablaggio è stato progettato in modo che sia completamente removibile dalla vettura. Pertanto tutti i dispositivi terminano con dei connettori. La batteria è stata posizionata fra il motore ed il differenziale tramite dei supporti appositamente costruiti.

Il risultato finale del posizionamento è quello descritto nella figura 1.2.

3.2 *Crimpatura*

La crimpatura avviene tramite compressione meccanica della ferula tramite una pinza. In questo modo il cavo rimane bloccato sul pin a causa della pressione esercitata. Ciò generalmente garantisce un buon contatto elettrico, quasi equivalente alla stagnatura. Nei casi in cui occorra avere la massima affidabilità nel tempo in condizioni di temperatura e di umidità estreme, alla crimpatura si fa seguire la saldatura con lega di stagno. L'operazione di crimpatura è irreversibile, nel senso che, una volta applicato il connettore alla parte terminale del cavo, risulta impossibile sfilarlo senza danneggiare cavo e ferula.

Per crimpare un filo si necessita di un contatto pin. Questo oggetto è diviso in tre parti:

1. L'innesto è la parte che andrà a contatto con il pin posto nel secondo connettore. Può essere maschio o femmina a seconda del tipo di connettore scelto;
2. Una prima ferula, dove si crimpa il filo a cui è stata rimossa la guaina di plastica. Questa parte serve per creare contatto fra il pin e l'interno del cavo dove passa la corrente;
3. Una seconda ferula, dove si crimpa il filo con la guaina. Serve per impedire alla guaina di scivolare lungo il filo e come aggancio di sicurezza per trattenere il cavo.

Di seguito verranno spiegati i diversi metodi di crimpatura nel caso di diverse tipologie di cavo.

Per crimpare un filo AWG 22 è necessario rimuovere la guaina di plastica per circa 2 mm attraverso la pinza o una forbice. La ferula va posizionata sul filo di rame appena scoperto. In questa posizione il cavo viene crimpato con una pinza apposita. Questo cavo è stato usato per trasportare la corrente lungo tutta la vettura fino alle centraline ed al display.

Per il cavo raychem si esegue lo stesso procedimento per rimuovere la guaina. Il filo appena fatto uscire si piega esattamente a metà di 180° formando un uncino. Poi si posiziona la piegatura in modo che, quando la ferula si richiude su se stessa, il filo rimanga agganciato. Questo tipo di cavo è stato usato per trasportare la corrente

ai sensori, per l'invio e la ricezione del segnale, per la comunicazione via CAN di centraline e display.

Per il punto 3 viene usata la stessa pinza utilizzata nelle operazioni descritte precedentemente.

