

Bus de terrain

Aperçu de Can et CanOpen

Thèmes abordés

- Aperçu rapide de
 - Can et CanOpen
- Souligner leurs caractéristiques originales

CanOpen

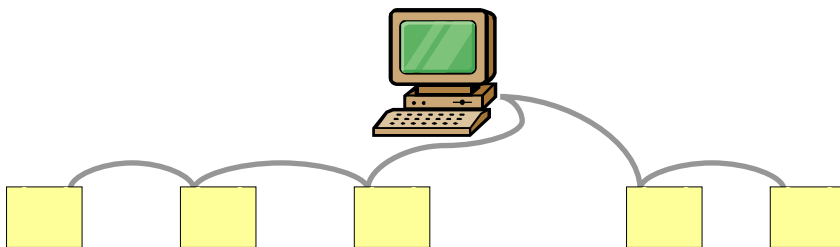
Présentation

- Nom
 - CAN : Controller Area Network.
 - CanOpen : Couche 7 (application) au dessus de CAN.
- Origine
 - CAN a été développé pour l'automobile en 1986.
 - Idée d'un réseau interne aux véhicules pour simplifier le câblage.
- Standardisation
 - ISO 11898
 - CanOpen : EN 50325-4
- Organisation
 - Can In Automation : www.can-cia.org

Can - CanOpen

Utilisation typique

- Topologie BUS

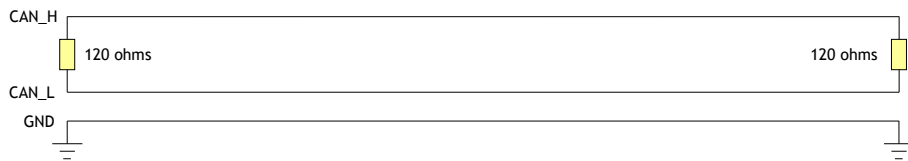


heig-vd

Can

Couche Physique

- Câble
 - 1 paire torsadée + 1 masse
 - GND, CAN_L, CAN_H
 - Blindage recommandé
 - Pour des longues distances
 - Pour des environnements bruyants
- Résistances de terminaison
 - Simples résistances de terminaison de 120 ohms à chaque extrémité.



Bus de terrain - Can et CanOpen

4

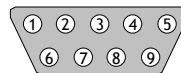
heig-vd

Can Open

Couche Physique

- Connecteur

Pin #	Signal Names	Signal Description
1	Reserved	Upgrade Path
2	CAN_L	Dominant Low
3	CAN_GND	Ground
4	Reserved	Upgrade Path
5	CAN_SHLD	Shield, Optional
6	GND	Ground, Optional
7	CAN_H	Dominant High
8	Reserved	Upgrade Path
9	CAN_V+	Power, Optional



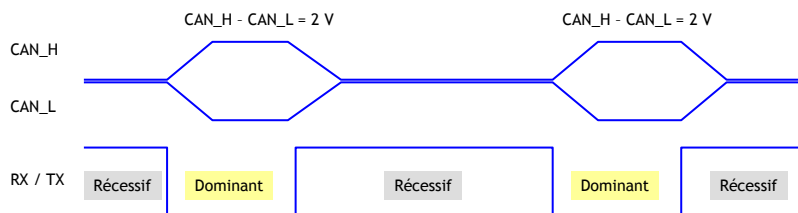
Bus de terrain - Can et CanOpen

5

Can

Couche Physique - Modulation du signal

- Traduction électrique des états
 - Etat 0 : Imposition d'une différence de potentiel entre CAN_H et CAN_L.
 - Etat 1 : Sortie laissée en haute impédance.
- Lorsque plusieurs stations émettent simultanément un 0 et un 1
 - L'état résultant de la ligne est 0.
 - On dit que l'état 0 est dominant, l'état 1 est récessif.
- Traduction électrique des états

