

Ứng dụng công nghệ SDR trong thiết kế bộ tạo tín hiệu gây nhiễu sóng ngắn

Trình Xuân Thăng*, Nguyễn Thế Duy

Phòng KT DTSTT, Trung tâm 80, Cục Tác chiến điện tử, Bộ Tổng Tham mưu.

*Email: vstandup1981@gmail.com

Nhận bài: 21/8/2023; Hoàn thiện: 21/9/2023; Chấp nhận đăng: 10/10/2023; Xuất bản: 25/10/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.90.2023.163-166>

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu về ứng dụng công nghệ SDR trong thiết kế thiết bị tạo tín hiệu nhiễu trong khí tài tác chiến điện tử (TCĐT), từ đó, nghiên cứu chế tạo bộ tạo nhiễu sóng ngắn sử dụng công nghệ SDR.

Từ khóa: SDR; Công nghệ SDR; Direct Conversion.

1. GIỚI THIỆU

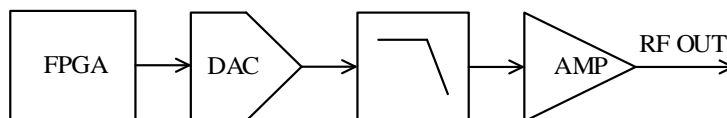
Với sự phát triển của thông tin số, thiết bị vô tuyến SDR (Software Defined Radio) trong quân sự nói riêng, đã tạo ra sự đa dạng về tín hiệu từ tín hiệu tương tự AM, FM đến tín hiệu số ASK, PSK, FSK, QAM,... từ trải phổ nhảy tần, đến trải phổ trực tiếp,... truyền dữ liệu tốc độ cao và kỹ thuật sửa lỗi giúp cho hoạt động thông tin được tối ưu và tăng khả năng chống tác chiến điện tử đáng kể. Đứng trước thực tế đó, trong các khí tài tác chiến điện tử về thông tin cần có sự phát triển theo, đặc biệt trong phần tạo nhiễu, cần tạo ra các dạng nhiễu mới để gây nhiễu hiệu quả đối với các dạng tín hiệu mới. Chính vì vậy, ngày nay, công nghệ SDR cũng được sử dụng trong phần tạo nhiễu của khí tài tác chiến điện tử.

2. GIẢI PHÁP THIẾT KẾ CHẾ TẠO

Hiện nay, bộ tạo tín hiệu ứng dụng SDR đã có mặt trong hầu hết các khí tài hiện đại của CHLB Đức, Israel,... được trang bị trong ngành TCĐT quân đội ta, đã tạo ra sự đột phá trong hiệu quả gây nhiễu các tín hiệu nhảy tần, truyền số liệu, điều khiển của thiết bị vô tuyến quân sự. Trong nội dung thực hiện đề tài “Nghiên cứu, thiết kế chế tạo tổ hợp gây nhiễu tín hiệu dải sóng ngắn” chúng tôi lựa chọn giải pháp thiết kế chế tạo bộ tạo nhiễu cho tổ hợp là sử dụng công nghệ SDR tạo tần số trực tiếp.

Phương pháp nghiên cứu để thiết kế, chế tạo bộ tạo nhiễu cho tổ hợp là: Nghiên cứu về công nghệ SDR ứng dụng tạo tín hiệu nhiễu; Khảo sát các bộ tạo nhiễu SDR trên khí tài TCĐT AJAS-5408, AJAS-1000HF, GN-500M;

Cấu trúc chung của bộ tạo nhiễu trực tiếp sử dụng SDR



Hình 1. Sơ đồ khối chung bộ tạo nhiễu sử dụng SDR.

Trong sơ đồ khối hình 1 mô tả cấu trúc chung của bộ tạo tín hiệu trực tiếp sử dụng SDR, tín hiệu nhiễu số được tạo ra trong chip FPGA qua biến đổi DAC thành tín hiệu tương tự, sau đó, được lọc các thành phần nhiễu ảnh và khuếch đại đưa tới khối KĐCS.

