Hardware Software Interface

Projet (par groupes de 2 ou 3 élèves)

Noté sur 12

Alexis DALEY

Sujet

Nous allons coder le logiciel applicatif du calculateur principal d'une voiture pas à pas.
Les objectifs sont les suivants :

- Maîtriser les bonnes pratiques à appliquer lors du développement d'un système embarqué temps réel.
- Respecter et assurer le fonctionnement déterministe du système.
- Maîtriser le développement d'une machine à état fini.

Contraintes et conseils

- Vous êtes libres de créer autant de fichiers .c/.h que vous le souhaitez, excepté lorsque le sujet vous oriente sur ce point.
- Vous êtes libres de définir l'arborescence de projet qui vous convient le mieux, excepté lorsque le sujet vous oriente sur ce point.
- Pensez, si nécessaire, à bien définir vos données en utilisant les types : structures, énumérés et union.
- Privilégiez l'utilisation des #define afin d'éviter d'utiliser des valeurs en dure dans vos fonctions.
- Pensez à ajouter des commentaires à vos fichiers, fonctions, types, et opérations logiques complexes.

  La qualité et clarté du code sera notée sur **2 points.**

Rendu

Votre rendu sera composé de :

- Tout le code C, des générateurs, makefiles etc.
- Le dossier .git/ qui contient l'historique de votre projet
- Un fichier readme.md qui contient brièvement une explication de ce que vous avez fait pour chaque question.

Details du sujet

Le BCGV (Boitier Central de Gestion de la Voiture) est responsable du bon fonctionnement du système global (voir annexe 3) : la voiture. Le BCGV est en charge d'assurer les fonctionnalités suivantes décrites dans le document de spécification :

- Interagir avec les équipements suivants : Tableau de bord, commodos, Feux, Moteur, Batterie et Châssis
- Recevoir et traiter les contrôles des feux et des essuis glaces de l'utilisateur
- Recevoir et traiter les problèmes et mesures des autres équipements telles que les problèmes moteurs, le kilométrage, le niveau du réservoir, ou la charge batterie
- Contrôler les différents feux de la voiture
- Contrôler les voyants du tableau de bord de la voiture

Lors de ce projet vous développerez seulement le logiciel applicatif du BCGV. Le logiciel « bas niveau » BSP (board support package) contenant entre autres les drivers et permettant d'interagir avec les autres systèmes (Tableau de bord, commodos, Feux, Moteur, Batterie et Châssis) vous est fourni sous la forme d'un exécutable « *driver »,* d'une librairie statique « *drv_api.a »* et de son fichier .h « *drv_api.h »*.

Le logiciel que vous développerez devra interagir avec les sous-systèmes en utilisant cette interface. Ces API vous permettrons de lire et écrire des données sur les différentes liaisons (UDP, Série) de votre calculateur. Derrière cette librairie statique se cache des appels à des sockets qui communiquent avec le processus du driver.
(Pour les curieux : https://broux.developpez.com/articles/c/sockets/)

Avant de démarrer, prenez bien le temps de lire toutes les questions, et surtout de lire l'Annexe 1 sur les règles de codage imposées

Question 1.

En utilisant l'Annexe 2, l'Annexe 3, les tableaux des **Questions 6 et 7** décrivant le fonctionnement de votre calculateur, faire un document (excel, csv, json…) qui va définir vos données applicatives. Chaque donnée devrait être d'un type créé par vous, qui peut référer à un type primitif***** (typedef uint32_t mon_type_t) Votre document doit contenir 2 tableaux avec les colonnes suivantes :

Types

Nom, Genre (Enum ou Atom*), déclaration (ex : uint32_t, ou déclaration de l'enum), Domaine, commentaire

Données

Id (numérotation), Nom, Type, Dimension (pour les tableaux), Valeur d'init, commentaire

***** : Un type primitif sera un type C ou un type de <stdint.h>

Question 2.

Faire une librairie statique (.a) contenant :

- La définition de tous les types
- La définition de la structure de données applicatives
- Son instanciation
- Un getter pour chaque donnée
- Un setter pour chaque donnée qui vérifie les bornes de la donnée avant de changer sa valeur
- Une fonction qui initialise toutes les données dans la structure à leur valeur d'init

Faire un script dans le langage de votre choix pour générer ce code automatiquement depuis votre document créé en *Question 1*.