3.3 *Connettori Super Seal*

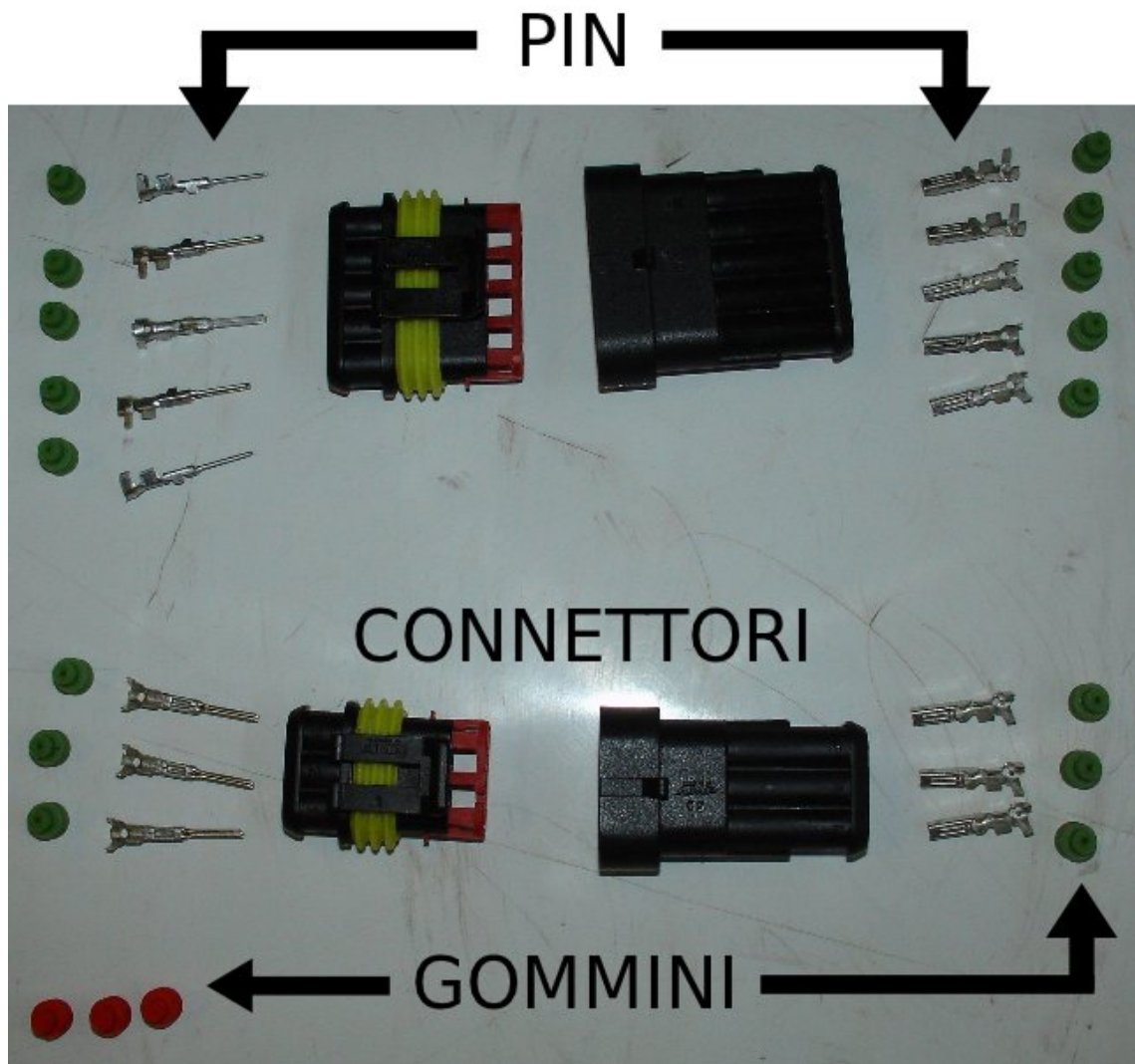


Figura 3.1: Super Seal

I connettori Super Seal permettono un grado di protezione IP68 e sono stati usati per riuscire a togliere completamente il cablaggio dalla vettura in un tempo modesto.

Questo particolare tipo di connettori, come si può vedere in figura 3.1, sono composti da:

- Gommini: utilizzati per impedire alla polvere e all'acqua l'ingresso nel connettore. Sono di colore rosso nel caso in cui si voglia chiudere completamente l'entrata del connettore. Quelli di colore verde servono per far passare solamente il cavo dentro al connettore. Per crimparli si procede come descritto in precedenza nella sezione 3.2, ad eccezione del punto 3. Durante quest'ultima operazione viene posto il gommino all'estremità del pin e crimpato assieme al cavo tramite l'apposita pinza;
- Pin: sono gli oggetti descritti nel paragrafo 3.2. Vengono usati per creare il contatto fra i due connettori;
- Connettore Super Seal: sono un particolare tipo di connettori usati in motorsport. Sono leggeri, maneggevoli e completamente impermeabili.

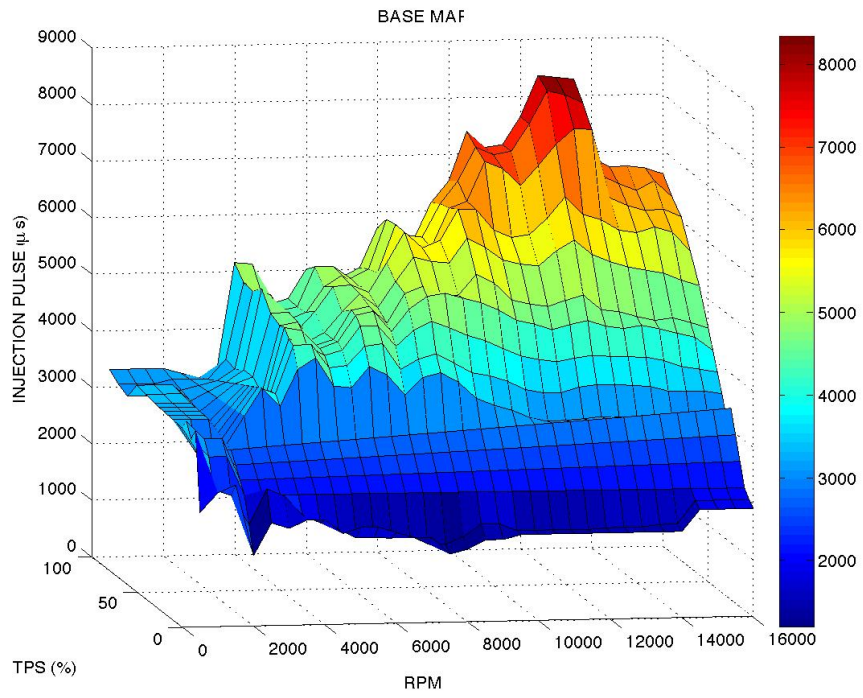
3.4 *Cablaggio*

Per ottimizzare il cablaggio e non rendere vana la protezione fornita dai super, ho ricoperto i cavi con della guaina termo restringente.