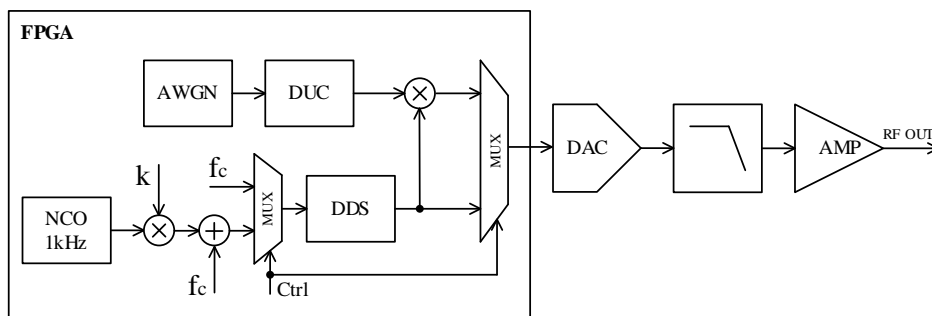
Trong phần tạo nhiễu sử dụng SDR, nhờ tốc độ xung nhịp cao của FPGA, dung lượng lớn của FPGA, tín hiệu nhiễu có thể được tạo trực tiếp ở dải tần số công tác nhờ bộ tổ hợp tần số trực tiếp DDS hoặc bộ trộn số trong FPGA và cho phép tạo được nhiều dạng nhiễu: Nhiễu dải hẹp điều tần, điều pha với độ rộng phổ nhiễu có thể lựa chọn, có thể gây nhiễu gần như đồng thời nhiều đường thông tin cố định; Nhiễu dải rộng với độ rộng phổ thay đổi tùy biến trong dải tần công tác; Nhiễu giả tín hiệu của đường thông tin số từ Morse, FSK, PSK, QAM,...; Nhiễu bắt bảm các đường thông tin nhảy tần khi kết hợp với phần thu SDR có biến đổi FFT.

Ngoài ra, với bộ tạo nhiễu sử dụng SDR, cho phép có thể thay đổi, nâng cấp bổ sung thêm tính năng, dạng nhiễu để đáp ứng với yêu cầu nhiệm vụ mới mà không ảnh hưởng đến cấu trúc phần cứng của thiết bị.

Bộ tạo nhiễu trực tiếp sử dụng SDR trên khí tài GN-500M

Các dạng nhiễu tạo ra:

- Nhiễu điều tần 1 kHz độ rộng phổ có thể thay đổi 2 kHz đến 15 kHz;
- Nhiễu dải rộng độ rộng thay đổi từ 0.1 MHz đến 2 MHz.



Hình 2. Sơ đồ khối bộ tạo tín hiệu nhiễu ứng dụng SDR khí tài GN-500M.

Trên sơ đồ hình 2, sơ đồ khối chung về bộ tạo nhiễu khí tài GN-500M. Từ mã tần số sóng mang “fc”, biến “k”, tín hiệu điều khiển lựa chọn dạng nhiễu “Ctrl” là những tham số được truyền từ mặt máy điều khiển khí tài. Ở chế độ tạo tín hiệu nhiễu điều tần 1 kHz, qua mạch điều chế tần số được xây dựng bởi bộ nhân, bộ cộng và khối DDS, đầu ra khối DDS ta thu được tín hiệu nhiễu số dải tần 1.5 - 30 MHz điều tần 1 kHz độ rộng phổ thay đổi bởi biến “k”. Với chế độ nhiễu tạp trắng, ta sử dụng bộ tạo tạp trắng số giả ngẫu nhiên AWGN, qua bộ DUC tăng tốc độ lấy mẫu phù hợp với sóng mang DDS, sau đó, qua bộ trộn được đưa lên tần số dải tần sóng ngắn 1.5 - 30 MHz.