Question 3.

Il est temps de faire un *main* !

Faites la fonction *main* de votre application dans le fichier app.c, qui lit et affiche (printf) la trame envoyée en UDP toutes les 100 millisecondes par le calculateur MUX. Pour cela, vous devez utiliser les fonctions de l'API suivantes :

```
int32_t drv_open(void);
int32_t drv_read_udp_100ms(int32_t drvFd, uint8_t udpFrame[DRV_UDP_100MS_FRAME_SIZE]);
```

La fonction drv_read_udp_100ms est bloquante. Ce qui signifie que la fonction va vous bloquer jusqu'à recevoir cette trame. Elle agit donc comme un vrai séquenceur pour le soft de votre calculateur. Votre soft se basera sur le fait que cette trame est périodique à 100ms pour faire toutes les mesures de temps.

Compilez le résultat (pensez au link de *drv_api.a*). Votre exécutable devra s'appeler *app*. Pour tester, lancer l'exécutable du driver dans un terminal (« ./driver »), puis votre exécutable *app* dans un autre terminal.

Question 4.

En utilisant le fichier fsm.c (finite state machine) comme base, codez chacune des machines à états de l'annexe 2. Chacune de vos state machine aura une fonction qui sera exécutée toutes les 100ms par le *main*.

Vous devez donc adapter ces fichiers pour les rendre utilisables dans votre soft :

- Remplacer les états (ST_STATE1, ST_STATE2…), événements (EV_EVENT1, EV_EVENT2, …), callbacks de transitions (callback1, callback2, …) par les vôtres.
- Mettre à jour le tableau de transition des etats.
- Modifier la fonction get_next_event, qui permet de déterminer l'événement qui se produit. Elle devra aller chercher les paramètres de votre FSM et définir un événement.
- N'oubliez pas les commentaires doxygen pour vos fonctions et vos fichiers ☺
- Adapter le *main* pour en faire une fonction appelable périodiquement par votre main plutôt qu'un main qui tourne (ce qu'il y a dans la boucle « while » ne doit presque pas bouger).
- Faire un fichier fsm.h pour chaque state machine qui met à disposition la fonction à appeler par votre application.

Assurez-vous ensuite de coder les exigences écrites spécifiées dans cette la même Annexe.

Question 5.

Créez un Makefile pour compiler votre application et un autre pour votre librairie statique.
Créez un Makefile « maitre » permettant d'appeler les deux en même temps
(Aide : https://gl.developpez.com/tutoriel/outil/makefile/)
Faites un fichier bash qui lance le driver et votre applicatif.

Question 6.

Créez une fonction de dite de 'décodage', mettant à jour les données de votre structure applicative, pour chaque trame reçue par le driver selon les informations ci-dessous :

- COMODO -> BCGV (Ligne série périodique 500ms, Little endian, 1 octet)

MSB *LSB*

Taille (bits)	1	1	1	1	1	1	1	1
Info	Cmd. warning	Cmd. feux de position	Cmd. feux de croisement	Cmd. feux de route	Cmd. clignotant droit	Cmd. clignotant gauche	Cmd. essuie-glaces	Cmd. lave glace
Valeur	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen

- MUX -> BCGV (UDP périodique 100ms, Big endian, 15 octets)

MSB *LSB*

Taille (octets)	1	4	1	1	1	1	4	1
Info	Numéro de trame	Kilométrage	Vitesse	Problème Châssis	Problèmes Moteur	Niveau Réservoir	Tours/minutes	Problèmes Batterie
Équipement	MUX	Châssis	Châssis	Châssis	Moteur	Moteur	Moteur	Batterie
Valeur	Entier non signé 0<n<=100 rebouclage 100->1	Entier non signé (km)	Entier non signé (km/h) Max : 255	(Porteur de bits) 0x0 : Aucun 0x1 : Pression pneus 0x2 : Défaillance freins	(Porteur de bits) 0x0: Aucun 0x1: Default pression 0x2: Temperature LDR* 0x4: Surchauffe huile	Entier non signé (Litres) Réservoir 40L	Entier non signé (Tours/minute) Max : 10 000	(Porteur de bits) 0x0: Aucun 0x1: Déchargée 0x2: Panne

Taille (octets)	1
Info	CRC8
Équipement	MUX
Valeur	Entier non signé, calculé sur le reste de la trame

*: LDR : Liquide de refroidissement

Calcul du CRC8 :
https://github.com/lammertb/libcrc/blob/master/src/crc8.c

Question 7.

