

# Aspectos Comparativos entre os Barramentos de dados MIL-STD-1553B e CANBus

Pedro Carlos da Silva Euphrásio e Irany de Andrade Azevedo,  
Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA, São José dos Campos - SP, Brasil

**Resumo – A comparação entre dois barramentos de dados é uma tarefa difícil de ser realizada devido à existência de um grande número de variáveis envolvidas. O objetivo da aplicação, o custo do sistema e o nível de confiabilidade a ser atingida são alguns dos fatores que impactam no desenvolvimento do projeto. Buscou-se nesse trabalho realizar uma comparação entre as principais características das redes MIL-STD-1553B e CAN Bus que o projetista deve considerar. Uma tabela resume os aspectos considerados.**

**Palavras-chave – Integração de sistemas embarcados, MIL-STD-1553B, CAN Bus, barramento de dados.**

## I. INTRODUÇÃO -

A integração de sistemas por barramentos de dados digitais é uma necessidade em diversas aplicações como nas indústrias petroquímicas, automobilísticas, aeroespaciais e navais, nos sistemas médicos e de controle de linha de produção em geral, entre outros. Essa integração realiza a conexão de sensores e sistemas individuais utilizando muitas vezes um par de fios como uma alternativa para os sistemas convencionais com múltiplos fios.

Alguns trabalhos realizam a comparação entre o CAN e barramentos de campo *Foundation FieldBus* e *ProfiBus* [1] ou entre o CAN e os protocolos ARINC [2]. O aumento da utilização do CAN nos sistemas embarcados aeronáuticos e a utilização do padrão 1553B nos sistemas críticos das aeronaves militares justifica a realização de uma comparação entre os dois tipos de barramentos, considerando as diferenças entre algumas de suas características.

## II. HISTÓRICOS DO MIL-STD-1553B E DO CAN BUS

### II-A HISTÓRICO DO PADRÃO 1553B

Na década de 60 observou-se um aumento da quantidade de equipamentos aviônicos embarcados em aeronaves, resultando em sistemas de integração complexa. Com o aumento da complexidade, tornou-se necessária a melhor distribuição das informações entre os sistemas, pois os sistemas antigos conectavam uma pequena quantidade de aviônicos ponto-a-ponto e, quando uma informação era necessária a vários equipamentos, várias ligações físicas eram feitas entre eles. Para evitar tais ligações, foi criado um caminho de dados único entre os equipamentos, chamado de barramento [3].

Para solucionar o problema do aumento de peso e de tamanho resultantes, em 1968 a *Aerospace Branch of the Society of Automotive Engineers*, SAE, (Filial para Aeroespaço da Sociedade de Engenheiros Automotivos), criou um comitê, com representantes das áreas militar e industrial, para definir os requisitos básicos de um barramento de dados serial, em que os dados seriam enviados um bit de cada vez através do barramento.

Pedro Carlos da Silva Euphrásio e Irany de Andrade Azevedo, Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA, São José dos Campos - SP, Brasil. E-mails: pedrocse@ita.br, irany@ita.br. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo COMAER, através do Projeto MODERLAB-PPGAO.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos, DoD, consolidou o resultado, emitindo um documento oficial, a Norma conhecida como MIL-STD-1553, com o objetivo de obrigatoriedade de aplicação nos equipamentos militares. Essa Norma estabeleceu parâmetros técnicos e de projeto para os processos, procedimentos, práticas e métodos que foram adotadas como padrão. Em 1978, a Norma foi revisada e passou a ser denominada MIL-STD-1553B, [4].

### II-B HISTÓRICO DO PADRÃO CAN

Em 1983, com base no nível de desempenho alcançados pelos barramentos I2C (assimétrica), e D2B (simétrica) e muitos outros fatores, a companhia R. Bosch GmbH tomou a decisão de desenvolver um protocolo de comunicação orientada para sistemas distribuídos. A empresa estabeleceu os requisitos e o barramento deveria operar em tempo real. Este foi o início do desenvolvimento de CAN [5]. O barramento CAN foi anunciado oficialmente em 1986 pela BOSCH na Alemanha e em 1987 surgiram os primeiros circuitos integrados para CAN, fabricados pela Intel e pela Philips. Devido à sua robustez e alto nível de confiabilidade, atualmente o CAN vem sendo utilizado nas indústrias, nos meios comerciais de comunicações, em sistemas embarcados automobilísticos, navais e aeroespaciais. Em 1991 surgiram as especificação das versões CAN 2.0A (identificador com 11 bits) e CAN 2.0B (identificador com 29 bits) pela Bosch. No ano de 1992 foi criado um grupo de usuários denominado CíA (*CAN in Automation*) e em 1993 desenvolveu-se o protocolo de comunicação “*time-triggered*” para a rede CAN denominado TTCAN.

