

## CAPITULO 4

### Casos de Estudo: O barramento CAN

O protocolo CAN;

Soluções de implementação;

A camada física;

Soluções mais divulgadas para a camada aplicação.

(6 Horas)

## CAN - Controller Area Network

### Alguns dados:

- Define apenas a ligação física e o controlo do acesso ao meio de transmissão (ligação de dados).
- Inicialmente desenvolvido para aplicações *embedded* (ligação dos controlos nos motores de automóveis) - Bosch 1991.
- Grande facilidade na introdução / retirada de novos módulos (devido ao MAC CSMA-CA).
- Migra para aplicações industriais com base em várias especificações da aplicação: CANopen, DeviceNET, SDS, etc.

## Características fundamentais (I)

- **Multimaster:** segurança / disponibilidade, *gracefull degradation*.
- **Event Driven:** iniciativa do nó para iniciar comunicação; possibilidade de periodicidade na transmissão ao nível do nó ou global.
- **Broadcast:** decisão de aceitação ao nível do nó (produtor / consumidor) (arquitecturas de filtragem BasicCAN, FullCAN).
- **Identificação:** em geral identifica-se na mensagem a informação e não o nó.
- **Remote Request:** pedido de informação por um nó consumidor.
- **Detecção de erros (mensagem):** 15 bit CRC (Hamm. Dist. 6, 5 bits errados); detecção de forma, *read-after-write* e paridade.

José A. Fonseca, Setembro de 1999

3

## Características fundamentais (II)

- **Correcção de erros (mensagem):** retransmissão após sinalização por parte do nó que detectou o erro com transmissão de trama de erro no bus.
- **Detecção de erros (suporte físico):** linha desligada, linha cc à massa, cc ao Vcc, linhas cc (em modo diferencial); passagem para modo não balanceado; problema: informar camada aplicação.
- **Tolerância a falhas:** auto-deteccção de avarias e retirada do processo de comunicação.
- **Acknowledge:** permite ao transmissor saber que pelo menos um receptor detectou correctamente a trama.
- **Consistência:** a utilização de tramas de erro força o ignorar colectivo de uma trama recebida com erros num nó, todos os interessados têm de receber bem e em simultâneo.