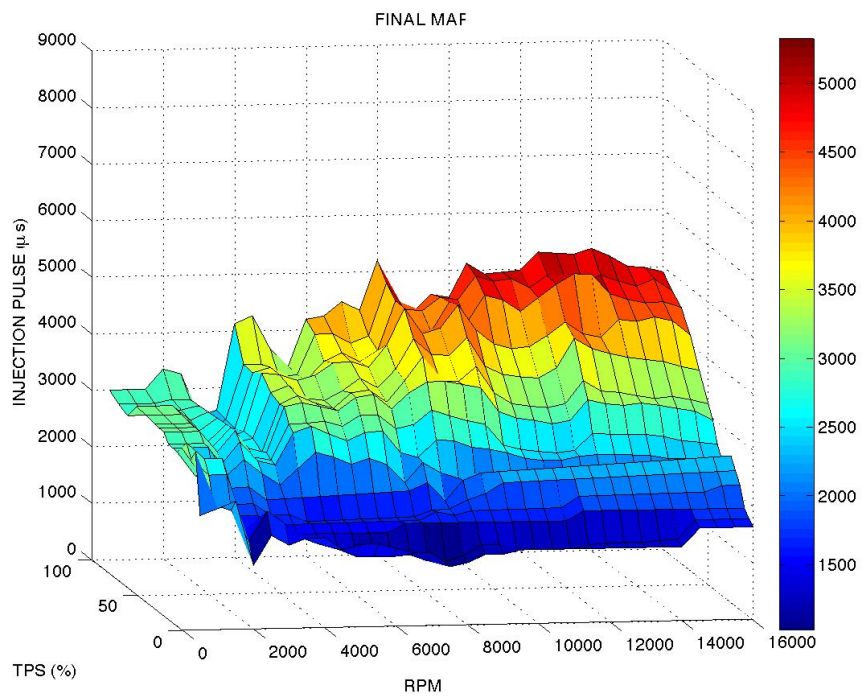
Prima di avvolgere il cavo attorno alla guaina è necessario twistarlo, cioè intrecciare fra loro i cavi. In questo modo si rende il cablaggio abbastanza flessibile da essere modellato sul telaio della vettura e permette di non avere interferenze fra i diversi segnali dei sensori. Successivamente si avvolge la matassa di cavi dentro la guaina e la si fa restringere tramite un fon a caldo. Nelle sezioni in cui il cablaggio si snoda è stato usato del mastice per isolarlo dall'acqua e dalla polvere. In presenza dei connettori si è usata la guaina termo restringente col mastice incorporato per ottenere una sigillatura ermetica. Anche per cablare i sensori sono stati rivolti gli stessi trattamenti. Una volta finito si è posizionato il cablaggio sulla vettura in modo da non avere degli ingombri con la carrozzeria. Successivamente il cablaggio è stato posto all'esterno del telaio fissandolo con delle fascette per renderlo sufficientemente statico una volta che la macchina si fosse trovata in moto.

3.5 *Considerazioni mappe*

In figura 3.2, vengono messi a confronto due differenti mappature della tabella di iniezione del carburante. Nella figura 3.2a è visualizzata la mappatura di un motore CBR 600 RR originale e senza modifiche. In figura 3.2b, viene rappresentata la mappatura ottenuta dalla vettura alla fine dei test svolti durante l'anno.