Em 1998 saiu a primeira versão do *CANAerospace* [6] desenvolvida pela *Stock Flight Systems* que foi concebido para a comunicação de sistemas baseados em microcomputador em aplicações aéreas altamente confiáveis. O objetivo desta definição é criar um padrão para aplicações que requerem um monitoramento do fluxo de dados eficiente e uma fácil sincronização de tempo de quadros dentro de sistemas redundantes. Proveniente do *CANAerospace* publicou-se em 2007 a primeira versão do padrão ARINC825 (*General Standardization of Controller Area Network Bus Protocol for Airborne Use*). Este foi criado por um grupo de trabalho técnico CAN da *Airlines Electronic Engineering Committee* (AEEC) com membros de diversas empresas, inclusive da *Stock Flight Systems*. Em janeiro de 2010 foi apresentada a segunda revisão dessa norma.

Em 2008, a produção anual de veículos utilizando o CAN foi de aproximadamente 65 milhões de veículos utilizando, em média, de 10 a 15 nós (terminais).

## III. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO BARRAMENTO MIL-STD-1553B

### III.A - COMUNICAÇÃO

O protocolo 1553B possui comunicação orientada para sistemas centralizados. Ele trabalha com transferências de

comandos e dados no barramento iniciadas por um controlador de barramento (BC) operando a uma frequência de 1 MHz (taxa de transferência de aproximadamente de 1Mbps). Nenhuma comunicação no barramento pode ser iniciada por um terminal que não seja um BC, havendo um tempo máximo para o recebimento de resposta. Suas mensagens normalmente são enviadas em regime *unicast*, ou seja, os dados enviados são processados somente pelo terminal que possui o endereço do comando enviado pelo BC. O protocolo permite transmissões em broadcast, porém apenas para aplicações *offline*.

Com exceção de uns poucos tipos de sinais de comando, os terminais do barramento, RTs, fornecem uma resposta de status que indica sucesso ou falha nas transações do barramento. Para aumentar o determinismo global, o padrão 1553B coleta informações dos RTs para responder aos comandos do BC dentro de um período de tempo especificado [3].

A Fig. 1 apresenta o formato do sinal elétrico de uma palavra de comando enviada por um BC e a resposta de um RT com sua palavra de estado e palavra de dados enviadas.

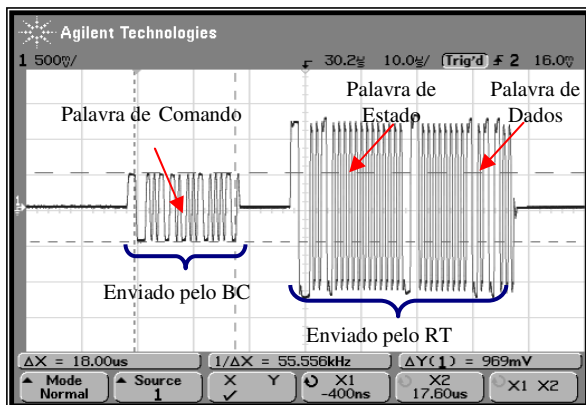


Fig. 1:- Palavra de comando, de estado e dados do 1553B.

Se as respostas não são recebidas no tempo especificado descrito pela norma (entre 4  $\mu$ s e 12  $\mu$ s), o BC considera a transação como um estado de “não resposta” e progride executando a próxima ação programada. Esse esquema fornece um meio de assegurar que nenhuma transação no barramento exceda certo limite de tempo, o que interromperia ou suspenderia outra transação dependente de tempo. Essa é uma das características que torna o 1553B uma rede determinística.

### III.B - ENDEREÇAMENTO

A norma MIL-STD-1553B foi projetada para a conexão de até 31 terminais no barramento.