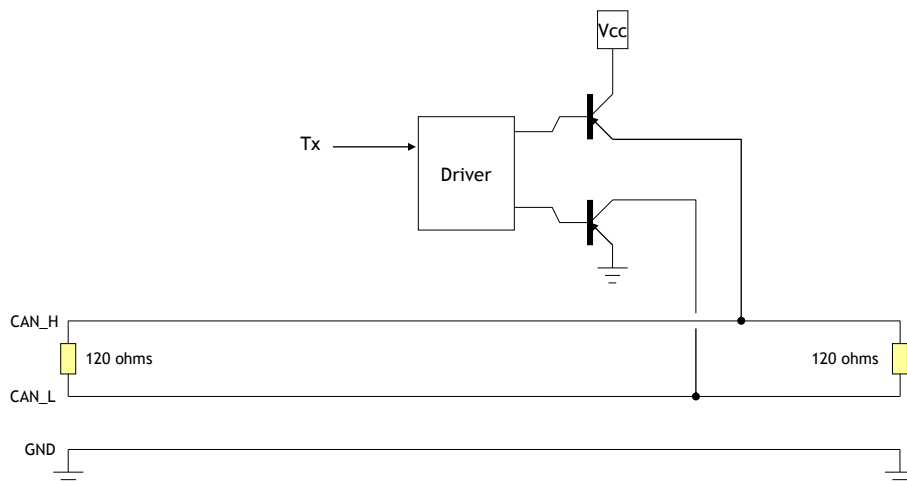


Bus de terrain - Can et CanOpen

6

Can

Couche Physique - Modulation du signal - Transmission différentielle



Bus de terrain - Can et CanOpen

7

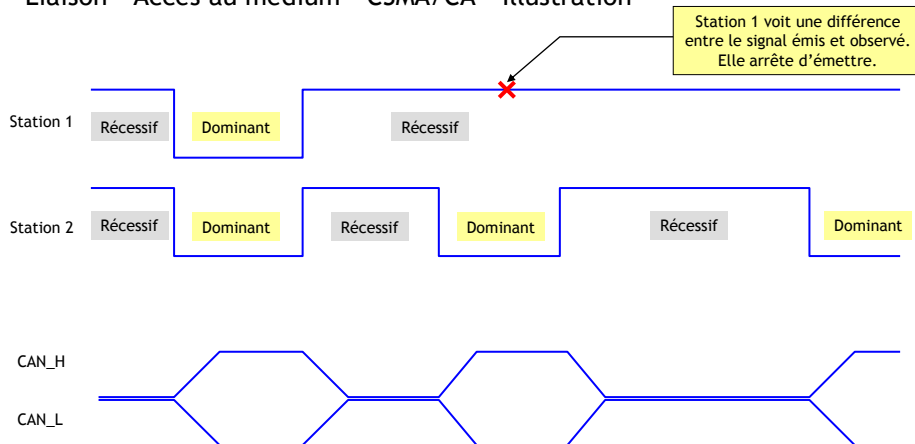
Can

Liaison - Accès au médium - CSMA/CA

- CSMA/CA
 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance .
 - Détection de porteuse avec évitement de collision.
- Principe
 - Avant d'émettre, une station « écoute » et vérifie que le médium est disponible.
 - Si c'est le cas, elle commence à émettre.
 - Pendant l'émission, la station compare ce qu'elle envoie avec ce qu'elle observe sur le câble.
 - En cas de différence, elle arrête immédiatement d'émettre.
- Si 2 stations commencent à émettre simultanément
 - Tant qu'elles émettent la même chose, pas de problème.
 - Dès qu'il y a une différence sur un bit, celle qui envoie le bit dominant peut poursuivre, l'autre s'arrête.

Can

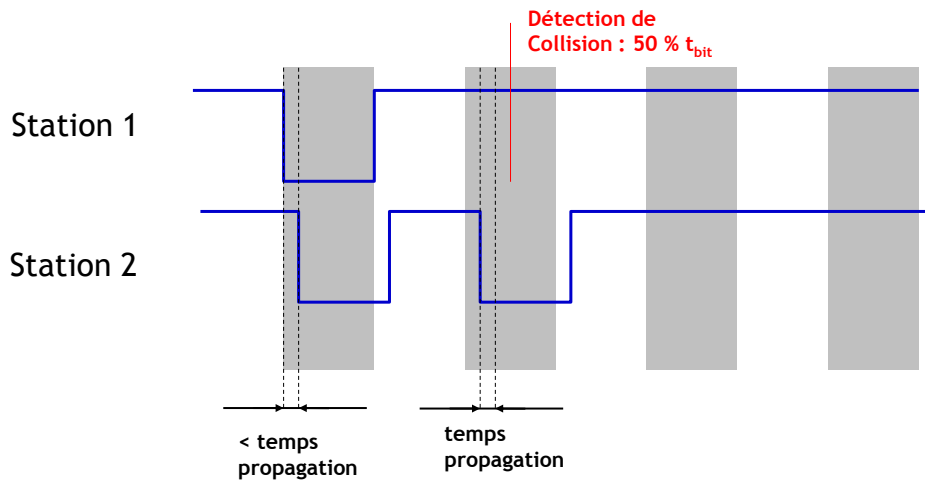
Liaison - Accès au médium - CSMA/CA - Illustration



