



BIULETYN WAT
VOL. LVII, Nr 2, 2008

Komputerowe wspomaganie testowania poprawności informacji w systemach awionicznych integrowanych na szynie MIL-1553B

SŁAWOMIR MICHALAK, ANDRZEJ SZELMANOWSKI,
ANDRZEJ CIEŚLIK, GRZEGORZ WUDEL

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Zakład Awioniki,
01-494 Warszawa, ul. Księcia Bolesława 6

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonych w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL) badań w zakresie komputerowo wspomaganym metod testowania poprawności przetwarzania informacji w systemach awionicznych zintegrowanych na bazie cyfrowej szyny danych MIL-1553B. W części ogólnej omówiono podstawowe właściwości szyny MIL-1553B oraz standardowe metody zabezpieczeń przed jej ewentualnymi uszkodzeniami. Podano również standardowe procedury stosowane do testowania poprawności przetwarzania danych według standardu MIL-STD-1553B. W części szczegółowej przedstawiono stosowane w ITWL metody testowania szyny MIL-1553B, wykorzystywane na etapie uruchamiania i walidacji integrowanego systemu awionicznego w ramach prac związanych z modernizacją awioniki statków powietrznych wykorzystywanych w Siłach Zbrojnych RP.

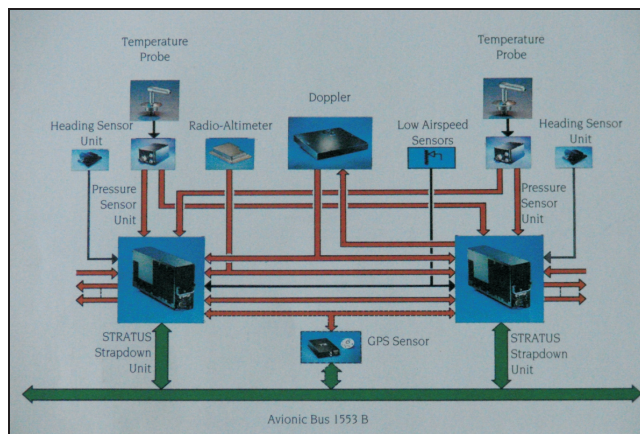
Słowa kluczowe: zintegrowane systemy awioniczne, szyna MIL-1553B, metody testowania, przetwarzanie informacji

Symbole UKD: 629.735

1. Wstęp

Współczesne systemy awioniczne (m.in. nawigacyjne, łączności, uzbrojenia, rejestracji danych) zabudowane na wojskowych statkach powietrznych są integrowane z użyciem cyfrowej szyny danych typu MIL-1553B. Standard MIL-STD-1553B jest tam szeroko stosowany z uwagi na posiadane możliwości transmisji informacji (m.in. częstotliwości i tryby pracy) w zakresie integracji urządzeń awionicznych

oraz zapewnienia wymaganej redundancji informacji z nich otrzymywanej. Przykładem takiego systemu może być architektura hybrydowego systemu nawigacyjnego INS/GPS typu STRATUS (rys. 1), zintegrowanego przez firmę Sextant Avionique (Francja) i stosowanego na francuskich śmigłowcach typu Tigre [1].



Rys. 1. Przykładowa architektura systemu nawigacyjnego firmy Sextant Avionique zintegrowanego na bazie szyny MIL-1553B

Typowy system zintegrowany spełniający standard MIL-STD-1553B (rys. 2) zawiera następujące elementy: kontroler szyny (sterownik), odległy terminal (odległe urządzenie końcowe) integrujący poszczególne podsystemy awioniczne (lub podsys-



Rys. 2. Przykładowe podsystemy współpracujące z szyną MIL-1553B

tem z wbudowanym urządzeniem końcowym jako autonomiczny odległy terminal z wewnętrznym interfejsem) oraz monitor szyny (opcjonalnie rejestrator szyny).

Elementami łączącymi (rys. 3) powyższe urządzenia są: okablowanie w postaci ekranowanej skrętki pary przewodów umieszczonych w izolacji ochronnej, transformatory sprzęgające (sprzęgacze izolujące szynę) oraz rezystory separujące (dopasowujące impedancję). Standard MIL-STD-1553B uwzględnia dwa typy interfejsu szyny danych: bezpośrednie połączenie do szyny oraz połączenie za pomocą transformatorów sprzęgających. Bezpośrednie połączenie do szyny realizowane jest przez dwa rezystory separujące (po jednym na przewód) oraz transformator izolacyjny. Wartości ich rezystancji powinny być tak dobrane, aby impedancja odbiornika była wysoka (szyna „widzi” wtedy interfejs jako „nieobciążony”). Ta technika redukuje zniekształcenia spowodowane na szynie danych przez podłączony do niej terminal. Problemem związanym z bezpośrednim połączeniem odbiorników do szyny jest brak ochrony przed jej uszkodzeniem w przypadku wystąpienia zwarcia na odcinku połączenia odbiornika do szyny. Ponieważ niespełnienie tych warunków może spowodować problemy ze sterowaniem lub uszkodzeniem elementu szyny, stąd odpowiednie analizy i testy parametrów elektrycznych szyny powinny być prowadzone już na etapie jej projektowania.



