

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

Généralités

◆ Il est indispensable de bien en comprendre le mécanisme de gestion des erreurs. Il est souvent occulté par le fait que les composants satisfaisants au protocole gèrent tous ces détails en interne des circuits (puisque'ils sont conformes au protocole !) et que l'utilisateur final n'y prête guère d'attention.

◆ Étant donné la complexité du traitement des erreurs, nous distinguons deux grandes parties.

◆ Abord général

- Philosophie et stratégie globale dévolues au traitement et recouvrement des erreurs.
- Description des différents types d'erreurs pouvant se produire.

◆ Détail

- Les techniques de détections des erreurs.
- Les techniques (et trames) de signalisation des erreurs.
- Les techniques de recouvrement des erreurs.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

1 - Types d'erreurs

◆ au niveau de la couche physique elle-même :

- le bit lui-même est entaché d'erreurs (parasité, par exemple),
- une erreur de *bit stuffing* pour des raisons quelconques involontaires (parasites, transmissions, oublis, etc.) ou parfois volontaires comme dans la trame d'erreur.

◆ au niveau du bit et de la structure de la trame, tout va bien mais, par exemple :

- celle-ci n'a pas été acquittée provoquant un ***ACKnowledgement error***
- la valeur du CRC ne correspond pas à ce que l'on attendait.

◆ au niveau de la trame :

- erreur de ***CRC delimitter***,
- erreur de ***ACKnowledge delimitter***,
- erreur de ***end of frame***,
- erreur de ***error delimitter***,
- erreur de ***overload delimitter***.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

Dans tous ces cas de figures, la présence d'erreurs sera signalée par une trame d'erreur - *error frame* - qui sera générée sur le bus pour en informer qui de droit.

Mis à part le fait que des erreurs peuvent se produire, il est toujours utile de savoir :

- **de quel type elles relèvent,**
- **si, se produisant rarement, elles sont réellement gênantes,**
- **que le(s) (micro)contrôleur(s) gérant le réseau doivent être informés lors des perturbations durables,**
- **quand l'activité du bus redevient normale.**

Lors de perturbations persistantes, la partie contrôleur de bus passe en mode dite de *bus off* et la partie CPU locale peut alors prendre des valeurs convenues par défaut.

La présence de perturbations mineures (ou de courtes durées) sur le bus n'affecte pas la partie contrôleur de bus.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

Pour réaliser cela, le terme barbare de *confinement* sous-entend un énorme mécanisme ayant pour but d'être apte à déterminer si un nœud :

- **n'est pas perturbé du tout,**
- **est peu perturbé,**
- **est un peu plus gravement perturbé,**
- **est tellement perturbé qu'il doit passer en bus off.**

Le contrôleur du bus est dans le mode *bus off* lorsque trop d'erreurs se sont produites il se place dans l'état de sommeil (*sleep mode*). Cependant il peut reprendre son activité si le taux d'erreur diminue (voir mécanisme de comptage des erreurs) et si son activité interne le permet.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

2 - Mécanisme de traitement des erreurs de confinement

L'une des finalités de ce mécanisme consiste à permettre la détection des défauts et perturbations du *hardware*, mais aussi et surtout à procéder à leur localisation afin de pouvoir intervenir avec précision.

Tous les (micro)contrôleurs conformes au protocole CAN doivent obligatoirement posséder deux compteurs internes bien distincts:

- **le *transmit error counter*,**
- **le *receive error counter*,**

qui auront pour mission d'enregistrer (compter) les erreurs se produisant lors de transmissions et de réceptions.

Les compteurs s'incrémentent plus vite qu'ils se décrémentent.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

En effet :

si le message est transmis ou reçu correctement, le contenu du compteur respectif décroît, si le message est entaché d'erreurs, le contenu du compteur respectif augmente.

De plus :

les compteurs d'erreurs ne pratiquent pas des méthodes proportionnelles de comptage, une erreur provoque un accroissement du compteur considéré, d'une quantité bien plus importante que ce qu'aurait pu faire décroître le même compteur selon que celui-ci ait émis ou reçu un message correctement.

le rapport *augmentation/diminution des compteurs* - autrement dit la pondération du comptage des points - dépend du rapport *messages corrects/messages incorrects* sur le bus ; par définition, le protocole fixe sa valeur à huit.