Đối với chế độ gây nhiễu quét dải rộng ta thay đổi tần số sóng mang “fc” với tốc độ cao, ví dụ muốn tạo nhiễu dải rộng từ 5 đến 10 MHz, tức là độ rộng phổ 5 MHz, ta thay đổi tần số “fc” từ 5 đến 10 MHz với tốc độ cao.

Khảo sát các bộ tạo nhiễu SDR trên khí tài TCĐT AJAS-5408, AJAS-1000HF

Các bộ tạo tín hiệu nhiễu của khí tài TCĐT như AJAS-5408, AJAS-1000HF về cơ bản hoàn toàn được xây dựng trên chip FPGA, tín hiệu nhiễu số qua biến đổi DAC thành tín hiệu tương tự. Về cấu trúc xây dựng bộ tạo nhiễu trong FPGA của khí tài trên không được mô tả trong tài liệu, nhưng nhìn chung sẽ được xây dựng dựa trên việc tạo tín hiệu từ DDS với các dạng tín hiệu điều tần, điều pha, ... và tạo tín hiệu giả.

Trong nội dung thực hiện đề tài, chúng tôi xây dựng tham số bộ tạo nhiễu tương đương khí tài AJAS-5408. Qua khảo sát khí tài AJAS-5408, bảng tham số dạng nhiễu được mô tả trong bảng 1.

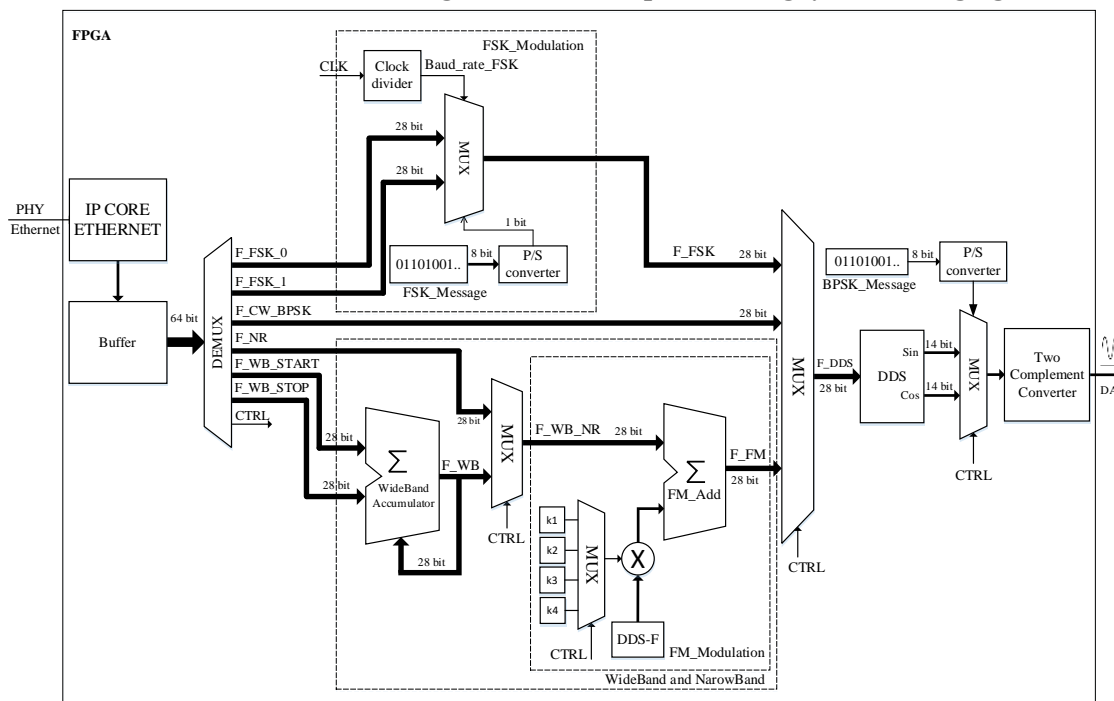
Bảng 1. Tham số dạng nhiễu của khí tài AJAS-5408.