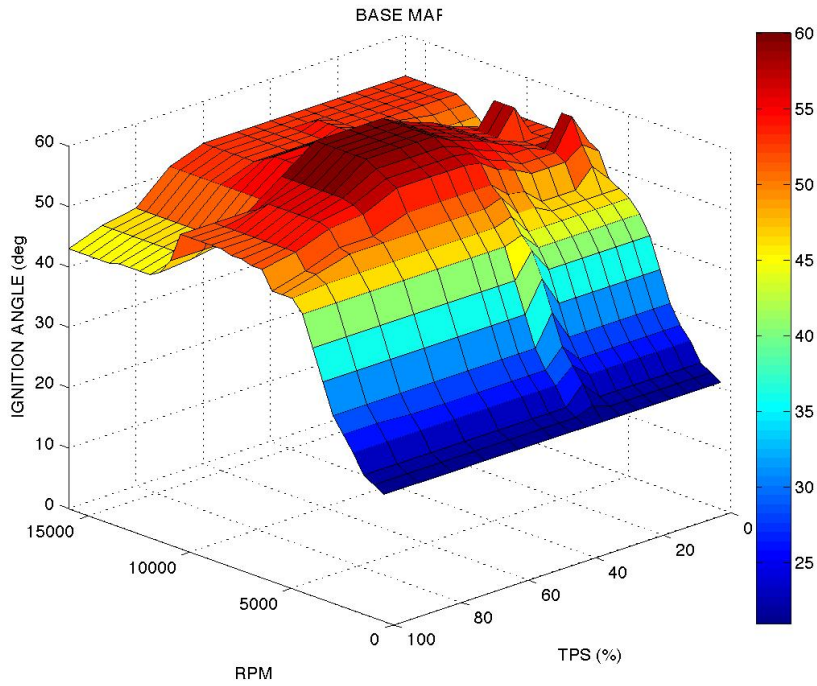


(a) Base map

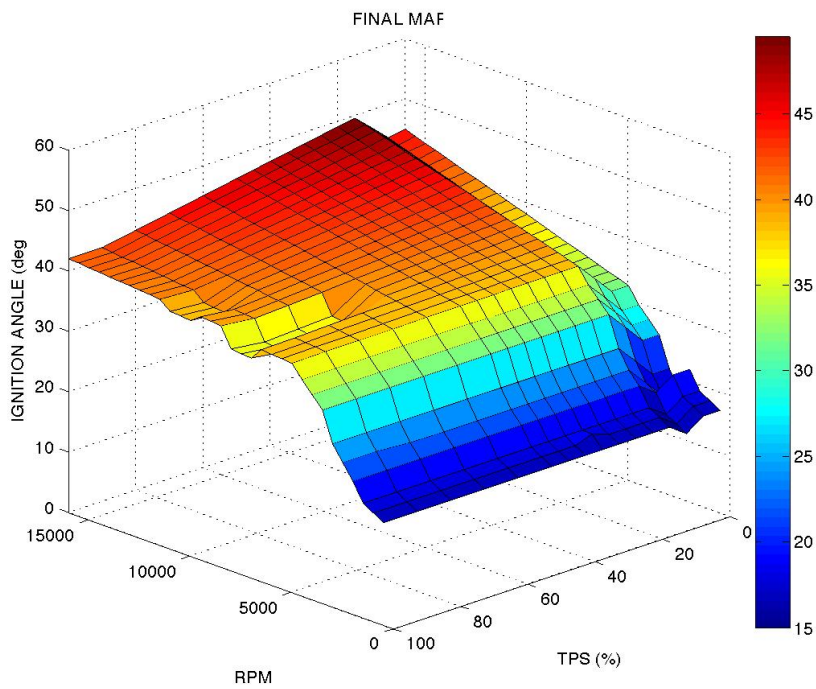


(b) Final map

Figura 3.2: Base fuel table



(a) Base map



(b) Final map

Figura 3.3: Base ignition table

La mappa utilizzata per l'iniezione di benzina è simile alla mappa di base per un numero di giri relativamente modesto. Come si vede dalla figura 3.2, ad elevati giri e con apertura della farfalla superiore al 60%, le due mappe sono molto differenti. Questa situazione è dovuta, oltre alla restrizione nei condotti di aspirazioni, ad un airbox molto esteso con alla fine un'unica farfalla. In questa situazione si è notato che l'airbox crea un effetto 'polmone' e pertanto impedisce al motore di aspirare l'aria di cui avrebbe bisogno in un normale utilizzo. Come conseguenza si ottiene una richiesta di benzina minore e pertanto un'apertura minore degli iniettori. Nei punti rimanenti della mappa, non verificandosi il problema appena descritto, l'andamento della superficie è simile per le due figure.

Un'ulteriore mappa che si è modificata visibilmente, per migliorare le prestazioni della vettura, è quella riguardante l'anticipo, cioè il ritardo di accensione delle candele. In figura 3.3, vengono messi a confronto due differenti mappature della tabella di accensione. La prima, in figura 3.3a, riguarda la mappa originale. La seconda, in figura 3.3b, riguarda la mappa utilizzata durante le competizioni. Come si vede dalla figura 3.3, si è ritardato di qualche grado l'accensione, rispetto alla mappa originale, per ottenere un maggiore rapporto di compressione durante l'esplosione del carburante. Questo ha permesso di diminuire, anche se di poco, il freno motore. Si è cercato di non modificare in maniera vistosa la mappa, questo per evitare spiacevoli sorprese dal momento che questa potrebbe far arrivare la camera di combustione ad una temperatura tale da fondere i pistoni.

3.6 *Calibrazione sensori*

Per la calibrazione dei diversi sensori disposti sulla vettura ho preferito usare i dati riportati nei datasheet di ognuno. Questo per evitare di incorrere in errori di misura dovuti a strumenti di confronto poco accurati e precisi. Per verificare la correttezza dei dati registrati si sono svolte delle prove diverse per ogni tipologia di sensore.

Per i sensori di temperatura e pressione il test di controllo è avvenuto mettendo il sensore in aria. Così ho visualizzato il valore letto dal sensore sul monitor. Come confronto, per i sensori di temperatura ho usato un termometro a mercurio posizionato vicino ai sensori. Invece per i sensori di pressione ho usato un barometro.

Per la calibrazione del TPS ho agito manualmente sulla valvola a farfalla lasciandola chiusa o tenendola completamente aperta.

Per la calibrazione della sonda lambda è bastato pulirla e tenerla in mano facendo attenzione di essere in un ambiente non inquinato dai gas di scarico. Questo ha

permesso alla centralina di autocalibrare il sensore.