São definidos três tipos de terminais: Controlador do Barramento (BC), Terminal Remoto (RT) e Monitor do barramento(BM). Somente os RTs possuem endereços e o monitor de barramento não transmite dados, ficando apenas gravando todas as mensagens que trafegam no 1553B. O BC envia a palavra de comando com os cinco primeiros bits identificando o endereço do RT e o RT responde com uma palavra de status com os cinco primeiros bits identificando o seu endereço. Cada RT pode possuir até 30 subsistemas e pode receber ou enviar até 32 palavras de dados. Uma mensagem simples 1553B é caracterizada pela transmissão de uma palavra de comando, uma palavra de estado e até 32 palavras de dados se forem especificadas[4]. Quando a

transmissão é feita entre terminais remotos a mensagem é composta por duas palavras de comando, duas palavras de estado e palavras de dados.

### III.C – SINCRONISMO

O protocolo 1553B é um protocolo assíncrono, multiplexado no tempo com característica de comando e resposta. Os comandos e dados trafegam no barramento em forma de palavras formadas por uma seqüência de 20 bits: Essas palavras podem ser de três tipos: Palavra de Comando (CW – *Command Word*), Palavra de Estado (SW – *Status Word*) e Palavra de Dados (DW – *Data Word*). 3 bits para o sinal de sincronização (*sync*), 16 bits para dados, comando ou estado e 1 bit de paridade. Os três bits utilizados como sinal de sincronismo são utilizados pelos terminais para realizarem a identificação e diferenciação das palavras de comando e palavra de estado com a palavra de dados.

## IV.CARACTERÍSTICAS GERAIS DO BARRAMENTO CAN

### IV.A – COMUNICAÇÃO

O CAN possui comunicação orientada para sistemas distribuídos possuindo duas especificações para sua taxa de transferência: opera de 125 Kbps à 1 Mbps e de 10 Kbps à 125 Kbps. Ele trabalha baseado no conceito multi-mestre, onde todos os módulos podem se tornar mestre em determinado momento e escravo em outro. Suas mensagens podem ser enviadas em regime *multicast*, caracterizado pelo envio de toda e qualquer mensagem para todos os módulos existentes na rede. Utiliza o conceito CSMA/CD with NDA [7] (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection with Non-Destructive Arbitration*). Todos os módulos verificam o estado do barramento, analisando se outro módulo está ou não enviando mensagens com maior prioridade. Caso isso venha a ocorrer, o módulo cuja mensagem tiver menor prioridade (maior valor representado na forma binária) cessará sua transmissão e o de maior prioridade (menor valor representado na forma binária) continuará enviando sua mensagem deste ponto, sem ter que reiniciá-la

### IV.B – ENDEREÇAMENTO

Essa rede pode interligar até 2032 dispositivos, sendo que o limite prático é de aproximadamente 110 dispositivos. Esses dispositivos são tratados como um nó da rede. As mensagens transmitidas no barramento não contêm endereços de transmissor ou receptor, porém elas podem possuir um identificador único de acordo com o conteúdo onde cada receptor pode testar este identificador. Se ele identificar um conteúdo relevante, a mensagem é processada.

Referência [8] apresenta: “Uma dificuldade de uma implementação de uma rede CAN é a definição dos endereços dos nós da rede que estão diretamente associados às prioridades de acesso às mesmas. Essa complexidade aumenta proporcionalmente com a quantidade de sensores instalados que compartilham o mesmo barramento. Assim, quanto maior o número de dispositivos, maior a dificuldade de definição dos endereços de identificação na rede”.

### IV.C – SINCRONISMO

A rede CAN possui sincronismo entre os módulos conectados à rede e este é realizado com a identificação do início de cada mensagem lançada ao barramento. A

mensagem que tiver o menor valor no campo inicial da mensagem – *Arbitration ID* – terá maior prioridade.

V. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DAS TRANSMISSÕES

V-A. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS MIL-STD-1553B

Os bits formadores das palavras são codificados usando a codificação bifásica Manchester II, ilustrada na Fig. 2. Nesse formato os valores do bit 1 (um) são positivos (nível alto) para meio período, seguido por valores negativos (nível baixo) para meio período de bit seguinte. O oposto ocorre para o bit 0 (zero): meio período para o nível negativo seguido de meio período para o nível positivo.