Créez une fonction dite 'd'encodage' pour chaque trame ci-dessous, utilisant les valeurs de vos données pour former les messages :

- BCGV -> BGF 1 (asynchrone, 2 octets)

Taille (octet)	1	1
Info	Id de message	Activation feux de position
Valeur	Entier non signé 0x01	0x0 : Éteints 0x1 : Allumés

- BCGV -> BGF 2 (asynchrone, 2 octets)

Taille (octet)	1	1
Info	Id de message	Activation feux de croisement
Valeur	Entier non signé 0x02	0x0 : Éteints 0x1 : Allumés

- BCGV -> BGF 3 (asynchrone, 2 octets)

Taille (octet)	1	1
Info	Id de message	Activation feux de route
Valeur	Entier non signé 0x03	0x0 : Éteints 0x1 : Allumés

- BCGV -> BGF 4 (asynchrone, 2 octets)

Taille (octet)	1	1
Info	Id de message	Activation feux clignotant droit
Valeur	Entier non signé 0x04	0x0 : Éteints 0x1 : Allumés

- BCGV -> BGF 5 (asynchrone, 2 octets)

Taille (octet)	1	1
Info	Id de message	Activation feux clignotant gauche
Valeur	Entier non signé 0x05	0x0 : Éteints 0x1 : Allumés

En réponse de chacun des messages ci-dessus, le BGF répond par un message d'acquittement (qui signifie : « bien reçu ! ») contenant exactement les mêmes valeurs que le message que vous avez envoyé.

A partir de la réception des messages d'acquittements seulement, vous pouvez considérer que votre action a bien été prise en compte.

- BCGV->MUX (UDP périodique 200ms, Big endian, 10 octets)

MSB

Taille (bits)	1	1	1	1	1	1	1	1
Info	Voyant feux de position	Voyant feux de croisement	Voyant feux de route	Voyant essence	Voyant défaut moteur	Voyant pression pneus	Inutilisé	Voyant batterie déchargée
Équipement	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Inutilisé	Tableau de bord
Valeur	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen

Taille (bits)	1	1	1	1	1	1	1	1
Info	Voyant Warnings	Voyant Panne batterie	Voyant Temp. LDR*	Voyant pression moteur	Voyant surchauffe huile	Voyant défaillance freins	Activation Essuie-glaces	Activation Lave-glace
Équipement	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Pare-Brise	Pare-Brise
Valeur	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen	booléen

