

ABSTRACT

A rocket is a flight vehicle capable of traveling faster than the speed of sound (Mach 1). Flight testing is a vital part of its development, used to verify and certify performance under real atmospheric conditions. These tests rely on the real-time collection and transmission of sensor data to ensure accurate analysis. However, most commercially available data acquisition encoders that comply with the IRIG-106 PCM/FM standard are expensive, lack accessible technical documentation, and are subject to export restrictions. These limitations pose challenges to the cost-effective and independent development of telemetry systems in emerging space programs.

This study focuses on the design and development of a cost-effective data acquisition encoder that adheres to the IRIG-106 PCM/FM standard, utilizing the Binary-Coded Time Division Multiplexing (BCTDM) technique. The system can collect and multiplex data from a variety of analog and digital sensors with different sampling rates, transmitting the data in a format compatible with existing telemetry systems. Preliminary simulations conducted in MATLAB Simulink successfully validated the encoder's ability to structure data and generate pulses according to the IRIG-106 specification. For the hardware prototype, a 32-bit microcontroller was used to achieve a low-cost implementation..

Experimental findings indicate that the microcontroller-based system generates a telemetry signal with a quality factor (E_b/N_0) comparable to that of the commercial Zodiac CMA encoder, despite requiring a wider loop bandwidth (3% versus 0.3% of the bitrate). Nonetheless, the design remains within the allowable limits defined by the IRIG-106 standard and is compatible with existing telemetry receivers. This study presents a practical and scalable low-cost alternative to commercial rocket telemetry encoders, promoting local development and reducing dependence on foreign systems.

Keywords: Rocket, data acquisition, IRIG-106, BCTDM, simulink, microcontroller.

INTISARI

Roket adalah jenis wahana terbang yang mampu melampaui kecepatan suara (*Mach* 1). Selama masa pengembangan, uji terbang dilaksanakan untuk proses validasi dan sertifikasi performa roket pada kondisi atmosfer yang sesungguhnya. Dalam pengujian tersebut, akuisisi dan transmisi data sensor secara *real-time* bersifat krusial untuk menjamin analisis performa yang akurat. Akan tetapi, sebagian besar enkoder akuisisi data komersial yang mengacu pada standar IRIG-106 PCM/FM berharga tinggi, dokumentasi teknisnya tidak tersedia secara publik, dan dikenai pembatasan ekspor. Berbagai keterbatasan ini menghambat pengembangan sistem telemetri roket yang hemat biaya dan mandiri oleh program-program antariksa rintisan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan enkoder akuisisi data berbiaya rendah yang berbasis standar IRIG-106 PCM/FM dengan menggunakan metode *Binary-Coded Time Division Multiplexing* (BCTDM). Sistem ini mampu mengakuisisi dan melakukan multiplexing data dari berbagai sensor analog dan digital dengan karakteristik sampling yang beragam, kemudian mentransmisikannya dalam format yang kompatibel dengan infrastruktur telemetri IRIG-106 PCM/FM yang ada. Simulasi awal menggunakan MATLAB Simulink berhasil menunjukkan penataan data dan pembentukan pulsa oleh enkoder sesuai dengan standar IRIG-106. Implementasi perangkat keras menggunakan mikrokontroler 32-bit untuk menciptakan sebuah purwarupa yang hemat biaya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa solusi berbasis mikrokontroler menghasilkan isyarat telemetri dengan kualitas isyarat (E_b/N_0) yang sebanding dengan enkoder komersial Zodiac CMA, meskipun memerlukan *loop bandwidth* yang lebih besar (3% berbanding 0.3% dari laju bit). Meskipun demikian, rancangan ini tetap berada dalam batas spesifikasi IRIG-106 yang diizinkan dan dinilai kompatibel dengan infrastruktur penerima telemetri yang ada. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa alternatif berbiaya rendah yang layak dan terukur sebagai pengganti enkoder telemetri roket komersial, yang dapat mendukung pengembangan dalam negeri serta mengurangi ketergantungan pada sistem impor.

Kata kunci – Roket, akuisisi data, IRIG-106, BCTDM, simulink, mikrokontroler