TT	Tên tham số kỹ thuật	Đơn vị	Tham số cần đạt
1	Dải tần số làm việc	MHz	1,5 - 30
2	Dạng nhiễu		
-	Dải hẹp	kHz	3; 5; 8; 12.5±15%
-	Dải rộng cố định	MHz	1; 2; 5; 8±15%
-	Các dạng nhiễu CW Morse, FSK, BPSK		Có
-	Dải rộng tùy chỉnh	MHz	0.5-8
-	Nhiều bóm tín hiệu nhảy tần với tốc độ	Hop/s	100

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO BỘ TẠO TÍN HIỆU NHIỀU CHO TỔ HỢP TRÌNH SÁT, GÂY NHIỀU SÓNG NGẮN

- **Tham số bộ tạo nhiễu:** Xây dựng tương đương với tham số khí tài AJAS-5408 như mô tả trong bảng 1.

- **Sơ đồ khối bộ tạo nhiễu sử dụng SDR cho tổ hợp trình sát gây nhiễu sóng ngắn**



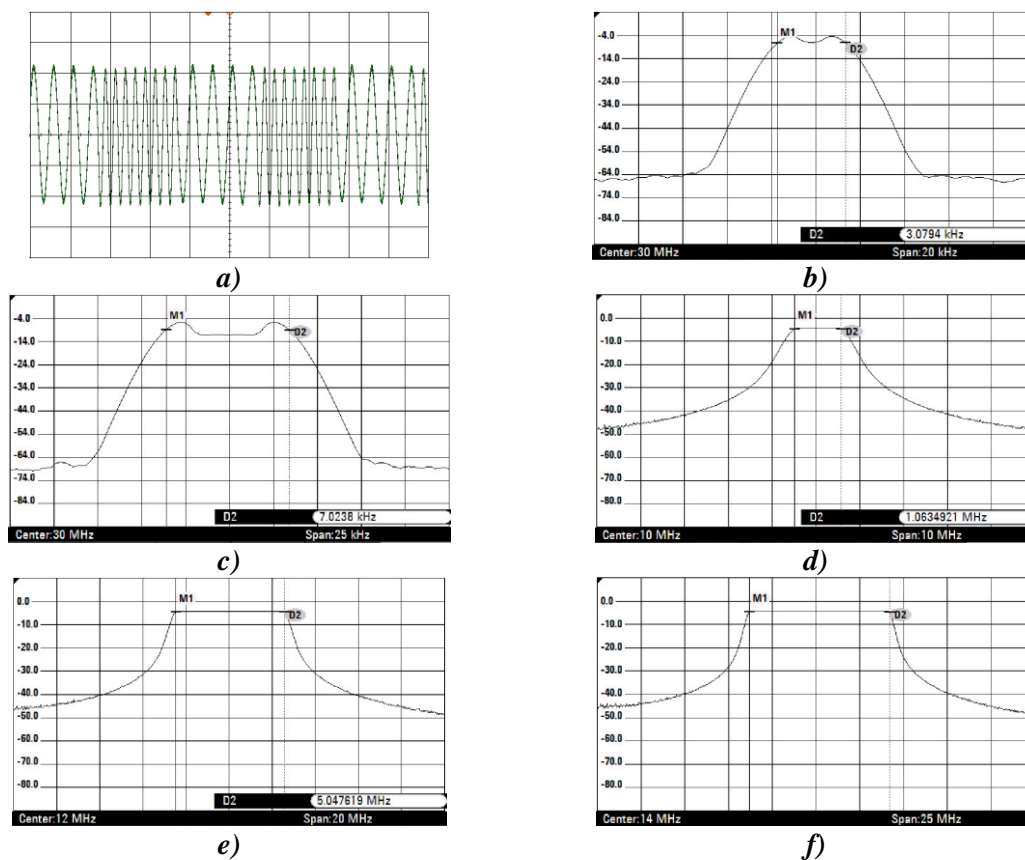
Hình 3. Sơ đồ khối bộ tạo tín hiệu nhiễu sử dụng công nghệ SDR trên chip FPGA.