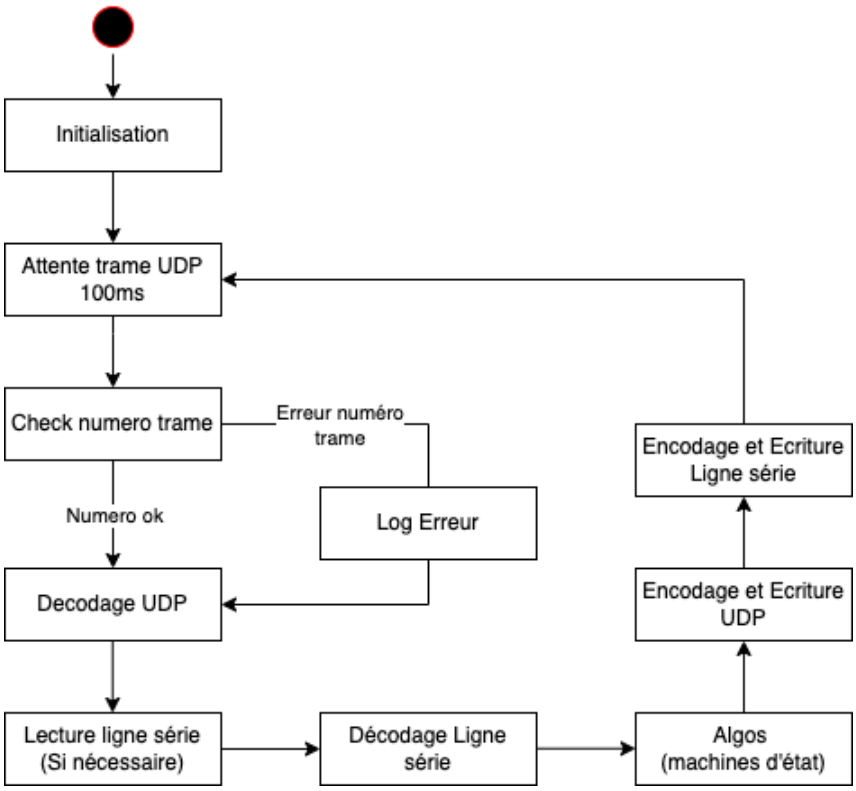
LSB

Taille (bits)	32	8	8	16
Info	Affichage kilométrage	Affichage vitesse	Affichage niveau réservoir	Affichage tours/minutes
Équipement	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord	Tableau de bord
Valeur	Entier non signé 4 octets (km)	Entier non signé (km/h)	Entier non signé (%)	Entier non signé (tours/min divisés par 10 -> 300 = 3000 tours/min) <= 1000

*: LDR : Liquide de refroidissement

Question 8.

Mettez à jour votre main pour convenir au diagramme ci-dessous :



La trame UPD contient un numéro de trame qui s'incrémente entre deux trames. L'appel étant bloquant (on attend la trame suivante pour se débloquer), il se peut que votre soft loupe une trame si jamais le reste du traitement est trop long. Il faut donc vérifier que ce numéro est bon. Si ce n'est pas le cas, traitez la trame reçue et laissez un log (printf).

Pour aller plus loin (bonus) :

(Explication du professeur requise pour les questions 9,10,11)

Question 9.

Pour être sûr de ne jamais louper de trame UDP, créez un thread (créé au lancement de votre application), qui s'occupe de lire les données du driver et de les enregistrer dans un buffer.

Pour protéger votre structure applicative des accès concurrentiels à la mémoire entre vos 2 threads, protéger votre structure par un mutex. (Utilisez les fonctions pthread_mutex_lock et pthread_mutex_unlock).

Votre thread main doit quand même être cadencé à 100ms comme avant. Pour cela vous pouvez utiliser #include <time.h> et la fonction clock().

Question 10.

Faire un diagramme de séquence avec le logiciel de votre choix (https://www.diagrams.net/ est très bon si vous n'en avez pas), représentant le comportement de votre système avec les acteurs suivants : App, Struct (structure applicative), thread lecteur, driver.

Que pensez-vous de la performance de votre soft entre avant et après la création de votre deuxième thread ? Identifiez-vous des problèmes ? Pensez-vous que votre soft est déterministe ?

Question 11.

Remplacez votre buffer par la fifo fournie (fichier fifo.c/.h), qui permet à deux threads de s'échanger des données **sans mutex.**
Mettez à jour votre Diagramme de séquence de la question 10.

Annexe 1 : Règles de codage

- Ne mélangez pas l'anglais et le français dans votre code et vos commentaires
  Si vous faites du français, utilisez-le partout. Pas de franglais.

- Pour le nommage, pareil, pas de mélange. Utiliser camel ou snake case, mais ne mélangez pas les deux dans vos variables, ni dans vos fonctions.
  (En revanche vous avez le droit d'utiliser snake pour vos fonctions, et camel pour vos variables par ex).

- De manière générale, veillez à ne pas faire de noms (fonctions, variables) à rallonge.

- Toutes les variables locales doivent être déclarées en début de fonction, avant toute opération

- Les types custom doivent commencer par 't' ou finir par '_t'

- Pour les defines et macros : majuscules et avec des underscore "_" pour séparer les mots
  Ex : `#define MON_DEFINE (1)`

- Pour les entiers, vous devez utiliser ceux de la lib `<stdint.h>` (uint32_t, int32_t etc.)