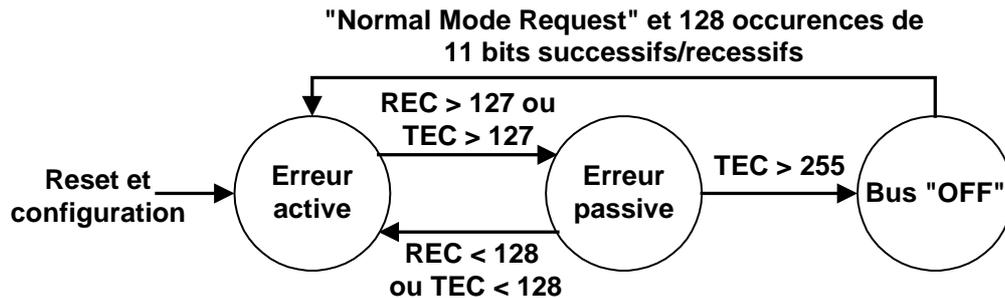
Tout ce mécanisme est implémenté en silicium sur les composants.

Journée Bus CAN La gestion des erreurs

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

3 - Décompte des erreurs

Quelles que soient les règles exactes du décomptage des points dont le détail est donné par la figure suivante, on peut tout de suite énoncer les conséquences des totaux obtenus.

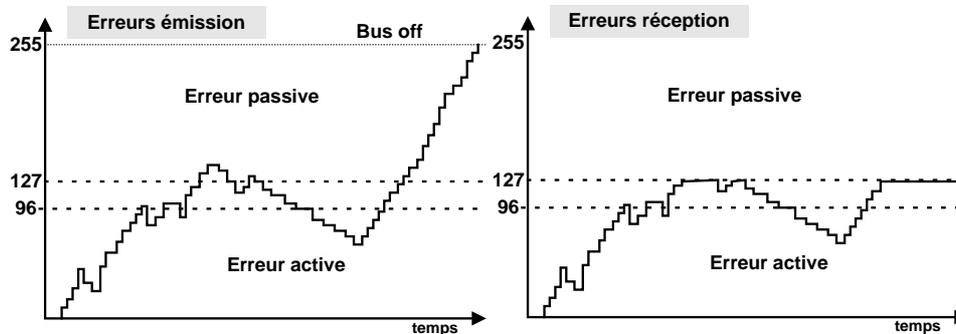


7

Journée Bus CAN La gestion des erreurs

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

Une représentation graphique des résultats et conséquences est donnée dans les graphiques suivants :



N.B. : une condition de "WARNING" est signalée à 96.

8

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

De 0 à 127 inclus : état error active

Lorsque les valeurs de *l'un et l'autre* des compteurs d'erreurs sont comprises entre 0 et 127 inclus, on dit que la station (le nœud) CAN fonctionne en état (mode) *error active*.

Ceci signifie que le nœud en question continuera de recevoir et d'émettre normalement mais aussi que dans le cas où une erreur est détectée, il transmettra un *active error flag* pendant la trame d'erreur.

Remarque : Il est recommandé dans le protocole de commencer à « s'affoler » au moment où le compteur atteint 96 points (*warning limit*), indiquant une accumulation significative de conditions d'erreurs.

Généralement, à ce niveau il se produit à l'intérieur du (micro)contrôleur CAN une interruption dite de *error status* ou de *error interrupt* provoquant une requête de gestion de ces perturbations.

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

De 128 à 255 inclus : état error passive

Lorsque les valeurs contenues dans *l'un ou l'autre* des deux compteurs sont comprises entre 128 et 255 (inclus), on dit que la station (le nœud) CAN fonctionne en état (mode) *error passive*.

Ceci signifie que le nœud en question continuera de recevoir et d'émettre normalement mais aussi, qu'en cas de détection d'erreur, il continuera de transmettre uniquement des *passive error flag* pendant la trame d'erreur.

Remarque spécifique : Une condition d'erreur laissant un nœud devenu *error passive* oblige le nœud à envoyer une *active error flag*. C'est notamment le cas lorsque le nœud était *error active* avec un compteur à 125, par exemple, et prenant sur une erreur 8 unités de comptage de plus, passe à 133 en *error passive*

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

Au-delà de la valeur de 255 : état de bus off

Au-delà de la valeur de 255 (> 256) du compteur de transmission, on dit que la station (le nœud) CAN rentre dans l'état (mode) de *bus off*.

Ceci signifie que le nœud en question cesse de recevoir et d'émettre normalement.

Dans ce cas l'unité *bus off* n'est plus autorisée à avoir d'influence ou d'activité sur le bus. Ses étages de commande du bus (les *drivers*) doivent être électriquement déconnectés du bus.

