



Universidade do Porto

---

Faculdade de Engenharia

**FEUP**

Monitorização de um formula student

---

# Requisitos impostos pelo regulamento Formula Student

Tabela1.Requisitos Formula Student.

ID	Requisito	Descrição
SM1	Luz de Travagem	Deverá ser implementado um sistema luminoso que deve ligar sempre que o piloto travar.
SM2	Sensor do Acelerador	O veículo deverá vir equipado com um sensor de ângulo do acelerador, que deverá ser replicado, não podendo exceder o sinal dos dois sensores 10% um do outro.
SM3	Sensor de Travagem	O veículo deverá vir equipado com um sensor de ângulo do travão, que deverá ser replicado, não podendo exceder o sinal dos dois sensores 10% um do outro.
SM4	Sistema anti-travagem e aceleração simultânea	O motor deverá ser desligado se o travão for pressionado e o acelerador estar acima de 25% pressionado. Só voltando a ligar quando o cursor do acelerador for inferior a 5%.
SM5	Sistema de monitorização	Deve estar equipado com um sistema de monitorização do veículo (temperatura,etc) de modo a garantir um funcionamento dentro dos parâmetros de segurança.
SM6	Sensor Tensão do Sistema de Monitorização	Deverá ser implementado um sinal luminoso que indica que a tensão de alimentação do sistema de monitorização está acima dos 40VDC.
SM7	Monitorização das baterias	O sistema deve estar equipado de forma a comunicar com o BMS de forma a conhecer o estado de cada célula das baterias. Deve ser capaz de abrir os relés de protecção em caso de situações críticas.
SM8	Luz AMS	Em caso de detecção de alguma situação crítica nas baterias, deve ser ligada uma vermelha luz de

[Escreva texto]

		sinalização.
<b>SM9</b>	Aviso sonoro	Deve ser reproduzido um som (1-3s, min 70dBA) assim que o carro estiver pronto a ser conduzido.
<b>SM10</b>	2 “Master switches”	Ground low voltage, tractive system
<b>SM11</b>	3 botões de emergência	Qualquer um deles deve separar o sistema de tração da bateria.
<b>SM12</b>	Brake-over-travel-sw	Se falhar o sistema de travagem
<b>SM13</b>	Sis. Monitorização do isolamento (IMD)	Bender A-ISOMETER (isso- F1 IR155-3203/4).
<b>SM14</b>	Luz IMD	Luz visível no cockpit
<b>SM15</b>	Comutador de inércia	Sensata Resettable Crash sensor/ série sistema de emergência, forças superiores a 6 ou 11G.
<b>SM16</b>	Luz de aviso de sistema de tração ativo	Deve ser ligada uma luz vermelha intermitente (2 a 5Hz) de aviso no "roll up" que avise quando o sistema de tração está ativo.
<b>SM17</b>	Voltmetro analógico na bateria	Voltmetro ligado directamente á bateria para mostrar o seu estado

[Escreva texto]

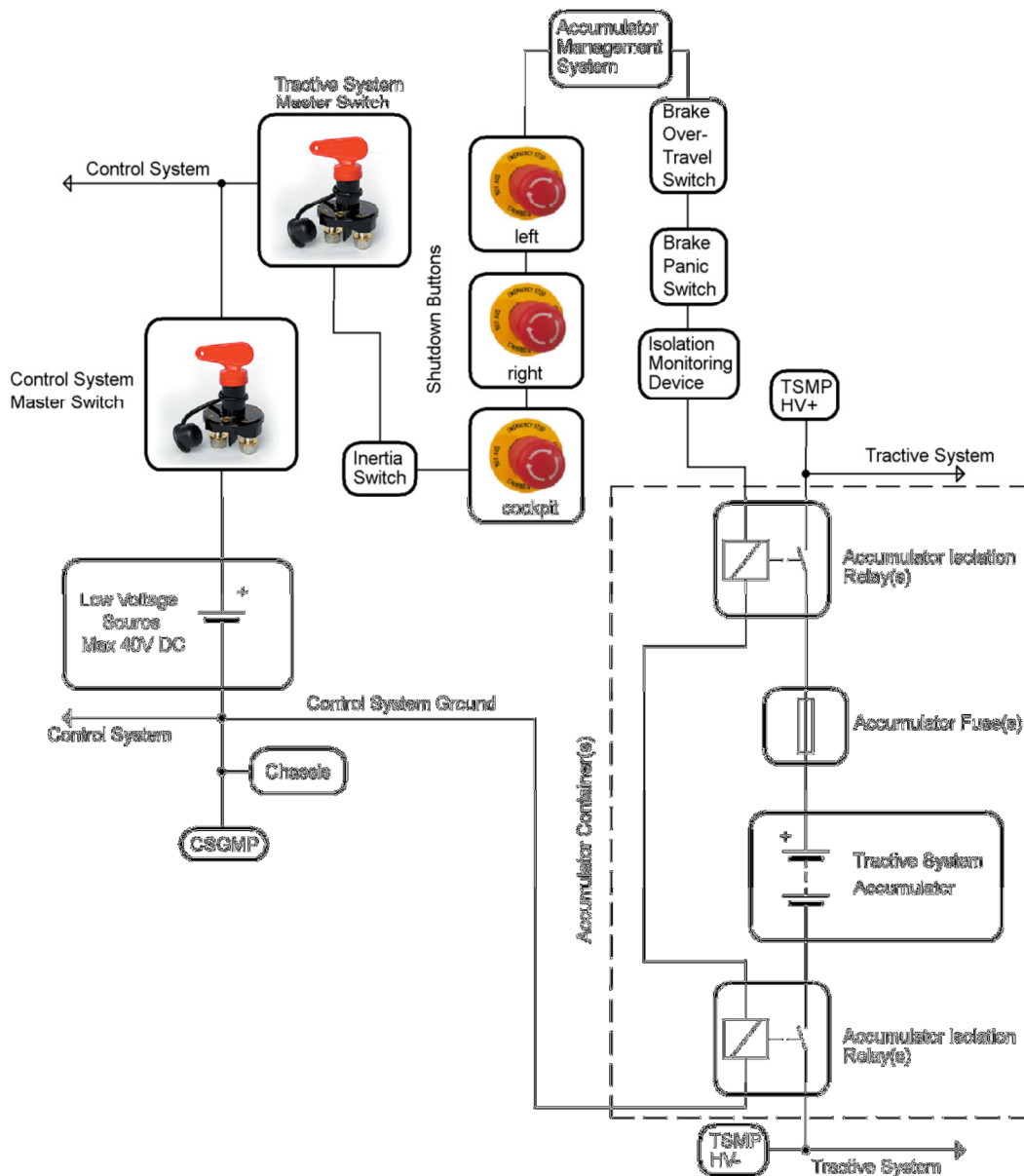


Ilustração 1. Esquema de monitorização proposto pelo regulamento.

# Redes de monitorização

Os últimos anos têm visto um grande crescimento no número de tipos de barramentos de comunicação utilizados em automóveis. Existem três classes SAE: A, B e C.

Todos os protocolos veiculares existentes são classificados usando a convenção SAE.

## Classe A

O uso é para low-end, não emissão de diagnóstico, de comunicação geral. A taxa de bits é geralmente menos de 10Kb/s e geralmente guiada por eventos de transmissão da mensagem.

É essencialmente uma rede de baixo custo, onde o protocolo LIN tem maior destaque. Usada essencialmente para questões de entretenimento.

