ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ CẤU TRÚC BỘ LỌC CIC ĐẾN ĐẶC TÍNH TÍN HIỆU ĐẦU RA HỆ THỐNG GIẢI ĐIỀU CHẾ TÍN HIỆU RA ĐA

Vũ Chí Thanh[1*], Bùi Chí Thanh[2], Nguyễn Ngọc Quang[2],
Trần Văn Ánh[1], Nguyễn Văn Trà[1], Đặng Quốc Tiến[1]

Tóm tắt: *Bài báo thực hiện khảo sát, lựa chọn các tham số cấu trúc của bộ lọc CIC (Cascade Integrator Comb) trong quá trình thiết kế hệ thống giải điều chế tín hiệu ra đa trên phần mềm Matlab. Tín hiệu đầu vào hệ thống giải điều chế là tín hiệu xung phản xạ từ mục tiêu được điều chế theo 3 dạng: mã Baker, điều tần tuyến tính (ĐTTT) và mã M (chuỗi mã nhị phân độ dài cực đại). Nhiễu tạp tác động được giả thiết là nhiễu tạp trắng. Kết quả nghiên cứu, khảo sát đưa ra đánh giá cụ thể sự phụ thuộc của mức búp phụ và độ rộng búp chính tín hiệu đầu ra Mô-đun lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc của bộ lọc CIC theo 3 mô hình cấu trúc tín hiệu được lựa chọn.*

Từ khóa: Xử lý tín hiệu; Giải điều chế tín hiệu; Điều tần tuyến tính; Mã Baker; Mã M; Hàm tương quan; Bộ lọc CIC.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

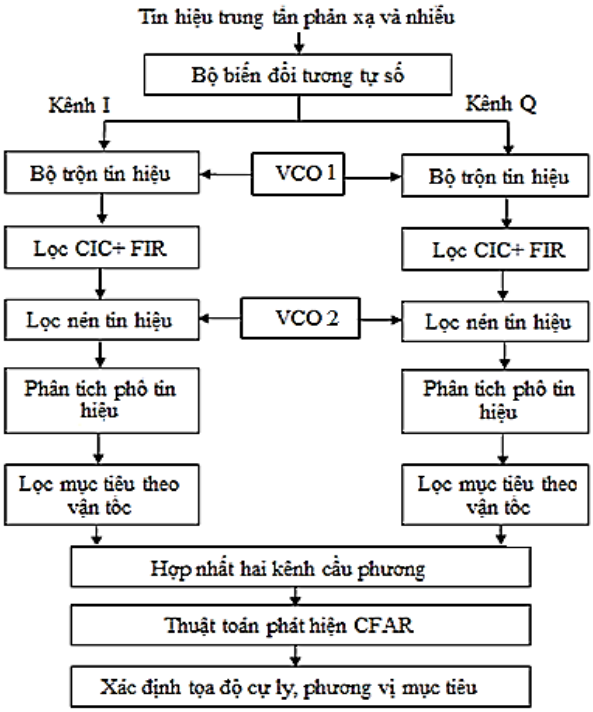
Sự phát triển của kỹ thuật xử lý số tín hiệu, công nghệ số cho phép thiết kế các hệ thống nhúng XLTH tốc độ cao, chính xác, đồng thời giảm kích thước trọng lượng và mức tiêu thụ điện năng cũng như tăng tính năng mềm dẻo của các đài ra đa hiện đại. Tuy nhiên, việc giảm tải cho các hệ thống XLTH và lọc số luôn được tính đến trong giai đoạn thiết kế vì nó cho phép tăng hiệu suất xử lý, giảm chi phí giá thành sản phẩm. Trong hệ thống XLTH của các đài ra đa hiện đại như 96L6E, P18M, ELM-228,... các phương pháp giảm quá tải tính toán được áp dụng dựa trên cơ sở lựa chọn các bộ biến đổi tương tự số với tần số lấy mẫu nhỏ hơn hai lần tần số tín hiệu đầu vào (phương pháp undersampling) kết hợp sử dụng các bộ lọc CIC. Cơ sở lý thuyết kỹ thuật giảm mẫu (KTGM) trong xử lý số tín hiệu được công bố trong các nghiên cứu [4-7]. Song những khảo sát, đánh giá cụ thể về sự phụ thuộc của độ rộng búp chính và mức búp phụ của tín hiệu đầu ra bộ lọc nén tương quan đối với các tín hiệu xung điều tần tuyến tính (ĐTTT), mã Baker và mã M (chuỗi mã nhị phân độ dài cực đại) vào các tham số bộ lọc CIC chưa được công bố. Vì vậy, bài báo thực hiện khảo sát và đánh giá sự ảnh hưởng của tham số cấu trúc bộ lọc CIC đến đặc tính tín hiệu đầu ra hệ thống giải điều chế tín hiệu, làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống XLTH của các đài ra đa hiện đại.

