

Nghiên cứu xây dựng bộ tạo mã ICAO và hệ băng tần L công suất lớn cho hệ thống phát tín hiệu nhận dạng

Đặng Thị Thanh Thủy

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Luận án Tiến sĩ ngành: Vật lý Vô tuyến và Điện tử; Mã số: 64 44 03 01

Người hướng dẫn: PGS. TS. Vũ Anh Phi, PGS.TS. Bạch Gia Dương

Năm bảo vệ: 2011

Abstract: Giới thiệu về hệ thống thông tin hỏi đáp và những yêu cầu đặc thù ở dải sóng siêu cao tần: những nét chung về hệ thống thông tin hỏi đáp, yêu cầu về tín hiệu hỏi đáp. Nghiên cứu xây dựng bộ tạo mã hỏi đáp linh hoạt nhận dạng mục tiêu: mã theo chuẩn ICAO - Tổ chức hàng không dân dụng quốc tế (định dạng cấu trúc trường của gói thông tin và nội dung dữ liệu nghiên cứu lựa chọn, bộ phát đáp chế độ S), phương tiện tạo mã (thử nghiệm tạo mã bằng vi điều khiển PIC16F877A, thử nghiệm tạo mã bằng vi điều khiển PSOC, thử nghiệm tạo mã bằng DSP, thử nghiệm tạo mã bằng công nghệ FPGA). Nghiên cứu, lựa chọn, ứng dụng những công nghệ mới trong thiết kế chế tạo máy phát siêu cao tần: nghiên cứu công nghệ tổ hợp tần số; nghiên cứu các công nghệ chế tạo bộ khuếch đại công suất siêu cao tần; nghiên cứu giải pháp công nghệ nâng cao công suất phát siêu cao tần; xây dựng đầu thu siêu cao tần, hoàn thiện hệ thống hỏi-đáp nhận dạng thông tin.

Keywords: Vật lý; Vô tuyến điện tử; Máy phát tín hiệu; Bộ tạo mã

Content

A. MỞ ĐẦU

Các hệ thống phát tín hiệu ở dải sóng siêu cao tần có lịch sử phát triển hơn 100 năm, các hệ thống phát mã tín hiệu ở dải sóng siêu cao tần phục vụ nhiều cho mục đích. Thế giới đang phát triển trên mọi phương diện, việc nước ta tham gia quá trình toàn cầu hoá là một tất yếu khách quan, việc quản lý giao thông hàng không, hàng hải sẽ gặp rất nhiều khó khăn. Nhà nước ta hiện nay đang từng bước chú trọng đến vấn đề nghiên cứu các hệ thu phát quản lý hàng không thể hiện ở một số đề tài các cấp tại các cơ sở nghiên, tuy nhiên vấn đề nghiên cứu phát triển hệ thống phục vụ cho các mục đích đang rất cần thiết.

Mục tiêu của đề tài “Nghiên cứu xây dựng bộ tạo mã ICAO và hệ phát băng tần L công suất lớn cho hệ thống phát tín hiệu nhận dạng” là:

- *Nghiên cứu xây dựng các phương tiện tạo mã tín hiệu mềm dẻo, linh hoạt.*
- *Nghiên cứu ứng dụng các công nghệ mới, phù hợp để xây dựng một hệ thống truyền dẫn*

linh hoạt, có khả năng chuyển tần nhanh, độ nhạy cao, dải tần phù hợp (băng tần L), công suất lớn.

Phương pháp nghiên cứu: *Bằng cách tổng hợp, phân tích tiếp cận vấn đề trên cơ sở lý thuyết về mã hóa, kỹ thuật siêu cao tần và mô hình toán học, xây dựng mô hình cấu trúc, mô phỏng thiết kế các phần tử và hệ thống, nhằm chế tạo chúng với việc ứng dụng những công nghệ tiên tiến và phù hợp.*

Phạm vi nghiên cứu: *Hệ thống phát tín hiệu nhận dạng thông tin mục tiêu*

Những điểm mới của luận án:

* Nghiên cứu khả năng công nghệ xây dựng môi trường phát triển ứng dụng phần cứng, phần mềm tạo mã linh hoạt, có khả năng thay đổi mã mềm dẻo phục vụ trao đổi thông tin ứng dụng trong bộ tạo mã hỏi-đáp trên cơ sở mã ICAO, nghiên cứu đề xuất khả năng can thiệp mã tạo bộ mã đa năng tăng tính bảo mật của mã.

* Nghiên cứu, lựa chọn, ứng dụng các công nghệ phù hợp xây dựng qui trình thiết kế, mô phỏng, chế tạo mô đun phát siêu cao tần công suất lớn dùng linh kiện bán dẫn hoạt động trên băng tần L.

* Nghiên cứu, ứng dụng sáng tạo cấu trúc tổ hợp công suất siêu cao tần, kiểm chứng trên cơ sở kiến trúc cộng 32 đường công suất thành phần và đã thử nghiệm thành công cộng các mô đun công suất dùng linh kiện bán dẫn MOSFET trên công nghệ mạch dải. Chế tạo thành công máy phát siêu cao tần công suất lớn 3 KW được đánh giá thử nghiệm trong phòng thí nghiệm và được đo lường kiểm chuẩn.

Bố cục của luận án:

Danh mục các ký hiệu và các chữ viết tắt

Danh mục các bảng

Danh mục các hình vẽ, đồ thị

Mở đầu

Chương 1. Giới thiệu về hệ thống thông tin hỏi đáp và những yêu cầu đặc thù ở dải sóng siêu cao tần

Chương 2. Nghiên cứu xây dựng bộ tạo mã hỏi-đáp linh hoạt nhận dạng mục tiêu

Chương 3. Nghiên cứu, lựa chọn, ứng dụng những công nghệ mới, trong thiết kế chế tạo hệ máy phát siêu cao tần

Kết luận

Danh mục các công trình khoa học của tác giả liên quan đến luận án

Tài liệu tham khảo

B. NỘI DUNG

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN HỎI ĐÁP VÀ NHỮNG YÊU CẦU ĐẶC THÙ Ở DẢI SÓNG SIÊU CAO TẦN

Những hệ thống phát tín hiệu mã pha phục vụ bảo mật và nhận dạng thông tin được nghiên cứu đáp ứng nhu cầu kinh tế xã hội cũng như an ninh quốc phòng, nhất là trong vấn đề quản lý không phận, hải phận quốc gia. Hệ thống được xây dựng dựa trên cơ sở khoa học về một hệ thống phát siêu cao tần, dựa trên các cơ sở lý thuyết về kỹ thuật siêu cao tần, các công nghệ hiện đại.

1.1. Những nét chung về hệ thống tin hỏi đáp siêu cao tần

Hiện tại trên thế giới phát triển nhiều hệ thống băng tần L liên quan như hệ thống giám sát giao thông hàng không (TCAS, Transponder, UAT, ADS-B), hệ thống thông tin định vị (DME, TACAN, GPS, JTIDS / MID). Nhìn chung các hệ thống thông tin băng tần L trên thế giới được phát triển khá hoàn thiện, tuy nhiên các hệ thống được tích hợp chuyên cho những mục đích riêng biệt và được đóng gói thành sản phẩm (công nghệ được giữ hoàn toàn bí mật), bán cho các nước có nhu cầu sử dụng. Giá thành các hệ thống mua sẵn tương đối cao, tuy nhiên khi hệ thống được chế tạo phục vụ cho một mục đích nhất định thì việc linh hoạt chuyển đổi từ mục đích sử dụng là khó khăn, không chủ động về mặt công nghệ.

Hiện nay do trình độ khoa học kỹ thuật còn hạn chế chúng ta vẫn sử dụng các hệ thống cũ hoặc phải mua các hệ thống có sẵn hoặc từng phần hệ thống của nước ngoài giá thành tương đối cao. Các hệ thống dẫn đường CAT I ILS, K1, K3 hiện đang được sử dụng ở Cảng hàng không Cát Bi, Tân Sơn Nhất, Nội Bài. Hệ thống nhận biết chủ quyền quốc gia Việt nam hiện đang trang bị chủ yếu trong quân đội dưới dạng máy hỏi-đáp; đối với dân sự thì trang bị chủ yếu dưới dạng ra đa thứ cấp làm nhiệm vụ dẫn đường hàng không; còn đối với hàng hải chủ yếu là các phương tiện vô tuyến khác. Các thiết bị nhận biết chủ quyền quốc gia trang bị cho Quân chủng Phòng không – Không quân và Hải Quân được trang bị đồng bộ với các đài ra đa sơ cấp sản xuất cùng thời kỳ. Hệ thống hỏi đáp của Việt nam đa số là thiết bị theo hệ thống КРЕМНИЙ-2, НИХРОМ và ПАОЛЬ do Liên Xô cũ chế tạo. Các hệ thống hỏi đáp này đều được sản xuất trên công nghệ khá cũ. Phần lớn các trang bị đã hỏng nhiều lần hoặc khả năng làm việc thấp. Việc sửa chữa, khôi phục hệ thống này rất khó khăn vì linh kiện thay thế hiện tại không sản xuất và rất khó trên thị trường. Mặt khác, bộ mã mật trong hệ thống ПАОЛЬ không được phía nhà sản xuất chuyển giao nên hệ thống chỉ làm việc được ở những mã hỏi – đáp không bảo mật [4]. Kết quả các đề tài nghiên cứu về thiết bị hỏi-đáp đã thực hiện cho đến nay còn hạn chế, chưa mang tính tổng thể. Xu hướng chung là:

- Xây dựng thiết kế hệ thống cho hệ thống hỏi-đáp nhận dạng tín hiệu có tính đa dụng dùng chung cho nhiều lĩnh vực. Phân biệt các ứng dụng bằng các chế độ hỏi-đáp.

- Có chế độ bảo mật dùng riêng cho những nhiệm vụ đặc biệt bằng cách dùng thiết bị mã mật-giải mã xây dựng trên cơ sở khóa mã và thuật toán của riêng Việt Nam.

Như vậy một hệ thống thiết bị nhận dạng tín hiệu vừa tuân theo chuẩn quốc tế vừa phục vụ được những mục tiêu đặc thù được đặt ra. Việc nghiên cứu các công nghệ mới ứng dụng vào việc thiết kế chế tạo thiết bị rất quan trọng, cho phép mềm dẻo tạo mã nhận dạng cho phương tiện trên không dân dụng phù hợp với mã nhận dạng chuẩn hoá quốc tế và tạo mã bí mật cho các phương tiện phục vụ những mục đích đặc biệt khác.