## Classe B

O uso é mais vasto que as comunicações do tipo não-diagnóstico e não-críticas. A velocidade encontra-se acima dos 10 Kb/s e abaixo dos 125 Kb/s. Deve suportar comunicações orientadas a eventos periódicos. O custo por nó é geralmente duas vezes superior comparativamente às redes Classe A. Usada principalmente para transferência geral de informação e instrumentação.

## Classe C

O seu uso é geralmente para sistemas rápidos e com elevada largura de banda, como sistemas de temporização do motor a combustão. Com velocidades entre os 125 Kb/s e 1Mb/s. Deve suportar monitorização de parâmetros em tempo real.

É usado essencialmente para controlo em tempo real e de segurança.

O custo por nó é geralmente 3 a 4 vezes superior. A rede CAN pode ser classificada como Classe C.

Nas seguintes tabelas podemos ver uma listagem das redes de acordo com cada classe.

Tabela 2. Redes - Classe A

	BUS NAME							
FEATURE	MARTIN/DL	SINGLE	E&C	PC	SAE J1708	ACP	BEAN	LIN
APPLICATION	GM	DELCO	GM	PHILIPS	TRC - AT&T	TRC	TOYOTA	Robotics
APPLICATION	GENERAL & DIAGNOSTICS	AUDIO	SERIAL		CONTROL & DIAGNOSTIC	AUDIO CONTROL	BODY CONTROL & DIAGNOSTICS	SPORT SERVICES
MEDIA	SINGLE WIRE	SINGLE WIRE	SINGLE WIRE	TWISTED PAIR	TWISTED PAIR	TWISTED PAIR	SINGLE WIRE	SINGLE WIRE
BIT ENCODING	NRZ	SPN	PNM	NRZ	NRZ	NRZ	NRZ	NRZ
MEDIA ACCESS	MASTER/SLAVE	MASTER/SLAVE	CONTENTION		MASTER/SLAVE	MASTER/SLAVE	CONTENTION	MASTER/SLAVE
ERROR DETECTION	8-BITS	NONE	PARITY	ACK BIT	8-BITS	8-BITS	8-BITS	8-BITS
HEADER LENGTH	16 BITS	2 BITS	11-12 BITS		16 BITS	12-24 BITS	25 BITS	2 BITS/BYTE
DATA LENGTH	0-32 BYTES	10-32 BYTES	1-8 BYTES		8-12 BYTES	1-11 BYTES	8 BYTES	8 BYTES
OVERHEAD IN MESSAGE	Variable	75 %	Variable	45 %	Variable	25 %	28 %	2 BYTES
IN-MESSAGE RESPONSE	NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO
BIT RATE	6192 b/s	65.6 KHz - 200 KHz	1000 b/s	1-100 KHz	9600	9600 b/s	10 KHz	20 KHz
MAXIMUM BUS LENGTH	Not Specified	10 METERS	20 METERS	Not Specified	Not Specified	40 METERS	Not Specified	40 METERS
MAXIMUM NODES	10		10			20	20	16
IF NEEDED?	YES	NO	YES		YES	YES	YES	NO
SLEEP/WAKEUP	NO	NO	NO		NO	NO	NO	NO
R/W AVAIL?	YES	NO	YES		YES	YES	YES (?)	NO
COST	LOW	LOW	LOW		MEDIUM	LOW	LOW	LOW

Tabela 3. Redes - Classe B

FEATURE	SINGLE-WIRE CAN (SWC)	CAN 2.0 ISO 11898-1,2,3 ISO 11992 J2284	J1850 ISO 11519-4			SAE J 1939
	DAEWOO	BOSCH/BAEISO	GM	FORD	CHRYSLER	TRC-ATA
APPLICATION	DIAGNOSTICS	CONTROL & DIAGNOSTICS	GENERAL & DIAGNOSTICS	GENERAL & DIAGNOSTICS	GENERAL & DIAGNOSTICS	CONTROL & DIAGNOSTICS
TRANSMISSION MEDIA	SINGLE WIRE	TWISTED PAIR	SINGLE WIRE	TWISTED PAIR	SINGLE WIRE	TWISTED PAIR
BIT ENCODING	NRZS MSB first	NRZS MSB first	VRM MSB first	PWM MSB first	VRM MSB first	NRZS MSB first
MEDIA ACCESS ERROR DETECTION	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC
RECEIVER LENGTH	31 BITS	31 or 32 BITS	32 BITS	32 BITS	32 BITS	32 BITS
DATA FIELD LENGTH	0-8 BYTES	0-8 BYTES	0-8 BYTES	0-8 BYTES	0-8 BYTES	0-8 BYTES
MESSAGE OVERHEAD	8.9%	8.9% - 22%	8.9%	8.9%	8.9%	8.9% - 22%
IN-MESSAGE RESPONSE	NO	NO	Optional Normally NO	Optional Normally YES	Optional Normally YES	NO
BIT RATE	250 Kbit/sec 500 Kbit/sec	Variable 1-Mbps	10.4 Kbit/sec	50 Kbit/sec	10.4 Kbit/sec	250 Kbit/sec
MAXIMUM BUS LENGTH	30 METERS	Not Specified 40 (Typical)	35 METERS (5 Meters for scan tool)	35 METERS (5 Meters for scan tool)	35 METERS (5 Meters for scan tool)	40 METERS
MAXIMUM NODES	16	Not Specified 32 (Typical)	32	32	32	80 FOR STP 10 FOR LTP
W NEEDED?	YES	YES	YES	YES	YES	YES
SLEEP/WAKEUP	YES	NO	YES	NO	NO	NO
HW AVAILABLE?	NO	YES	YES	YES	YES	YES
COST	LOW	MEDIUM	LOW	LOW	LOW	MEDIUM

Tabela4.Redes - Classe C

FEATURE	BUS NAME		
	CAN 2.0 ISO 11898 ISO 11919-2 ISO 11992 J2284 J1939	SAE J1939	Intelibus
APPLICATION	BOSCH/BAEISO	TRC-ATA	Bosch/BAE
APPLICATION	CONTROL & DIAGNOSTICS	CONTROL & DIAGNOSTICS	CONTROL & DIAGNOSTICS
TRANSMISSION MEDIA	TWISTED PAIR	TWISTED PAIR	TWISTED PAIR
BIT ENCODING	NRZS MSB first	NRZS MSB first	Manchester MSB first
MEDIA ACCESS ERROR DETECTION	CONTENTION CRC	CONTENTION CRC	Manchester CRC, Parity
RECEIVER LENGTH	71 or 25 BITS	25 BITS	16 - 40 Bits
DATA FIELD LENGTH	0-8 BYTES 11 or 28-bit ID	0-8 BYTES 28-bit ID	0 - 32 Bytes
MESSAGE OVERHEAD	8.9% - 22%	8.9% - 22%	26% - 76%
IN-MESSAGE RESPONSE	NO	NO	Optional
BIT RATE	Variable 1-Mbps	50 Kbit/sec	10 Kbit/sec - 100 Kbit/sec
MAXIMUM BUS LENGTH	Not Specified 40 (Typical)	35 METERS (5 METERS FOR SCAN TOOL)	NA
MAXIMUM NODES	Not Specified 32 (Typical)	32	NA
W NEEDED?	YES	YES	NO
SLEEP/WAKEUP	NO	NO	YES
HW AVAILABLE?	YES	YES	PPCA
COST	MEDIUM	MEDIUM	MEDIUM

## CAN

ControllerArea Network (CAN) é um protocolo de comunicação criado pela Bosch em 1983 com o objetivo de reduzir o número de cabos necessários num veículo criando assim uma rede interna, esta introdução consegue também reduzir o peso e complexidade da instalação.