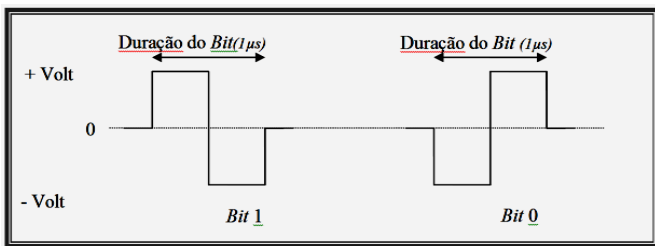


Fig. 2- Codificação bifásica bit Manchester II utilizada no 1553B.

Os bits de sincronismo da palavra de estado e de comando são formados por 1/2 período de bit positivo e 1/2 período de bit negativo, como ilustrado na Fig. 3.

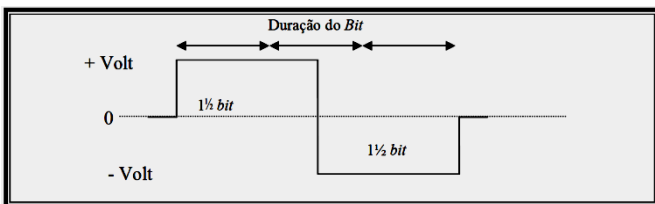


Fig. 3- Bits de sincronismo da palavra de comando e estado.

Os bits de sincronismo da palavra de dados são formados por 1/2 períodos de bit negativo e 1/2 períodos de bit positivo, como ilustrado na Fig. 4. A inversão dos bits de sincronismo da palavra de dados permite o reconhecimento, pelos terminais do barramento, do início de um bloco de dados, diferenciando de um comando ou estado.

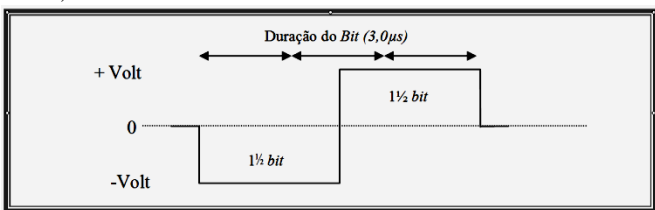


Fig. 4- Bits de sincronismo da palavra de dados.

V.B- CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS CAN BUS

Os bits formadores das mensagens são codificados usando a codificação NRZ (*Non-Return-to-Zero*), onde cada bit é transmitido por um valor de tensão específico e constante. No CAN, os dados não são representados por bits em nível “0” ou nível “1”, mas sim por bits Dominantes (Bit “0”) e bits Recessivos (Bit “1”), criados em função da condição presente nos fios CAN\_H (*CAN High*) e CAN\_L (*CAN Low*).

Considerando-se os fios elétricos como o meio de transmissão dos dados, existem três formas de se constituir

um barramento CAN, dependentes diretamente da quantidade de fios utilizada. Existem redes baseadas em 1, 2 e 4 fios. As redes com 2 e 4 fios trabalham com os sinais de dados CAN\_H e CAN\_L. No caso dos barramentos com 4 fios, além dos sinais de dados, um fio com o VCC (alimentação) e outro com o GND (referência) fazem parte do barramento, levando a alimentação às duas terminações ativas da rede. As redes com apenas 1 fio têm este, o fio de dados, chamado exclusivamente de linha CAN.

Considerando o CAN fundamentado em 2 e 4 fios, seus condutores elétricos devem ser trançados e não blindados. Os dados enviados através da rede devem ser interpretados pela análise da diferença de potencial entre os fios CAN\_H e CAN\_L. Por isso, o barramento CAN é classificado como par trançado diferencial. Este conceito atenua fortemente os efeitos causados por interferências eletromagnéticas, uma vez que qualquer ação sobre um dos fios será sentida também pelo outro, causando uma flutuação em ambos os sinais para o mesmo sentido e com a mesma intensidade. Como o que vale para os módulos que recebem as mensagens é a diferença de potencial entre os condutores CAN\_H e CAN\_L (e esta permanecerá inalterada), a comunicação não é prejudicada [9].

