

Aplicação de Testes de Conformidade da Norma MIL-HDBK-1553A em Componentes 1553B nos Laboratórios de Aviônicos da FAB

Euphrásio, P.C. S., Azevedo I. A.

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, Pça. Mal. Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias - CEP 12228-900 – São José dos Campos – SP – Brasil

Resumo: as aeronaves da FAB em processo de aquisição e modernização têm seus equipamentos eletrônicos integrados por barramentos de dados entre os quais se destaca o MIL-STD-1553B. Nesse trabalho é destacada a importância da capacidade de realizar testes de conformidade em componentes e equipamentos integrados por barramento de dados. São mostrados alguns resultados obtidos nos testes realizados em equipamento aviônico da aeronave A-1.

Palavras-chaves: MIL-STD-1553B, Testes, Conformidade, barramento de dados, integração, aviônicos

I. INTRODUÇÃO

O Programa de Fortalecimento do Controle do Espaço Aéreo prevê o reaparelhamento da Força Aérea Brasileira. As aeronaves incluídas nos processos de compra e modernização possuem modelos de barramento de dados (ARINC 429, MIL-STD-1553B) que permitem maior controle e maior integração entre os sistemas. [1]

“O Hoje se apresenta com inúmeros desafios para a Força Aérea Brasileira, momento que nossos vetores estão sendo modernizados e novas tecnologias estão sendo introduzidas na cultura da força...

...A tendência geral dessas novas tecnologias é criar alto desempenho, menores tamanhos, baixa potência, alta confiabilidade e maior funcionalidade para desempenhar um largo espectro de aplicações”. [2]

Portanto, é conveniente adquirir conhecimento para acompanhar a chegada das tecnologias de integração de sistemas utilizadas pelas novas aeronaves.

O Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA iniciou em 2002 um trabalho de mestrado em barramento de dados MIL-STD-1553B [3]. Nesse trabalho foram realizados testes elétricos e de protocolo previstos na Norma MIL-HDBK-1553A, inicialmente através de simulação envolvendo dois computadores com placas padrão 1553 com interface PCI e, posteriormente, com equipamento eletrônico energizado em laboratório. Finalmente foi realizado os testes com o equipamento integrado à aeronave. Em todos os casos foi utilizado o Sistema de Simulação e Análise de Protocolo, PASS3200 (*Protocol Analysis and Simulation System*).

II. A ESTRUTURA DA MIL-STD-1553B

O barramento MIL-STD-1553B foi projetado para conexão de até 32 unidades, ou terminais (módulos) no barramento. Cada módulo determina as funções dos terminais

na estrutura do barramento. A estrutura do 1553B é composta por três tipos de módulos:

- Controlador do Barramento, BC (*Bus Controller*): transmite e recebe dados, coordenando o fluxo de todas as transmissões no barramento através de comandos para os RTs em momentos pré-determinados. Todas as transferências de comandos e de dados no barramento são iniciadas pelo BC. Portanto nenhuma comunicação pode ser iniciada por outro terminal.
- Monitor do Barramento, BM (*Bus Monitor*): é um terminal usado para monitoramento do barramento de dados. Tem as tarefas de listar o tráfego no barramento e de extrair informação selecionada para utilização posterior. Todas as informações obtidas, enquanto agindo como monitor, são usadas estritamente para aplicações offline (gravação de teste em voo, registro para manutenção, análise de missão). Em caso de falha no BC, o monitor do barramento (BM) contém informações suficientes para assumir a função de BC.
- Terminal Remoto, RT (*Remote Terminal*): é uma unidade da aviônica projetada para transferir dados entre o subsistema da aeronave a que pertence e o barramento de dados. O RT recebe comandos e envia respostas ao BC codificando e decodificando as mensagens.

II.1 Definições das Palavras 1553B

As informações trafegam no barramento em forma de palavras e podem ser de três tipos:

- Palavra de Comando (*Command Word*): enviada somente pelo BC e é endereçada aos RTs;
- Palavra de Estado (*Status Word*): é a resposta, pelo RT, à palavra de comando enviada pelo BC; e
- Palavra de Dados (*Data Word*). é enviada tanto pelo BC como pelos RTs e contém as informações que são utilizadas pelos sistemas.

II.2 Fluxo de Informações

O barramento 1553B utiliza o princípio de comando / resposta onde as recepções de comando, sem erro recebidas, por um RT são seguidas pela transmissão de uma palavra de estado do RT para o BC. Esta troca de dados valida o recebimento do comando pelo RT. Os tipos de transferências de mensagens são BC-RT, RT-BC e RT-RT. O protocolo do barramento 1553B permite também transmissão no modo difusão (*broadcast*) e transferências especiais classificadas como *Mode Code* (modo de operação especial que os RTs assumem ao receber o código enviado pelo BC).