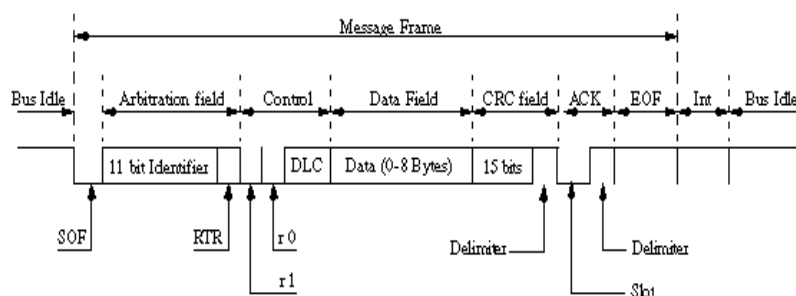
José A. Fonseca, Setembro de 1999

4

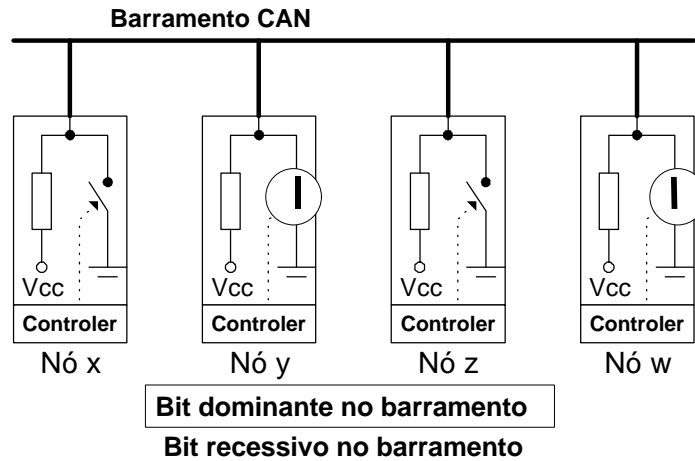
## Algumas características físicas

- **Codificação dos bits:** NRZ - *Non return to zero*.
- **Sincronização:** *bit stuffing* 5 bits.
- **Sincronização entre nós:** interrupção após a recepção ou transmissão com sucesso de mensagem (no mesmo tempo de bit) utilizável para sincronização dos relógios.
- **Nº máximo de nós:** p32, 64, 128, ..., dependendo dos transceptores de linha.
- **Taxa de transmissão:** ade 5kBit/s a 1 Mbit/s.
- **Taxa de transmissão vs comprimento do barramento:** o tipo de arbitragem e a necessidade de operações de *in-bit-response* limitam o comprimento máximo do barramento por forma a que o tempo de trânsito do sinal no maior percurso não exceda 2/3 do tempo de bit.

## CAN - Controller Area Network Formato da trama em CAN 2.0A



## Bits dominantes e recessivos



José A. Fonseca, Setembro de 1999

7

## Campos da trama de CAN 2.0A

- **Start bit - 1 bit - dominante**
  - Flanco descendente usado para sincronização dos nós.
- **Identificador - 11 bits**
- **RTR - 1 bit (*Remote Transmission Request*)**
  - Usado por um receptor para pedir informação a um transmissor. Quando posto a "1" (recessivo) a trama não deve conter campo de dados mesmo se o DLC é  $\neq 0$ . O pedido e a resposta constituem tramas independentes. Esta é portanto sujeita a arbitragem.
- **CONTROLO - 6 bits**
  - IDE - IDentifier Extension, quando dominante indica que não se utilizam os bits adicionais para identificação.
  - r0 - bit reservado
  - DLC - Data Length Code, comprimento do campo de dados que se segue, em bytes.

José A. Fonseca, Setembro de 1999

8

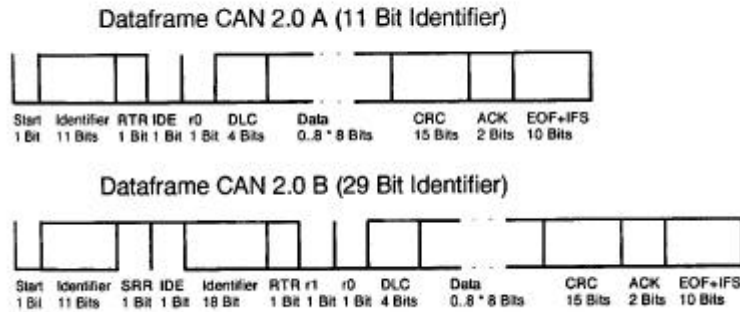
### Campos da trama de CAN 2.0A (cont.)

- **Data Field 0 a 64 bits**
- **CRC (Cyclic Redundancy Check) - 16 bits**
  - Permite detectar erros em 6 bits dispersos ou bursts de 15 bits em sequência.
  - Inclui delimitador CRC (“1”, recessivo).
- **ACK - 2bits (*Acknowledge*)**
  - Um dos bits é um delimitador (“1”, recessivo).
  - O outro é sobreposto por um bit dominante sempre que um nó CAN detecta a mensagem sobre o bus e a considera correcta.
  - O transmissor pode detectar um erro de transmissão se ler este bit como recessivo.
  - Como é óbvio, não garante a recepção da trama pelos consumidores.

### Campos da trama de CAN 2.0A (cont.)

- **EOF (End of Frame) - 7 bits (“1”, recessivos).**
  - Marca o fim da trama com um padrão único que viola a regra de *stuffing*.
- **IFS (Inter Frame Space) - 7 bits (“1”, recessivos).**
  - Impõe uma janela temporal que permite ao controlador CAN transferir uma trama recebida correctamente para o seu *buffer* de recepção.
- **Barramento IDLE ( $\geq 0$  bits a “1”, recessivos).**
  - Neste período o barramento está livre e os nós podem iniciar a transmissão de uma trama.