3.7 *Cost Report*

Il Cost Report fa parte degli eventi statici. Esso permette di comprendere come un pezzo viene prodotto ed alloggiato sulla vettura. Distingue le parti lavorate dagli studenti da quelle comprate esternamente. È lo strumento attraverso il quale si denota il costo primo del prodotto finito, ovvero il costo comprensivo della materia prima e della manodopera senza considerare i costi indiretti.

Per stilarlo ho usato delle tabelle indicative fornite dalla commissione esaminatrice della Formula SAE. In queste tabelle sono inseriti dei costi fittizi riguardanti il caso in cui fossero costruiti mille esemplari all'anno, pertanto denotano un costo puramente industriale e non quello reale per realizzare un singolo prototipo.

Per ottenere dei dati leggibili e ben suddivisi tra loro, si sono create due sezioni dove suddividere i costi. Nelle figure precedenti, è riportato un esempio riguardante il cost report della luce di stop. Nell'intestazione dei due report, in alto, sono descritte le informazioni essenziali quali:

- University: l'università a cui fa riferimento il cost;
- System: il reparto a cui appartiene. Per semplificare la visione ogni reparto ha il suo colore;
- Assembly: il nome dell'assieme che si sta analizzando;
- Part: descrive la parte dell'assieme che si sta analizzando. Questa sezione si trova solamente nella sezione dedicata al Part;
- P/N Base: è il codice assegnato all'oggetto descritto;
- Suffix: descrive la tipologia della vettura in gara;
- Details: un nome per specificare l'oggetto;
- Car #: il numero della vettura in gara;
- Full P/N: il codice assegnato alla vettura;
- Assembly/Part cost: il costo totale dell'oggetto. È la somma delle tabelle nel corpo centrale del foglio;

- Quantity: la quantità dei pezzi utilizzati;
- Extended cost: determina il costo totale di tutti i pezzi utilizzati. È la moltiplicazione fra la voce 'Assembly/Part' cost con la voce 'Quantity'.

In figura 3.4, viene riportato, a titolo di esempio, il foglio dell'assembly dell'elemento 'brake light'. Analizzando il corpo centrale, si nota che la prima tabella è un 'Part', questo significa che è stato creato un elemento dagli studenti a cui è stato assegnato il nome 'brake light'. Questo oggetto verrà analizzato in seguito.

La seconda tabella, 'Material', descrive l'utilizzo di materiali aggiuntivi come possono essere pulsanti, batterie ecc, che vengono aggiunte direttamente alla vettura e che non fanno parte di un pezzo definito. Ad esempio la batteria è stata acquistata esternamente, pertanto si metterà il costo a tabella del tipo di batteria.

La terza tabella 'Process' descrive l'intervento di manodopera per installare il pezzo alla vettura. Nel caso riportato si è fissata la luce di stop (1) con delle fascette all'alettone dentro una apposita scatola precedentemente creata e forata dal reparto carrozzeria. Si sono uniti (2) i due connettori, maschio-femmina, per alimentare il pezzo. Questo ha comportato (3) l'assemblaggio per interferenza dei due attacchi. Per svolgere completamente questo lavoro è stato necessario (4) utilizzare le mani, le quali sono state (5) spostate per più di 25,4 mm per fissare la luce sull'alettone.

La quarta tabella, 'Fastener', indica i materiali di largo consumo quali fascette, dadi, viti ecc.

Infine l'ultima tabella, 'Tooling', indica gli strumenti utilizzati per produrre il pezzo che necessitano di alimentazione, quali il tornio, il trapano a colonna ecc.

In figura 3.5, viene descritto il 'Part' che si è visto nella prima tabella dell'assembly. La luce di stop è stata creata a partire da una millefori che ha fornito l'alloggiamento per posizionare i led. Questi sono stati stagnati sulla scheda dove sono stati aggiunti due cavi che sono stati crimpati ad un connettore e successivamente guainati.

ItemOrder	Part	Part Cost	Quantity	Sub Total	Car #	Assembly Cost
1	Brake Light	\$10.48	1	\$10.48	085	\$12.00
			Sub Total	\$10.48		1
						Extended Cost
						\$12.00

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Area	Length	Density	Quantity	Sub Total
							Sub Total	

ItemOrder	Process	Use	UnitCost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total
1	Install Tie Wrap	STOP	\$0.09	unit	2	1	\$0.18	\$0.18
2	Connector Install, Square, Spring Clip		\$0.20	unit	1	1	\$0.20	\$0.20
3	Assemble, 1kg, Interference		\$0.19	unit	1	1	\$0.19	\$0.19
4	Hand - Start Only	Stop light to frame	\$0.12	unit	1	1	\$0.12	\$0.12
5	Hand, Loose > 25.4 mm	Stop light to frame	\$0.75	unit	1	1	\$0.75	\$0.75
							Sub Total	\$1.44

ItemOrder	Fastener	Use	UnitCost	Quantity	Sub Total
1	Tie Wrap		0.04	2	\$0.08
				Sub Total	\$0.08

ItemOrder	Tooling	Use	UnitCost	Unit	Quantity	PVF	FractionIncluded	Sub Total
							Sub Total	

Figura 3.4: Assembly A40600

Di seguito verranno elencate le varie categorie del cost report riguardante l'elettronica:

- A40100 Engine Electronics;
- A40200 Electronics, Power;
- A40300 Dash panel;
- A40400 Electronics, Sensors;
- A40500 Engine Wiring;
- A40600 Brake Light;
- A40700 Fan Wiring;
- A40800 Shifter Electronics.