A Fig. 5 (a) ilustra os níveis de tensão em dois fios de uma rede CAN, onde o sinal em amarelo é o CAN\_H e o sinal em verde é o CAN\_L. A Fig. 5 (b) mostra um exemplo de formação dos bits Dominantes e Recessivos do CAN.



Fig. 5 (a): Sinais no CAN\_H e no CAN\_L e (b) representação dos bits recessivos e dominantes do CAN

VI. FLUXOS DE INFORMAÇÕES

VI.A- MENSAGENS 1553

O propósito primário do 1553B é fornecer um meio comum para a troca de dados entre os sistemas. A troca de dados é baseada na transmissão de mensagens e podem ser divididos em dois grupos: formato de transferência de informação simples e formatos de transferência de informação em broadcast.

As transferências de mensagens de informação simples são classificadas como BC-RT, RT-BC e RT-RT e permitem um pacote máximo de 64 bytes de palavras de dados, sendo que cada palavra contém 16 bits de informação.

A Fig. 6 mostra um exemplo de uma mensagem RT-BC onde o Controlador do Barramento envia um comando “transmitir” para o RT. Esse comando solicita ao RT a transmissão de, no máximo, 32 palavras de dados (DW) logo após a transmissão da palavra de estado (SW).

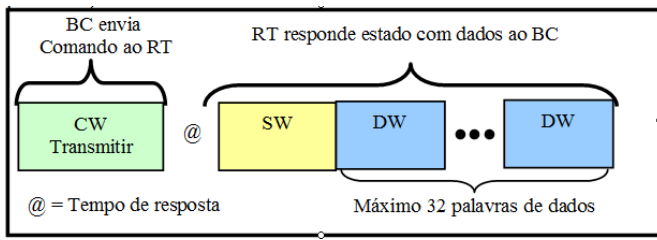


Fig. 6: Exemplo de Mensagem BC-RT

No formato de transferência de informação em broadcast os RTs não fazem a transmissão da palavra de estado para que não haja congestionamento no barramento. Para o BC determinar se um RT recebeu a mensagem, uma seqüência de consultas (*polling*) para cada terminal deve ser iniciada para coletar sua palavra de estado.

#### VI.B- MENSAGENS CAN

Em uma rede CAN, as mensagens transferidas pela rede são chamadas quadros (frames) e os tipos de quadros podem ser divididos em:

a) Quadro de dados: possui dois tipos, sendo que o formato de quadro padrão possui o campo ID com 11 bits e o formato de quadro estendido possui o campo ID com 29 bits. A Fig. 7 apresenta a formação desse tipo de quadro.

Bits	1	11/29	6	0-64	15	1	7
	SOF	ID	Ctrl	Dados	CRC	Ack	EOF

Fig. 7- Mensagem com quadro de dados CAN.

b) Quadro remoto: é semelhante ao quadro de dados, porém possui o bit RTR (no campo Arbitragem) recessivo e não possui nenhum campo de dados. A finalidade desse quadro é solicitar a transmissão de quadro de dados.

c) Quadro de erros: é transmitido quando um dispositivo conectado a rede CAN detecta uma falha na comunicação e envia uma mensagem para todos os outros dispositivos indicando que foi detectado um erro na transmissão. Após o recebimento dessa mensagem de erro, o dispositivo que estava enviando o pacote de dados inicia retransmissão. Há dois tipos de mensagens de erro: Quadro de Erro Ativo: composto por 6 bits dominantes e Quadro de Erro Passivo: composto por 6 bits recessivos.

d) Quadros de sobrecarga: seu formato é muito semelhante ao quadro de erro e é transmitido por um nó que se encontra muito ocupado. O quadro de sobrecarga não é usado com muita frequência.

O padrão CAN pode transmitir até 8 bytes de dados na mensagem com quadro de dados. No entanto, existem protocolos originados do CAN que podem transmitir até 64 bytes, como é o caso do CAN FD (*CAN Flexible Data-Rate*) desenvolvido também pela *Bosch* em 2007.