Rys. 3. Przykładowe podzespoły i części składowe szyny MIL-1553B

Standard MIL-STD-1553 [2, 3] opisuje wymagania na multipleksową cyfrową szynę danych z wewnętrznym podziałem czasu typu „rozkaz/odpowiedź”. Jest on wojskowym standardem opisującym metodę komunikacji i wymagania na elektryczny interfejs dla podsystemów podłączanych do cyfrowej szyny danych. Szeregową szynę MIL-1553B o szybkości transmisji 1 Mb/s jest podstawowym elementem w integracji awionicznych systemów nawigacyjnych i łączności

(MIL-STD-1553B) oraz systemów zarządzania uzbrojeniem (MIL-STD-1760B), ale coraz szerzej jest ona używana również do integracji systemów w zakresie kontroli lotu, kontroli zespołu napędowego oraz systemów zarządzania lotem. Standard ten stanowi jedno z podstawowych narzędzi stosowanych obecnie do integracji, dlatego też szyna MIL-1553B została wybrana dla systemu integrowanego w ITWL (stanowisko integracyjne i aplikacje pokładowe).

Najważniejszym elementem cyfrowej szyny danych MIL-1553B jest kontroler szyny. Główną jego funkcją jest sterowanie przepływem danych w procesie transmisji za pomocą metody typu rozkaz/odpowieć. Z kolei terminal składa się z interfejsu w postaci obwodu elektrycznego zlokalizowanego w odległym urządzeniu końcowym (lub wewnątrz podsystemu bezpośrednio połączonego do szyny danych). Jego głównym zadaniem jest wykonywanie transferu danych do wybranego podsystemu (sterowanego przez kontroler szyny) i odbioru informacji od niego (opcjonalnie spełnia funkcje archiwizacji). W celu przygotowania na stanowisku możliwości podłączenia wybranych podsystemów do szyny MIL-1553B wykorzystuje się elementy sprzęgające (rys. 4).



Rys. 4. Przykładowe elementy sprzęgające podsystemy współpracujące z szyną MIL-1553B

Dodatkowym wyposażeniem szyny MIL-1553B są także elementy zamykające szynę tzw. terminatory (rys. 5).

Podstawowe ograniczenia szyny MIL-1553B w zakresie integracji urządzeń obejmują wymagania na dopuszczalne długości i parametry elektryczne przewodów szyny (transformatory sprzęgające i rezystory dopasowujące urządzenia) oraz wymagania na zabezpieczenia szyny przed ewentualnymi uszkodzeniami odbiorników (minimalna impedancja urządzenia końcowego i wartości rezystorów separujących). Standard MIL-STD-1553B określa także wymagania na testy w zakresie poprawności transmisji danych oraz metody diagnozowania, których realizacja wymaga zastosowania złożonych narzędzi pomiarowych i testujących.



Rys. 5. Przykładowe terminatory „zamykające” szynę MIL-1553B

2. Standardowe metody i narzędzia do testowania szyny MIL-1553B

Zgodnie z założeniami MIL-STD-1553B [4, 5], standardowe metody testowania szyny MIL-1553B obejmują testy terminali szyny danych MIL-1553B, które powinny być przeprowadzane już na etapie projektowania zintegrowanych systemów awionicznych. Jako początkowe powinny być wykonywane testy odległego terminala, następnie testy sterownika szyny, a na koniec testy całego integrowanego systemu. Wymagania w zakresie testowania terminali (odległych terminali, kontrolerów szyny i monitorów) są podzielone na dwa główne obszary: elektryczne testy interfejsów (wliczając w to testy wpływu szumu) oraz testy protokołu danych (zależne od typu terminala). Wykorzystywane są one do weryfikacji spełnienia standardu MIL-STD-1553B. Elektryczne testy interfejsu mogą być podzielone na cztery podstawowe zakresy: testy charakterystyk wejścia i wyjścia, izolacji elektrycznej oraz generacji i tłumienia szumu. Testy charakterystyk wejścia obejmują sprawdzenie: biegunowości, impedancji, amplitudy sygnału, zniekształcenia przejścia przez zero, czasu narastania i opadania sygnału, warunków wzajemnego tłumienia oraz stabilności prędkości transmisji. Testy charakterystyk wyjścia obejmują dodatkowo sprawdzenie: przekroczenia, symetryczności, poziomu generowanego szumu. Z kolei testy izolacji są używane do weryfikowania izolacji pomiędzy przewodem i ekranem. W przypadku redundancji szyny (dla izolacji pomiędzy przewodami szyny) wymaganie to jest określone jako stosunek pomiędzy napięciem na szynie aktywnej i biernej. Testy wpływu szumu są wymagane do weryfikowania błędu transmisji z terminala w obecności szumu białego. Szum jest generowany do momentu, aż liczba słów przyjętych przez terminal przekracza wymaganą liczbę wg standardu MIL-STD-1553B. Test ten redukuje prawdopodobieństwo wystąpienia „przekłamanego” statusu transmitowanego słowa.