III. TESTES DE CONFORMIDADE

A Norma MIL-HDBK-1553A, [4], especifica planos de testes para conformidade de componentes do barramento 1553B, planos de testes para conformidade dos terminais remotos, do controlador do barramento e do monitor do barramento, entre outros.

Utilizando a configuração apresentada na fig. 1, alguns testes foram realizados com os componentes do barramento, montado no Laboratório de Guerra eletrônica do ITA, para verificar se determinadas características elétricas encontravam-se dentro dos parâmetros especificados pela Norma. Esses mesmos componentes foram utilizados quando na realização dos testes de conformidade de um terminal remoto da aeronave A-1 na Base Aérea de Santa Cruz, BASC.

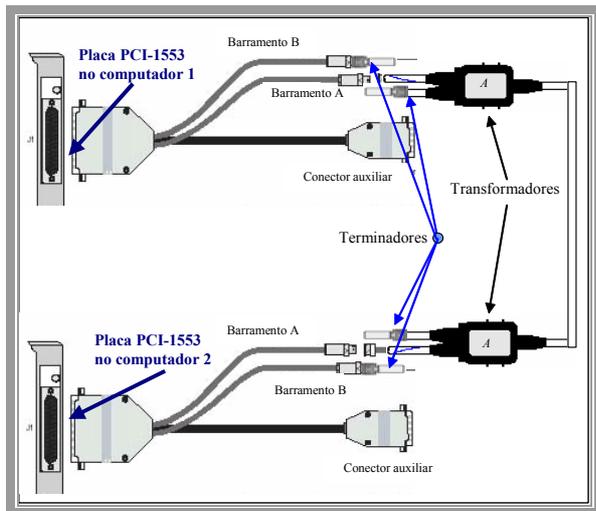


Fig. 1. Barramento 1553B interligando dois computadores com placas PCI-1553

III.1 Plano de Testes para Conformidade de Terminais Remotos

Antes de realizar o plano de testes em um terminal remoto da aeronave A-1, foram realizados testes elétricos e de protocolo simulando um sistema aviônico entre dois computadores com placas com interface PCI-1553 no Laboratório do ITA. Realizada a análise desses resultados, foi feito o deslocamento dos equipamentos para a BASC, onde foi efetuado o mesmo Plano de Testes de Conformidade de Terminais Remotos em um RT da aeronave A-1 em duas configurações:

III.1.1- Configuração com o RT energizado no Banco de Testes do Esquadrão de suprimento e Manutenção, ESM, da BASC.

Os testes anteriormente realizados no modo simulado entre dois computadores no ITA, foram aplicados à Unidade de Interface, IFU, da aeronave A-1 energizada em laboratório. A montagem dos testes pode ser observada na fig. 2, onde são utilizados o sistema PASS3200 em substituição ao SBA-100 (computador de testes dedicado) e um osciloscópio como sistema redundante para monitorar as formas de ondas das mensagens. O SBA-100 não possui peças de reposição no mercado.

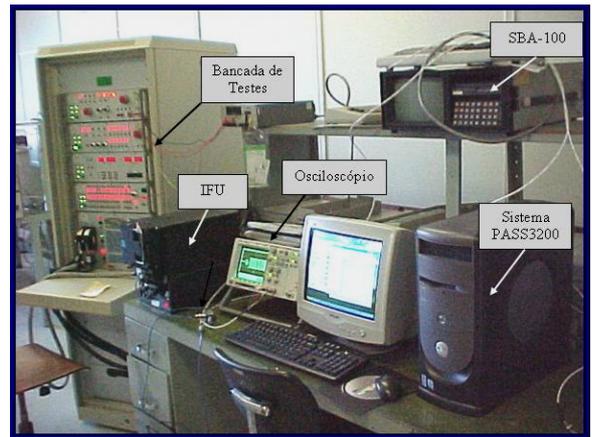


Fig.2: Testes com o sistema PASS3200 no Banco de Testes da IFU.

Em alguns testes realizados observou-se que a resposta do equipamento (IFU) não atende a alguns requisitos especificados pela MIL-HDBK-1553A, porém não foi determinada a implicação do não atendimento desses requisitos.

A fig. 3 apresenta um teste com inserção de erro através do software PASS. A Norma MIL-HDBK-1553A, item 5.2.1.3.3.1 estabelece que os terminais remotos não devem responder à palavra de comando “transmitir” que contenham erros em qualquer um dos bits [4]. O teste realizado apresenta uma palavra de comando “transmitir” com um erro inserido no bit zero e, como se pode observar, a IFU envia uma resposta ao comando com erro através de sua palavra de estado e da palavra de dados requisitada, indicando que a IFU não atende ao requisito da norma.