Capitolo 4

Verifica di problemi

Verranno di seguito descritti alcuni dei principali problemi ottenuti durante le prove ed in gara. Questi problemi verranno verificati con l'aiuto del programma di acquisizione MX2 e verrà fornita la soluzione adottata.

4.1 *Problemi di temperatura*

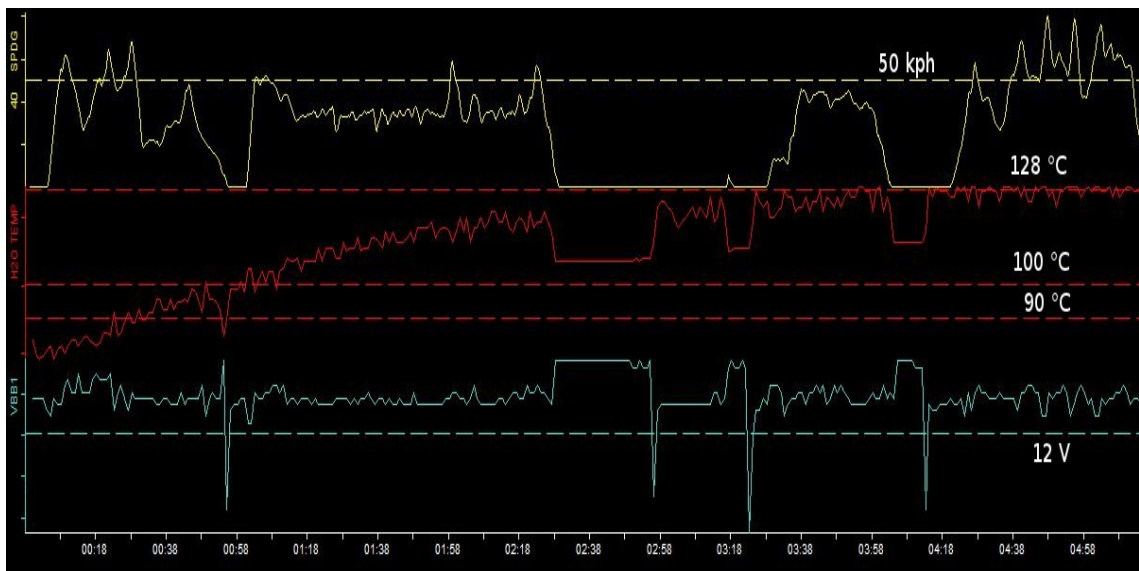


Figura 4.1: Surriscaldamento

Durante le prove della vettura nel circuito di test, è stato riscontrato un problema sulla temperatura del motore. Come si può vedere in figura 4.1, la temperatura del liquido refrigerante si stabilizza a circa 128°. In questa figura sono rappresentati la velocità della macchina, in giallo, la temperatura dell'acqua, in rosso ed infine

la tensione della batteria in verde. Queste tre acquisizioni sono state affiancate in quanto è necessario capire la condizione al contorno in cui si trova la macchina durante l'acquisizione.

Il grafico con la tensione della batteria è stato visualizzato per capire appieno l'andamento del sensore di temperatura dell'acqua. Da esso infatti si notano tre intervalli in cui senza motivi apparenti si abbassa la sua tensione rimanendo quasi costante.

Durante questa acquisizione sono state eseguite delle prove di skidpad e di auto-cross con circuito molto stretto. Il riferimento sulla velocità è stato impostato a 50 km/h, oltre questo valore l'aria che confluisce nel radiatore è sufficiente a raffreddare l'acqua (osservato da acquisizioni precedenti). Pertanto se non si fossero provate anche velocità inferiori per un tempo sufficientemente elevato non si sarebbe verificato questo problema.

Per una resa ottimale del motore, il liquido refrigerante deve aggirarsi tra i 90° ed i 100°. Si è così pensato di aggiungere un secondo radiatore nella parte destra della vettura per diminuire la temperatura.