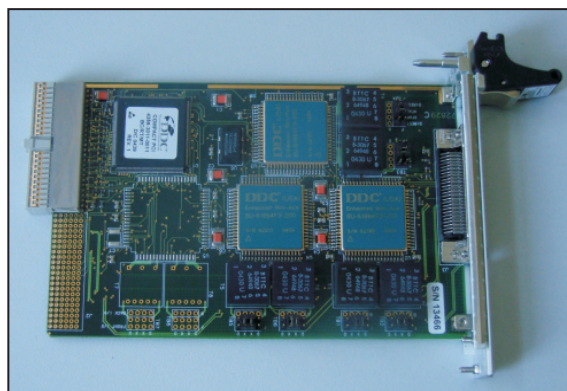
Z kolei testy protokołu obejmują: sprawdzenie protokołu oddalonego terminala i protokołu kontrolera szyny. Testy protokołu oddalonego terminala mają na celu wykazanie, że wszystkie odpowiedzi terminala są poprawne w zakresie transmitowanych formatów pomiędzy kontrolerem szyny a terminalem oraz między terminalami (m.in. tryb rozkazów i odpowiedzi z i bez słowa danych). Formaty te powinny być testowane przy wykorzystaniu wszystkich tzw. podadresów oraz liczników słów zaimplementowanych w terminalu. Dodatkowo sprawdzany jest czas odpowiedzi terminala. Sprawdzenie poprawności informacji transmitowanej z terminala jest badane w warunkach wprowadzania zmiennego błędu. Kryteria sprawdzenia obejmują wartości błędów: synchronizacji, kodowania, długości słowa, parzystości oraz tzw. przerwy w danych. Z kolei testy protokołu kontrolera szyny wymagają uprzedniej wiedzy o jego oprogramowaniu. Pierwszym krokiem jest sprawdzenie zdolności kontrolera szyny do generacji listy poleceń i danych. Często jest ono trudne do wykonania, zwłaszcza w systemach, gdzie wyniki występujące na szynie powodują wstawienie zmiennych do listy poleceń. Również ważną częścią tego testu jest monitorowanie, czy kontroler szyny generuje nieprawidłowe polecenia lub polecenia zabronione przez specyfikacje tego systemu oraz czy transmituje on informacje tylko do jednej szyny.

Z uwagi na popularność standardu MIL-STD-1553B oraz jego szerokie zastosowanie w procesie produkcji, integrowania i testowania systemów awionicznych opracowanych zostało wiele znormalizowanych metod i procedur dla utrzymania wymagań tego standardu [4, 5]. Ich stosowanie obejmuje etapy: projektowania, weryfikacji projektu, produkcji, integracji systemów oraz ich funkcjonalnego testowania (walidacji). Metody te mogą być stosowane w odniesieniu do testowania odległego terminala, kontrolera szyny, monitora oraz pozostałych elementów (kable, sprzęgów, integrowanych podsystemów).

Test projektowy jest używany do określenia obwodów współdziałania z szyną MIL-1553B i do eliminacji ewentualnych wad projektowych. Ten poziom testowania ma na celu określenie tolerancji w zakresie parametrów obwodów elektrycznych oraz określenie ograniczeń w zakresie wymagań środowiskowych (np. zakres temperatur pracy). Weryfikacja projektu obejmuje testowanie prototypu i ma na celu określenie wymagań dla produkcji seryjnej w zakresie spełnienia wymagań standardu MIL-STD-1553B. Jest to najbardziej obszerna faza testowania. Narzędziami stosowanymi na tym etapie testowania są karty typu BUS-65517, BUS-65518, BUS-69124 oraz BUS-65520 (rys. 6).