heig-vd

Can

Conséquence 1 - Lien entre débit et distance



heig-vd

Can

Conséquence 1 - Lien entre débit et distance

$$2 \cdot t_{propagation} < 0.4 \cdot t_{bit}$$

$$t_{propagation} = \frac{L_{câble}}{v_{propagation}}$$

$$t_{bit} = \frac{1}{f_{bit}}$$

$$2 \cdot \frac{L_{câble}}{v_{propagation}} < 0.4 \cdot \frac{1}{f_{bit}}$$

$$L_{câble} < 0.2 \cdot \frac{v_{signal}}{f_{bit}}$$

heig-vd

Can

Conséquence 1 - Lien entre débit et distance

- la durée de chaque bit doit être assez longue pour que chaque station ait le temps de détecter la collision
- le signal doit donc pouvoir faire un aller-retour avant ~40% de la durée du bit
 - exemple : à 500 kbits/s, la distance totale est limitée à

$$L_{\text{câble}} < 0.2 \times \frac{200'000'000}{500'000} = 80 \text{ m}$$

Débit	Longueur
1 Mbit/s	40 m
500 Kbit/s	80 m
100 Kbit/s	400 m
20 Kbit/s	1000 m

heig-vd

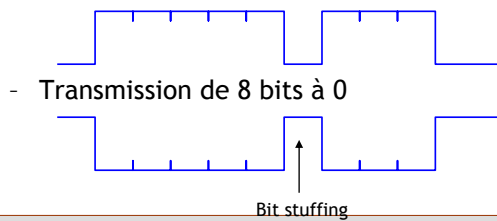
Can

Conséquence 2 - Différentes possibilités pour les échanges de données

- **Mode polling**
 - CAN permet de réaliser une interrogation des stations par polling comme Profibus
- **Mode évènementiel**
 - Une station peut aussi émettre spontanément un message seulement lorsque c'est utile.
 - Meilleure exploitation de la bande passante.
 - Temps de réponse sur évènement plus court.
 - Possibilité d'envoyer un message de synchronisation à tous.
- **Mode multi maître naturel**
 - Plusieurs maîtres peuvent accéder aux stations
 - Sans moyen de synchronisation supplémentaire

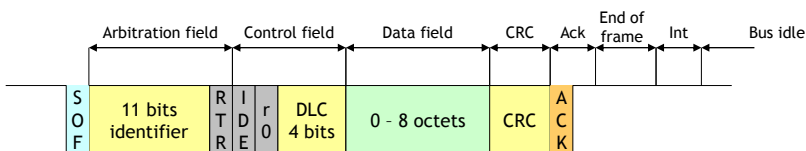
Can Bit stuffing

- Problème avec les longues séries de bits identiques
 - Le récepteur n'a plus de flancs pour synchroniser l'horloge
- Can utilise le bit stuffing
 - Utilisé si 5 bits consécutifs de même valeur doivent être transmis.
 - L'émetteur introduit automatiquement un bit de valeur opposée.
 - Le récepteur l'élimine automatiquement
 - Exemple : transmission de 8 bits à 1