A informação é transmitida através de um par de cabos entrelaçado. A informação é transmitida como um sinal de tensão diferencial, o que aumenta a robustez e imunidade ao ruído.

A 1Mbit/s o barramento pode ter até 40 metros de distancia, a 50Kbit/s o barramento pode ter até 100 metros.

Rede leve e de baixo custo, broadcast, flexível.

## *FlexRay*

FlexRay é um protocolo de comunicação desenvolvido pelo consórcio FlexRay Consortium, formado em 1999 pelas empresas BMW, Daimler AG, Motorola e Philips. Este surgiu com o objectivo de ser mais rápido e fiável que os protocolos CAN e TTP.

Este protocolo é já utilizado em automóveis, tendo no BMW X5 um exemplo da sua aplicação. Este automóvel utiliza FlexRay para controlar o sistema de suspensão em cada uma das quatro rodas.

## *LIN*

LIN é um protocolo de comunicação série que nasceu com o objetivo de substituir CAN, pois este era considerado caro de implementar para cada componente de um carro.

Foi particularmente desenhado para comunicações de baixo custo entre sensores inteligentes e atuadores em aplicações de automóvel. É suposto ser usado quando altos débitos como os usados em CAN não são precisos. Estas aplicações podem ser o ar condicionado, bancos, espelhos, sensores de chuva e luz, fechadura de portas, janelas, etc.

## *Escolha da rede*

Na comparação entre redes deve ter sido em conta as seguintes características: Mensagens broadcast, detecção de erros, atraso no envio nas mensagens e o suporte existente.

A primeira característica deve-se ao facto de existirem vários sistemas interessados na mesma informação, sendo que assim cada sistema pode escolher a informação que lhe interessa e descartar a que não tem qualquer relevância. Devido a estruturação da rede CAN, esta é aquela que apresenta melhores características para o envio de mensagens em broadcast, sem que exista perda de informação.

Na detecção de erros, todos os protocolos têm CRC, tendo a rede CAN a vantagem de retransmitir mensagens em caso de colisão.

Ao nível dos atrasos na comunicação são de difícil previsão, no entanto são na ordem de alguns milissegundos.

Finalmente, ao nível de suporte é de realçar que a rede CAN pode ser modelada em MATLAB.

Na seguinte tabela mostramos alguns dos parâmetros que influenciam a escolha da rede a ser usada no projecto.

Tabela 5. Parâmetros das Redes.

	LIN	CAN	FlexRay
Custo	Baixo	Médio	Alto
Velocidade	20 kbit/s	1 Mbit/s	10 Mbits/s
Distancia (max.)	40 m	40 m	24 m
Frame/s	312	17241	4921

LIN, CAN e Flexray são utilizadas na industrial automóvel, por isso a escolha concentra-se na análise destas três redes com auxílio da tabela. O facto da distância máxima com ausência de repetidores não ser muito elevada não é problema visto que as distâncias do percurso da rede são bastantes inferiores.

[Escreva texto]

A primeira rede a ser excluída dentro destas três é a Flexray devido ao elevado custo que este apresenta na sua implementação.

LIN não é atualmente utilizada na monitorização de sistemas críticos, devido à baixa fiabilidade e número de frames/s, como tal não é adequada aos requisitos.

Assim sendo, a rede escolhida é CAN, pelas diversas razões apresentadas anteriormente, sendo esta também a escolha preferencial a nível mundial para comunicações automóvel.



# Sistemas de Aquisição de Dados

Hoje em dia um SAD é, usualmente constituído por transdutores e sensores, condicionador de sinal, DAQ (Data Acquisition) e um computador, PLC ou Data Logger com software apropriado para a leitura, tratamento e observação dos dados.

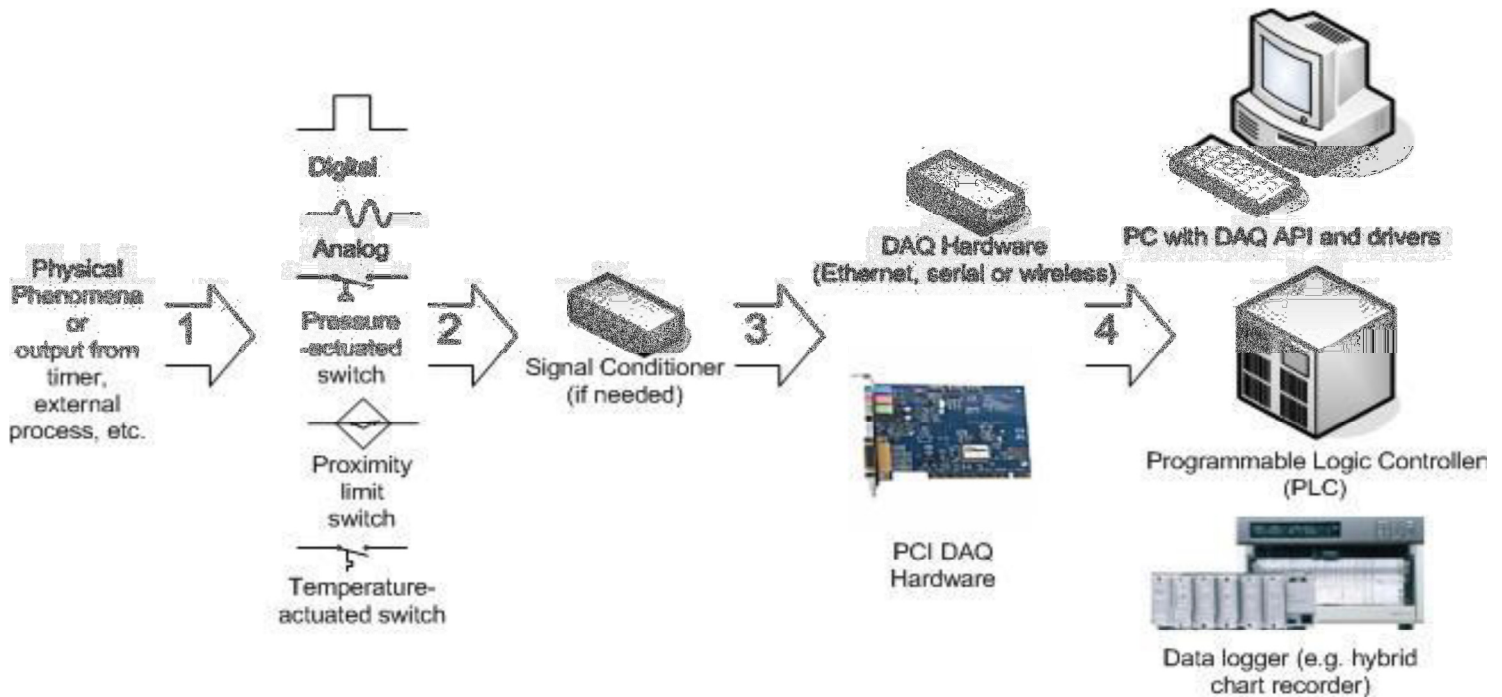


Ilustração 2. Exemplo de um SAD.