1.2. Yêu cầu về tín hiệu hỏi đáp

Hệ thống thông tin hỏi đáp, hoạt động trong dải băng tần L, có một số yêu cầu sau:

- Chuỗi xung mã hóa gồm những xung hẹp, có thời gian tăng và giảm rất ngắn (sườn lên và sườn xuống) để các xung khi điều chế ko bị trùng chập lên nhau; Chuỗi xung có độ dài thích hợp để tín hiệu thu phát không lẫn nhau. Như vậy thường chọn mã pha manip, tín hiệu sóng mang đảo pha liên tục theo tín hiệu thông tin.

- Chuỗi xung có khả năng thay đổi linh hoạt: tần số lặp lại xung, phân bố xung trong chuỗi, số lượng xung, khoảng cách giữa các xung, thậm chí cả tần số sóng mang, điều này là cần thiết để đa dạng hóa ứng dụng và để bảo mật. Khi cần bảo mật cao hơn, ta có thể dùng thêm các mã bảo mật, thống nhất thời điểm dùng mã, có các phần mềm tự động hủy mã...

Kết luận chương 1 và hướng đến mục tiêu luận án

Chương 1 đã trình bày một số nét chính về hệ thống hỏi đáp hoạt động ở dải sóng siêu cao tần, trên thế giới và trong nước, các đặc điểm về lý thuyết cần lưu ý để thiết kế, chế tạo hệ thống này, cũng như những yêu cầu về khả năng tạo mã của thiết bị có thể thay đổi độ rộng xung, số xung để có thể đề xuất các vấn đề có thể can thiệp được để bảo mật, linh hoạt và đa dụng. Chúng ta có một số kết luận:

- Các hệ thống hỏi-đáp trên thế giới phát triển tương đối hoàn thiện, tuy nhiên các hệ thống này thường tích hợp thành các khối mô đun sản phẩm thực hiện một chức năng theo qui định của nhà sản xuất, như vậy khó tận dụng, khai thác cho nhiều mục đích khác nhau.

- Hệ thống này trong nước thì hầu như mới chỉ triển khai bước đầu, tuy có một số kết quả nghiên cứu nhất định, song việc tiếp tục đi sâu nghiên cứu các hệ thống mã hỏi-đáp trên thế giới từ đó đề xuất các biện pháp nhằm giải quyết một số vấn đề mấu chốt của hệ thống để có thể xây dựng một hệ thống nhận biết mục tiêu đa năng là quan trọng có giá trị thực tiễn và khoa học..

- Muốn có hệ thống linh hoạt trong quá trình vận hành, phục vụ trong một lĩnh vực nào đó nhưng khi cần có thể dễ dàng chuyển đổi sang phục vụ cho một lĩnh vực khác với những yêu cầu riêng, như vậy phương tiện tạo mã phải phù hợp và đáp ứng được việc tạo được nhiều loại

mã, dễ dàng cho người sử dụng.

Từ đó luận án đưa ra đối tượng nghiên cứu là tìm kiếm phương tiện tạo mã đáp ứng được yêu cầu tạo mã linh hoạt và nghiên cứu công nghệ để xây dựng hệ phát sóng siêu cao tần băng tần L, đó là hai thành phần quan trọng trong hệ thống quản lý, nhận biết mục tiêu hỏi-đáp cần khảo sát. Mục đích nghiên cứu là xây dựng một bộ tạo mã linh hoạt trên cơ sở thử nghiệm phát mã ICAO (dùng vi điều khiển, DSP, công nghệ FPGA...) từ đó đánh giá hiệu quả của các phương tiện tạo mã nghiên cứu có đáp ứng được yêu cầu tạo ra các mã có tính linh hoạt phân bố xung trong chuỗi, số lượng xung, độ rộng xung, độ ổn định, tính bảo mật... và nghiên cứu ứng dụng các công nghệ phù hợp (kỹ thuật tổ hợp tần số, tổ hợp công suất, cầu Wilkinson, mạch dải siêu cao tần...) để ứng dụng vào việc xây hệ thống phát băng tần L chất lượng tốt, công suất lớn trong hệ thống phát mã nhận dạng, qua các thử nghiệm chế tạo trong phòng thí nghiệm đánh giá được ưu điểm của công nghệ để có thể áp dụng chế tạo các hệ thống phát siêu cao tần khác.

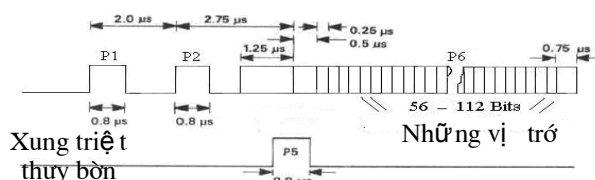
CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BỘ TẠO MÃ HỎI-ĐÁP LINH HOẠT NHẬN DẠNG MỤC TIÊU

Trước đây transponder trên máy bay truyền một mã gồm 4 bit để trả lời tới trạm ra đa. Các mã 4 bit đó được gọi là các mã squawk. Mỗi chữ số của một mã squawk thay đổi từ “0” đến “7” (hệ thống bát phân). Bằng cách kết hợp 4 số từ “0” đến “7” (“0000” – “7777”) có 4096 mã squawk. Hệ thống mã trên còn nhiều hạn chế: can nhiễu và hiện tượng đa đường lưu lượng máy bay đã tăng lên rất nhiều, với số lượng mã squawk không đủ cung cấp cho các máy bay khác nhau, chính vì thế Tổ chức hàng không dân dụng thế giới ICAO đã xây dựng một hệ mã hỏi-đáp dùng chung cho máy bay của các nước thành viên.

2.1. Nghiên cứu định dạng mã theo chuẩn ICAO

Tổ chức hàng không dân dụng thế giới (International Civil Aviation Organization – ICAO) được thành lập theo hội nghị thế giới ở Chicago được Mỹ tổ chức và có trên 50 quốc gia tham gia. Tổ chức này sẽ có những quy định chung cho hàng không dân dụng.

Hình 2.5 chỉ ra định dạng cuộc gọi thăm dò lựa chọn đang được sử dụng rộng rãi. Định dạng bao gồm xung P1 và P2 trong đó P2 theo sau xung P1 một khoảng 2 μ s. Theo sau xung P2 là xung P6 có độ rộng xung hoặc là 16,25 μ s hoặc 30,25 μ s, bao gồm 56 bit hoặc 112 bit dữ liệu với một xung đồng bộ.



Hình 2.5 Định dạng tín hiệu thăm dò mode S.

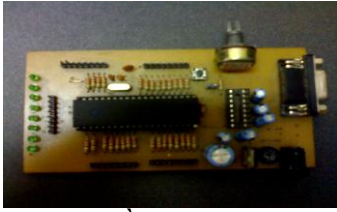
Xung P6 mang dữ liệu được điều chế pha. Đầu tiên là đảo pha tại một vị trí sau đó là một chuỗi bit (chip) mang thông tin. Nếu xung P6 gồm 56 bit sẽ được gọi là định dạng ngắn, 112 bit sẽ được gọi là định dạng dài. Dữ liệu trong xung P6 được điều chế với Khóa dịch pha vi sai (**Differential Phase Shift Keying-DPSK**) trong định dạng luồng lên. Tất cả chuỗi thông tin trong xung P6 đều được mã hoá đảo pha 180° theo tần số sóng mang. Một sự đảo pha 180° tại vị trí $1,25\mu\text{s}$ sau sườn lên của xung P6, sự đảo pha này là luôn luôn được đưa ra và được sử dụng cho mục đích đồng bộ mã. Sau khoảng thời gian trễ $0,5\mu\text{s}$ từ sự đảo pha đồng bộ là chuỗi vị trí khoảng trống với độ rộng $0,25\mu\text{s}$ có thể đảo pha hoặc không đảo pha phụ thuộc vào mã được truyền. Bit mang thông tin cuối cùng sẽ cách sườn xuống xung P6 $0,75\mu\text{s}$. Mã hỏi đáp theo định dạng của ICAO sẽ được biến đổi thành mã nhị phân, tín hiệu cuối cùng sẽ được đưa vào tổ hợp các bộ khuếch đại trước khi đưa đến anten phidơ.

Từ việc tìm hiểu cơ bản định dạng chuẩn của Tổ chức hàng không dân dụng thế giới ICAO cho thấy trong bản tin có các trường chứa đựng đầy đủ các thông tin trao đổi với đối tượng bay đáp ứng nhu cầu quản lý các máy bay (tọa độ, thời gian cất cánh, hạ cánh, nơi đi, nơi đến, thông tin cứu hộ, xử lý tình huống va chạm...). Chính vì ưu điểm của định dạng có thể *khai thác phát triển mã này cho cho các nhiệm vụ đặc biệt trong nước*. Những vấn đề có thể can thiệp ví dụ như *khả năng thay đổi độ dài của mã để cài thêm mã mật nếu độ dài cho phép; khả năng tạo xung hẹp để tăng số lượng xung mà không thay đổi độ dài; khả năng thay đổi bố trí bản tin sang các dạng khác...* với những sự thay đổi đó có thể tạo ra loại mã đa năng dùng cho các mục đích khác. Để phục vụ cho việc phát triển các khả năng thay đổi mã, tạo ra mã linh hoạt, luận án tiến hành *nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp công nghệ, các phương tiện tạo mã* có thể tạo được xung có độ rộng hẹp, thay đổi được độ rộng xung một cách linh động, mềm dẻo, có thể dễ dàng thay đổi được chuỗi xung... và tiện lợi cho người sử dụng.

2.2. Nghiên cứu lựa chọn phương tiện tạo mã

2.2.1. Thử nghiệm tạo mã bằng vi điều khiển PIC 16F877A

Mạch phần cứng của bộ tạo mã dùng vi điều khiển PIC 16F877A được chế tạo như hình 2.8a. Để tạo được các xung mà có độ rộng xung là $0,8\mu\text{s}$, ở đây dùng thạch anh 20MHz , như vậy khi qua bộ chia của vi điều khiển PIC chúng ta thu được chu kỳ lệnh là $0,2\mu\text{s}$. Khi lập trình sử dụng hợp ngữ để thu được độ rộng xung như ý muốn. Tín hiệu thu được trên dao động ký như trên hình 2.8b.



a) Mạch phân cứng tạo mã



b) Mã ICAO tạo bằng vi điều khiển

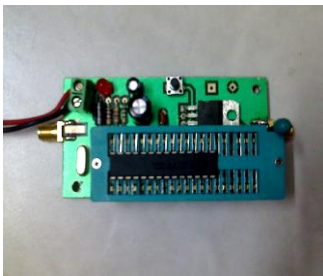
Hình 2.8 Tạo chuỗi mã ICAO bằng vi điều khiển pic16F877A;

Dạng mã tạo ra tương đối phù hợp với chuỗi mã thông tin, tuy nhiên thời gian tăng giảm của xung còn hơi lớn, trong quá trình truyền tin có thể gây sai lệch tín hiệu.