Bài báo được tổ chức như sau: Trong phần 2, chúng tôi giới thiệu ngắn gọn về hệ thống giải điều chế tín hiệu ra đa; Cơ sở lý thuyết bộ lọc CIC được thực hiện trong phần 3; Phần 4 trình bày thuật toán tạo mô hình tín hiệu phản xạ về từ mục tiêu của hệ thống ra đa sử dụng tín hiệu thăm dò ĐTTT, mã Baker, mã M trên nền nhiễu tạp máy thu; Phần 5 mô tả phương pháp khảo sát sự phụ thuộc của độ rộng búp chính và mức búp phụ sau bộ lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc của bộ lọc CIC trong hệ thống giải điều chế ba mô hình tín hiệu phản xạ trên nền nhiễu tạp máy thu; Kết quả khảo sát và đánh giá cụ thể được thực hiện trong phần 6 và cuối cùng là kết luận của bài báo.

2. HỆ THỐNG GIẢI ĐIỀU CHẾ TÍN HIỆU RA ĐA SỬ DỤNG BỘ LỌC CIC

Sơ đồ cấu trúc thuật toán XLTH ra đa được thể hiện trên hình 1. Tín hiệu thu trung tần đầu vào bộ biến đổi tương tự-số (A/D) tương ứng với tín hiệu thăm dò được điều chế theo mã Baker, LFM và mã M. Tín hiệu này được lấy mẫu theo nguyên lý "undersampling" nhằm giảm quá tải tính toán cho các mô-đun phía sau nó. Tín hiệu sau A/D được đưa tới đầu vào hai kênh cầu phương. Trong mỗi kênh cầu phương tín hiệu được chuyển xuống băng tần cơ sở nhờ bộ trộn tần. Bộ lọc CIC thực hiện cắt xén mẫu (giảm mẫu). Tín hiệu ra bộ lọc CIC được đưa tới mô-đun lọc nén thực hiện nén xung theo thời gian nhờ phép tính tương quan chéo giữa tín hiệu phát (băng tần cơ sở) với tín hiệu phản xạ. Tín hiệu xung sau khi được nén theo thời gian sẽ được ghi

vào bộ nhớ RAM (Random Access Memory). Dữ liệu sau khi được ghi vào RAM được đọc ra và đưa tới bộ tích lũy chùm xung. Để thực hiện tích lũy chùm xung, dữ liệu trên RAM được tổ chức thành một mảng 2 chiều, theo chiều cự ly và theo chiều quét của cánh sóng. Khoảng cách giữa 2 ô dữ liệu theo chiều cự ly chính bằng độ phân giải cự ly hay độ rộng của xung sau khi nén. Từ RAM, tín hiệu được đưa đến mô-đun biến đổi Fourier nhanh (FFT), việc xử lý tiếp theo là đánh giá vận tốc hướng tâm của mục tiêu và lọc bỏ nhiễu địa vật (lọc số mục tiêu di động trên nền nhiễu địa vật). Sau đó, tín hiệu được đưa tới mô-đun tự động phát hiện và đo tọa độ mục tiêu. Thông tin về mục tiêu sẽ được đưa tới hệ thống xử lý thông tin ra đa.