## *Sensores e Transdutores*

São dispositivos que medem dados físicos e os convertem num sinal eléctrico variável podendo este ser lido num SAD.

Entre os sensores e transdutores a implementar estão sensores de temperatura, angulo de inclinação de pedais, tensão e corrente.

Existem vários tipos de sensores de temperatura, os sensores resistivos são resistências variáveis com a temperatura. Os sensores termoelectrónicos, mais conhecidos como termopares, são sensores que produzem um sinal de força electromotriz (fem) devido ao efeito Seebeck ou efeito termoelectrónico. Os sensores de infravermelhos são baseados em captação de radiação electromagnética no comprimento de onda do infravermelho, sendo esta faixa de frequência característica de emissão de calor.

Os sensores de posição, exemplificados com o uso de um pedal de acelerador, são constituídos por uma carcaça e no seu interior é colocado um eixo no qual são fixados os potenciómetros integrados do acelerador.

No eixo é montada uma mola que garante a resistência à pressão, enquanto uma outra garante o retorno do pedal à sua posição de repouso.

Ambos os potenciómetros recebem alimentação de forma independente, a tensão de saída do potenciómetro P1 varia de 0V até à tensão máxima de alimentação, dependendo da posição do pedal do acelerador.

[Escreva texto]

Já o valor de tensão de saída do potenciómetro P2, que também varia em função da posição do pedal, tem o valor instantâneo igual à metade do valor da tensão de saída do potenciómetro P1. Esta característica especial que aumenta o nível de confiabilidade da informação gerada pelos potenciómetros.

Em caso de detecção de falhas num dos potenciómetros, será adotado um modo “limp home” para o potenciómetro avariado e será utilizado o sinal do segundo potenciómetro para controlo do sistema, sendo que o binário máximo disponível será limitado a valores pré-determinados e a luz indicadora de avarias acenderá no quadro de instrumentos.

Em caso de avaria simultânea nos dois potenciómetros, o veículo não aceita comando do pedal do acelerador.

Para a análise do sensor do pedal, pode-se utilizar um multímetro, osciloscópio ou scanner de diagnóstico do sistema de injeção, monitorando o sinal de saída dos potenciómetros nos seus respectivos pinos para a centralina de controlo do motor.

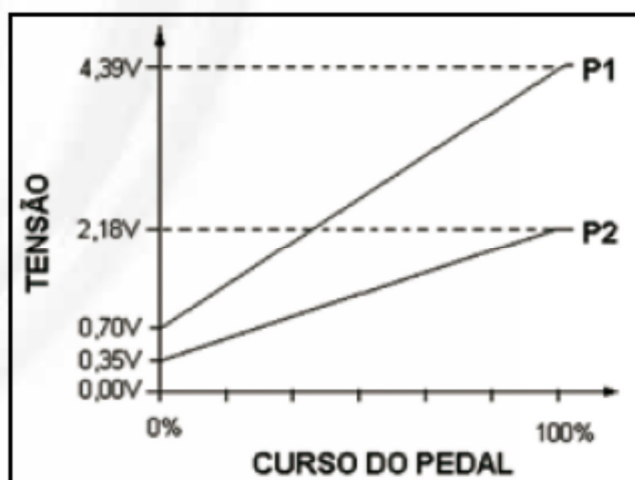


Ilustração 3. Exemplo do funcionamento de um sensor de angulo de pedal.

Sensores de tensão  
Sensores de corrente-

Os acelerómetros conseguem partindo da segunda lei de Newton, na sua maioria, medir acelerações. A aceleração vectorial total do carro é o vetor  $\gamma$ , as suas componentes ortogonais são  $a_T$  (aceleração tangencial), que o carro tem quando acelera ou trava, e  $a_C$  (aceleração centrípeta), que o carro possui sempre que faz uma curva. Para se ter uma noção quantitativa, além da qualitativa, vale a pena lembrar que é possível calcular cada componente da aceleração ( $a_C$  e  $a_T$ ) a aceleração total  $\gamma$  a partir das seguintes expressões:

*Aceleração tangencial  $a_T$ :*

$$a_T = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Variação da velocidade escalar do carro num intervalo de tempo t.

*Aceleração centrípeta  $a_C$ :*

$$a_C = \frac{V^2}{r}$$

V é a velocidade instantânea do carro e r o raio da curva.

[Escreva texto]

### *Aceleração total $\gamma$*

$$\gamma^2 = a_T^2 + a_C^2$$

Assim, se o formula student entra numa curva de 40 m de raio a 120 km/h (33,33 m/s), e em 2s a sua velocidade cai para a metade deste valor, ou seja, 60 km/h (16,67m/s), teremos:

Uma aceleração tangencial média de valor  $a_T = |16,67 - 33,33| \text{ m/s} / 2\text{s} = 8,33 \text{ m/s}^2$  (cerca de "0,8G" somente na direção tangencial).

Uma aceleração centrípeta (no final da curva, quando a velocidade é de 30 m/s) de valor  $a_C = 16,67^2 / 40 = 6,95 \text{ m/s}^2$  (cerca de "0,7G" somente na direção radial).

A aceleração total, no final da curva, será  $\gamma^2 = 8,33^2 + 6,95^2$ , ou seja,  $\gamma = 10,5 \text{ m/s}^2$  (cerca de "1G").

Admitindo que as velocidades do formula Student não vão ser largamente ultrapassadas por estas, podemos concluir que um acelerómetro com uma gama até 2G é suficiente para as medições da aceleração, é de salientar também que os pneus a utilizar não suportam forças superiores aos mesmos 2G.

## *Condicionadores de Sinal*

Estes dispositivos podem possuir uma elevada importância no correto acoplamento à camada seguinte, maximizam a precisão do sistema e permitem o bom funcionamento dos sensores garantindo assim a segurança de funcionamento do equipamento.

As principais funções dos condicionadores de sinal são:

- Adaptação do sinal – Amplificação ou atenuação do sinal para uma melhor leitura e/ou limitação do mesmo para a amplitude que o ADC suporta;
- Filtro de ruído;
- Isolamento contra sobretensão e tensões de pico;
- Amostragem em simultâneo – caso seja necessária a aquisição de mais do que um sinal no mesmo instante.
- Multiplexagem.

Os condicionadores de Sinal podem ser de dois tipos, modulares ou integrados.

Os modulares, tal como o nome indica, são compostos por um chassis com vários slots, podendo ser colocados vários tipos de módulos ditados pela necessidade. Os integrados, são constituídos por módulos fixos, ou seja, não é possível a construção de acordo com as necessidades.

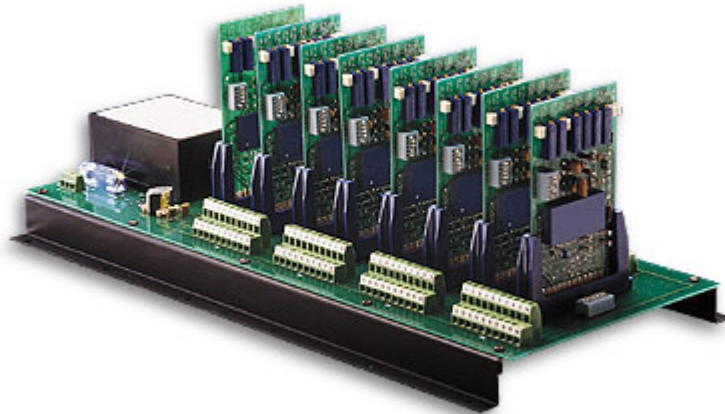


Ilustração 4. Condicionador de sinal modular.