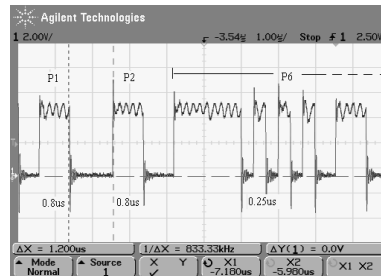
2.2.2. Thử nghiệm tạo mã bằng vi điều khiển PSOC

PSOC là viết tắt của **Programable System – On – Chip** là sự tích hợp của một vi điều khiển (nhân) và các mô đun xử lý tín hiệu khác. Chính sự tích hợp thêm các mô đun xử lý tín hiệu cho phép thay thế các mạch ngoại vi là ưu điểm nổi bật nhất của vi điều khiển PSOC so với các họ vi điều khiển khác.

Đoạn mã ICAO tạo bằng vi điều khiển PSOC (hình 2.12) đảm bảo độ rộng của các xung theo chuẩn, độ trễ của sườn lên và sườn xuống giảm hơn so với tín hiệu được tạo bởi vi điều khiển pic16F877A. Vi điều khiển PSOC rất linh hoạt trong quá trình tạo mã, phần cứng tương đối gọn nhẹ dễ tích hợp trên hệ thống.



Mạch phân cứng tạo mã

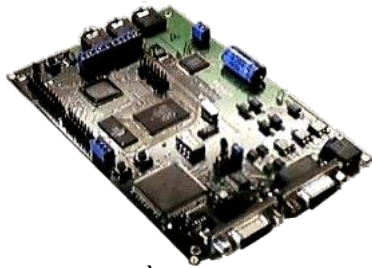


Mã ICAO tạo bằng PSOC

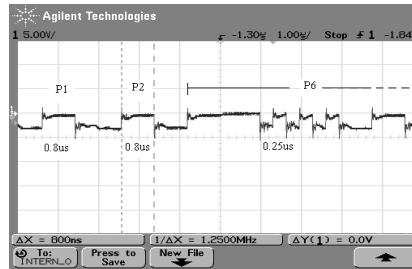
Hình 2.10 và 2.12 Tạo chuỗi mã ICAO bằng PSOC

2.2.3 Tạo mã bằng DSP

Motorola là hãng đi tiên phong trong việc thiết kế, chế tạo các bộ xử lý tín hiệu số. Luận án sử dụng bộ xử lý tín hiệu số DSP56307EVM của Motorola. Hình 2.4b là một phần của mã ICAO trong một chu kỳ được quan sát trên dao động ký Agilent 54642A. Phần sau của dãy mã là chuỗi dữ liệu dùng để trao đổi thông tin giữa trạm quản lý không lưu và máy bay.



Mạch phần cứng tạo mã



Mã ICAO tạo bằng DSP

Hình 2.13 và 2.14 Tạo chuỗi mã ICAO bằng DSP

2.2.4 Thử nghiệm tạo mã bằng công nghệ FPGA

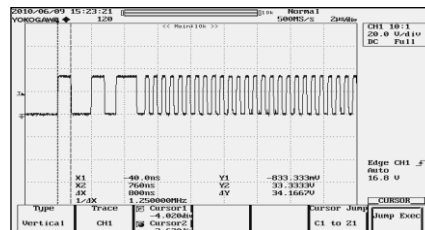
FPGA (Field-programmable gate array) được thiết kế đầu tiên bởi Ross Freeman, người sáng lập công ty Xilinx vào năm 1984, kiến trúc mới của FPGA cho phép tích hợp số lượng tương đối lớn các phần tử bán dẫn vào 1 vi mạch so với kiến trúc trước đó là CPLD

- **Tạo mã trên kit Spartan-3E FPGA Starter**

Phần này trình bày về kết quả tạo mã ICAO trên kit Spartan-3E FPGA Starter của hãng Xilinx (hình 2.15 và 2.16).



Kit Spartan-3E FPGA



Đoạn mã ICAO

Hình 2.15 và 2.16 Tạo mã ICAO bằng kit Spartan-3E FPGA Starter

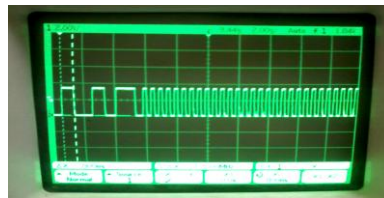
Việc sử dụng FPGA để tạo mã ICAO đã cho kết quả tốt. Trong đó các xung P1, P2 có độ rộng xung là $0,8\mu s$, cách nhau $2\mu s$. Xung P6 có độ rộng xung hoặc là $16,25\mu s$ hoặc $30,25\mu s$ tùy thuộc dữ liệu là 56 hay 112 bit. Các xung dữ liệu có độ rộng là $0,25\mu s$.

- **Tạo mã trên mạch FPGA thiết kế phát mã ICAO**

Trên cơ sở phát thử mã ICAO trên kit kit Spartan-3E cho thấy việc sử dụng công nghệ FPGA phục vụ cho việc phát mã có thể coi là tối ưu trong điều kiện nghiên cứu hiện nay.



a) Mạch FPGA tự tạo



b) Đoạn mã ICAO

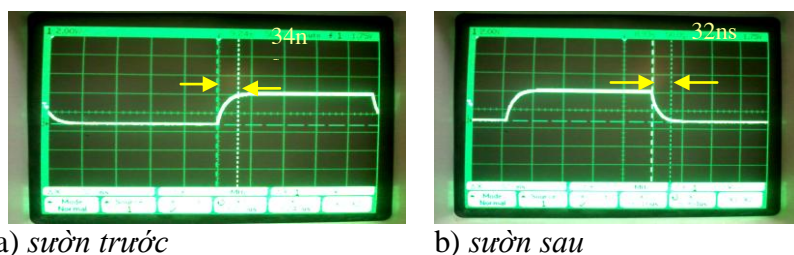
Hình 2.18 Bộ phát mã ICAO bằng công nghệ FPGA

Với kit Spartan-3E FPGA Starter có thể sử dụng vào nhiều mục đích tùy vào yêu cầu của người sử dụng khi định nghĩa phần cứng cho mạch. Ngoài việc nghiên cứu mã phát trên kit có

sẵn, luận án trình bày kết quả phát mã bằng công nghệ FPGA trên mạch thiết kế cho mục đích phát mã ICAO.

Khảo sát độ trễ sườn xung của tín hiệu : sườn trước trễ 34ns, sườn sau trễ 32ns. Độ rộng của xung hẹp nhất là $0.25\mu\text{s}$ do đó độ trễ sườn xung là 13,6% và 12,8%, tỷ lệ đó có thể coi xung là vuông đảm bảo tín hiệu trung thực trong các quá trình gia công và truyền dữ liệu. Độ trễ của sườn xung rất quan trọng, nó quyết định nhiều đến độ trung thực tín hiệu tới máy thu.

Công nghệ FPGA là một trong những công nghệ hiện đại trong lĩnh vực công nghệ thông tin, với những ưu điểm về khả năng tái cấu hình, độ tích hợp cao, tốc độ làm việc nhanh, phần mềm linh hoạt do người sử dụng quyết định.



Hình 2.19 Độ trễ sườn xung trong đoạn mã ICAO

Công nghệ FPGA thể hiện tính ưu việt hơn cả về khả năng tạo mã, có thể tạo được nhiều khung dạng mã, độ rộng xung rất hẹp Việc ứng dụng FPGA có thể đáp ứng yêu cầu tạo bộ mã linh hoạt, đa năng.

Kết luận chương 2.

Từ những kết luận rút ra qua nghiên cứu tìm hiểu về cấu trúc mã hỏi-đáp trên cơ sở mã ICAO, chế độ trao đổi thông tin mode S theo chuẩn của tổ chức hàng không dân dụng quốc tế, cấu trúc định dạng mode S sử dụng trong hệ thống hỏi đáp trao đổi thông tin giữa các trạm mặt đất và đối tượng bay, trong chương II đã đi sâu nghiên cứu theo hướng xây dựng hệ mã hỏi-đáp với cấu trúc linh hoạt về trường định dạng, cấu tạo xung với các tham số có thể thay đổi. Đã tiến hành nghiên cứu thử nghiệm phát mã trên các phương tiện như vi điều khiển PIC16F877A, vi điều khiển PSOC, DSP, công nghệ FPGA... thử nghiệm xây dựng mã phát-đáp theo định dạng của mã ICAO. Kết quả thử nghiệm cho thấy các phương tiện tạo mã được lựa chọn đều đáp ứng được yêu cầu tạo mã có độ rộng xung hẹp theo tiêu chuẩn quy định của ICAO, sử dụng vi điều khiển PSOC khả năng linh hoạt tốt, mạch gọn nhẹ thuận tiện thao tác trên hệ thống và đặc biệt công nghệ FPGA có ưu điểm về khả năng tạo xung có độ trễ sườn xung nhỏ đảm bảo trong quá trình điều chế và truyền trong môi trường tín hiệu nơi thu sẽ nhận được tín hiệu trung thực, khả năng tạo xung hẹp có thể tạo được xung nhỏ hơn 250 ns,

có thể tăng được số xung, thay đổi được định dạng chuỗi xung, có thể thay đổi vị trí các nhóm bit trong chuỗi xung...

Từ những kết quả nghiên cứu kiểm chứng bằng nhiều phương tiện đo kiểm chứng, trong chương II luận án đề xuất: *Xây dựng bộ tạo mã linh hoạt trên cơ sở công nghệ FPGA, một công nghệ có những tính năng vượt trội, khả năng tạo xung hẹp, thay đổi được độ rộng, độ trễ sườn xung nhỏ... chuỗi xung thay đổi được bằng phần mềm tùy thuộc người sử dụng*, thông qua việc khai thác chuỗi xung trên cơ sở định dạng theo chuẩn quốc tế ICAO. Việc áp dụng các công nghệ được lựa chọn để xây dựng bộ tạo mã theo chuẩn ICAO đạt kết quả tốt chứng tỏ tính tin cậy và hiệu quả thực tiễn của đề xuất.