Hình 1. *Sơ đồ cấu trúc thuật toán XLTH ra đa.*

Từ thuật toán XLTH ra đa thấy rằng, việc áp dụng KTGM nhờ sử dụng A/D lấy mẫu theo nguyên lý "undersampling" và bộ lọc CIC cho phép giảm quá tải tính toán cũng như tài nguyên thiết bị số (dung lượng bộ nhớ, tốc độ xử lý,...), do đó, tăng hiệu quả xử lý của hệ thống xử lý số tín hiệu ra đa. Những vấn đề liên quan khi sử dụng KTGM là nó ảnh hưởng như thế nào đến mức của các búp phụ sau lọc nén tương quan cũng như khả năng phân biệt mục tiêu theo cự li và vận tốc hướng tâm (tần số Đốp le). Với cách đặt vấn đề như vậy, nội dung của bài báo thực hiện việc khảo sát sự phụ thuộc của mức các búp phụ và độ rộng búp chính của tín hiệu sau lọc nén tương quan vào tham số bộ lọc CIC, làm cơ sở cho việc lựa chọn tham số cấu trúc lọc CIC khi thiết kế hệ thống giải điều chế tín hiệu ra đa.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT BỘ LỌC CIC

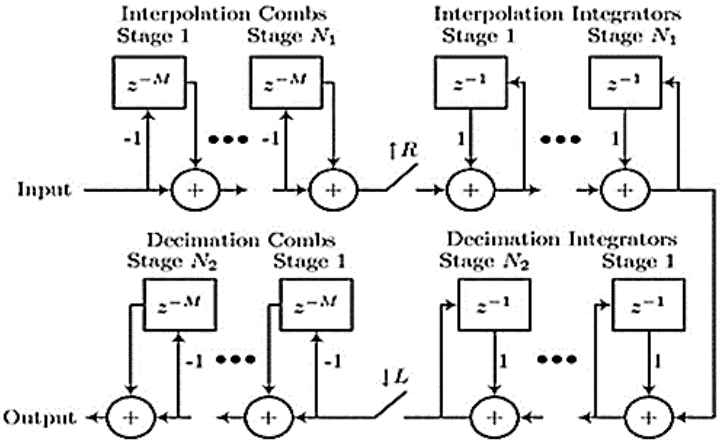
Khối lọc giảm tốc tích phân răng lược CIC đóng vai trò là các bộ lọc thông thấp sau tầng trộn tần nhằm loại bỏ các thành phần tần số không mong muốn sau trộn tần. Ngoài ra, các bộ lọc CIC còn đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống số đa tốc độ (Multirate Digital System) cho phép giảm tốc độ luồng bit số liệu cho phù hợp với đặc tính tín hiệu trong tầng xử lý tiếp theo. Trong các giải pháp đổi tốc độ lấy mẫu đề cập ở [5], chỉ có một số ít giải pháp có tính đến hiệu quả tính toán trong các hệ thống vô tuyến mềm. Các bộ lọc CIC trong [6, 7] thực hiện chức năng đổi tốc một cách hiệu quả do chỉ sử dụng các mô-đun cộng/trừ và thích nghi với các ứng dụng vô tuyến mềm. Cấu trúc bộ lọc CIC có bậc N1 + N2 được thiết kế để thực thi chức năng đổi tốc độ lấy

mẫu với hệ số R/L [4], trong đó N1 và N2 lần lượt là số tầng comb và integrator xếp chồng với nhau trong kiến trúc giảm tốc. Với trường hợp cố định, hiệu năng thực thi của các bộ lọc CIC có thể được cải tiến bằng cách thay đổi bậc bộ lọc để điều chỉnh khả năng triệt nhiễu ảnh và thay đổi độ trễ của các tầng Comb để điều chỉnh băng thông. Trong hệ thống giải điều chế tín hiệu ra đa, việc sử dụng bộ lọc CIC cho phép giảm tốc độ lấy mẫu nhằm tránh quá tải tính toán của hệ thống và giảm được tài nguyên phần cứng. Một ưu điểm nổi bật của bộ lọc CIC là chỉ thực hiện các phép toán cộng và trừ. Song nó ảnh hưởng như thế nào đến chất lượng xử lý tín hiệu ra đa như độ rộng búp chính, mức búp phụ sau bộ lọc nén tương quan cần phải được khảo sát và đánh giá cụ thể vì những yếu tố này liên quan trực tiếp đến khả năng phân biệt mục tiêu và tính đa trị đo cự li (tạo ra các điểm dấu mục tiêu giả) khi mức búp phụ tăng đáng kể. Những vấn đề đặt ra sẽ được giải quyết trong các mục 5 và 6 của bài báo.