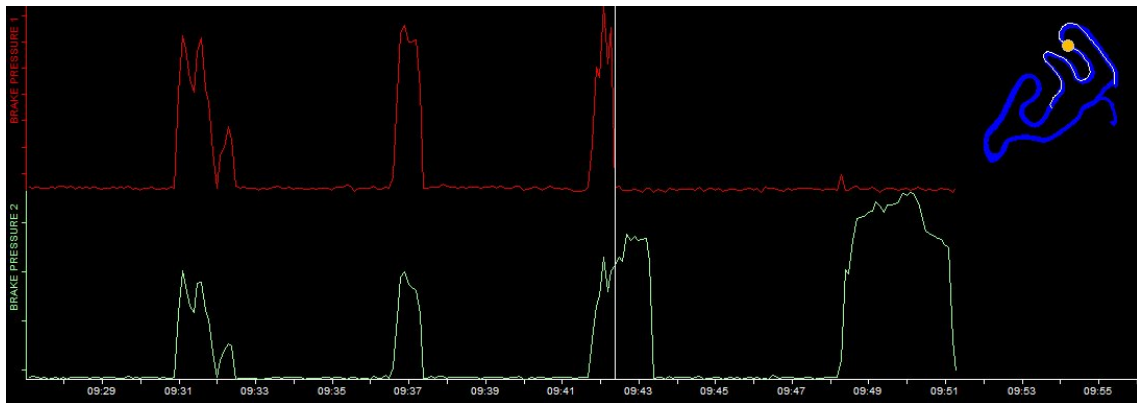
Durante le successive acquisizioni si sono registrati dei significativi miglioramenti.

4.2 *Problemi di frenata*

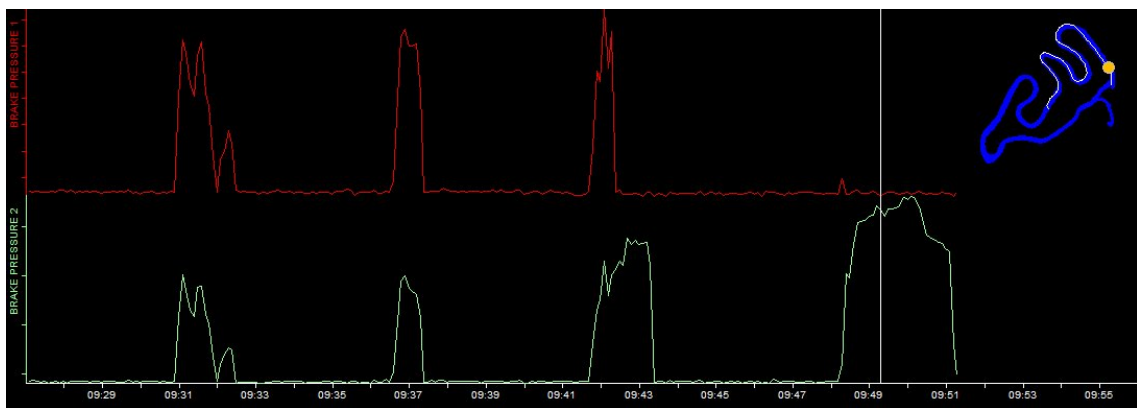
Durante l'ultima gara della competizione di Hockenheim, al nono giro dell'endurance, la vettura è uscita di pista a seguito di un testacoda. Una volta fermatasi a bordo pista, una nuvola di vapore ha avvolto la macchina.

Tornati ai box si è verificato immediatamente che il tappo del radiatore aveva ceduto. Questo ha spiegato la nuvola bianca verificatasi poco prima.

Osservando le acquisizioni dati si nota invece un problema meno visibile del precedente. La rottura dell'impianto dei freni per la parte posteriore. In figura 4.2, si nota l'acquisizione dei segnali. In rosso è descritta la pressione dell'impianto posteriore mentre in bianco quello anteriore. In alto a destra la forma del circuito ed il pallino giallo il punto in cui si trova la vettura. Quest'ultima indicazione, assieme alla barra verticale bianca, indicano il punto in cui si sta leggendo l'acquisizione. Da come è stato concepito l'impianto dei freni si dovrebbe avere la medesima pressione nella parte posteriore ed anteriore, ovvero le due acquisizioni dovrebbero risultare uguali.



(a)



(b)

Figura 4.2: Pressione freni

Invece dalla figura 4.2a, si nota come la pressione abbia ceduto immediatamente nell'impianto posteriore mentre il pedale era ancora sotto carico. Si nota che nell'impianto anteriore c'è ancora pressione, questo comporta che le pinze stanno agendo sui dischi e pertanto sono perfettamente funzionanti. In questa curva, grazie alla bassa velocità ed alla maestria del pilota la macchina non è uscita di strada. Nella successiva curva, descritta in figura 4.2b, si nota che la frenata avviene solamente nella parte anteriore della vettura. Pertanto la vettura è diventata ingestibile ed è uscita di pista. Come fatto secondario si ha avuto un surriscaldamento del motore e la fuoriuscita della nuvola di vapore. Questo ha trovato conferma anche nella sensazione del pilota che ha aiutato ad individuare il problema.