CHƯƠNG 3. NGHIÊN CỨU, LỰA CHỌN, ỨNG DỤNG NHỮNG CÔNG NGHỆ MỚI TRONG THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY PHÁT SIÊU CAO TẦN

Các hệ phát sóng siêu cao tần trước đây thường sử dụng đèn Magnetron, Klystron để phát tần số siêu cao tần, hệ thống sẽ phát sóng siêu cao có công suất lớn tuy nhiên các hệ thống đó có một số nhược điểm là yêu cầu nguồn nuôi phức tạp, không thể thay đổi được tần số phát, toàn bộ hệ thống sẽ ngừng hoạt động khi có một trục trặc.

Để khắc phục các nhược điểm này, luận án đã nghiên cứu để ứng dụng các công nghệ thích hợp phục vụ cho việc xây dựng một hệ thống phát siêu cao tần:

- Thứ nhất là nghiên cứu, ứng dụng công nghệ phù hợp để thiết kế chế tạo mạch tạo dao động có các tính năng với chất lượng cao như tần số phát ra *chuẩn, ít nhiễu, sử dụng ít năng lượng, kích thước nhỏ gọn, có thể thay đổi được tần số dễ dàng*. Tần số phát nằm trong dải tần số thử nghiệm là băng L, đặc biệt tần số 1030MHz là tần số dùng trong hệ thống máy hỏi-đáp ICAO. Công nghệ ứng dụng trong phần này mà luận án nghiên cứu là kỹ thuật tổ hợp tần số dùng mạch vòng bám pha PLL, kỹ thuật này cho phép tạo ra các tần số trong dải sóng siêu cao tần với độ ổn định cao, khả năng thay đổi tần số dễ dàng nhờ kết nối với vi điều khiển hoặc ghép nối máy tính.

- Thứ hai là nghiên cứu, lựa chọn giải pháp tổ hợp công suất dùng cầu Wilkinson, công nghệ mạch dải siêu cao tần, kỹ thuật phối hợp trở kháng trong việc giải quyết bài toán công suất; ứng dụng linh kiện mới, mô phỏng, thiết kế chế tạo khối *khếch đại công suất siêu cao tần 200W hoạt động ở băng tần L*. Với các nghiên cứu, ứng dụng này vừa khắc phục được nhược điểm các hệ phát cao tần công suất lớn dùng đèn Magnetron, Klystron yêu cầu kỹ thuật phức tạp, vừa là giải pháp hữu ích tránh được sự gián đoạn hoạt động của hệ thống vì rủi ro trong khối khuếch đại đã được chia nhỏ. Ngoài ra việc luận án nghiên cứu giải pháp tổ hợp

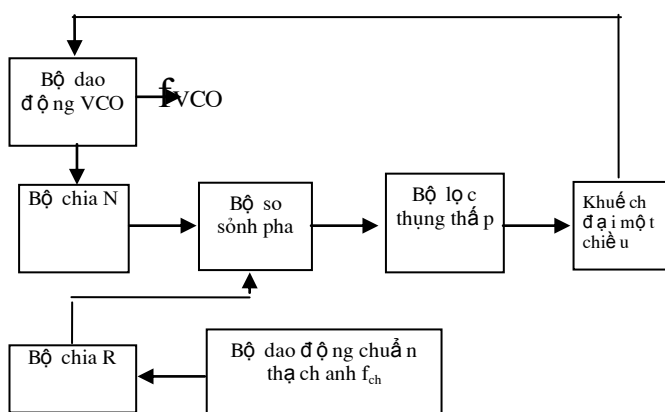
công suất: tạo công suất lớn từ những bộ công suất nhỏ, trên cơ sở nghiên cứu một kiến trúc cụ thể, phù hợp với kỹ thuật chế tạo và điều kiện trong nước hiện nay.

3.1. Nghiên cứu công nghệ tổ hợp tần số

Yêu cầu bộ tạo dao động sóng mang phải linh hoạt chuyển đổi tần số trong băng tần L và có độ ổn định tần số cao, do đó luận án sử dụng phương pháp tổ hợp tần số dùng mạch vòng bám pha PLL (Phase Locked Loop) có thể thay đổi tần số theo bước chia tùy ý và tín hiệu phát bám pha với tần số tham chiếu thạch anh nên độ ổn định tương đối cao.

3.1.1. Kỹ thuật tổ hợp tần số PLL

Bộ tổ hợp tần số dùng kỹ thuật vòng bám pha PLL (mô tả trên hình 3.1) được sử dụng rất rộng rãi bởi vì có thể tạo ra tần số bất kỳ có độ ổn định cao ngang với thạch anh và có thể thay đổi tần số rất mềm dẻo được điều khiển một cách dễ dàng bằng các bộ vi xử lý.

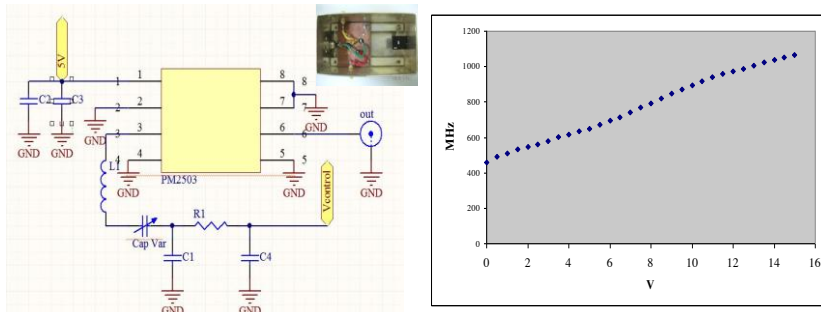


Hình 3.4. Sơ đồ chức năng bộ tổ hợp tần số dùng kỹ thuật PLL

3.1.2. Ứng dụng công nghệ PLL chế tạo bộ tạo dao động sóng mang

3.1.2.1 Chế tạo mạch dao động có tần số điều khiển bằng điện áp

Yêu cầu chung đối với các mạch tạo dao động có tần số điều khiển bằng điện áp là quan hệ giữa điện áp điều khiển và tần số tín hiệu ra phải tuyến tính. Ngoài ra mạch phải ổn định ở tần số cao, dải biến đổi của tần số theo điện áp đơn giản dễ điều chỉnh. Bộ tổ hợp tần số được thiết kế và chế tạo dựa trên IC ADF4113 (hình 3.11, 3.12). Vi mạch ADF4113 của hãng Analog Devices thuộc họ ADF411x có chức năng tạo ra dao động sóng mang của các thiết bị thu và phát vô tuyến.

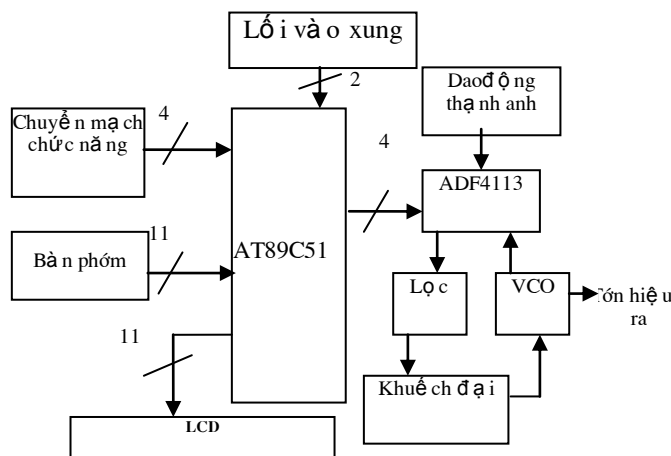


Sơ đồ nguyên lý và mạch chế tạo khối VCO Sự phụ thuộc của tần số vào điện áp của VCO

Hình 3.8 và 3.9. Mạch VCO

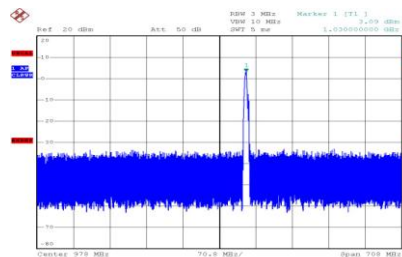
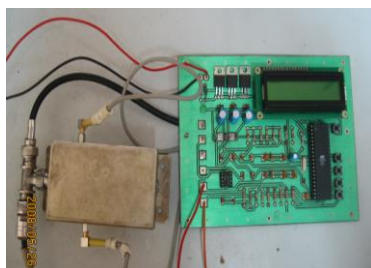
Các thiết bị hoạt động với nguồn cung cấp 2.7 V-5.5 V và có thể ở trạng thái tiêu tốn ít năng lượng khi không sử dụng. Để tạo thành một vòng bám pha PLL hoàn chỉnh chỉ cần thiết kế thêm VCO bên ngoài. Điều khiển các thanh ghi là một giao diện ba đường đơn giản.

3.1.2.2 Chế tạo mạch tổ hợp tần số



Hình 3.11. Sơ đồ khối bộ tổ hợp tần số được điều khiển bằng VĐK

Hình ảnh thực tế của bộ tổ hợp tần số như trên hình 3.12a và tín hiệu tần số sóng mang 1030MHz (hình 3.12b).



a) Bộ tổ hợp tần số dải tần b) Tín hiệu phát ở tần số 1030MHz

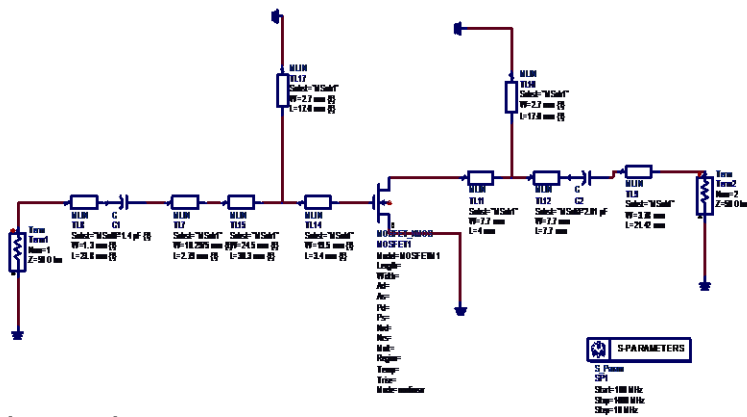
Hình 3.12. Bộ tạo dao động sóng mang

Kết quả thu được là tần số phát ra đạt được dải 1020 MHz-1100 MHz với bước nhảy tùy ý

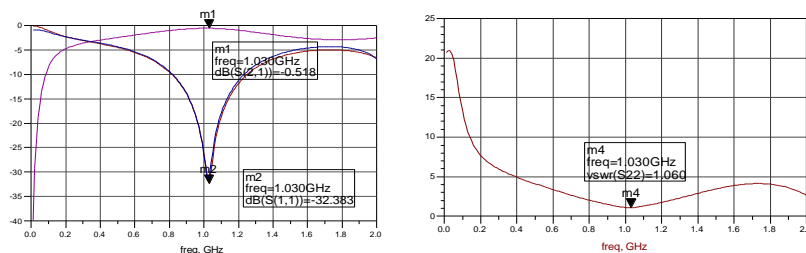
hoàn toàn phụ thuộc vào mã điều khiển, dao động phát ra có biên độ cỡ mV. Độ ổn định tần số phát ra tương đối ổn định ($\Delta f/f = 6.796 \times 10^{-5}$) trong thời gian dài do tham chiếu với độ ổn định của bộ dao động thạch anh sử dụng làm tần số chuẩn cho bộ tách sóng pha.