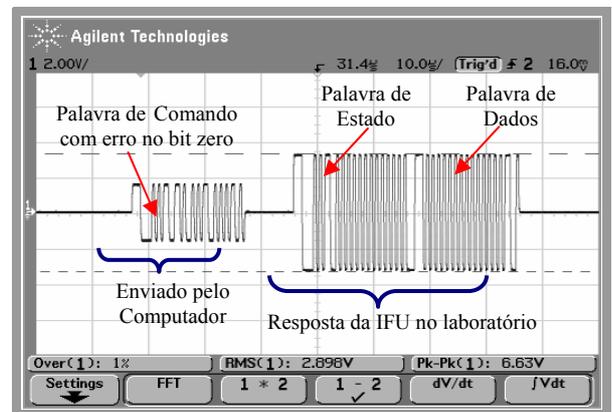


Fig.3. Mensagem com erro no bit zero e resposta da IFU.

III.1.2- Configuração com o RT integrado ao barramento da aeronave no 1º/16º GAv (Grupo de Aviação).

O mesmo teste realizado no laboratório do ESM foi realizado com uma outra IFU conectada ao barramento da aeronave. Quando o mesmo erro foi inserido no bit zero, o equipamento não enviou a resposta e o requisito da Norma foi atendido. Porém, quando o mesmo tipo de erro foi inserido no bit 15, o equipamento respondeu, como pode ser observado na fig. 4, e o requisito da Norma não foi atendido.

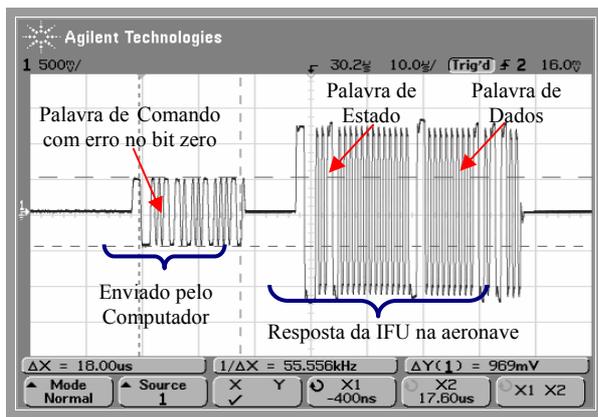


Fig.4. Resposta da IFU na mensagem com erro no bit 15.

Muitos outros testes de protocolo foram realizados e alguns não obtiveram os resultados previstos nos requisitos da norma MIL-HDBK-1553A. Mais uma vez não foi realizado o estudo da implicação do não atendimento à Norma e serão necessárias novas pesquisas para se chegar a uma conclusão.

Inicialmente, os testes de protocolo foram realizados um por vez e, paralelamente, foram avaliados os resultados. Após a realização e avaliação de todos os testes, o software PASS foi programado em um único bloco de testes contendo todos os testes realizados. Com um único comando (*Run*) os testes foram executados e, através de um aplicativo de monitoramento, foi possível gravar os resultados em arquivo com extensão “.txt” possibilitando a geração de um relatório. Com o mesmo aplicativo de monitoramento foi gravado um arquivo com extensão “.arc”, que permite reproduzir os testes em laboratório sem o equipamento eletrônico (IFU) estar presente.

Foi, portanto, realizada a automatização de testes de conformidade no Laboratório de Equipamentos Eletrônicos do ESM da BASC. A ferramenta automatizada foi aplicada à aeronave, resultando grande redução de tempo de realização os testes e a geração de um relatório de diagnósticos de falhas da IFU.

III.2 Substituição do Banco de Testes Pertencente ao ESM/BASC

Após a realização dos testes de conformidade na IFU, foram realizados, com o sistema PASS3200 e um osciloscópio (fig.2), alguns testes previstos no manual do fabricante do Banco de Testes da IFU. Esse teste foi realizado com a finalidade de promover um estudo para a substituição do computador, SBA-100, que gerencia os testes da IFU através do barramento 1553B, por um computador que possua um sistema semelhante ao PASS3200. O SBA-100 está obsoleto e suas peças de reposição são de difícil aquisição.

O manual do fabricante da IFU prevê realização de diversos testes. Dois testes, entre os atualmente realizados no ESM/BASC, foram realizados com o sistema PASS3200 em substituição ao SBA-100 e obtiveram-se os resultados previstos no manual. Esses resultados encontram-se registrados no Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA e no Centro de Guerra Eletrônica do COMGAR, CGEGAR.