- Fonctions interdites : *malloc()* et ses dérivés

- Compilation avec **-W -Wall -pedantic** imposée. Aucun warning accepté

- Commentaires doxygen de fichier :

```
/**
 * \file    main.c
 * \brief   Description breve
 * \details Details ou notes d'implementation (peut rester vide)
 * \author  Noms
 */
```

- Commentaires doxygen de fonction (si la fonction est déclarée dans le .h, mettre les commentaires que dans le .h) :

```
/**
 * \brief   Description breve de la fonction.
 * \details Details ou notes d'implementation (peut rester vide)
 * \param   param1 : Description
 * \param   param2 : Description
 * \return  int32_t : Description
 */
int32_t fonction(uint8_t param1, uint32_t param1);
```

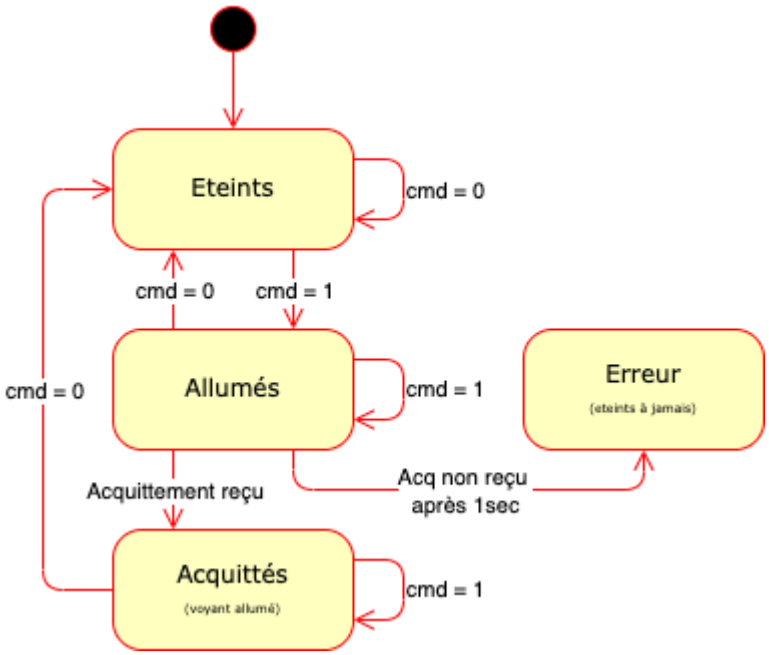
Ces règles ne s'appliquent pas forcément toutes dans les fichiers fournis, ou les extraits de codes de ce document.

Annexe 2 : Exigences du système

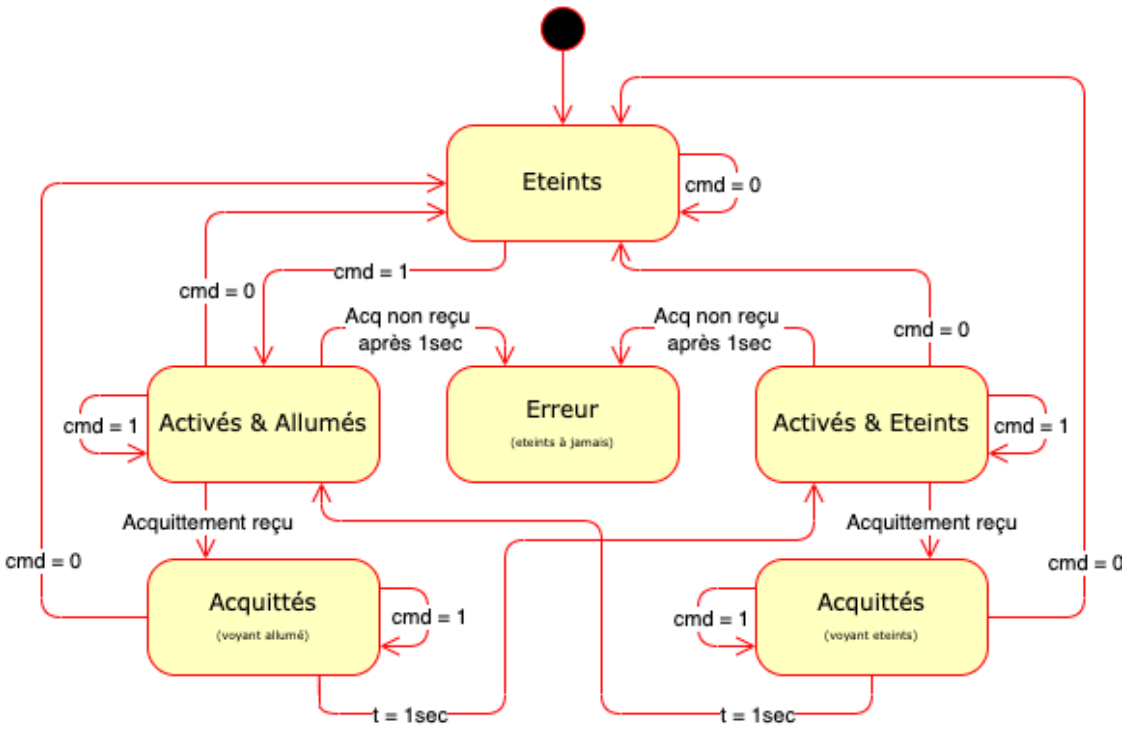
Ci-dessous les exigences de votre système.