3.2 Nghiên cứu các công nghệ chế tạo bộ khuếch đại siêu cao tần

Thiết kế bộ khuếch đại công suất cao tần, luận án đã nghiên cứu các lý thuyết siêu cao tần, cách phối hợp trở kháng, tính toán bằng giản đồ Smith, sử dụng công nghệ mạch dải, công nghệ MOSFET, lựa chọn linh kiện mới thích hợp và phần mềm thiết kế chuyên dụng ADS (Automatic Dependent Surveillance).

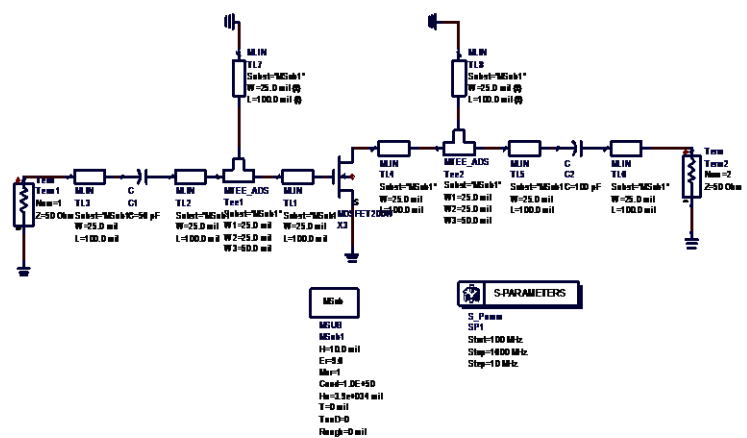


Tầng khuếch đại 45W

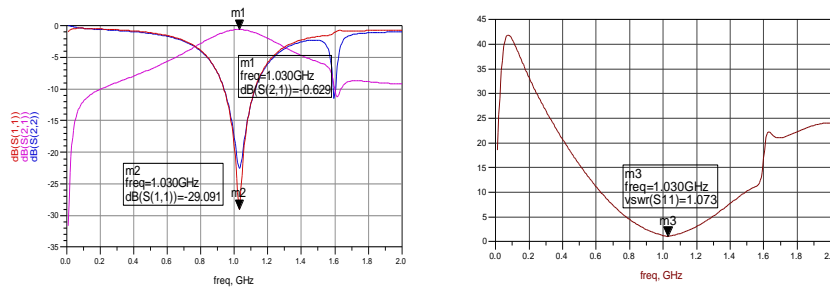


Mô phỏng tham số S_{11} , S_{22} , S_{21} Tỷ số sóng đứng vswr(s_{11})

Hình 3.21 và 3.22. Kết quả mô phỏng tầng khuếch đại 45W



Tầng khuếch đại 200W

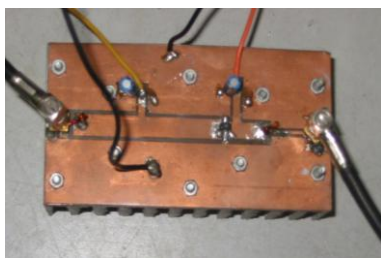


Mô phỏng tham số S_{11} , S_{22} , S_{21} Tỉ số sóng đứng $vswr(s_{11})$

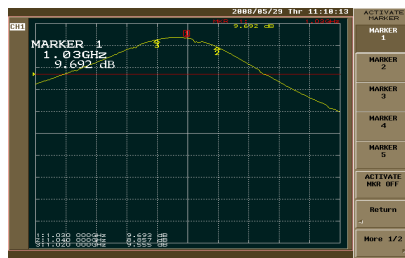
Hình 3.23 và 3.24. Kết quả mô phỏng tầng khuếch đại 200W

Mạch khuếch đại cơ sở 200W được thiết kế gồm 2 tầng khuếch đại 45W và 200W (hình 3.21, 3.22 và 3.23, 3.24). Từ kết quả mô phỏng thu được, ta nhận thấy hệ số sóng đứng xấp xỉ bằng 1 tại tần số 1030 MHz tương ứng với hệ số Γ xấp xỉ bằng 0. Đây là kết quả tương đối tốt, trên cơ sở đó chế tạo mạch thực nghiệm.

Các mạch khuếch đại công suất được chế tạo và khảo sát các đặc trưng tần số của mỗi mạch được biểu diễn ở hình 3.19, 3.25 và 3.27. Dải tần làm việc của các bộ khuếch đại công suất nằm trong khoảng băng tần L. Mạch hoạt động ổn định. Tần số 1030MHz, tần số của máy hỏi nhận biết chủ quyền quốc gia được chọn làm tần số trung tâm khi thiết kế. Việc thiết kế bộ khuếch đại công suất 200W gồm hai tầng khuếch đại có ưu điểm hơn là làm tăng hệ số khuếch đại của khối khuếch đại công suất, công suất lối vào có thể nhỏ (dưới 20dBm) nhưng công suất lối ra đạt giá trị mong muốn (trên 53 dBm). Trong hội nghị EME 2010 báo cáo của Dallas Texas có đề cập đến các bộ khuếch đại hiệu suất cao trong đó khối khuếch đại công suất 200W sử dụng công nghệ LDMOS hoạt động trong dải tần số 1GHz đến 2GHz để có được công suất lối ra là 53dBm thì công suất lối vào phải có giá trị khoảng trên 27dBm.

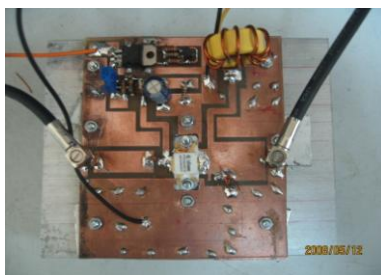


Mạch khuếch đại công suất

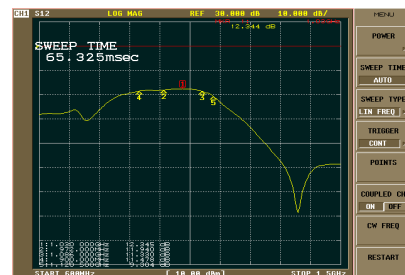


Đặc trưng tần số mạch 1W

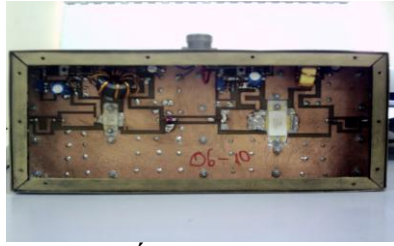
1W



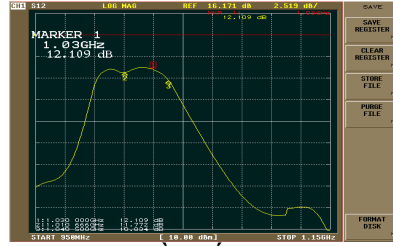
Mạch khuếch đại 45W



Đặc trưng tần số mạch 45W



Mạch khuếch đại 200W



Đặc trưng tần số mạch 200W

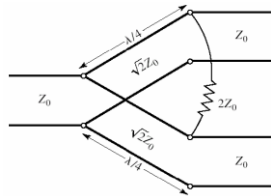
Hình 3.19; 3.25 và 3.27. Chế tạo các mạch khuếch đại

3.3 Nghiên cứu giải pháp công nghệ nâng cao công suất phát siêu cao tần

Do tính chất của sóng siêu cao tần suy hao khi truyền trong khí quyển, các hệ thống phát trong thực tế đòi hỏi công suất phát lên đến hàng KW do vậy cần có những giải pháp nâng cao công suất. Trong điều kiện nghiên cứu hiện tại của phòng thí nghiệm việc tạo được một bộ khuếch đại công suất như vậy là điều khó thực hiện được, do chi phí quá tốn kém đồng thời kèm theo sự đòi hỏi phức tạp về mặt kỹ thuật Ở đây luận án nghiên cứu công nghệ tổ hợp công suất ứng dụng kiểm chứng bằng việc chế tạo thử nghiệm khối công suất phát 3KW bằng cách tổ hợp các mô đun công suất 200W với kiến trúc 32 khối cơ sở trong phòng thí nghiệm để đánh giá những kết quả thu được từ đó đưa ra khả năng ứng dụng trong các hệ phát siêu cao.

3.3.1. Phương pháp cầu

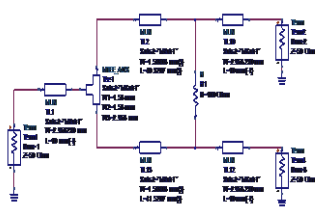
Phương pháp cầu Wilkinson Fear.J.Wilkinson, mạch nguyên lý 3.8. Tín hiệu đưa vào cổng 1, lấy ra ở cổng 2 và cổng 3 lệch pha với tín ở mỗi lối ra suy giảm 3 dB. Cầu đường ra, khi đó suy giảm ở mỗi



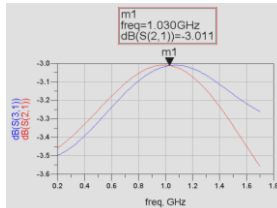
Hỡnh 3.36. Sơ đồ nguyên

Wilkinson

được đề xướng bởi của cầu được mô tả như hình ở cổng 2 và cổng 3. Tín hiệu hiệu ở cổng 1 là 0° . Tín hiệu Wilkinson có thể có N cổng ra là $\lg(1/N)$.