Na etapie produkcji stosowane są testy końcowe (odbiorcze), które mogą być też użyte w fazie rozwoju lub modernizacji. Ten poziom testowania jest wykonywany do weryfikacji poprawności funkcjonowania obwodów szyny MIL-1553B i obejmuje m.in. sprawdzenie trybu kodowania operacji i określenia dopuszczalnego błędu transmisji danych. Do jego realizacji standardowo wykorzystuje się karty typu BUS-65517, BUS-65518 i BUS-69123 (BUS-65519). Z kolei testowanie na etapie inte-

gracji systemów ma na celu zapewnienie, że wszystkie elementy szyny współpracują prawidłowo. Ten poziom testowania zwykle obejmuje sprawdzenie poprawności działania oprogramowania, ze szczególnym uwzględnieniem operacji realizowanych przez kontroler szyny oraz jego możliwości w zakresie zarządzania przepływem danych na szynie. Na koniec, testowanie funkcjonalne całego zintegrowanego systemu stanowi weryfikację jego ostatecznej konfiguracji. Obejmuje ono sprawdzenie poprawności integracji rzeczywistych podsystemów. Etap ten stanowi kompletne badanie wszystkich funkcji współpracujących podsystemów oraz wpływu interfejsów współpracy z użytkownikiem na dokładność pracy całego systemu. Ma on na celu zabezpieczenie testowania na etapie walidacji (szczególnie w odniesieniu do odległego terminala i kontrolera szyny) i jest rozwijany zarówno przez producenta, jak i użytkownika systemu zintegrowanego. Typowymi kartami wykorzystywanymi na tym etapie integracji podsystemów awionicznych są m.in. karty typu BU-65539M2 i BU-65550 oraz BU-65527MX.



Rys. 6. Przykładowa karta współpracująca z szyną MIL-1553B

3. Metody testowania szyny MIL-1553B wykorzystywane w ITWL

Podstawowym celem testowania elementów szyny MIL-1553B przyjętym w ITWL jest określenie jakości i zdolności funkcjonowania podsystemów zintegrowanych według standardu MIL-STD-1553B. Wykorzystywane do weryfikacji procedury testowe mają zapewnić, że sprawdzany projekt odpowiada wymaganiam standardu MIL-STD-1553B i że zaimplementowane oprogramowanie w zakresie zarządzania szyną MIL-1553B funkcjonuje poprawnie. Standardowe komponenty szyny MIL-1553B (m.in. odbiorniki, kodery/enkodery, sekwencery protokołów itd.) są obecnie szeroko dostępne dla projektantów systemów zintegrowanych, natomiast problemem jest umiejętne ich połączenie i programowanie w ramach przyjętej

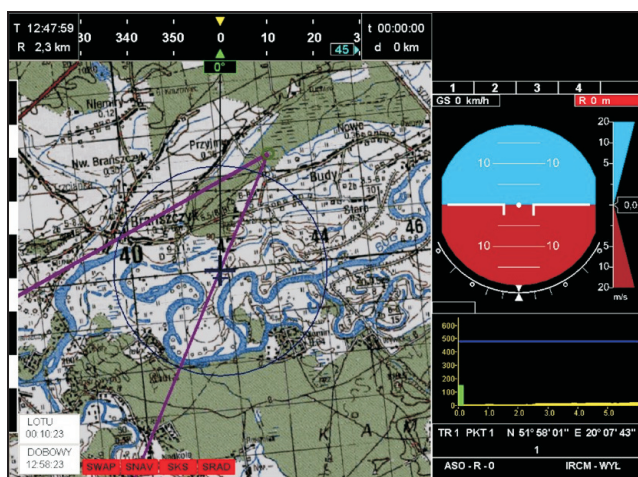
koncepcji systemu. Dlatego teř projektanci (w tym ITWL) rozwijają swoje metody testowania, oparte na własnej interpretacji standardu MIL-STD-1553B. Metody te mają udowodni, że ich własne projekty i przyjęte konfiguracje systemu zintegrowanego na bazie tego standardu pracuj poprawnie.

Wśród metod testowania szyny MIL-1553B, wykorzystywanych w ITWL [6] na etapie uruchamiania i walidacji zintegrowanego systemu awionicznego w ramach prac związanych z modernizacj awioniki statków powietrznych wykorzystywanych w Siłach Zbrojnych RP, szczególne miejsce zajmuj metody testowania poprawnořci zobrazowania danych (wizualizacji), testowania poprawnořci pakietów (protokołów kontrolnych) oraz testowania poprawnořci sygnałów (przebiegów impulsów elektrycznych).

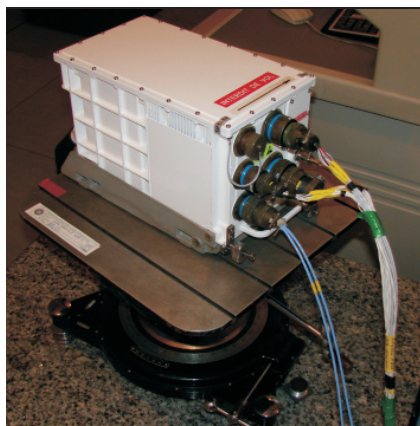
W ITWL, w ramach metody testowania poprawnořci zobrazowania danych (wizualizacji) na monitorach wielofunkcyjnych typu MW-1 (rys. 7), na których przedstawiana jest pilotowi informacja m.in. o parametrach pilotařowo-nawigacyjnych, w tym połozenie przestrzenne statku powietrznego (tj. katy pochylenia, przechylenia i kursu) oraz współrzędne pozycji nawigacyjnej, wykorzystuje się cyfrowe mapy danych topograficznych i taktycznych [6].