4.3 *Pompa benzina*

Un altro problema sorto durante i test è stato il comportamento anomalo della pompa benzina letto dalle acquisizioni. Come unico inconveniente si è riscontrata una

difficoltà nel completare la mappatura. Fatto a cui non è stato dato un peso rilevante in quanto si stavano svolgendo ancora delle prove per ottimizzarla. Guardando le acquisizioni ho notato delle anomalie sul segnale ricevuto dalla pressione delle pompe benzina.

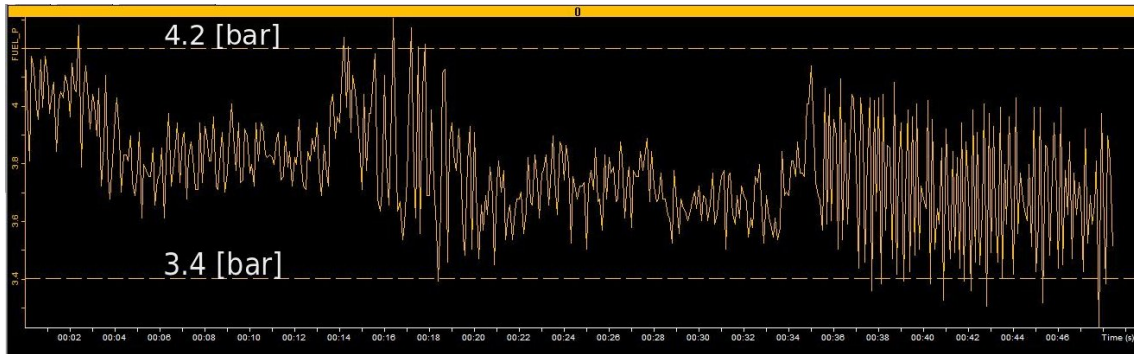


Figura 4.3: Pressione benzina

Come si vede dalla figura 4.3, il valore della pressione riguardante la benzina oscilla fra 3.4 e 4.2 bar. Dato anomalo visto che l'impianto era stato tarato a 4.5 bar.

Il problema riguardava la pasta con cui era stato chiuso il serbatoio. Questa andava a ostruire i filtri e pertanto le pompe non riuscivano più a pescare benzina. Una volta ripulite le pompe si è usata un differente tipologia di pasta per chiudere il serbatoio ed il problema non si è più ripresentato.

Conclusione

L'esperienza svolta all'interno del team della squadra corse dell'università di Padova, è stata sicuramente decisiva per la mia formazione professionale, dal momento che mi ha permesso di conoscere il mondo delle corse, nonché di potermi relazionare con diverse aziende operanti in questo settore.

Ho deciso di continuare questa esperienza anche per la stagione successiva, questo per poter svolgere delle mansioni differenti rispetto all'anno appena concluso ed integrarmi maggiormente in questo settore. Pertanto ho elaborato ulteriori progetti e considerazioni della stagione appena trascorsa.

Nel corso degli eventi svoltisi nel circuito di Hockenheim e di Varano de Melegari ho notato la necessità di ottenere e modificare alcuni parametri essenziali nel campo delle corse automobilistiche.

Per la stagione 2012 ho voluto fare un ulteriore passo avanti cambiando tipologia di centralina, verrà utilizzata una centralina automotive. Ho pensato di installare una Motec con la possibilità di spingere le acquisizioni fino ad 1khz.

Nel corso della nuova stagione verranno effettuati ulteriori test sulla vettura dal momento che il prototipo verrà migliorato e non costruito da zero come nel corso del 2011.

Alcuni di questi test includeranno sicuramente l'aggiunta di diversi sensori tra i quali:

- Potenzimetri lineari sul gruppo sospensioni, per ottenere dei dati sulla tenuta della vettura e sul lavoro di ogni singola sospensione;
- Il sensore di knock sul motore, per evitare l'autoaccensione della miscela;
- Un accelerometro triassiale, per visualizzare le accelerazioni nello spazio della vettura;
- Un potenziometro sul blocco motore per conoscere con precisione la posizione dell'albero del cambio. In questo modo si riuscirà a regolare il cambio auto-

matico in modo più efficace implementando l'impulso in base a diversi RPM a seconda della marcia letta.

Infine la strategia del traction control verrà migliorata e ampliata permettendo di controllare la velocità di tutte e quattro le ruote.

Bibliografia

- [1] Richard van Basshuysen and Fred Schafer, Internal combustion - engine handbook : basics, components, systems and perspectives, SAE international & Siemens VDO, Warrendale, c2004
- [2] Robert Bosch GmbH, Bosch - Automotive Handbook, John Wiley & Sons Inc, New York, 2004
- [3] Jacob Fraden, Handbook of modern sensors : physics designs and applications, Springer, New York, 2010
- [4] <www.getdata.it> - data ultima consultazione 22/01/2012
- [5] <www.wikipedia.it> - data ultima consultazione 22/01/2012