Sơ đồ mô phỏng

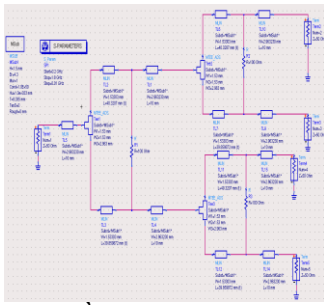


Tham số truyền qua

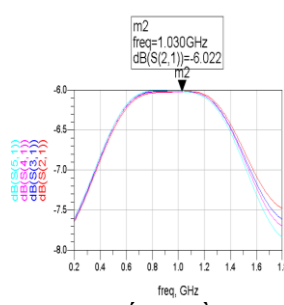


Mạch chế tạo

Hình 3.39 và 3.40. Cầu Wilkinson chia 2



Sơ đồ mô phỏng

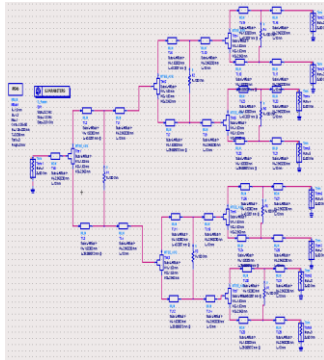


Tham số truyền qua

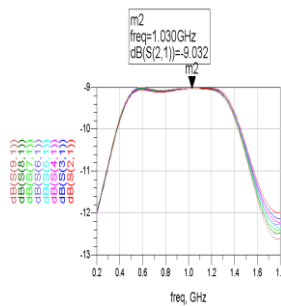


Mạch chế tạo

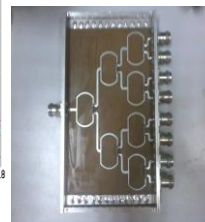
Hình 3.41 và 3.42. Cầu Wilkinson chia 4



Sơ đồ mô phỏng



Tham số truyền qua



Mạch chế tạo

Hình 3.43 và 3.44. Cầu Wilkinson chia 8

Như vậy để giảm bớt sự phức tạp về xử lý pha khi tổ hợp công suất lớn nên chọn phương pháp tổ hợp đồng pha, chính vì thế luận án đã đưa ra kiến trúc tổ hợp công suất từ 32 khối khuếch đại công suất cơ sở và thiết kế chế tạo các cầu Wilkinson chia 2, chia 4, chia 8. Việc thiết kế mô phỏng cầu Wilkinson được mô phỏng trên phần mềm chuyên dụng ADS và chế tạo bằng công nghệ mạch dài. Cầu Wilkinson được thiết kế với tần số trung tâm là 1030MHz.

Kết quả thiết kế mô phỏng khá tốt (tham số phản xạ S_{11} đạt $-39,305\text{dB}$) so với một số thiết kế mô phỏng cầu Wilkinson chia 2 trước đây của nhóm nghiên cứu người Đức Axel Bangert, Henning Früchtling và Ruddy Herard Chatim S_{11} đạt $-29,872\text{dB}$.

Mạch chế tạo thực tế cầu Wilkinson chia 2 mô tả trên hình 3.9 và kết quả khảo sát thông số truyền S_{21} trên máy phân tích mạng đạt giá trị $-3,045\text{dB}$, giá trị tương đối tốt so với kết quả chế tạo cầu Wilkinson chia 2 của nhóm nghiên cứu X.Li, Y.J.Yang và L.Yang người Trung Quốc công bố trong tạp chí “Phát triển nghiên cứu điện từ học C” 2010 đo đặc thông số S_{21} tại tần số 1000MHz là -4.77dB .

Từ việc thiết kế cầu Wilkinson chia 2 ta có thể phát triển cho cầu Wilkinson chia 4, Wilkinson chia 8 bằng cách phối hợp các cầu Wilkinson chia 2 trên cơ sở luôn đảm bảo việc phối hợp trở kháng thật tốt, chứ không lựa chọn việc chia N trực tiếp, với các chế tạo này sẽ làm giảm điện

trở các đường dây và làm tăng diện tích đường dây để chịu được công suất lớn. Bên cạnh đó việc lựa chọn cầu Wilkinson chia cân bằng (chia chẵn) sẽ giúp cho người thiết kế dễ dàng tăng số đường cơ sở theo yêu cầu thiết kế.

3.3.3. Ứng dụng công nghệ xây dựng bộ tổ hợp công suất

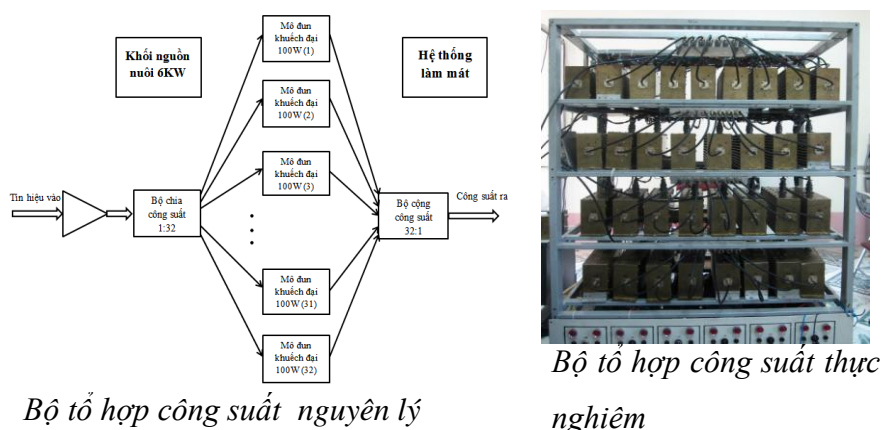
Việc nâng cao công suất phát bằng phương pháp tổ hợp công suất từ những khối công suất vừa và nhỏ có ưu điểm hơn chế tạo một bộ khuếch đại công suất lớn về mặt kinh tế cũng như yêu cầu kỹ thuật.

Công suất tổng hợp 4 đường vào: (với xung điều chế có độ rộng $50\mu\text{s}$ và chu kỳ là 2ms, 40 lần): Công suất đỉnh xung là 403,74W.

Công suất tổng hợp 16 đường vào: (với xung điều chế có độ rộng $50\mu\text{s}$ và chu kỳ là 2ms, 40 lần): Công suất đỉnh xung là 1602,88W.

Công suất tổng hợp cả hệ thống (gồm 32 đường vào): (với xung điều chế có độ rộng $50\mu\text{s}$ và chu kỳ là 3ms, 60 lần): Công suất đỉnh xung là 3020,78W.

Việc đề xuất kiến trúc tổ hợp công suất với 32 khối là một cấu trúc hợp lý để có thể sử dụng trong các hệ thống phát tín hiệu công suất lớn, các đài radar hoạt động liên tục.



Hình 3.45 và 3.46. Bộ tổ hợp công suất 3kW

Đã có những nghiên cứu về tổ hợp công suất cao tần với 3 khối công suất cơ sở, (ngoài ra còn có cộng 8 khối hoặc 12 khối), tuy nhiên độ rủi ro rất cao, nếu 1 khối ngừng hoạt động thì công suất hệ sẽ giảm đi 77% công suất tổng làm cho hệ thống có thể ngừng hoạt động, trong khi đó với 32 khối, khi khối hỏng thì độ giảm công suất là không đáng kể khoảng 6,1% và hệ vẫn có thể duy trì hoạt động. Mặt khác việc tăng số mô đun công suất cơ sở kéo theo sự phức tạp xử lý pha của tín hiệu, luôn cần phải hiệu chỉnh thông số cầu chia để giảm sự di pha, do đó với việc nghiên cứu xử lý thành công quá trình hiệu chỉnh pha, điều chỉnh biên độ thực hiện trên số lượng đủ lớn 32 mô đun khuếch đại công suất cơ sở sẽ góp phần phát triển các hệ thống có số mô đun lớn hơn.

Kết luận chương 3

Như vậy trong chương 3, luận án đã trình bày kết quả nghiên cứu các công nghệ lựa chọn mang tính hiện đại và khả thi (công nghệ tổ hợp tần số, MOSFET, công nghệ LDMOS, công nghệ mạch dài, kỹ thuật phối hợp trở kháng, công nghệ tổ hợp công suất..), ứng dụng mang tính sáng tạo các khối cơ bản trong phần cứng của hệ thống như: bộ tạo dao động tại chỗ sử dụng mạch vòng bám pha PLL, bám pha với tần số thạch anh nên độ ổn định rất cao, các bộ khuếch đại công suất băng tần L... Từ việc lựa chọn công nghệ áp dụng dẫn đến việc lựa chọn các linh kiện sử dụng thiết kế mạch (IC ADF4113, Transistor JFT SHF0289, transistor LDMOS ...) đều là các linh kiện hiện đại, đã khai thác các tính năng của các linh kiện ấy để phục vụ cho hệ thống. Trong luận án bài toán công suất đã được giải quyết nhờ dựa trên giải pháp: tổ hợp công suất lớn từ những bộ công suất trung bình trên cơ sở ứng dụng phương pháp dùng cầu Wilkinson khác với những giải pháp công bố trước đây ở nhiều khía cạnh. Các nghiên cứu ứng dụng công nghệ thể hiện qua các kết quả cụ thể như sau:

- Nghiên cứu chế tạo thành công bộ tạo dao động tại chỗ ứng dụng kỹ thuật mạch vòng bám pha PLL, VCO với độ ổn định cao, thay đổi tần số phát linh hoạt nhờ vi điều khiển với dải tần lựa chọn là băng tần L.

- Ứng dụng công nghệ mạch dài, lựa chọn linh kiện MOSFET hiện đại thiết kế, mô phỏng chế tạo hai khối khuếch đại công suất 45W và 200W, sử dụng phương pháp phối hợp trở kháng, công nghệ mạch dài, linh kiện thích hợp, các khối khuếch đại công suất có dải tần hoạt động trong khoảng 1020MHz-1050MHz, các khảo sát cho thấy tín hiệu thu được rất ổn định trong dải tần thử nghiệm.

- Lựa chọn và nghiên cứu phương thức nâng cao công suất phát bằng cầu Wilkinson. Mô phỏng, thiết kế chế tạo các cầu chia/cộng công suất Wilkinson: cầu Wilkinson chia 2, chia 4, chia 8. Hiệu chỉnh các cầu này đảm bảo độ suy hao các đường ra giống nhau và phù hợp với lý thuyết. Với việc ứng dụng công nghệ mạch dài và phương pháp cầu Wilkinson chế tạo khối tổ hợp công suất với kiến trúc 32 đường, khảo sát công suất đỉnh xung lồi ra khối khuếch đại là 3,02KW.