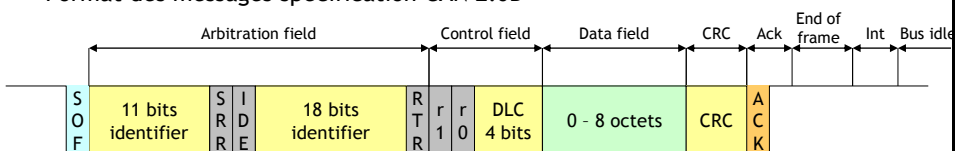


Can Liaison - Format des messages

Format des messages spécification CAN 2.0A



Format des messages spécification CAN 2.0B



Can

Liaison - Format des messages - Can 2.0 A

Champ	Taille (bits)	Rôle
Start-of-frame	1	Denotes the start of frame transmission
Identifier	11	A (unique) identifier for the data
Remote transmission request (RTR)	1	Must be dominant (0)
Identifier extension bit (IDE)	1	Must be dominant (0)
Reserved bit (r0)	1	Reserved bit (it must be set to dominant (0))
Data length code (DLC)	4	Number of bytes of data (0-8 bytes)
Data field	0-8 bytes	Data to be transmitted (length dictated by DLC field)
CRC	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	Transmitter sends recessive (1) and any receiver can assert a dominant (0)
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

Can

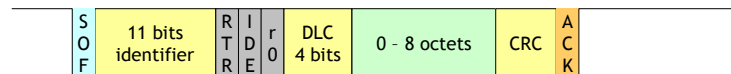
Liaison - Format des messages - Can 2.0 B

Champ	Taille	Rôle
Start-of-frame	1	Denotes the start of frame transmission
Identifier A	11	First part of the (unique) identifier for the data
Substitute remote request (SRR)	1	Must be recessive (1)
Identifier extension bit (IDE)	1	Must be recessive (1)
Identifier B	18	Second part of the (unique) identifier for the data
Remote transmission request (RTR)	1	Must be dominant (0)
Reserved bits (r0, r1)	2	Reserved bits (it must be set dominant (0), but accepted as either dominant or recessive)
Data length code (DLC)	4	Number of bytes of data (0-8 bytes)
Data field	0-8 bytes	Data to be transmitted (length dictated by DLC field)
CRC	15	Cyclic redundancy check
CRC delimiter	1	Must be recessive (1)
ACK slot	1	Transmitter sends recessive (1), any receiver can assert a dominant (0)
ACK delimiter	1	Must be recessive (1)
End-of-frame (EOF)	7	Must be recessive (1)

Can

Liaison - Détection et gestion des erreurs

- Le CRC des messages qui passent est contrôlé par toutes les stations.
- Si le message est valide
 - Les stations génèrent l'acquittement. Permet de vérifier que le message a été reçu.
 - Ack : valeur dominante
 - Ack delimiter : valeur récessive.
- Si le message est invalide
 - La ou les stations détruisent le message pour toutes les stations.
 - En mettant Ack delimiter à la valeur dominante.
 - L'émetteur attend l'intervalle inter trame, puis réémet.



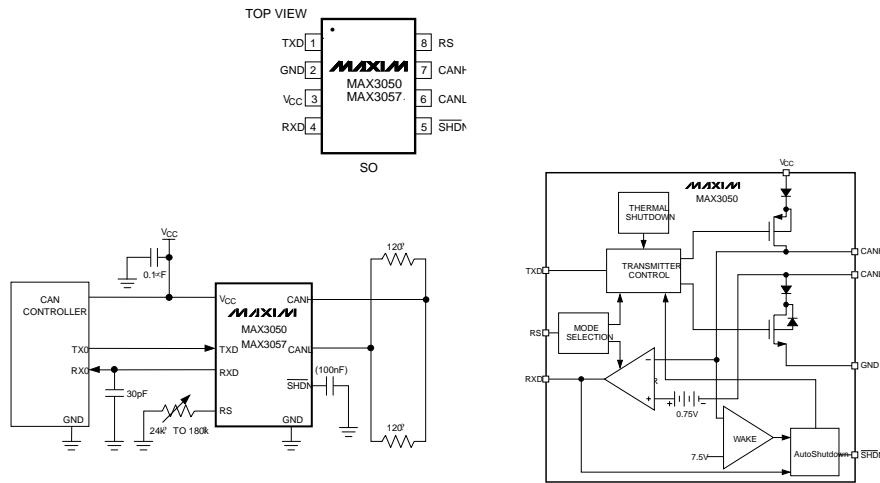
Can

Liaison - Adressage

- Principe
 - CAN ne comporte pas de notion d'adresse
 - On utilise en général certains bits du champs d'arbitrage comme bits d'adresse.
 - La plupart des contrôleurs CAN savent « filtrer » les messages reçus sur la base du champ d'arbitration.
- Conséquences
 - Les adresse plus basses ont une priorité plus haute.