Testowanie poprawnořci zobrazowania odbywa się przy podawaniu wybranych wymuszeń dla podsystemów zintegrowanych na szynie MIL-1553B np. zmian połozenia przestrzennego dla centrali nawigacji inercyjnej TOTEM-3000 na specjalizowanych stołach przechylnych (rys. 8).

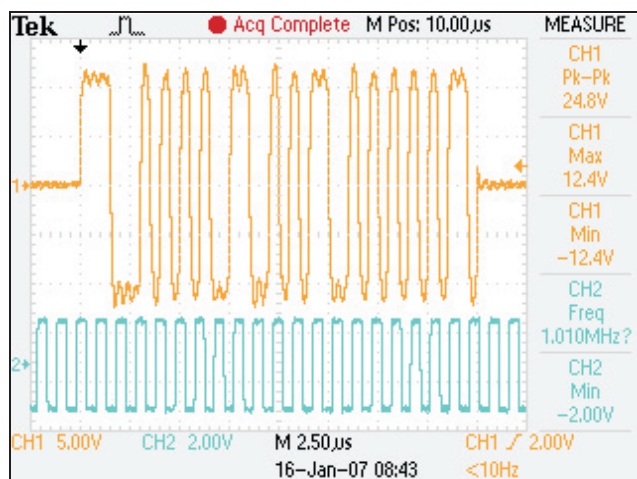
Metody testowania przebiegów sygnałów elektrycznych obejmują metodyki pomiaru przebiegów elektrycznych z szyny MIL-1553B za pomocą oscyloskopu (rys. 9-12).



Rys. 7. Zobrazowanie informacji nawigacyjnej na monitorze MW-1



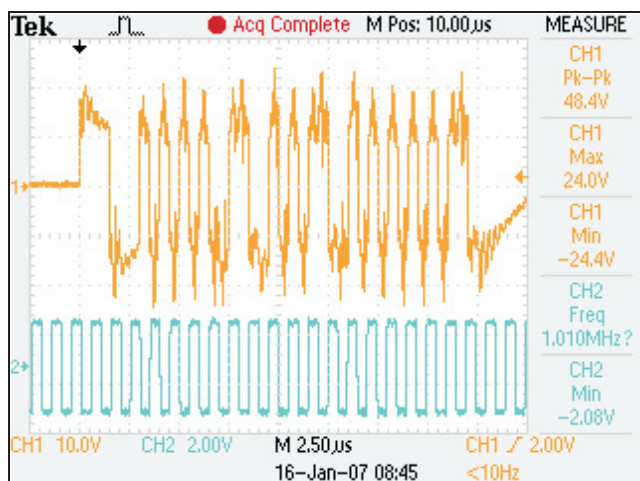
Rys. 8. Badania centrali TOTEM-3000 na stole przechylnym KPA-5



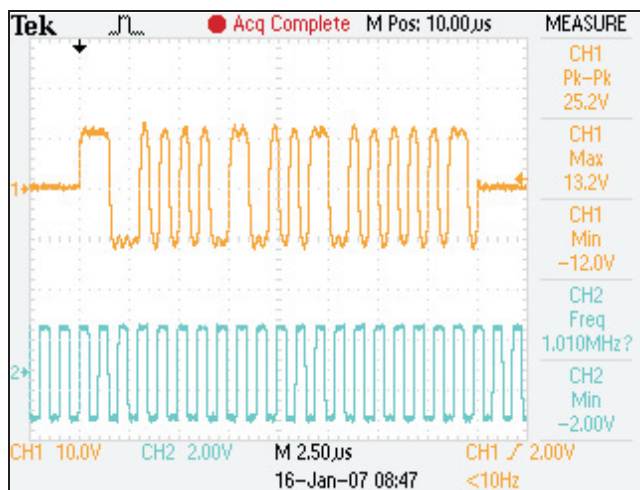
Rys. 9. Poprawny przebieg sygnału komunikacji przy dopasowaniu podsystemu do szyny MIL-1553B

Do analizy otrzymanych przebiegów elektrycznych w ITWL wykorzystuje się specjalizowane aplikacje programowe, opracowane w środowisku komputerowym LabView [6], umożliwiające m.in. wykrywanie przekroczeń sygnału w zakresie amplitudy i czasu trwania pojedynczych impulsów oraz zakłóceń amplitudy spowodowanych niedopasowaniem elementów szyny MIL-1553B (rys. 13).