[Escreva texto]

Estes circuitos são constituídos por cartas que interagem com SAD proprietários, o mesmo pode ser feito através de microcontroladores e circuitos que executam as mesmas funções que sendo possíveis de implementar por um custo inferior a sua implementação é mais elaborada.

Hoje em dia existem microcontroladores com frequências de funcionamento elevadas, elevada memória, várias canais com capacidade de funcionamento como ADC, timers com custos bastante inferiores a um SAD proprietário. Estes microcontroladores já integram também interfaces de comunicação como CAN, USB, entre outros.

As cartas dos SAD proprietários possuem diversas especificações, são mais rápidas e simples de interligar e existem cartas de aquisição de tensão, correntes, temperaturas, etc. Na escolha das mesmas importa saber a gama de valores suportados, número de canais, taxa de amostragem, tipo de isolamento, alimentação e como é feita a transmissão de dados.

Normalmente as cartas e os SAD proprietários são um sistema único, funcionando como condicionador de sinal e SAD, sendo o próximo passo a ligação a um PC.

Assim sendo, um sistema de aquisição de dados pode ser dividido em duas topologias, distribuído e não distribuído.

## *Tipos de SAD*

Num sistema distribuído os sinais provenientes dos sensores são processados por microcontroladores ou cartas, cada um deles tem como objetivo o tratamento de um número reduzido de sinais, permitindo assim taxas de aquisição elevadas. Após a aquisição e tratamento de dados, estes são entregues na rede baseados num protocolo de comunicações específico ou directamente da carta para o PC.

[Escreva texto]

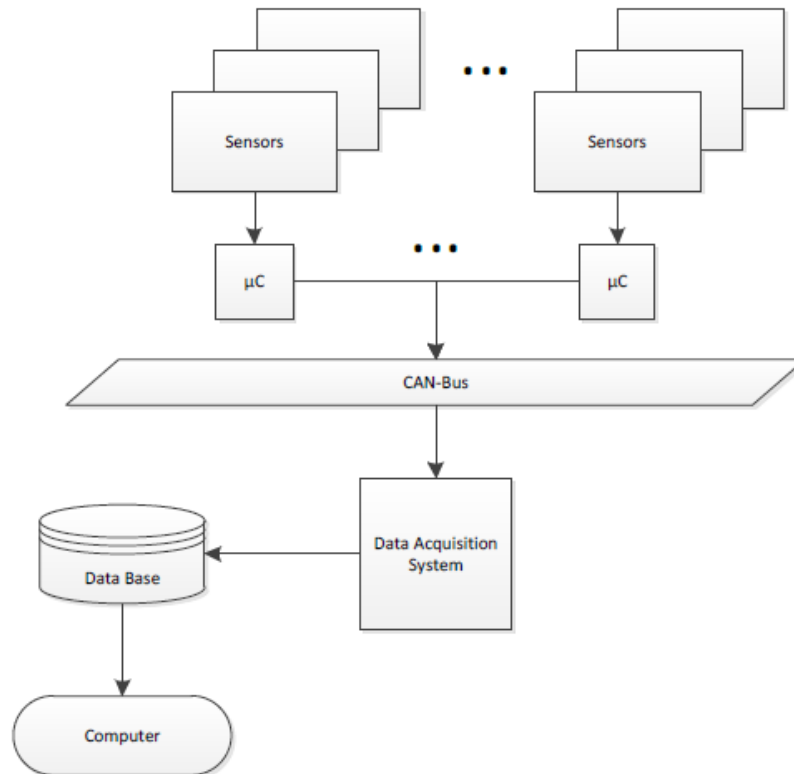


Ilustração 5. SAD distribuído.

Num sistema não distribuído, a aquisição de dados é apenas feita por um microcontrolador ou por cartas, sendo um sistema mais simples e económico apresenta vários problemas:

- Taxas de aquisição mais baixas;
- Na aquisição de tensões elevadas a grande diferença de potencial é perigosa para uma só unidade de aquisição;
- A elevada quantidade de dados a adquirir, em tempo-real por apenas um microcontrolador é mais demorada;
- A exigência de precisão de algumas mensuradas, com taxas de amostragem elevadas torna-se mais complicada para um SAD não distribuído de baixo custo.

[Escreva texto]

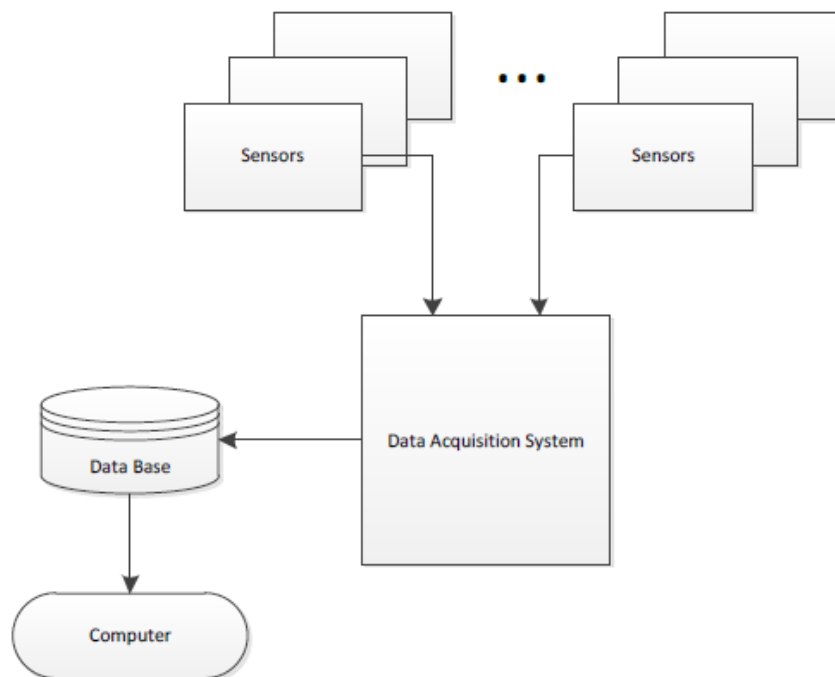


Ilustração 6. SAD não distribuído.

## *Monitorização*

Devido a forte evolução do nível de processamento exigido, o computador tornou-se uma mais-valia para a monitorização e tratamento de dados, permitindo assim a construção de interfaces homem-máquina, que facilitam a compreensão e interação com o sistema.

Para a idealização de um sistema de monitorização é necessária a satisfação dos seguintes requisitos:

- Armazenamento de dados;
- Acesso aos dados armazenados;
- Processamento de dados;
- Criação de uma interface gráfica;
- Performance do sistema.

[Escreva texto]



Ilustração 7. HMI de um Formula Student.

### *Dados a monitorizar*

Motor:

- Temperatura;
- Velocidade;
- Binário.

A velocidade instantânea do motor será monitorizada para demonstração ao piloto em RPM (rotações por minuto) e posterior cálculo do binário.

O motor escolhido irá sofrer variações de temperatura como tal, será necessária a sua monitorização contínua por forma a manter o rendimento e prevenir danos.

Baterias:

- Tensão no barramento;
- Corrente no barramento;
- Temperatura.