Can

Intégration dans une électronique - Drivers de ligne



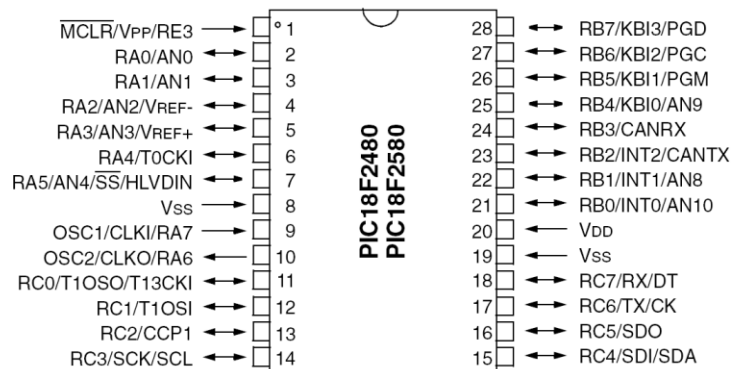
Bus de terrain - Can et CanOpen

20

Can

Intégration dans une électronique - Contrôleurs CAN

- Directement intégré dans de nombreux micro contrôleurs
 - Même à très bas coût
 - Exemple : Microchip 8 bits avec interface Can, ~ 5\$



Bus de terrain - Can et CanOpen

21

Can

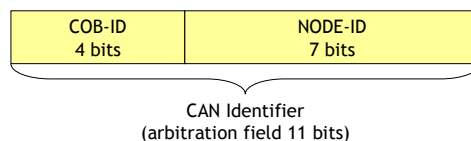
Intégration dans une électronique - Programmation

- Programmation du contrôleur CAN à travers une série de registres internes.
 - Registres de configuration.
 - Registres d'envoi et de réception de données.
- Génération automatique d'une interruption à la réception d'un message.
- La complexité reste en général raisonnable.

CanOpen

Un protocole de la couche application

- CanOpen
 - Utilise le format Can 2.0 A.
 - Définit la structure détaillée des messages.
 - Protocole applicatif largement paramétrable.
 - Donc assez complexe.
 - Permet d'utiliser efficacement CAN selon les besoins applicatifs.
- L'identificateur CAN est divisé en 2 parties
 - COB-ID : Communication Object ID, sur 4 bits
 - Node-ID : sur 7 bits. Adresse du nœud, 0 à 127.



CanOpen

Quelques COB-ID

COB-ID	Usage	Construction
000h	NMT (Network Management)	
001h	Global Failsafe Command	
080h	SYNC	
081h-0FFh	Emergency	80h + NodeID
181h-1FFh	Transmit PDO1	180h + NodeID
201h-27Fh	Receive PDO1	200h + NodeID
...
581h-5FFh	Transmit SDO	580h + NodeID
601h-67Fh	Receive SDO	600h + NodeID

Priorité la plus haute

Priorité la plus basse

CanOpen

SDO - Service Data Object

- Télégrammes permettant d'envoyer ou de lire des informations de configuration.
 - Utilisés pendant les phases d'initialisation.
- Permettent notamment à une application de configurer
 - Quelles données de processus doivent être transmis (PDO).
 - Sous quelle conditions ces données doivent être envoyées.
- Ces informations sont écrites dans l'Object Dictionary
 - Chaque esclave comporte un Object Dictionary.
 - Cet object Dictionary configure le comportement de l'esclave.