Hàm truyền đạt của bộ lọc CIC trong trường hợp giảm mẫu với hệ số R/L bằng các bộ tích phân răng lược xếp chồng như sau [5]:

$$H_m(z)=\frac{(1-Z^{-RM})^{N_1}(1-Z^{-LM})^{N_2}}{(1-Z^{-1})^{N}}=\left(\sum_{k=0}^{RM-1}Z^{-k}\right)^{N_1}\left(\sum_{k=0}^{LM-1}Z^{-k}\right)^{N_2}$$

Trong đó: R là hệ số tăng tốc, L là hệ số giảm tốc, N là bậc của bộ lọc CIC (N = N1 + N2); và M là độ trễ của mỗi tầng Comb.

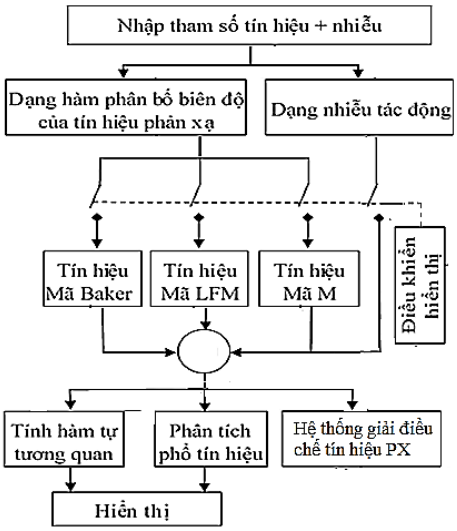


Hình 2. *Bộ lọc CIC đổi tốc bậc N1 + N2.*

4. MÔ HÌNH TÍN HIỆU PHẢN XẠ VỀ TỪ MỤC TIÊU VÀ NHIỄU TẠP ĐẦU VÀO HỆ THỐNG GIẢI ĐIỀU CHẾ TÍN HIỆU RA ĐA

Theo [1], tín hiệu phản xạ từ mục tiêu có thể coi là tổng của các tín hiệu phản xạ từ các vật phản xạ thành phần cấu thành nó. Các tín hiệu phản xạ thành phần có thể coi là những véc tơ độc lập. Do vậy, về hình học, có thể coi tín hiệu phản xạ là tổng véc tơ của các tín hiệu phản xạ thành phần. Như vậy, với mục tiêu cố định, có thể coi véc tơ tổng sẽ là cố định trong không gian biểu diễn. Khi phản xạ về từ nhiễu địa vật, giá trị về biên độ và pha của véc tơ tổng thay đổi không nhiều theo thời gian đối với mỗi phần tử phân biệt. Còn đối với các mục tiêu chuyển động, các giá trị này sẽ thay đổi đáng kể. Dẫn đến hiện tượng thăng giáng tín hiệu ở đầu ra của hệ thống thu tương tự (đầu vào hệ thống xử lý số tín hiệu). Ngoài ra, tác động đến tín hiệu phản xạ còn do thời gian quan sát hạn chế, sự ổn định và hình dạng của giản đồ hướng anten,... Trong nhiều tài liệu, hàm mật độ phân bố xác suất diện tích phản xạ hiệu dụng (DTPXHD) của mục tiêu bay được sử dụng. Theo [1], do tính chất phức tạp và đa dạng của các loại mục tiêu; do các đài ra đa hoạt động ở nhiều dải sóng khác nhau (m, dm, cm v.v.) nên hình ảnh về mục tiêu thông qua tín hiệu phản xạ về cũng rất khác nhau. Để giảm bớt tính chất đa dạng đó, lý thuyết ra đa kinh điển