A aquisição da tensão e corrente no barramento DC tem o objetivo de calcular a potência consumida, em watts, assim como fazer a monitorização do nível de tensão.

$$P = U \cdot I$$

Uma das principais preocupações de qualquer veículo elétrico prende-se com a autonomia, como tal é essencial fazer o cálculo do estado da bateria (SOC – State of Charge), conseguindo assim fazer uma estimativa do tempo de autonomia restante permitindo assim calcular a possível distância possível de percorrer.

Para definir o estado de carga, considerando a bateria completamente descarregada, sendo  $I_b(t)$  a corrente de carga, a carga entregue a bateria é dada pelo integral da corrente de carga em ordem ao tempo sendo  $Q_0$  a carga total que a bateria pode aguentar, ou seja, o integral da corrente de carga por tempo infinito.

O SOC é dado por:

[Escreva texto]

$$SOC(\%) = \frac{\int_{t_0}^t I_b(t) dt}{\int_{t_0}^{\infty} I_b(t) dt} \cdot 100 = \frac{\int_{t_0}^t I_b(t) dt}{Q_0} \cdot 100$$

Tipicamente deseja-se que o estado da carga permaneça dentro de limites apropriados, por exemplo,

$$20\% \leq SOC(\%) \leq 95\%$$

Como tal é essencial uma contínua estimação do SOC para o manter dentro dos limites de segurança. Estimar o estado de carga, SOC, de uma bateria é uma tarefa de alguma complexidade pois o SOC depende de vários fatores, tais como temperatura, capacidade da bateria e resistência interna. Uma possível aproximação do SOC baseia-se na aplicação direta da equação acima, esta tarefa embora bastante precisa, é computacionalmente pesada e obriga a que o sistema de monitorização se encontre sempre a calcular o SOC da bateria pois a bateria pode parar de fornecer energia e começar a receber energia, por exemplo, de uma travagem regenerativa.

Outra aproximação é dada pela seguinte equação:

$$SOC(\%) = \frac{V_{oc} - a_0}{a_1}$$

Onde  $V_{oc}$ , open circuit voltage, é a tensão aos terminais da bateria, em circuito aberto. As variáveis  $a_0$  e  $a_1$  são obtidas através dos mínimos e máximos do SOC,  $a_0$  é o valor da tensão da bateria quando o SOC=0% e  $a_1$  é obtido sabendo o valor de  $a_0$  e  $V_{oc}$  quando o SOC=100%.

Normalmente, quando SOC=0%, obteríamos uma tensão de 0V, tal tensão diminui em muito a vida da bateria, como tal pode-se limitar a tensão mínima da bateria, tensão de segurança, escolhendo para quando SOC=0% o valor mínimo de tensão pretendido.

A temperatura da caixa das baterias irá ser monitorizada, as baterias são escolhidas para trabalhar numa gama de temperaturas, se a temperatura das mesmas é muito alta ou muito baixa irão demonstrar comportamentos inadequados tendo também uma relação direta na vida das baterias. Em situações extremas as baterias podem deixar de trabalhar, derreter, danificar tudo o que é alimentado, originar fumo, faíscas, fogo ou até mesmo explodir em casos muito extremos.

Inversor/controlador:

- Temperatura.

O controlador do motor, tem de ser monitorizado a nível de temperatura com o objetivo de tentar assegurar a maior estabilidade no funcionamento do mesmo.

Veículo:

- Velocidade das rodas;
- Aceleração do veículo segundo os eixos XX', YY' e ZZ';
- Temperatura no interior do veículo;
- Temperatura dos pneus;
- Posição do acelerador;
- Posição do travão.

A velocidade das rodas será estimada através da velocidade do motor com fator multiplicativo equivalente à razão de transferência associada entre o motor e diferencial, esta informação será fornecida ao piloto em Km/h.



[Escreva texto]

A monitorização do interior do veículo será meramente informativa, permitindo observar a temperatura a que o condutor se encontra sujeito durante as provas, o que pode levar a conclusões sobre a refrigeração do habitáculo, melhorando as condições do piloto o que se traduz na melhoria de tempos obtidos.

A temperatura dos pneus será monitorizada para optimização de prestações do veículo assim como, com a correta temperatura consegue-se optimizar a capacidade de aderência do pneu, melhorando assim toda a dinâmica do veículo. Este controlo de temperaturas também ajuda no conhecimento do estado dos pneus conseguindo assim prever a necessidade de troca dos mesmos.

A posição dos pedais será necessariamente monitorizada, para além de obrigatório, todo o controlo do motor e travões está directamente relacionado com esta componente, esta monitorização também permite analisar a qualidade de condução do piloto, analisando tempos de travagem, momentos de aceleração, etc.

Para finalizar, um acelerómetro será implementado com o objetivo de medir acelerações, forças G e análise de comportamento do veículo, com este componente consegue-se saber as forças a que o veículo, e conseqüentemente piloto, estão sujeitos assim como a monitorização de toda a distribuição de pesos em utilização crítica.

## *Human-Machine Interface*

### *In Car*

No caso do formula student, o maior objetivo desta interface reside na monitorização em tempo real de algumas das variáveis mais importantes do veículo.

Dados a monitorizar:

- RPM do Motor;
- Temperatura do Motor;
- Velocidade do veículo, Km/h;
- SOC da bateria;
- Tensão da bateria;
- Corrente da bateria;
- Temperatura da bateria;
- Cronometro.

Pretende-se também que exista a possibilidade de algum controlo de opções por parte do piloto.

Opções a considerar:

- Checkup;
- Poupança de energia;
- DragRace;
- Endurance.

### *In Paddock*

No final de cada teste/corrida, existe a possibilidade do *download* dos dados presentes na base de dados, nela constam todas as informações provenientes dos dados a monitorizar “*In Car*” e também a informação proveniente de:

- Acelerador;

[Escreva texto]

- Pedal de travão;
- Actuador de travão;
- Temperatura no interior do veículo;
- Histórico do acelerómetro.

Posteriormente os dados serão analisados através do uso de um programa específico onde é possível analisar todo o comportamento durante o teste/corrída.



Ilustração 8 Display LCD <https://www.sparkfun.com/products/11000>

Uma possível solução será usar um display LED em conjunto com um microcontrolador ligado diretamente ao controlador principal.

Foi também pensado utilizar um tablet 7" Android mas, esta opção foi descartada pois aumenta em demasia o tempo de processamento.

# Implementação da rede CAN (Controller Area Network)

Hoje em dia a automação está presente em vários sistemas com o objetivo de melhorar a performance. Um sistema de um veículo consiste num variado leque de unidades de controlo de funções, vulgarmente conhecidas por centralinas, as ECU's (Electronic control units), num veículo moderno pode-se encontrar várias ECU's para cada um dos subsistemas, exemplo disso são os subsistemas de airbag, ABS, controlo do motor, etc., a comunicação entre cada um destes subsistemas é essencial. A criação das redes dentro dos veículos veio facilitar e melhorar vários melhorando a eficiência de diagnóstico, melhoria de delays e flexibilidade de configuração melhorando em termos de controlo inteligente.

O requisitado para cada subsistema, ECU, é comunicar através de uma determinada rede dentro de uma latência pré-estabelecida, por exemplo CAN (Controller Area Network).

Numa rede CAN, cada ECU representa um nó.