CanOpen

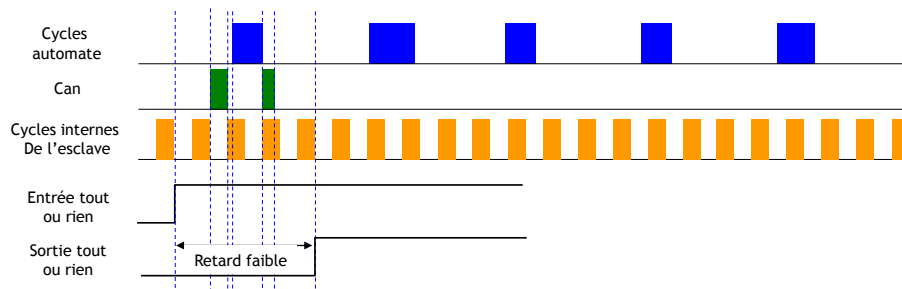
PDO - Process Data Object

- Un PDO véhicule l'information du processus
 - Etat des entrées analogiques et tout ou rien.
 - Etat des sorties.
- Selon la configuration, un PDO est envoyé
 - Sur réception d'un télégramme d'une autre station.
 - Sur un événement interne de l'esclave :
 - changement d'état d'une entrée.
 - Sur réception du message SYNC.
 - De façon périodique après N SYNC.
 - Intervalle minimum entre 2 envois successifs, pour éviter le surcharge.
- Avantage
 - Un seul message SYNC peut déclencher l'envoi de tous les PDO des différentes stations.
 - Gestion efficace de la bande passante.

Can - CanOpen

Avantages du modèle événementiel

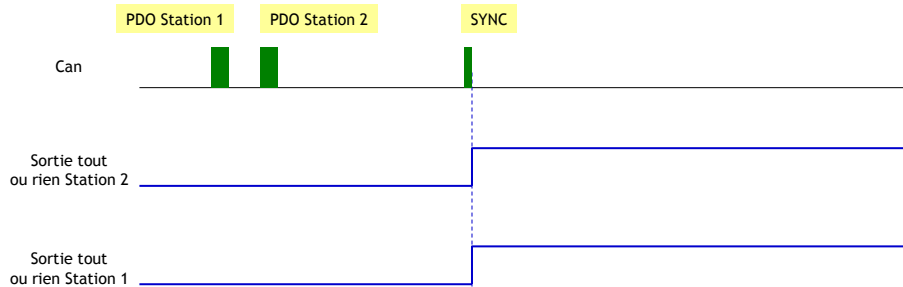
- Au niveau de la charge du bus
 - Un message n'est envoyé que lors d'un changement d'état
- Au niveau de la rapidité
 - Si le bus n'est pas chargé, notification immédiate.
 - Pas de retard supplémentaire dû à un temps de cycle.



Can - CanOpen

Capacités de synchronisation temporelle

- Synchronisation par un message en diffusion
 - Tous les esclaves le reçoivent presque simultanément
 - Permet de coordonner le démarrage d'un mouvement.
 - Problème en cas de réémission du message
 - Ce message devrait être le plus prioritaire.



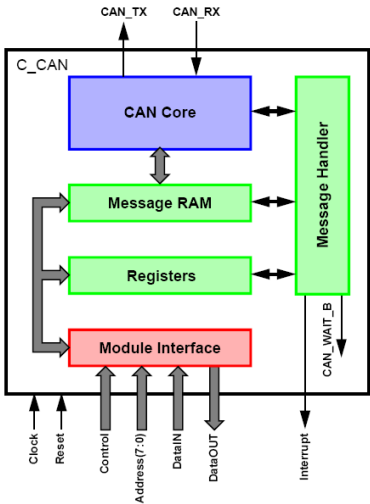
Can - CanOpen

Faiblesse du modèle événementiel

- Non déterminisme
 - Le temps de propagation d'un événement dépend de la charge du bus
 - Si le bus est très chargé, un message non prioritaire peut prendre un temps très long à arriver.
 - Problème observable dans la pratique.
- Parades
 - Eviter de répéter trop souvent les PDO
 - Imposer un temps minimum entre 2 émissions d'un même PDO
 - Ne garantit rien sur un bus avec de nombreuses stations.

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch



Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch - Message RAM

32 x {

Valide	2.0A/B	Emiss Rec.	Arbitration 11/ 29	Masque arbitration	Utiliser masque	Taille données
Données 8 x 8						
Valide	2.0A/B	Emiss Rec.	Arbitration 11/ 29	Masque arbitration	Utiliser masque	Taille données
Données 8 x 8						
Valide	2.0A/B	Emiss Rec.	Arbitration 11/ 29	Masque arbitration	Utiliser masque	Taille données
Données 8 x 8						
Valide	2.0A/B	Emiss Rec.	Arbitration 11/ 29	Masque arbitration	Utiliser masque	Taille données
Données 8 x 8						