Opracowane oprogramowanie umożliwia także ocenę poprawności transmisji w zakresie przesyłanych słów cyfrowych np. bitu parzystości (rys. 14), przekroczenia czasu przejścia sygnału elektrycznego przez poziom zerowy oraz rozróżnienia słowa pojedynczego (np. rozkazu) od słowa złożonego (np. pakietu danych).

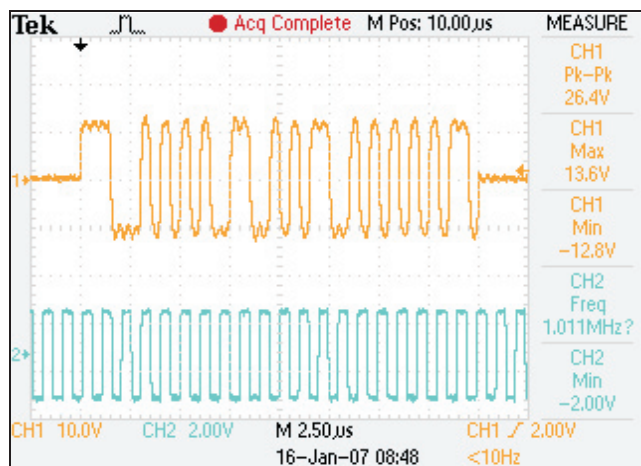


Rys. 10. Niepoprawny przebieg sygnału komunikacji spowodowany niedopasowaniem elementów MIL-1553B (przerwa przy Masterze)

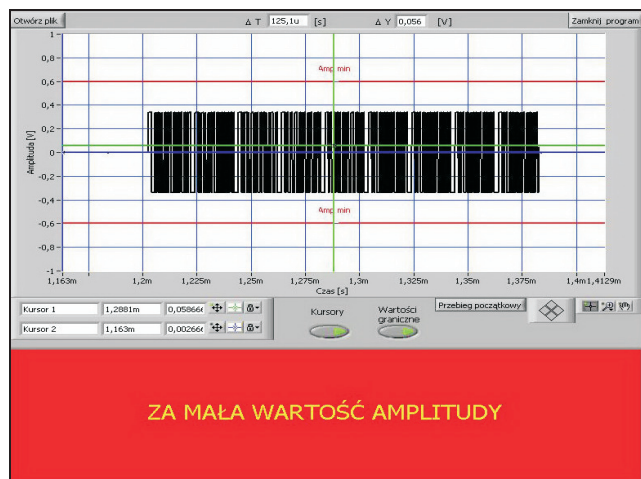


Rys. 11. Niepoprawny przebieg sygnału komunikacji spowodowany niedopasowaniem elementów MIL-1553B (odłączony odbiornik)

Inną opcją opracowanej metody „podglądu” informacji na szynie MIL-1553B za pomocą oscyloskopu i jej analizy w środowisku LabView [6] jest możliwość jej „deszyfracji” z przebiegu analogowego do postaci binarnej (rys. 14). Na podstawie znajomości struktury słowa podawanej przez producentów urządzeń awionicznych (opisującej adresu oraz nazwy i wartości przesyłanych danych) możliwe jest otrzymanie informacji o rzeczywistej wartości „mierzonych” parametrów np.



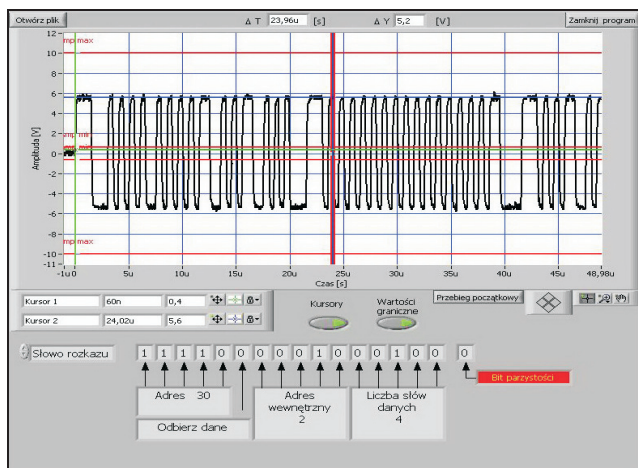
Rys. 12. Niepoprawny przebieg sygnału komunikacji spowodowany niedopasowaniem elementów MIL-1553B (zdjęte terminatory)



Rys. 13. Negatywny wynik analizy przebiegu sygnału komunikacji dla szyny MIL-1553B (zbyt mała amplituda sygnału)