Trong quá trình đi tới các kết quả chính trên, trong chương III còn thu được một số các kết quả của các giải pháp liên quan đến hệ thống chính đó là việc chế tạo các nguồn nuôi cho khối khuếch đại công suất, đề xuất việc sử dụng hệ thống nguồn phân bố để tăng năng lượng cho máy phát, việc làm mát hệ thống các yếu tố đảm bảo duy trì tuổi thọ cho các đèn công suất được nghiên cứu bởi các giải pháp tản nhiệt bằng khối kim loại tản nhiệt gắn trực tiếp dưới mỗi bộ khuếch đại và hệ thống quạt mát đảm bảo cho hệ hoạt động liên tục mà nhiệt độ vẫn ở mức cho phép. Ngoài ra trong chương III cũng đã xây dựng thành công khối thu với các

bộ khuếch đại tạp âm thấp, bộ trộn, bộ khuếch đại trung tần để kiểm chứng hệ thống phát siêu cao tần ở dải sóng băng tần L được điều chế xung.

Như vậy với việc nghiên cứu, lựa chọn công nghệ thích hợp xây dựng thành công hệ phát tín hiệu tương đối ổn định ($f_0 + 0,0037\%$) băng tần L với khả năng linh hoạt chuyển đổi tần số với các bước chia có thể thay đổi tùy thuộc vào phần mềm điều khiển đã tạo ra hệ thống có khả năng linh hoạt tần số có thể đáp ứng được nhiều mục đích sử dụng và có ý nghĩa trong bảo mật. *Như vậy những kết quả nghiên cứu được trình bày trong chương III cho phép chế tạo các mạch dao động siêu cao phát được tần số tùy ý, khả trình, chuyển tần số linh hoạt và rất ổn định, hệ thống hóa quy trình chế tạo các bộ khuếch đại cơ sở, cho phép chế tạo được khối khuếch đại công suất lớn theo yêu cầu (phù hợp với điều kiện trong nước), tăng khả năng hoạt động liên tục của hệ thống và có thể tạo ra các công suất phát ở băng sóng siêu cao tần lớn hơn với kiến trúc phù hợp.*

KẾT LUẬN

Trên cơ sở tổng quan lý thuyết về các hệ thống quản lý không lưu, hệ thống hỏi-đáp nhận dạng mục tiêu, đánh giá nhu cầu phát triển của các hệ thống trong nước, lựa chọn các công nghệ thích hợp để thiết kế chế tạo một số phần quan trọng, phức tạp của hệ thống, luận án đã nghiên cứu phương tiện phát mã nhằm phát triển những công cụ tạo mã linh hoạt có thể mềm dẻo thay đổi tùy thuộc mục đích sử dụng của hệ thống trên cơ sở nghiên cứu thử nghiệm mã ICAO, nghiên cứu lựa chọn ứng dụng những công nghệ chế tạo phần cứng, xây dựng phần mềm nhằm phát triển hệ thống nhận dạng mục tiêu mới nhằm thay thế các hệ thống cũ không phù hợp dùng trong dân sự vẫn đảm bảo thống nhất với chuẩn quốc tế nhưng có thể chủ động thay đổi linh hoạt các tham số đáp ứng yêu cầu dùng cho các mục đích khác.

Kết quả chính của luận án có thể tóm tắt như sau:

- Nghiên cứu lựa chọn công nghệ xây dựng bộ tạo mã hỏi-đáp linh hoạt, đa năng trên cơ sở thử nghiệm phát định dạng xung đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo chuẩn mã ICAO về dạng xung, khoảng cách xung ngắn, độ rộng xung hẹp ($0,25\mu s$), độ trễ xung nhỏ (32ns) bằng các phương tiện vi điều khiển (*PIC16F877A*, *PSOC CY8C27443*), *DSP56307EVM*, *Kit Spartan-3E FPGA Starter*, *mạch FPGA tự tạo*. Lựa chọn công nghệ FPGA tối ưu nhất có thể phát các định dạng mã, có thể phát triển trên cơ sở định dạng mã ICAO các chuỗi xung, giảm độ rộng các xung đơn, tăng số lượng xung để có thêm các yếu tố mã sửa sai, mã bảo mật, đề xuất khả năng thay đổi vị trí các nhóm xung, tổ hợp các trạng thái tăng tính bảo mật... theo yêu cầu của người sử dụng, có khả năng ứng dụng hệ phát mã cho các nhu cầu khác nhau.

- Nghiên cứu lựa chọn các công nghệ mới tiên tiến và phù hợp để chế tạo khối phát tần số siêu cao với độ ổn định cao, khả trình, có thể thay đổi tần số trong dải băng tần L linh hoạt như công nghệ PLL, các phần mềm chuyên dụng (ADS, Ansoft), thiết kế mô phỏng để chế tạo tổ hợp công suất đồng pha dùng cầu Wilkinson với độ suy hao phù hợp với lý thuyết, với các linh kiện hiện đại, một hệ phát công suất tới 3KW có độ ổn định tốt, kèm theo hệ thống các nguồn nuôi ổn định và tương đồng với các kết quả đã công bố ở nước ngoài, thậm chí một vài thông số đạt giá trị tốt hơn.

Những kết quả của luận án đã được trình bày trong 9 công trình đã công bố nghiên cứu sinh là đồng tác giả, đồng thời là một phần đóng góp cho đề tài nghiên cứu Khoa học- Công nghệ cấp nhà nước KC-01 giai đoạn 2006-2010 (đã nghiệm thu). Những kết quả này cũng góp phần vào việc áp dụng những công nghệ mới, tiên tiến vào việc giải quyết một số khâu quan trọng trong hệ thống nhận biết mục tiêu đa năng, linh hoạt cho các nhu cầu quản lý của đất nước.

Tuy nhiên do phạm vi của vấn đề rộng, gồm nhiều vấn đề kỹ thuật công nghệ phức tạp, để tiếp tục nghiên cứu đưa vào ứng dụng thực tiễn tác giả luận án hy vọng sẽ tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện toàn bộ hệ thống và công nghệ trong tương lai.

References

Tiếng Việt

1. Phan Anh (2005), *Nghiên cứu, chế tạo phần tử thụ động, cấu kiện và awnten siêu cao tần dùng công nghệ mạch dải*, báo cáo đề tài mã số QC-03-01.
2. Bạch Gia Dương(2006-2010), *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống phát, thu và xử lý tín hiệu dải rộng nhận biết chủ quyền quốc gia*, báo cáo đề tài mã số: KC.01.12/06-10,
3. Trịnh Đăng Khánh, Cao Đắc Tèo (2011), *Một số sản phẩm trong nghiên cứu và phát triển ra đa và hệ thống nhận biết chủ quyền quốc gia*, Hội nghị Khoa học kỷ niệm 55 năm thành lập học viện Kỹ thuật quân sự.
4. Đỗ Trung Kiên (2010), *Xây dựng hệ thống xử lý tín hiệu số DSP trong hệ định vị vô tuyến*, luận án tiến sĩ ngành Vật lý, Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
5. Kieu Khac Lau, *Kỹ thuật siêu cao tần*, Nhà xuất bản giáo dục, 2006.
6. Nguyễn Thị Xuân Mỹ (2007), *Hệ thống thông tin, dẫn đường, giám sát phục vụ quản lý không lưu CNS/ATM*, Tạp Chí Buru Chính Viễn thông, (27/07/2007);
7. Phạm Minh Việt (2002), *Kỹ thuật siêu cao tần*, nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà

nội.

Tiếng Anh

8. A. David Mazzone (2008), *3kW and 5kW half-bridge class-D RF generators at 13.56MHz with 89% efficiency and limited frequency agility*, Application Engineer
9. A. Jayaraman, P. F. Chen, G.Hanington, L. Larson, and P. Asbeck (1998), "Linear high-efficiency microwave power amplifiers using bandpass delta-sigma modulators," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 8, no. 3, pp. 121-123
10. A.Greben, S.V.Bearse, "New Combining and Cooling Techniques Developed for 1KW L-band Transmitter", *Microwaves*, vil.16, Sept.1977, pp9-10
11. Andrews, J.W.(1991), "*Air-to-Air Visual Acquisition Handbook*," ATC- 151, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA.
12. B.Razavi (1997),"A 1.8GHz CMOS voltage controlled oscillator," *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp.388
13. Balasaheb Darade and Tarun Parmar, *Low Phase Noise Fully Integrated VCO*, IEEE [*balasaheb@ieee.org](mailto:balasaheb@ieee.org),ptarun@ieee.org.
14. Bayliss, E.T., Boisvert, R.E., and Knittel, G.H (1993), *Demonstration of GPS Automatic Dependent Surveillance of Aircraft Using Spontaneous Mode S Beacon Reports*, Proceedings of the ION-GPS-93, Institute of Navigation.
15. Brunetti, Cleo (1948), *New Advances in Printed Circuits*, Washington DC: National Bureau of Standards.
16. CANSO CNS/ATM Working Group (1999), *Demystifying CNS/ATM*, <http://www.canso.org>.
17. Cypress microsystems, "PSOC designer configuration sheet"
18. D. Ahn, et al.(2001), "A Design of the Low-pass Filter Using the Novel Microstrip Defected Ground Structure," *IEEE Transactions on Microwave Theory Techniques* , Vol. 49, pp. 86-93
19. D. Kutman, et al.(2001), *Multifunctional Aircraft Transponder*, United States Patent No. 6,222,480
20. Dallas semiconductor(2001), *Impedance Matching and the Smith Chart*, The Fundamentals, Mar 23.
21. Daniel Abramovitch (2002), *Phase-Locked Loops: A Control Centric Tutorial*, To appear in the Proceedings of the 2002 ACC