## Tramas CAN 2.0B versus 2.0A



José A. Fonseca, Setembro de 1999

11

## Novos campos da trama 2.0B

- **SRR (Substitute Remote Request bit) - 1 bit ("1", recessivo).**
  - Não tem mais nenhum significado adicional.
- **IDE (Identifier Extension) - 1 bit ("1", recessivo).**
  - Impõe uma janela temporal que permite ao controlador CAN transferir uma trama recebida correctamente para o seu *buffer* de recepção.
- **CONTROL - 6 bits.**
  - Os 2 primeiros bits r0 e r1 estão reservados.
- **Nota: Comprimento de informação mantém-se entre 0 e 8 bytes; RTR funciona de forma idêntica mas com bit após 18 bits extra do identificador.**

José A. Fonseca, Setembro de 1999

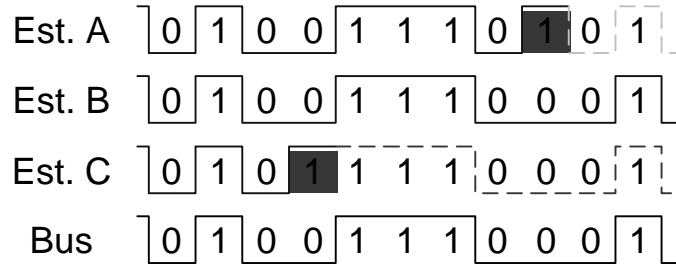
12

## Recepção de trama CAN

## MAC (*Medium Access Control*) em CAN

- Arbitragem não destrutiva e ao nível do bit.
- Numa colisão no acesso ao bus o nó de maior prioridade é automaticamente seleccionado sem que a sua mensagem seja atrasada durante o processo de arbitragem.
- Designações:
- CSMA/CD+AMP: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration on Message Priority.
- CSMA/CA: Collision Avoidance [kopetz]
- CSMA/CR: Collision Resolution
- CSMA/DCR: Deterministic ...

Barramentos de Campo (*Fieldbuses*)  
**CAN - Controller Area Network**



**Arbitragem de acesso ao barramento**

**CAN: Outra visão da arbitragem de acesso ao barramento**



## Compatibilidade CAN 2.0A e 2.0B

- É possível utilizar as duas versões (designadas por vezes como standard ou extended) em simultâneo, desde que:
- Se utilizem ou controladores CAN2.0B ou controladores designados por CAN2.0B passivos.
- Um controlador CAN2.0B passivo detecta as tramas 2.0B pela verificação do bit de IDE (Identifier Extension), ignorando-as.
- Um controlador 2.0A sem esta funcionalidade reagirá a uma trama 2.0B com tramas de erro.

## Processamento da recepção e dos RTRs (*Remote Transmission Requests*)

- **Modo Basic CAN:**
  - Processamento dos RTRs e decisão sobre a aceitação da mensagem é efectuado ao nível da aplicação.
  - Filtragem de identificação é apenas parcial.
- **Modo Full CAN:**
  - Filtragem do identificador pode ser total; a aplicação só necessita retirar a informação.
  - Processamento dos RTRs pode ser automático, sendo transmitida pelo controlador, sem intervenção da aplicação, a trama com informação. Esta é obtida num buffer pré definido.

## Caracterização do modo Basic CAN

- **Utilização de máscara para filtragem.**
- **Armazenamento dos Identificadores.**
- **Apenas um buffer para recepção e um para transmissão.**
- **Vantagens:**
  - Possibilidade de detecção de um número elevado de identificadores.
- **Desvantagens:**
  - *Overhead* na aplicação.
  - Atrasos no consumo.
  - Atrasos na produção (em especial após RTRs).

## Caracterização do modo Full CAN

- **Filtragem global do identificador**
- **Não há armazenamento dos Ids.**
- **Vários buffers programáveis para recepção ou para transmissão (muitas vezes 16).**
- **Vantagens:**
  - Não há *Overhead* na aplicação.
  - Resposta rápida a RTRs.
- **Desvantagens:**
  - Reduzido número de identificadores.
- **NOTA: Há controladores mistos.**

### Questões / Exercícios

- Quantos IDs diferentes há em CAN standard? E em extended ?
- Qual o ID de maior prioridade?
- E qual o de menor?
- Quais são os tempos de transmissão (aproximados) de tramas CAN quando a taxa é de 125kBits/s.
- Três estações tentam transmitir uma mensagem com IDs (10, 20 e 30d).
- Quanto tempo demoram a identificar eventuais colisões?
- Qual o atraso máximo que podem sofrer as três mensagens se forem emitidas de 1 em 1 segundo? E em qualquer situação?