Il peut rester dans cet état jusqu'à ce qu'il désire entrer une nouvelle fois dans le réseau en ayant tenu compte des misères précédentes et en remettant ses compteurs à zéro.

Le protocole autorise un nœud *bus off* à redevenir *error active* (en ayant remis tous ses compteurs d'erreurs à zéro) après que celui-ci ait observé, sans erreur sur le bus, 128 occurrences de 11 bits récessifs chacun (montrant ainsi que de nombreux messages dont les bits de *ACKnowledge delimiter + end of frame + ceux de l'intermission* sont bien passés et qu'apparemment le bus a retrouvé une bonne santé).

Journée **Bus CAN**

La gestion des erreurs

Echanges couronnés de succès :

Les compteurs d'erreurs de réception et de transmission sont modifiés en accord avec les règles suivantes : Il est à noter que plus d'une règle peut être appliquée pendant un même transfert de message.

	Compteurs d'erreurs de réception	Compteur d'erreurs de transmission
Transmission Après le succès d'une transmission (ACK reçu et pas d'erreur jusqu'à la fin de trame)		décroit de 1 unité sauf si c'était le cas
Réception Après le succès d'une réception (réception sans erreur jusqu'à ACK SLOT et émission correcte du bit d'ACK)	Décroit de 1 unité si il était entre 1 et 27 Reste à 0 si déjà à 0 si > 127 il est remis entre 119 et 127	

Journée **Bus CAN** La gestion des erreurs

Quand un **EMETTEUR** :

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

	Compteurs d'erreurs de réception	Compteur d'erreurs de transmission
Détecte: un BIT ERROR pendant l'envoi d'un ACTIVE ERROR FLAG ou un OVERLOAD FLAG		s'accroît de 8 unités
Envoie un ERROR FLAG		s'accroît de 8 unités
sauf : a) si l'émetteur est "error passive" et détecte un ACKnowledgement ERROR parce qu'il n'a pas détecté un ACK "dominant" et ne détecte pas un bit dominant pendant l'envoi de son PASSIVE ERROR FLAG		pas de changement de l'état du compteur
b) si l'émetteur envoie un ERROR FLAG par ce qu'un STUFF ERROR se produit pendant l'arbitrage		pas de changement de l'état du compteur

13

Journée **Bus CAN** La gestion des erreurs

Quand un **RECEPTEUR** :

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

	Compteurs d'erreurs de réception	Compteur d'erreurs de transmission
Détecte a) une erreur sauf si l'erreur est un BIT ERROR se produisant pendant un ACTIVE ERROR FLAG ou un OVERLOAD FLAG	s'accroît de 1 unités	
b) un bit "dominant" comme étant le premier bit après avoir envoyé un ERROR FLAG	s'accroît de 8 unités	
c) un BIT ERROR pendant l'envoi d'un ACTIVE ERROR FLAG ou un OVERLOAD FLAG	s'accroît de 8 unités	

14

Journée Bus CAN La gestion des erreurs

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

Et pour terminer :

Chaque nœud tolère jusqu'à 7 bits dominants après avoir envoyé une ACTIVE/PASSIVE/ERROR/FLAG ou un OVERLOAD FRAME

	Compteurs d'erreurs de réception	Compteur d'erreurs de transmission
Après avoir détecté soit : a) le 14ème bit consécutif dominant (dans le cas ACTIVE ERROR FLAG ou un OVERLOAD FRAME) b) le 8ème bit consécutif dominant suivant un PASSIVE ERROR FLAG c) chaque séquence de 8 bits dominants consécutifs		
chaque émetteur voit s'accroître son compteur		De 8 unités
chaque récepteur voit s'accroître son compteur	De 8 unités	

15

Journée Bus CAN La gestion des erreurs

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

4 - Conséquences des erreurs :

Localisation de nœud défectueux

Les figures suivantes montrent clairement comment, quelques soient les états émissif ou réceptif, un nœud fautif s'accroît toujours de plus de points que les autres nœuds ; d'où une grande facilité de repérage par leurs absences successives (dans l'ordre de leur passage en mode error passive puis disparitions suite à des passage en mode bus off sur un réseau et, par conséquent, de prendre des décisions adaptées.

Erreurs de confinement CRC et Acquitement

Le nœud fautif incrémente toujours son compteur d'erreurs d'une valeur plus élevée que les autres et, de ce fait, tend à devenir pus rapidement "*error passive*".