A Fig. 8 apresenta uma mensagem CAN com quadro de dados de 6 bytes capturada de um osciloscópio. Nela podem ser observados os bits da mensagem, sendo identificados os principais campos:

- SOF + Identificador de arbitragem: 052<sub>h</sub>;
- DLC (código de comprimento dos dados): 6<sub>h</sub>;
- Dados: (00 00 00 24 20 22)<sub>h</sub>
- CRC + ACK: 6F5C<sub>h</sub>

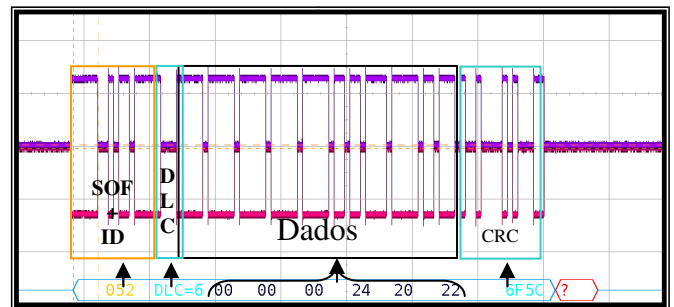


Fig. 8-: Mensagem do protocolo CAN

#### VI.C- VALIDAÇÃO DAS PALAVRAS 1553B

A palavra, para ser considerada válida, deve obedecer aos critérios mínimos:

- Iniciar com um campo de sincronismo válido;
- Os bits devem ser códigos Manchester II válidos;
- O campo de informação deve ter 16 bits seguido pelo bit de paridade; e
- A paridade deve ser ímpar.

O terminal deve assegurar que cada palavra válida tenha essas características. Quando pelo menos um dos critérios acima não é atendido, a palavra é considerada inválida.

Um comando é inválido quando uma palavra de comando não atende a pelo menos um dos critérios de validação de palavras. Um RT não deverá responder a um comando inválido.

Um comando é ilegal quando representado por uma palavra válida, onde os bits de subendereço / comando de modo, contador de palavra de dados / código de modo e bit T/R, não são reconhecidos por não estarem implementados no RT. A Fig. 9 apresenta a formação de uma palavra de comando do protocolo 1553B.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3			5			1	5					5			1				
Sincronismo			Endereço do Terminal Remoto			T/R	Subendereço do RT ou Comando de Modo					Contador da Palavra de Dados ou Código de Modo			P				

Fig. 9- Bits da palavra de comando (CW) do protocolo 1553B

É responsabilidade do BC assegurar que nenhum comando ilegal seja enviado. Se o RT for projetado com opção de detectar um comando ilegal, ele deve responder com uma palavra de estado com o bit 9 ajustado para 1 e não deve usar as informações recebidas.

#### VI.D- VALIDAÇÃO DE MENSAGENS 1553

Uma mensagem é considerada inválida quando ocorre pelo menos uma das seguintes condições:

- Contém pelo menos uma palavra inválida;
- Apresenta dados descontínuos, que é a condição onde ocorre um intervalo entre duas palavras de dados, entre a palavra de comando e a palavra de dados, ou entre a palavra de estado e a palavra de dados, e
- Apresenta contador de palavras com erro, que é a condição onde o RT não recebe o número correto de palavras de dados baseado no campo contador de palavras.

#### VI.E- VALIDAÇÃO DE MENSAGENS CAN

O ponto no tempo onde uma mensagem é considerada válida é diferente para o transmissor e para os receptores da mensagem.



No transmissor a mensagem é válida se não existir nenhum erro até ao final do fim de quadro (EOF). Se uma mensagem é corrompida, a retransmissão seguirá automaticamente e de acordo com as prioridades. Para ser capaz de competir com outras mensagens e ter o acesso ao barramento a retransmissão deve começar assim que o barramento estiver inativo.

Nos receptores a mensagem é válida se não existir nenhum erro até o último bit do fim de quadro (EOF).

### VII. Observações Finais

A escolha de um barramento para determinado sistema é uma tarefa complexa, pois muitos parâmetros precisam ser avaliados. Quando o sistema é considerado crítico é necessário levar em consideração a taxa de falhas exigidas para esses sistemas.

Nos sistemas de aeronaves militares onde há a necessidade de sistemas determinísticos com baixa taxa de falhas, o padrão MIL-STD-1553B é muito utilizado. Evidências teóricas e empíricas indicam que uma taxa de erro de bit não detectada de  $10^{-12}$  pode ser esperada para um sistema desenvolvido para esse padrão [10]. No entanto, o custo das unidades eletrônicas para esses sistemas é muito alto e quando não há a necessidade de taxa de falhas tão baixas, outras redes podem ser utilizadas.