đã phân tích, tổng hợp chúng thành năm mẫu mục tiêu cụ thể tương ứng với mật độ phân bố xác suất DTPXHD [1]. Theo [3], nếu mật độ phân bố thăng giáng biên độ và pha độc lập với nhau thì phân bố thăng giáng của pha là phân bố đều trong khoảng [0→2π], còn phân bố thăng giáng biên độ tín hiệu theo hàm phân bố Rayleigh. Trong bài báo, chúng tôi trình bày phương pháp mô hình hóa trên máy tính tín hiệu phản xạ về từ mục tiêu theo cách đánh giá này và làm cơ sở dữ liệu để khảo sát sự phụ thuộc của mức búp phụ và độ rộng búp chính tín hiệu sau Mô-đun lọc nén tương quan vào tham số bộ lọc CIC. Sơ đồ cấu trúc thuật toán tạo tín hiệu phản xạ từ mục tiêu và nhiễu tạp máy thu ở đầu vào hệ thống xử lý số tín hiệu ra đa được đưa ra trên hình 3.



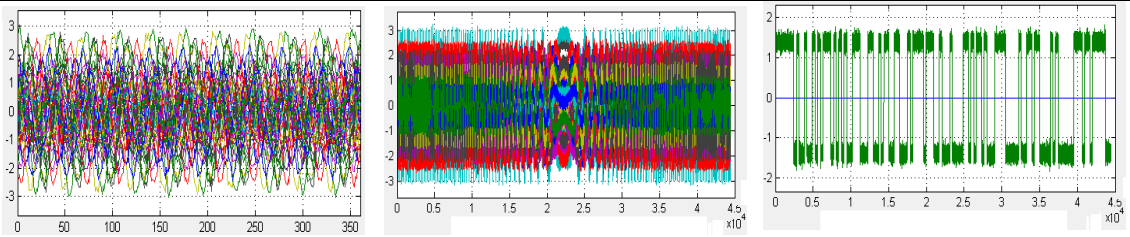
Hình 3. *Sơ đồ cấu trúc thuật toán tạo tín hiệu phản xạ từ mục tiêu và nhiễu tạp máy thu ở đầu vào hệ thống xử lý số tín hiệu ra đa.*

Bằng chương trình phần mềm, chúng tôi xây dựng mô hình tín hiệu phản xạ về từ mục tiêu với hàm phân bố biên độ Rayligh, còn pha phân bố đều trong khoảng [0→2π], các tham số cấu trúc của tín hiệu được trình bày trong bảng 1. Nhiễu nền tác động được giả thiết là nhiễu tạp máy thu - nhiễu tạp trong các linh kiện điện tử của mạch điện dưới tác động của chuyển động nhiệt của các hạt mang điện trong mạch điện, hay còn gọi là tạp âm nhiệt [9], là một quá trình ngẫu nhiên cộng tính với tín hiệu có ích với kì vọng μ và phương sai σ.

Trên hình 4 đưa ra các kết quả xây dựng mô hình tín hiệu phản xạ từ mục tiêu theo sơ đồ cấu trúc được thể hiện trên hình 3 tương ứng với các tham số trong bảng 1, hình 5 là phổ biên tần và hình 6 là hàm tự tương quan của chúng.