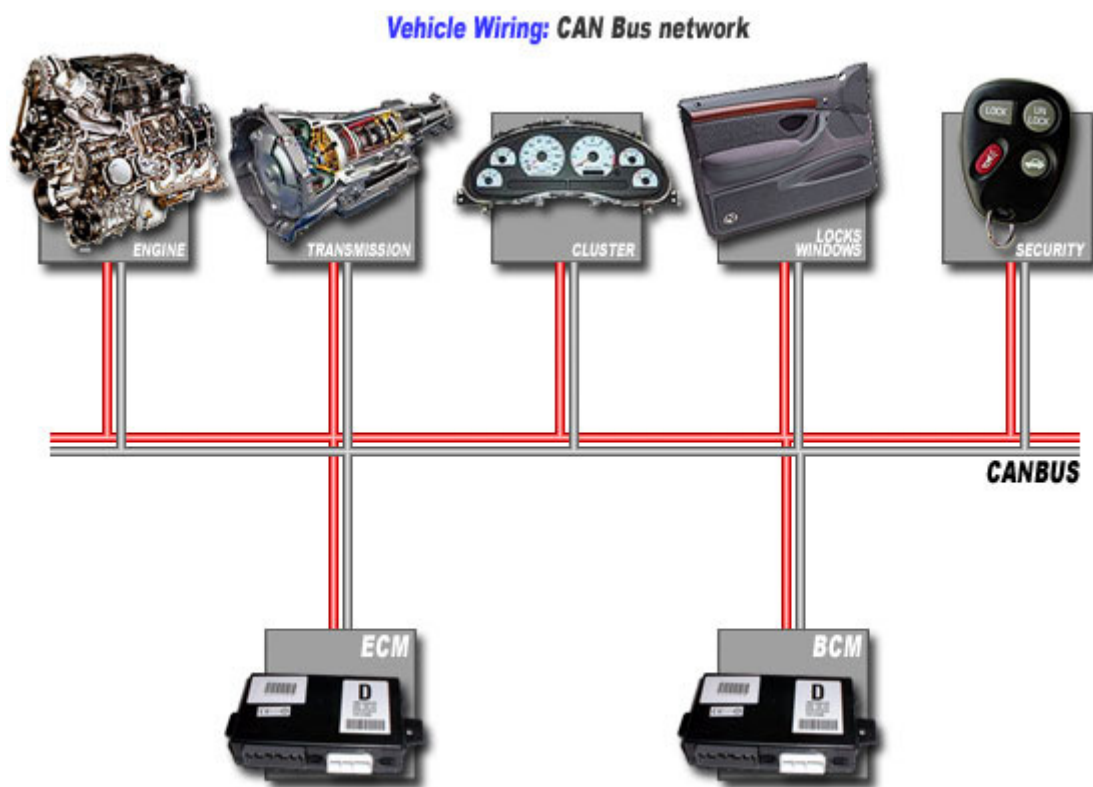


Ilustração 9. Diagrama CAN bus.

Irá ser usado um sistema de aquisição de dados distribuído, abaixo é apresentado o diagrama de blocos do sistema de aquisição de dados.

Os sensores são ligados a microcontroladores com capacidade de comunicação com a rede CAN, as tramas são enviadas para a rede sendo o DAQ encarregue de ler as tramas e guardar numa base de dados. Posteriormente, depois de cada prova, os dados serão descarregados para um computador para posterior análise.

[Escreva texto]

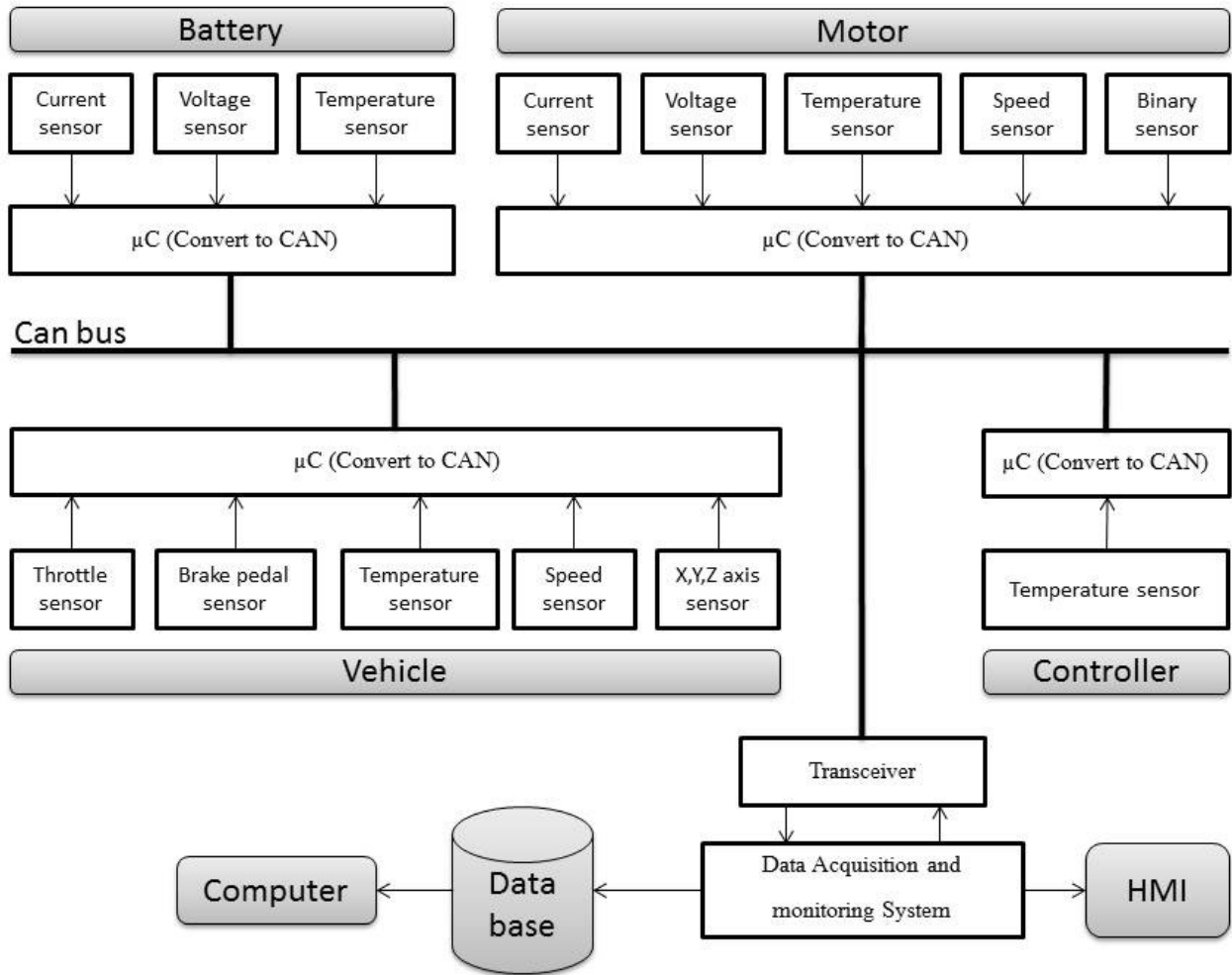


Ilustração 10. Diagrama de blocos do SAD.

# Escolha dos componentes

---

## *Luz de travagem*

SM1 – Luz de Travagem – Deverá ser implementado um sistema luminoso que deve ligar sempre que o piloto travar.



Ilustração11. Top View - LED Brake light

Alimentação: 12VDC

Dimensões: 12x6.8x5.5CM

Luz de travagem universal, LED de alto brilho, Resistente a água.

Preço aprox. 17€.