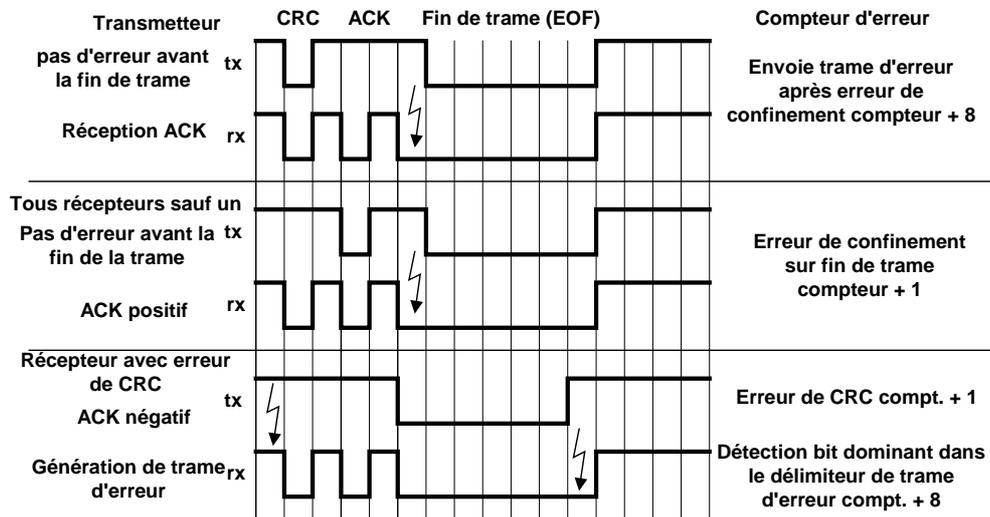
16

Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Erreur locale sur un nœud *recevant* un message

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges



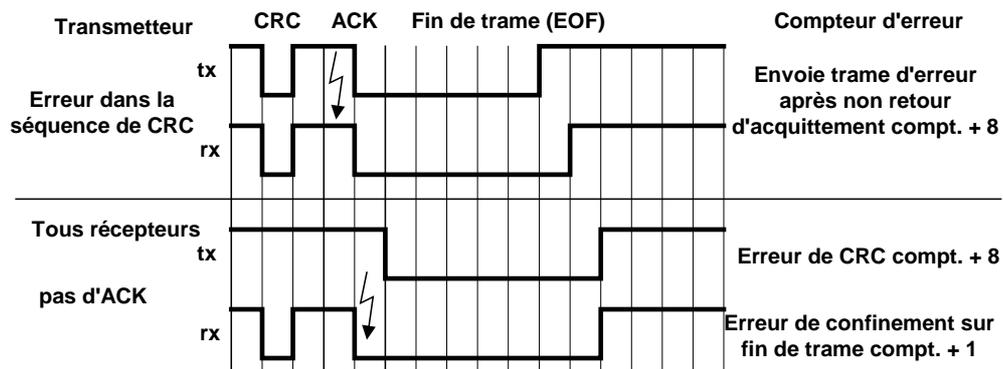
17

Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Erreur locale sur un nœud *transmettant* un message

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges



18

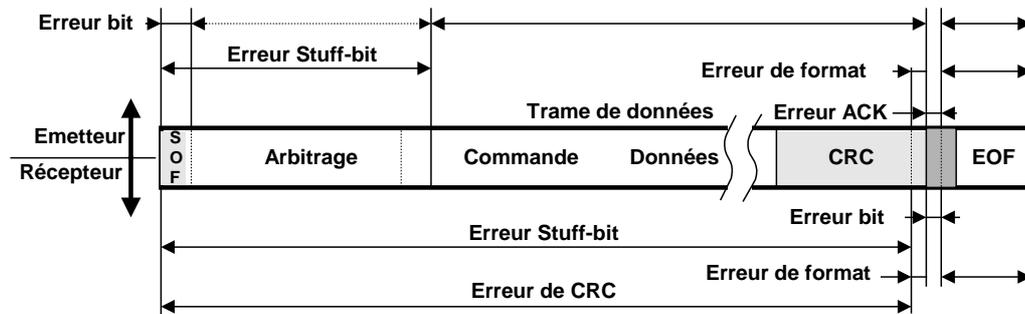
Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

En résumé, les causes d'erreurs:

Chaque éléments constitutifs de la trame peut provoquer une erreur.

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges



19

Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

5 - Signalisation des erreurs:

La détection des erreurs étant effectuée, il est raisonnable d'une façon générale d'en rendre compte au réseau :

- pour informations et actions aux participants du réseau,
- pour indiquer simultanément aux autres participants l'état local dans lequel on se trouve à cet instant (compte tenu de l'état de ses propres compteurs d'erreurs déjà détectées).