Os autores acham conveniente substituir a bancada de testes (fig. 2) que está conectada à IFU. Essa bancada informa, através de acendimento e apagamento de LEDs, se a

IFU passou ou não no teste. Como o sistema PASS3200 gera um relatório de falhas, é possível realizar um estudo comparando o relatório de falhas do PASS3200 e o funcionamento através das indicações dos LEDs validando a substituição.

IV - INTEGRAÇÃO DO RADAR WARNING RECEIVER, RWR, DO A-1 AO BARRAMENTO 1553

Parece conveniente estudar a viabilidade de integrar o RWR ao 1553B, posto que esse sistema já foi concebido com provisões para possível integração. No trabalho realizado no Banco de Testes da IFU, foi constatado que esse RT tem uma palavra de dados disponível para o RWR e uma palavra de dados para o sistema *Chaff/Flare*.

É possível a realização de testes para verificar se a palavra de dados correspondente ao RWR modifica seu valor. O ITA possui um equipamento gerador de sinais, o TS-100+ Excalibur (detalhe da fig. 5), capaz de caracterizar e gerar até 256 sinais de ameaças ao mesmo tempo. Para realizar esse teste é necessário realizar a emissão de sinais eletromagnéticos pelo TS-100 enquanto se faz o monitoramento da respectiva palavra de dados contida na IFU.



Fig.5. TS-100+ e aeronave A-1.

V- DESDOBRAMENTOS

Outros trabalhos envolvendo barramento de dados estão sendo realizados, dos quais se destacam:

1. Utilização de software e hardware MIL-STD-1553B na cadeia reduzida dos rádios de comunicação das aeronaves A-29 e R-99 do CCSIVAM na Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA..
2. Utilização de software e hardware MIL-STD-1553B para substituição do equipamento de teste SBA-100 nos testes previstos em manuais (*job guide*) da aeronave A-1 e nos testes previstos nos Laboratórios de Eletrônica do ESM da BASC.
3. Montagem do Laboratório de Sistemas Embarcados da Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA. Nesse laboratório serão montadas estações de trabalho com barramentos padrão ARINC 429, ARINC 717, CANBUS e MIL-STD-1553B.
4. Aplicação de instrução dos conceitos da norma MIL-STD-1553B no curso de Instrumentação de Ensaio em Vôo do Grupo Especial de Ensaio em Vôo, GEEV com aulas práticas e aulas teóricas utilizando a aeronave A-1.
5. Desenvolvimento de um monitor de barramento padrão MIL-STD-1553B por profissionais do

Laboratório de Guerra Eletrônica do ITA. Esse hardware poderá ser utilizado para realizar gravações durante os vôos das aeronaves.

6. Desenvolvimento de um cartão que gera sinais MIL-STD-1553B. Esse desenvolvimento permitirá a fabricação de equipamentos aeronáuticos, aeroespaciais e marítimos que utilizem o protocolo 1553.

VI- OBSERVAÇÕES FINAIS

Com o conhecimento adquirido com os testes realizados nas três condições (no modo simulado, em laboratório com um equipamento energizado em bancada e com o mesmo tipo de equipamento integrado a uma aeronave),concluiu-se ser possível realizar os testes necessários em barramentos de dados MIL-STD-1553B. Com o trabalho realizado no ITA, propôs-se procedimentos para a verificação de requisitos quando:

- a) as aeronaves são adquiridas ou modernizadas;
- b) os equipamentos são comprados ou sofrem modificações;

- c) os equipamentos apresentam pane, e
- d) os meios físicos do barramento precisam ser verificados.

Foi mostrado ser possível, com um notebook, uma placa PCMCIA-1553 e um osciloscópio, realizar verificações quando as aeronaves estiverem realizando operações fora de sede, permitindo maior flexibilidade aos manutentores de sistemas aviônicos.

Com a ferramenta desenvolvida, tornou-se possível, aos envolvidos na logística, na manutenção e na operação de aeronaves, entender e tomar decisões envolvendo alterações que tornam a operação da aeronave mais segura.

REFERÊNCIAS

- [1] EUPHRÁSIO, P.C.S. Integração digital de aviônicos por barramento MIL-STD-1553B. Revista No.8, COMGAR, Brasília, 2004.
- [2] RIBEIRO, T. S.: Editorial. Revista No.7, COMGAR, Brasília, 2003.
- [3] EUPHRÁSIO, P.C.S.; “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-HDBK-1553A - *Multiplex Applications Handbook*. DoD, 1 Nov 1988.
- [5] MIL-STD-1553B *Interface Standard for Digital Time Division Command / Response Multiplex Data Bus*. DoD, 21 Sep 1978.