## *Sensor de Acelerador*

SM2 – Sensor de Acelerador - O veículo deverá vir equipado com um sensor de ângulo do acelerador, que deverá ser replicado, não podendo exceder o sinal dos dois sensores 10% um do outro.

## *Sensor de Travagem*

SM3 – Sensor de Travagem - O veículo deverá vir equipado com um sensor de ângulo do travão, que deverá ser replicado, não podendo exceder o sinal dos dois sensores 10% um do outro.

## *Sistema Anti-Travagem e Aceleração*

SM4 – Sistema Anti-Travagem e Aceleração simultânea - O motor deverá ser desligado se o travão for pressionado e o acelerador estar acima de 25% pressionado. Só voltando a ligar quando o cursor do acelerador for inferior a 5%.

[Escreva texto]

## *Sistema de Monitorização*

SM5 – Sistema de Monitorização - Deve estar equipado com um sistema de monitorização do veículo (temperatura,etc) de modo a garantir um funcionamento dentro dos parâmetros de segurança.

## *Sensor de Tensão do Sistema de Monitorização*

SM6 – Sensor tensão do Sistema de Monitorização – Deverá ser implementado um sinal luminoso que indica que a tensão de alimentação do sistema de monitorização está acima dos 40VDC.

## *Monitorização das baterias*

SM7 – Monitorização das baterias - O sistema deve estar equipado de forma a comunicar com o BMS de forma a conhecer o estado de cada célula das baterias. Deve ser capaz de abrir os relés de protecção em caso de situações críticas.

## *Índice de protecção*

Índice de protecção consiste no standard de protecção de componentes eléctricos contra objetos sólidos (1º dígito) e contra líquidos (2º dígito).

IP65 – primeiro número, 6, consiste no máximo de protecção contra objetos sólidos, à prova de poeira. Segundo número, 5, em que 0 é sem protecção e 8 consiste a segurança contra submersão, consiste em protecção contra jatos de água.

## *Luz Accumultator Managment System*

SM8 – Luz AMS – Em caso de detecção de alguma situação crítica nas baterias deve ser ligada uma luz vermelha de sinalização.

LED 10mm de alto brilho, aprox. 1€50.

## *Aviso Sonoro*

SM9 – Aviso sonoro – Deve ser reproduzido um som (1-3s, min 70dBA) assim que o carro estiver pronto a ser conduzido.

[Escreva texto]



Ilustração 12. Waterproof piezobuzzer 12Vdc 85dB

Preço aprox. 9€.

### *Master Switches*

SM10 – 2 Master Switches – Ground low voltage, tractive system.



Ilustração13. Panel Mounted FIA Approved Battery Master Switch

Desenhado para eliminar a possibilidade do circuito de alternador danificar devido a uma sobretensão. Quando este switch está na sua posição de Off o motor será automaticamente desligado. O Switch previne o funcionamento do motor, funcionando como “corte de corrente”, pode ser também usado como equipamento anti-roubo e é um componente vital de segurança, principalmente em competição.

Dimensões: círculo de 22mm de diâmetro.

Resistente a água.

Preparado para funcionamento contínuo com 100A e 500A intermitentes durante um tempo máximo de 10s em sistemas com 12V.

Preço aprox. 22€.

### *Botões de emergência*

SM11 – 3 botões de emergência – Qualquer um deles deve separar o sistema de tração da bateria.

Dois botões laterais com um mínimo de 40mm e um no cockpit com um mínimo de 24mm.

[Escreva texto]



Ilustração14. SCHNEIDER ELECTRIC - XALK178E - CONTROL STATION

Suporta corrente de 6A assim como tensões DC e AC até 600V, tamanho de 40mm ,IP65 e preço unitário de 36€.

### *Brake-Over-Travel*

SM12 – Brake-Over-Travel-SW – Se falhar o sistema de travagem.

### *Monitorização do isolamento*

SM13 – Sistema de Monitorização do Isolamento (IMD) – Bnder A-ISOMETER (isso-F1-IR155-3203/4.

### *Luz IMD*

SM14 – Luz IMD – Luz visível no cockpit.

### *Comutador de inercia*

SM15 – Comutador de Inércia – Sensor de embate de emergência, forças superiores a 6G ou 11G.



Ilustração 15. Sensata 510FCS01-01 Resettale Crash Sensor

Estes sensores desligam automaticamente a bomba de combustível ou a ligação ao motor após embate reduzindo o risco de incêndio ou sobretensão em situações pós embate.

Estes dispositivos são uma solução lowcost para requisitos de segurança em veículos.

Reset manual, ajustável entre 8G e 30G e preparado para 10A.

### *Microcontrolador*



[Escreva texto]

Como objetivo, tentou-se escolher maioritariamente sensores já com saída para rede CAN, no entanto tal não foi possível para todos os sensores, como tal foi escolhido um microcontrolador para passagem do valor do sensor, analógico ou digital, construção da trama e posterior envio para o barramento CAN.

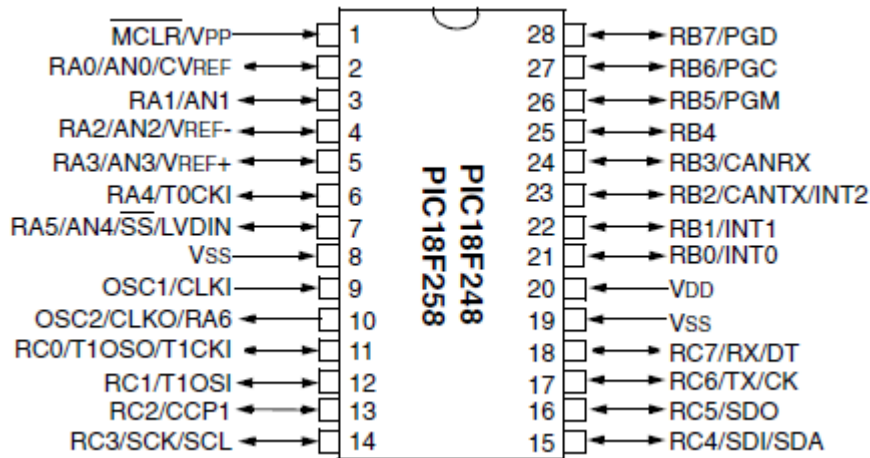


Ilustração 16. PIC18F258

5 Entradas analógicas.

22 I/O's digitais.

Alimentação 2V a 5.5V.

Temperatura de funcionamento entre -40°C e 125°C.

Preço aprox. 6€.

## *ECU – Electronic control unit*

Se for só para controlar os pedais, liga-se diretamente ao PIC por SPI.

Cortes de corrente  
Sensores  
ucontroladores  
ECU  
HMI

# Simulação

---

Multisim/Psim  
Maltlabsimulink

## Bibliografia

<http://canbuskit.com/what.php>

<http://www.crisartech.com/en/index.htm>

[http://www.batteryeducation.com/2006/08/temperature\\_aff.html](http://www.batteryeducation.com/2006/08/temperature_aff.html)

Sistema de Monitorização e Diagnóstico do PowerTrain de um Veículo Eléctrico de Competição, Rui Santos.

<http://www.axis.com/>

<http://holden.co.uk>

<http://www.aliexpress.com/item/F1-Racing-car-light-Auto-Tail-brake-light-lamp-Red-strobe-flashing-LED-Super-bright-Free/585768392.html>

<http://uk.rs-online.com>