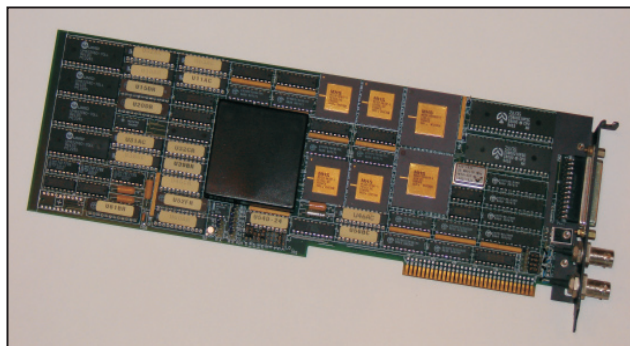
pilotażowo-nawigacyjnych. Umożliwia to ocenę poprawności pracy i diagnostykę poszczególnych urządzeń składowych systemu awionicznego.

Właściwym podejściem w procesie integracji (stosowanym przez wielu projektantów) jest wykorzystanie tzw. emulacji i symulacji elementów integrowanego systemu w tworzonej oprogramowaniu, szczególnie w odniesieniu do kontrolera szyny. Emulacja jest używana w celu zastępowania poszczególnych podsystemów awio-

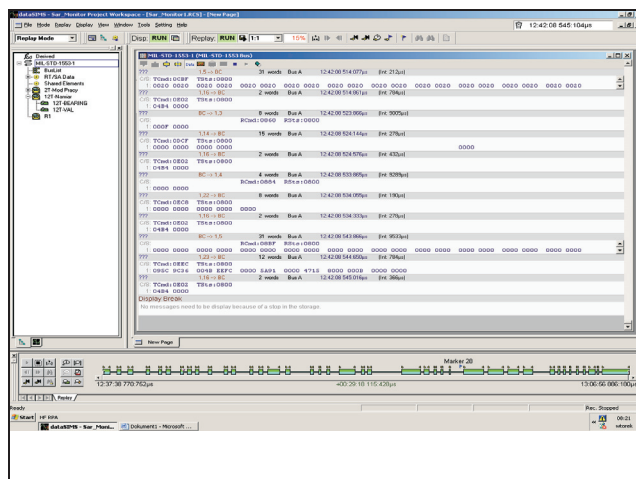


Rys. 14. Negatywny wynik analizy przebiegu sygnału komunikacji dla szyny MIL-1553B (błąd bitu parzystości)

nicznych ich wybranymi funkcjami (np. do komunikowania się zamiast oddalonego terminala podsystemu używa się testera szyny). Z kolei symulacja jest używana do sprawdzenia poprawności spełnienia realizowanej funkcji (operacji) końcowej systemu (np. manipulacji danych jako odpowiedzi na przyjęte słowo danych lub efektu działania początkowego zaprogramowanego algorytmu). Stąd emulację stosuje się do urządzeń integrowanego systemu awionicznego, zaś symulację stosuje się do oprogramowania obsługującego ten system. Typowym narzędziem stosowanym w ITWL do emulacji i symulacji elementów integrowanego systemu jest karta typu BUS-65517-II (rys. 15) z oprogramowaniem IDEA (Integrated Development, Emulation and Analysis). Na jej bazie można zbudować uniwersalną stację roboczą (tzw. stanowisko integracyjne) wykorzystywaną do integracji podsystemów awio-



Rys. 15. Przykładowa karta MIL-1553B wykorzystywana w ITWL



Rys. 17. Wartości wybranych parametrów dla protokołów kontrolnych otrzymanych z rejestratora szyny MIL-1553B

i podczas testowania w procesie produkcji i eksploatacji końcowej konfiguracji zintegrowanego systemu. Oprogramowanie tej karty posiada interaktywne menu, pozwalające na łatwe ustawianie jej wszystkich trybów pracy. Jego możliwości zostają zwiększone poprzez dodanie bibliotek czasu rzeczywistego, które są dostępne w języku programowania C dla systemów operacyjnych Windows NT i XP. Umożliwia to otrzymanie interfejsu pomiędzy użytkownikiem a programem roboczym, który wykorzystywany jest na etapie testowania, symulacji oraz demonstracji działania aplikacji obsługującej dany podsystem.

W ramach walidacji zintegrowanego systemu awionicznego w ITWL wykorzystuje się metody testowania poprawności zobrazowania danych otrzymanych z poszczególnych urządzeń zintegrowanych na szynie MIL-1553B. Obejmują one oceny wizualne w zakresie poprawności wybierania funkcji oraz prezentowanych kształtów, kolorów, nazw i wartości parametrów zarówno w stanach statycznych, jak i dynamicznych (modelujących zmieniające się warunki lotu) podczas wybierania kolejnych trybów pracy (i współpracy) poszczególnych podsystemów.