Nos sistemas automobilísticos o CAN se consolidou como uma rede eficiente para integrar sistemas e sensores. Hoje sistemas espaciais, aeronáuticos e náuticos utilizam esse protocolo adaptados às suas características. Os padrões CANAerospace e o ARINC825 são exemplos da adaptação do CAN às necessidades aeronáuticas. O seu baixo custo e o seu nível de confiabilidade o tornaram um padrão largamente difundido.

A Tabela I apresenta um quadro comparativo entre os barramentos MIL-STD-1553B e o CAN Bus.

TABELA I: QUADRO COMPARATIVO 1553B – CAN BUS

Características físicas e de protocolo	MIL-STD-1553B	CAN Bus
Codificação do Sinal	Manchester II bifásico	NRZ (bits dominantes e recessivos)
Taxa de transferência	Até 1Mbps	10kbps a 125kps e 125kbps a 1Mbps
Endereçamento	Até 31 terminais com 30 sub-endereços cada terminal	Não-endereçado possui até 2032 dispositivos (limite prático 110)
Rede	Determinística centralizada (mestre – escravo)	Estocástica distribuída multi-mestre
Tamanho máximo de dados (Bytes)	64	8
Tipo de transmissão padrão	Unicast	Multicast
Rede física	Barramento	Barramento e estrela
Rede lógica	Estrela ponto-a-ponto	Barramento multi-ponto
Sincronismo	Assíncrono com comando e resposta	Síncrono com critério de prioridade
Controle de erro na mensagem	Bit de paridade Tempo de resposta.	CRC, ACK
Número de fios da rede	2	1, 2 ou 4
Característica física da rede	Par trançado blindado	Par trançado não blindado (2 ou 4 fios)
Tamanho máximo do cabo	não especificado e 6 metros para os stubs	40 metros para taxa de 1Mbps
Impedância	70 – 85 ohms ( carga de 78 ohms)	118 – 132 ohms (carga de 120 ohms)
Custo do cartão PCI PCMCIA US	8,000.00	1,300.00

### REFERÊNCIAS

- [1] Dario A. N. “Requisitos Técnicos para Aplicação do Protocolo CAN” UNIMEP, Piracicaba – SP
- [2] “Protocols for Aerospace Control Systems A Comparison of AFDX, ARINC 429, CAN, and TTP” Time-Triggered Technology TTTech Computertechnik AG, 2005.
- [3] P.C.S. Euphrásio, “Modelagem e Avaliação de Dados de Sistema de Controle Embarcado”, Tese de Mestrado defendida e aprovada em São José dos Campos, ITA, Fev 2005.
- [4] MIL-STD-1553B Interface Standard for Digital Time Division Command / Response Multiplex Data Bus. DoD, 21 Sep 1978.
- [5] R. Bosch GmbH, “CAN Specification”, Version 2.0, 1991, encontrado em: <http://www.bosch-semiconductors.de>
- [6] CANAerospace Interface specification for airborne CAN applications Stock Flight Systems, Dez 2006 encontrado em: <http://www.canaerospace.com/canaerospace.html>
- [7] W. Lun Ng , C. Kyun Ng, B. M. Ali, N. K. Noordin, e F. Z. Rokhani, “Review of Researches in Controller Area Networks Evolution and Applications” Universiti Putra Malaysia, Malaysia, 2010.
- [8] W. C. Lopes, “Análise de Desempenho do Protocolo CAN para Aplicação na Área Agrícola Utilizando Redes de Petri Colorida” Tese de Mestrado defendida e aprovada em São Carlos, USP, Fev. 2007
- [9] A. E. A. Neto, L. C. C. Lisbôa, L. M. Alves, B. R. Dutra “Barramentos de Dados em Sistemas Aviônicos” Trabalho de Conclusão de Curso CEV-I, GEEV-DCTA, São José dos Campos, Nov. 2007
- [10] “MIL-STD-1553B Tutorial” AIM GmbH, Nov 2003 encontrado em julho de 2012: <http://www.aim-online.com/pdf/OVW1553.PDF>