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Message RAM : 32 objets message
 - Zones mémoire pour configurer un message.
 - Options :
 - Objet message utilisé ou non
 - Can 2.0A ou Can 2.0B
 - Emission ou réception
 - Champ d'arbitration (11 ou 29 bits)
 - Masque d'arbitration (réception, 11 ou 29 bits)
 - Utiliser ou non le masque
 - Taille de données

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Procédure à suivre pour l'initialisation
 - Configurer les objets message utilisés.
 - Activer le contrôleur CAN
- Envoi de message
 - Ecrire les données dans l'objet message correspondant.
 - Activer la demande d'envoi de cet objet message
- Réception
 - Lire le bit « Message arrivé »
 - Si vrai, lire les données

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Bibliothèque fournie en laboratoire
 - Simplifie la mise en œuvre du contrôleur CAN Bosch sur Silabs
- Initialisation

```
void can_configurer_objet_message(
    char numero_objet_message, // 1..32
    char message_valide, // 0 ou 1
    char can_2_0b, // 0 (CAN 2.0A) ou 1 (CAN 2.0B)
    char emission, // 0 ou 1
    long champ_arbitration, // 11 ou 29 bits utilisés selon type_can
    long masque_arbitration, // 11 ou 29 bits utilisés selon type_can
    char utiliser_masque, // 0 ou 1
    char taille_donnees // taille des donnees du message en octet
);

void can_activer_controleur(
    char autoriser_interruption // 0 ou 1
);
```

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Envoi

```
void can_envoyer_message(
    char numero_objet_message, // 1..32
    char * donnees,
    char taille_donnees
);

char can_message_envoye(
    char numero_objet_message // 1..32
); // retourne 0 / 1
```

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Réception

```
char can_message_recu(
    char numero_objet_message // 1..32
); // retourne 0 / 1

char can_lire_message(
    char numero_objet_message, // 1..32
    char * donnees,
    char taille_tampon_donnees
); // retourne la taille lue
```

Implémentation du bus CAN

Exemple : Programmation du contrôleur Bosch

- Gestion des erreurs

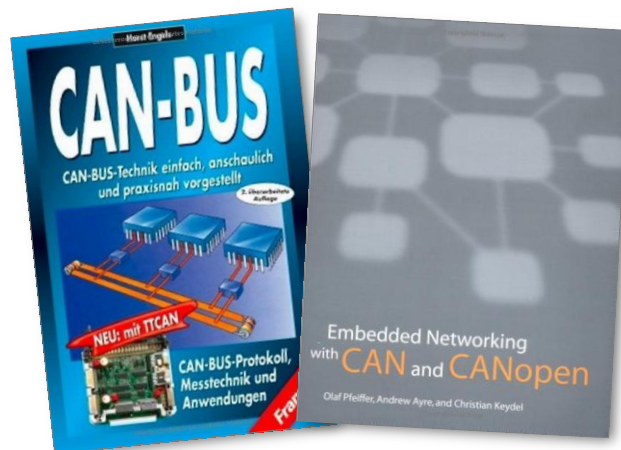
```
char can_erreur(
); // retourne 0 / 1

void can_effacer_erreur(
);
```

Can

Analyse

- Can
 - Performance du principe évènementiel.
 - Non déterminisme, sauf pour le message de priorité maximale.
 - Simplicité d'intégration dans une électronique.
 - Très économique.
- CanOpen
 - Protocole assez répandu.
 - Tire bien parti de Can. Très adaptable aux besoins de l'application.
 - Une certaine complication au niveau logiciel.
 - Il existe des bibliothèques toute prêtes en C.
- Alternatives
 - Développement d'un protocole propriétaire sur CAN.
 - Très efficace lorsque l'interopérabilité n'est pas nécessaire
 - Voie suivie par de nombreuses sociétés.



Qu'avons-nous appris ?

- CAN
 - Couche 1 et 2 du modèle OSI.
 - Un protocole simple et efficace.
 - Facile à exploiter à moindre coût dans toute carte à microprocesseur.
- CanOpen
 - Couche 7 du modèle OSI
 - Une solution un peu compliquée, mais très configurable.
- Can Propriétaire
 - Solution à considérer dans les développements électroniques.
 - Permet de tirer parti des avantages de CAN.
 - Sans la complexité de CanOpen.

Vos questions