Trong thiết kế bộ tạo nhiễu, chúng tôi sử dụng chip FPGA XC7A35TICSG236 của hãng Xilinx, DAC AD9755 của hãng AnalogDevices hoạt động ở tần số xung nhịp 204.8 MHz để tạo tín hiệu nhiễu trực tiếp dải tần (1.5-30) MHz, tín hiệu nhiễu có các dạng nhiễu dải hẹp điều tần, nhiễu phổ dải rộng điều tần, tín hiệu giả các đường thông tin số và nhiễu bám đường thông tin nhảy tần với tốc độ lên tới 100 Hop/s.

Sản phẩm bộ tạo tín hiệu nhiễu cho Tổ hợp đã được thiết kế, chế tạo mẫu đáp ứng được các chỉ tiêu đề ra và sản phẩm đạt kết quả tốt trong quá trình đo, thử nghiệm.

Bảng 2. Kết quả đo tham số bộ tạo nhiễu.

TT	Tên tham số kỹ thuật	Đơn vị	Tham số cần đạt	Thực tế
1	Dải tần số làm việc	MHz	1,5 - 30	1.5-30
2	Dạng nhiễu			
2.1	Dải hẹp	kHz	3; 5; 8; 12.5±15%	3.1; 5.2; 7.1; 12.2
2.2	Dải rộng cố định	MHz	1; 2; 5; 8±15%	1.06; 1.98; 5.04; 7.98
2.3	Các dạng nhiễu CW Morse, FSK, BPSK		Có	Có
2.4	Dải rộng tùy chỉnh	MHz	0.5-8	0.5-8
2.5	Nhiều bám tín hiệu nhảy tần	Hop/s	100	100



Hình 4. Kết quả tín hiệu nhiễu tạo ra:

- a) Tín hiệu FSK; b) Phổ nhiễu dải hẹp 3 kHz với tần số trung tâm 30 MHz;
 c) Phổ nhiễu dải hẹp 7 kHz với tần số trung tâm 30 MHz; d) Phổ nhiễu dải rộng 1 MHz với tần số trung tâm 10 MHz;
 e) Phổ nhiễu dải rộng 5 MHz với tần số trung tâm 12 MHz;
 f) Phổ nhiễu dải hẹp 8 MHz với tần số trung tâm 14 MHz.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng công nghệ SDR trong thiết kế bộ tạo nhiễu cho Tổ hợp trinh sát gây nhiễu trong dải sóng ngắn là khả thi và đạt được mục tiêu đề ra. Với kết quả đạt được, hướng nghiên cứu tiếp theo là ứng dụng công nghệ SDR vào thiết kế chế tạo các bộ tạo nhiễu cho các khí tài tác chiến điện tử khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. “Thuyết minh kỹ thuật và hướng dẫn sử dụng khí tài AJAS-1000HF”, Cục Tác chiến điện tử.
 [2]. Perseus SDR Software Defined 10 kHz-30 MHz Receiver. <http://microtelecom.it/perseus>.
 [3]. A. A. Abidi, "Direct-conversion radio transceivers for digital communications" IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 30, no. 12. pp. 1399-1410, (1995).

ABSTRACT

SDR technology application in the design of high-frequency noise signal generator

This article introduces the application of SDR technology in the design of noise signal generators in electronic warfare equipment, thereby researching and manufacturing short-wave interference generators using SDR technology.

Keywords: SDR; SDR technology; Direct Conversion.