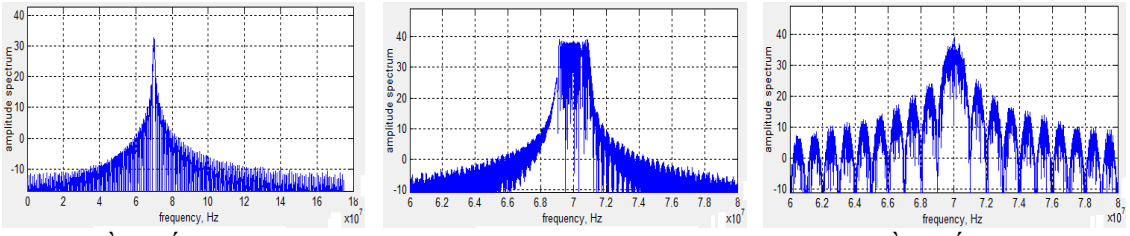
Bảng 1. *Tham số cấu trúc tín hiệu đầu vào hệ thống giải điều chế.*

TT	Tham số	Dạng điều chế trong xung của tín hiệu		
		Mã Baker 13 vị trí	ĐTTT	Mã M
1	Độ rộng xung con, μs	1	-	1
2	Số lượng xung con	13	-	127
3	Độ rộng xung, μs	13	127	127
4	Tần số trung tâm, MHz	70	70	70
5	Dải di tần, MHz	-	1	-
6	Hàm phân bố biên độ	Rayligh	Rayligh	Rayligh
7	Hàm phân bố pha	Đều từ 0-2π	Đều từ 0-2π	Đều từ 0-2π
8	Nhiễu cộng tính (μ=0, σ=0.1)	Tạp trắng	Tạp trắng	Tạp trắng



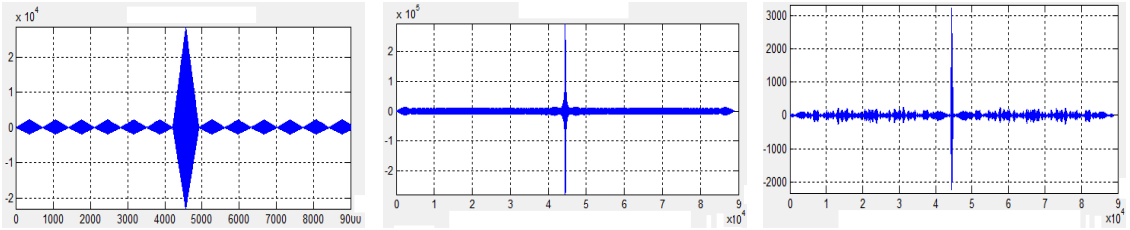
Điều chế mã Baker *Tín hiệu ĐTTT* *Luật điều chế mã M*

Hình 4. *Cấu trúc tín hiệu đầu vào hệ thống giải điều chế.*



Điều chế mã Baker *ĐTTT* *Điều chế mã M*

Hình 5. *Phổ biên tần.*



Điều chế mã Baker *ĐTTT* *Điều chế mã M*

Hình 6. *Hàm tự tương quan.*

5. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT BỘ LỌC CIC TRONG HỆ THỐNG GIẢI ĐIỀU TÍN HIỆU RAĐA TRÊN NỀN NHIỄU TẠP MÁY THU

Mục đích khảo sát là đánh giá sự phụ thuộc của độ rộng búp chính ở mức 0,7 theo biên độ và mức búp phụ của tín hiệu sau mô-đun lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc của bộ lọc CIC khi thực hiện giải điều chế 3 tín hiệu điều chế mã Baker, LFM và mã M.

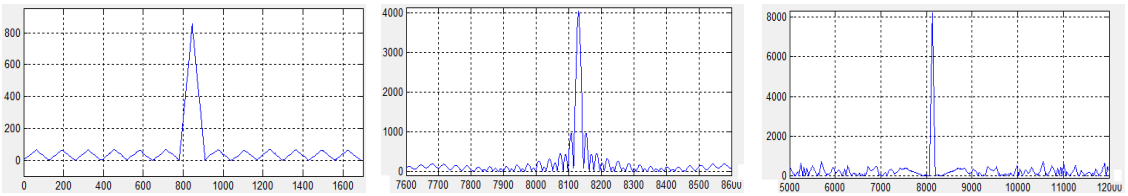
Phương pháp khảo sát tiến hành theo thứ tự các bước như sau: Tạo cơ sở dữ liệu đầu vào hệ thống giải điều chế (phần 4 của bài báo đã trình bày), lựa chọn tham số hệ thống (tần số lấy mẫu của A/D, tham số cấu trúc của bộ lọc CIC) theo bảng 2, thiết lập lưu đồ thuật toán mô tả nguyên lý bộ lọc CIC cũng như thủ tục đánh giá kết quả khảo sát. Các chương trình khảo sát được thực hiện trên các file.m của phần mềm Matlab.