Pour cela, un nœud détectant une condition d'erreur a pour mission de la signaler en transmettant un error flag différent selon les états instantanés de ses propres compteurs d'erreurs :

- pour un nœud en état *error passive* : un *passive error flag*,
- pour un nœud en état *error active* : un *active error flag*

Journée busCAN BTS IRIS Lycée Turgot Limoges

20

Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Démarrage d'une trame d'erreur

Le déclenchement des trames d'erreurs a lieu à des moments différents selon les origines des erreurs.

Si nous sommes en présence :

- d'erreur bit,
- d'erreur de bit stuffing,
- d'erreur de structure,
- d'erreur d'acquittement,

la transmission d'un *error flag* démarre dès le bit suivant à partir de la station qui a détecté l'erreur.

Toutes les fois qu'une station détecte une erreur de CRC, la transmission d'un *error flag* démarre au bit suivant le *ACKnowledge delimiter*, à moins qu'un *error flag* ait déjà démarré ailleurs sur le réseau pour une autre condition.

21

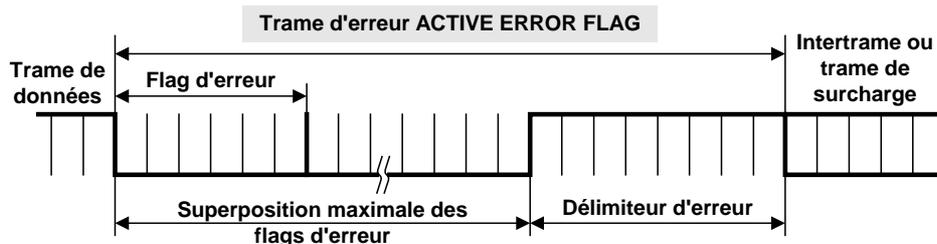
Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Trame d'erreur active

La séquence de bits dominants que l'on peut observer sur le bus résulte de la superposition de la participation des différents *error flag* fournis par toutes les stations individuelles (et que chacune d'entre elles peut examiner - *monitorer* - en temps réel).

Le document CAN autorise une longueur totale de cette séquence pouvant varier entre un minimum de 6 bits (la longueur de l'*active error flag*) et un maximum limité à 12 bits afin de ne pas bloquer indéfiniment le bus.



22

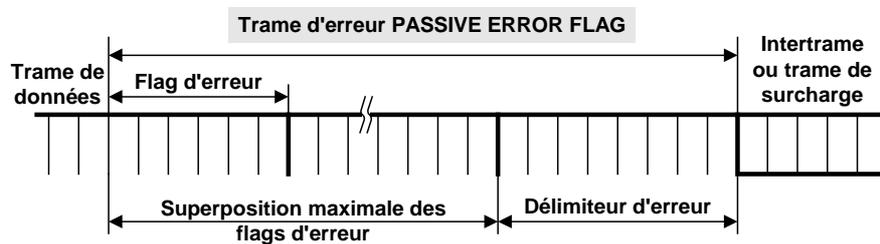
Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Trame d'erreur passive

Une station dite error passive détectant une condition d'erreur essaye de signaler celle-ci par la transmission d'un *passive error flag*.

Par définition un *passive error flag* est constitué de 6 bits récessifs successifs. . . à moins que ces bits ne soient écrasés par des bits dominants provenant d'autres nœuds (voir la figure suivante). Elle n'est pas capable d'interrompre un message en cours entre différents autres contrôleurs présents sur le bus, et elle peut être écrasée par les autres contrôleurs.



23

Journée Bus CAN

La gestion des erreurs

Recouvrement des erreurs

Le recouvrement des erreurs s'effectue par la retransmission automatique de la trame perturbée jusqu'au moment où celle-ci réussit à passer correctement et qu'il n'y a plus de message d'erreur.

Ceci peut durer indéfiniment, si par hasard les erreurs persévérent, les compteurs d'erreurs augmentent, le circuit produisant l'erreur (ou s'en rendant compte) passe le premier en mode *bus off*

A ce moment là il ne devrait plus y avoir d'erreur et, le message devrait alors bien passer.

Si tous les nœuds sont récalcitrants, tous disparaîtront tour à tour et vous serez le seul nœud à vouloir continuer de communiquer sur le réseau. Personne ne vous répondra. Pas d'acquiescement. Donc erreur, donc compteur d'erreurs, etc. Le bus se trouve momentanément bloqué car aucune station ne peut voir passer les fameuses 128 occurrences de 11 bits récessifs nécessaires à son réveil !

24