Przedstawione wyżej metody i narzędzia testowania poprawności przetwarzania informacji mogą być wykorzystane podczas eksploatacji zintegrowanego systemu awionicznego, przy czym przewiduje się, że testowanie poprawności zobrazowania będzie wykonywane przez bezpośredniego użytkownika statku powietrznego (pilota i personel techniczny), natomiast testowanie poprawności protokołów i przebiegów sygnałów elektrycznych powinno być realizowane przez przedstawicieli zakładów naprawczych lub projektanta systemu zintegrowanego z szyną MIL-1553B.

4. Podsumowanie

Współczesne wojskowe systemy awioniczne (m.in. nawigacyjne, łączności i sterowania uzbrojeniem) są integrowane z użyciem szyny MIL-1553B. Ich złożone funkcjonalnie i skomputeryzowane podsystemy oraz terminale wymagają większej mocy obliczeniowej także w zakresie obsługi i podłączenia do szyny danych. Ograniczenia dotyczą w szczególności weryfikacji i walidacji programów użytkowych (aplikacji obsługujących integrowane podsystemy awioniczne).

Obecne testery szyny mają ogromne zdolności przetwarzania danych pomiędzy buforami, co pozwala na testowanie dużych programów symulacyjnych (np. aplikacji modelujących charakterystyki aerodynamiczne, modeli nawigacyjnych itd.). Rozwój podsystemów awionicznych oraz obsługującego ich oprogramowania prowadzi zarówno do powstawania nowych metod integracji, jak i ich testowania. Dla przykładu, części standardu MIL-STD-1553 stanowią podstawę dla standardu w wersji MIL-STD-1773 (szyny światłowodowe) i MIL-STD-1760B (szyny zarządzania uzbrojeniem). Związane są z nimi także problemy testowania poprawności przetwarzania informacji w czasie uruchamiania i eksploatacji urządzeń integrowanych w oparciu o te standardy.

Zaproponowane metody wykorzystywane w ITWL wspomagają proces testowania poprawności w czasie uruchamiania i eksploatacji systemów awionicznych integrowanych na szynie MIL-1553B. Metody te obejmują trzy poziomy testowania w zakresie oceny poprawności: jakości zobrazowania informacji (poziom użytkownika), przesyłanych protokołów kontrolnych (poziom obsługi) oraz przebiegów sygnałów elektrycznych (poziom producenta). Stanowią one podstawę do opracowania dla potrzeb szkoleniowych i eksploatacyjnych tzw. symulatora działania szyny danych MIL-1553B w zakresie przetwarzania informacji z pokładowych systemów awionicznych.

Praca finansowana przez MNiSzW w ramach projektu badawczego rozwojowego nr R00-O0066/3 pt. „Opracowanie technologii oraz stanowiska do optymalizacji zintegrowanego systemu awionicznego na pokłady statków powietrznych”, realizowanego w latach 2007-2009.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.04.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w kwietniu 2008 r.

LITERATURA

- [1] Materiały reklamowe, *Navigation Systems — Laser Gyro Attitude and Navigation Hybrid Inertial Reference System STRATUS*, Prospekt firmy Sextant Avionique, 1997.
- [2] Norma obronna, *Statki powietrzne — Pokładowa szyna danych — Wymagania ogólne*, NO-16-A202:1998.
- [3] Norma obronna, *Wojskowe statki powietrzne — Pokładowa magistrala danych typu MIL-STD-1553 — Wymagania*, NO-16-A202:2007.

- [4] Materiały standardowe, *Digital Time Division Command/Response Multiplex Data Bus*, STANAG 3838, edycja 3.
- [5] Materiały standardowe, *Multiplex Application Handbook*, MIL-HDBK-1553:2005.
- [6] S. MICHALAK i in., *Stanowisko integracyjne systemów awionicznych na bazie cyfrowych szyn danych*, Sprawozdanie z pracy, BT ITWL, Warszawa, 2004.

S. MICHALAK, A. SZELMANOWSKI, A. CIEřLIK, G. WUDEL

**Computer-aided tests of correctness of data processing in avionic systems
integrated through the MIL-1553B digital data bus**

Abstract. The paper has been intended to present the results of the studies carried out at the Air Force Institute of Technology (AFIT) on computer-aided methods of testing the correctness of data processing within avionic systems integrated through the MIL-1553B digital data bus. In the general part, essential properties of the MIL-1553B data bus and standard methods of protecting it against possible damages/failures have been discussed. Standard procedures to test the correctness of data processing consistent with the MIL-1553B standard have been also given. The detailed part delivers the information on the AFIT-developed methods of testing the MIL-1553B data bus which is used at the stage of activation and validation of an integrated avionic system. These methods have been developed under the project to upgrade the avionics of aircraft operated in the Armed Forces of the Republic of Poland.

Keywords: integrated avionic systems, MIL-1553B digital data bus, methods of testing, data processing

Universal Decimal Classification: 629.735