22. D. Chapman (1993), *Design of Phase-Locked Loop Circuits Des*, Original version: Systèmes á verrouillage de phase (P.L.L.) Masson, Paris
23. David Jenn (2005), *Microwave Devices & Radar*, Lecture notes, Naval Postgraduate School.
24. David M. Pozar (1998), *Microwave Engineering*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc..
25. DE GRAAF J. W. (2002), “Digital local-oscillator generation using a delta-sigma technique”, *IEEE radar conference*, pp. 129-134
26. Douglas Robert Stinson (1995), *Cryptography: Theory and Practice*, by CRC Press.Inc
27. Duk-Jae Woo and Taek-Kyung Lee (2005), Suppression of Harmonics in Wilkinson Power Divider Using Dual-Band Rejection by Asymmetric DGS, *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, Vol. 53, No.6.
28. E.H.Fooks, R.A.Zakasevicíu (1990), *Microwave engineering using microstrip circuit*, by Prentice Hall of Australia Pty Ltd.
29. EATCHEAP (1997), *Overal CNS/ATM architecture for EATCHEAP*, EUROCONTROL
30. Ercan Kaymaksut, Yasar Gürbüz and Ibrahim Tekin (2008), *Impedance Matching Wilkinson Power Dividers in 0.35 μ m SiGe BiCMOS Technology*, Electronics Engineering, Sabanci University, 34956 Istanbul, Turkey; Pranjali Pandey, Dual Band Wilkinson Power Divider, M.Tech, CEDT, May,
31. Fernando Noriega, Pedro J. González (2008), *Designing LC Wilkinson power splitters Pranjali Pandey, Dual Band Wilkinson Power Divider*, M.Tech, CEDT.
32. Frederick H. Raab, Peter Asbeck, Steve Cripps, Peter B. Kenington, Zoya B. Popovich, Nick Pothecary, John F. Sevic and Nathan O. Sokal (2004), “RF and Microwave Power Amplifier and Transmitter Technologies”, *High Frequency Electronics, Summit Technical Media, LLC*, January, 2004, pp.46-54
33. F. Kroup, *Fundamentals of RF Circuit Design with Low Noise Oscillators*, Jeremy Everard, John Wiley & Sons;
34. Gertz, J.L (1990), *Weather map compression for ground to air data links*, Proceedings of the Aeronautical Telecommunications Symposium on Data Link Integration (May 15-17), Annapolis, MD.
35. Harold Sobol (1984), “Microwave Communications-An Historical Perspective”,

- IEEE Transactionson microwave theory and techniques*, Vol.MTT-32, No.9, September.
36. http://en.wikipedia.org/wiki/National_Air_Traffic_Services
 37. <http://www.airsport-corp.com/modec.htm>
 38. <http://www.tpub.com/neets/book11/45d.htm>
 39. ICAO (2001)- *Air Trairfic Control Services, Flight Information Service and Alerting Services*, 13 Edittion , July 2001
 40. International Civil Aviation Organization Asia and Pacific Office (2000), *Guidance Material on CNS/ATM Operations in the Asia/Pacific Region*, ICAO Asia Pacific Regional Office Bangkok.
 41. J. Wood, X. Qin, A. Cognata, *Nonlinear Microwave/RF System Design and Simulation using Agilent ADS' system – Data Models'*, Agilent Technologies, Inc., Microwave Technology Center, Santa Rosa, CA 95403.
 42. John W.NIETO, Rochester, William N.FURMAN, *System and method for communicating data using constant radius orthogonal walsh modulation*, United States patent application publication nieto et al US 2010/0014558A1.
 43. Jong-Sik Lim, Sung-Won Lee, Chul-Soo Kim, Jun-Seok Park, Dal Ahn, and Sangwook Nam (2001), "A 4 : 1 Unequal Wilkinson Power Divider", *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.11, No.3, March.
 44. Kenjiro Nishikawa, Associate Member, IEEE, Tsuneo Tokumitsu, Member, IEEE, and Ichihiko Toyoda, Member, IEEE (1996) "Miniaturized Wilkinson power divider using three-dimensional MMIC technology", *IEEE Microwave and guided wave letters*, Vol. 6. No. 10.
 45. K. Panday (2008), *Dual band Wilkinson power divider* , M.Tech CDET
 46. Kenneth J.Russell (1979), "Microwave power combining techniques", *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, Vol.MTT-27, No.5.
 47. Kun-Hui Yi and Bongkoo Kang (2003), "Modified Wilkinson Power Divider for nth Harmonic Suppression", *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.13, No.5.
 48. Kwok-Keung M. Cheng and Fai-Leung Wong (2007), "A New Wilkinson Power Divider Design for Dual Band Application", *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.17, No.9.
 49. L. Wu, H. Yilmaz, T. Bitzer, and A. Pascht. M. Berroth (2005), "A Dual-Frequency

- Wilkinson Power Divider : For a Frequency and Its First Harmonic”, *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.15, No.2.
50. Lei Wu, Zengguang Sun, Hayattin Yilmaz, and Manfred Berroth (2006), “A Dual-Frequency Wilkinson Power Divider”, *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, Vol. 54, No.1.
 51. Leo G. Maloratsky (2009), “RF Design of Avionics L-band Integrated Systems”, *Aerospace Electronics Co., Indialantic FL*, Vol.52 |No.10 | p 64.
 52. Leo G. Maloratsky (2009), “Technical feature RF design of avionics L-band integrated systems”, *Microwave Journal* 350.
 53. LG Maloratsky (2008), “Transceiver Duplexer Design Considerations,” *Microwave Journal* , Vol. 51, No. 10, pp. 68-86.
 54. LG Maloratsky, et al. (2008), *Aircraft Directional/Omnidirectional Antenna Arrangement*, United States Patent No. 7,385,560;
 55. Liang-Hung Lu, Member, IEEE, Yu-Te Liao, and Chung-Ru Wu (2005), “A Miniaturized Wilkinson Power Divider With CMOS Active Inductors”, *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.15, No.11.
 56. Lind, A.T., Dershowitz, A., and Bussolari, S.R. (1994), *The Influence of Data Link-Provided Graphical Weather on Pilot Decision-Making*, ATC-215, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA, 6 .
 57. X.Li, Y.J.Yang, L.Yang, S.X.Gong, X.Tao, Y.Gao, K.Ma and X.L.Liu (2010), “ A novel design of dual-band unequal Wilkinson power divider”, *Progress in Electromagnetics Research C*, Vol.12 p 93-100.
 58. Maximilian C. Scardelletti, George E. Ponchak, and Thomas M. Weller (2002), “Miniaturized Wilkinson Power Dividers Utilizing Capacitive Loading”, *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.12, No.1.
 59. Michanel Gschwind, Valentina Salapura, *Optimizing VHDL code for FPGA fargets* , Institut fur Technische Informatik Treitlstrase 3-182-2 A-1040 Wien Austria.
 60. Mihai V. Micea, *Real-Time Data Acquisition and Digital Signal Processing Systems: Present and Prospects*, PhD. Thesis, University of Timisoara, Computer Software and Engineering Department, DSPLabs.
 61. Mihai V. Micea, V. Cretu, D. Chiciudean (2000), *Interfacing a Data Acquisition System to the DSP56303*, Application Note AN2087/D Rev.
 62. Mitchai Chongcheawchamnan, Sumongkol Patisang, Monai Krairiksh, and Ian D.

- Robertson (2006), "Tri-Band Wilkinson Power Divider Using a Three-Section Transmission-Line Transformer", *IEEE Microwave and wireless components letters*, Vol.16, No.8.
63. M-J. Hirigaray and B. Conio (1990), *Mode S Subnetwork Data Link Simulation Results*, The International Civil Aviation Organization, SICASP.
 64. Motorola Inc., *DSP56307EVM User's Manual*, Semiconductor Products Sector, 6501 William Cannon Drive West, Austin TX 78735-8598.
 65. Olip, John A. P (2009), *Frequency synthesizer and synthesis method for generating a multiband local oscillator signal*, United States Patent 7515931
 66. Q. Grebennikov(1996), *Quadrature Hybrids 90° power dividers/combiners 10 kHz to 40 GHz general information*, Mar. 21.
 67. R. Langridge, T. Thornton, P. M. Asbeck, and L. E. Larson (1999), "A power re-use technique for improving efficiency of outphasing microwave power amplifiers", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol.47, no.8, pp.1467-1470.
 68. R.L. Rivest, A. Shamir, and L. Adleman, *A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems*, National Science Foundation grant MCS76-14294, and the Office of Naval Research grant number N00014-67-A-0204-0063.
 69. Reiner, D. (1993), *Siting of GPS Squitter Ground Stations for Air Surveillance Coverage*, ATC Project Memorandum, 42PM-SSS-0007, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA.
 70. Rouillet, Andre (1998), *Frequency synthesizer for V/UHF wideband receiver*, United States Patent 5752175;
 71. Ruddy Herard Chatim (2005), *Modified Wilkinson power combiner for applications in the millimeter-wave range*, Department of RF-Techniques/Communication systems University of Kassel, Germany,
 72. Steven R. Bussolari, Ph.D., and D. Jonathan Bernays, *Mode S data link applications for general aviation*, MIT Lincoln Laboratory, 244 Wood Street ,Lexington, Massachusetts 02173-9108
 73. T.I.C.A.O (1993) , *The Aeronautical Telecommunications Manual*, draft in process, The International Civil Aviation Organization
 74. T.Orlando, V.A.(1989), *The Mode S Beacon Radar System*, Lincoln Laboratory Journal, 2:9
 75. Tom Davis, RSA Laboratories, RSA Security Inc (2003), *RSAES-OAEP Encryption*

Scheme Algorithm specification and supporting documentation, 20 Crosby Drive
Bedford, MA 01730 USA, rsa-labs@rsasecurity.com

76. Veljko Milanovic', Edwin D. Bowen and Mona E. Zaghloul(2003), *Micromachined Microwave Transmission Lines in CMOS Technology*, IEEE
77. W. Alan Davis, Radio Frequency Circuit Design, John Wiley & Sons, Inc; *Design of Analog Cmos Integrated Circuits*, Behzad Razavi, MC Graw Hill.
78. Wes Stamper (2005) , *Understanding mode S technology*, Defense Elictronics
79. William N.FURMAN,John W.Nieto, WilliamL.Tyler, *Communications device using measured frequency offset over time to adjust phase and frequency tracking*, United States patent application publication nieto et al US 2010/0067634A1.
80. William N.FURMAN,John W.Nieto, WilliamL.Tyler, *Communications device and related method that detects symbol timing*, United States patent application publication nieto et al US 2010/0067634A1.
81. William N.FURMAN,John W.Nieto, WilliamL.Tyler, *Communications device and related method with reduced false detects during start of message bit corelation*, United States patent application publication nieto et al US 2010/0067634A1.
82. Wolaver, Dan H. (1991), *Phase-Locked Loop Circuit Design*, Prentice Hall, ISBN 0136627439.