Cmd = commande

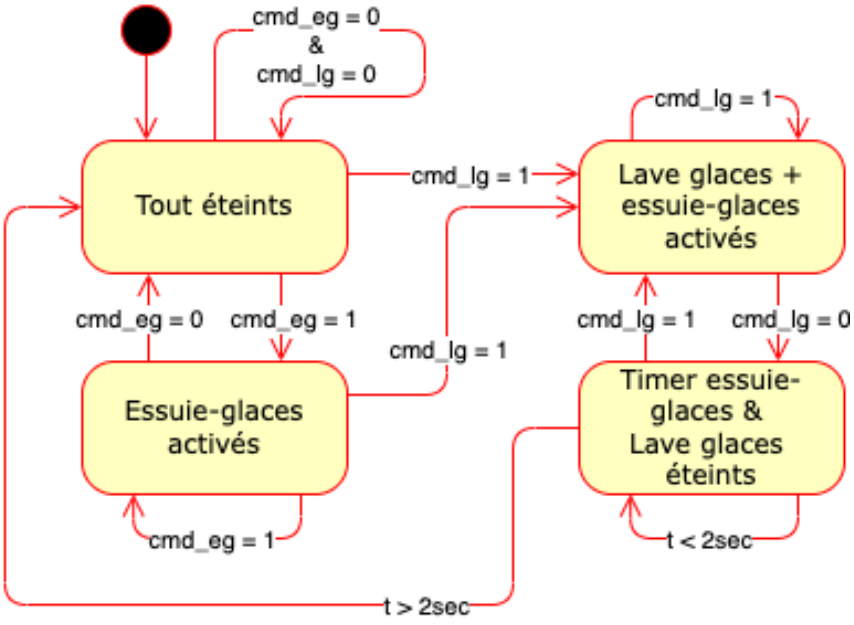
State machine des feux classiques
(position/croisement/route)



State machine des feux clignotants et warnings



State machine des essuie-glaces (eg) et lave glace (lg)



Exigences du BGCV :

- Le BCGV doit répondre aux 3 machines à états ci-dessus, concernant les éléments suivants :
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des feux de position
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des feux de croisement
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des feux route
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des feux de détresse (warnings)
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des feux clignotants droits et gauche
  - Gestion de l'allumage et de l'arrêt des essuie-glaces et du lave-glace
- Le BCGV doit réceptionner toutes les 100ms la trame UDP envoyée par le MUX. Si ce n'est pas le cas, un log sera fait et le soft continuera de tourner.
- Les valeurs de Vitesse, kilométrage, tours/minutes et niveau de réservoir reçue en UDP par les différents équipements doivent être renvoyées en UDP dans la trame 200ms, pour affichage sur le tableau de bord.
- Le BGCV doit décoder la trame MUX -> BCGV seulement si le CRC8 est valide
- Le BGCV doit gérer l'allumage ou non des voyants suivants :
  - Feux de position, croisement, route
  - Warning : en cas de warning, clignotant droit ou gauche dans l'état allumé (doit clignoter avec les feux)
  - Essence (réservoir rempli à 5% ou moins)
  - Défaut moteur
  - Pression des pneus
  - Batterie déchargée, Panne Batterie
  - Température liquide de refroidissement, pression moteur et surchauffe huile moteur
  - Défaillance des freins
  - Activation lave-glace et essuie-glaces

Annexe 3 : Architecture Hardware du système

Le calculateur que vous codez est le **BCGV**