Bảng 2. *Tham số hệ thống để khảo sát.*

TT	$f_{A/D}$, MHz	Tham số bộ lọc CIC			Kết quả (hình vẽ số)
		Hệ số giảm tốc - L	Bậc bộ lọc - N	Độ trễ -M	
1	64	8	1	1	8
2	64	8; 16; 32	1; 6	1; 6	9
3	64	8; 16; 24; 32	1; 6	1; 6	10; 11
4	64	24	1	1	12
5	64	24	1; 6	1; 6	13

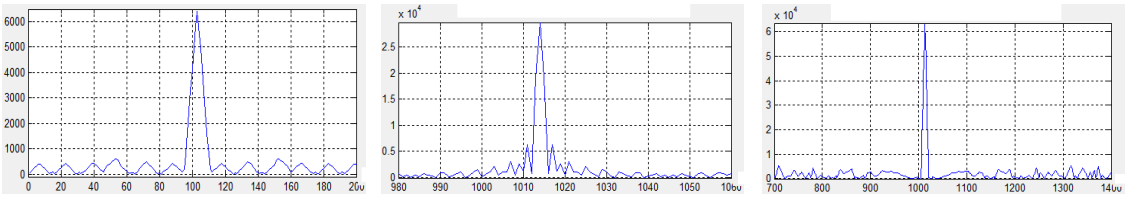
6. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG, KHẢO SÁT

Hình 7 đưa ra kết quả tính hàm tương quan chéo giữa tín hiệu phản xạ và tín hiệu chuẩn ở đầu ra Mô-đun lọc nén khi không sử dụng bộ lọc CIC, hình 8 và hình 9 là kết quả tính hàm tương quan chéo giữa tín hiệu phản xạ và tín hiệu chuẩn ở đầu ra Mô-đun lọc nén tương ứng với các tham số cấu trúc của bộ lọc CIC (bảng 2). Từ kết quả tính này thấy rằng, hình dạng và mức của hàm tương quan chéo thay đổi đáng kể phụ thuộc vào tham số cấu trúc của bộ lọc CIC, đặc biệt là sự thăng giáng biên độ của các búp phụ và vị trí của chúng.



Điều chế mã Baker *Điều chế mã LFM* *Điều chế mã M*

Hình 7. *Tín hiệu đầu ra mô-đun lọc nén tương quan khi thiếu bộ lọc CIC.*

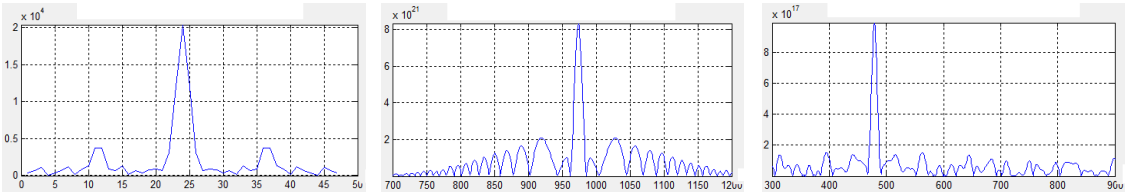


Điều chế mã Baker: *N = 1, L = 8, M = 1*

Điều chế mã LFM: *N = 1, L = 8, M = 1*

Điều chế mã M: *N = 1, L = 8, M = 1*

Hình 8. *Tín hiệu đầu ra mô-đun lọc nén tương quan có sử dụng bộ lọc CIC.*



Điều chế mã Baker: *N = 1, L = 32, M = 1*

Điều chế mã LFM: *N = 6, L = 8, M = 6*

Điều chế mã M: *N = 4, L = 16, M = 6*

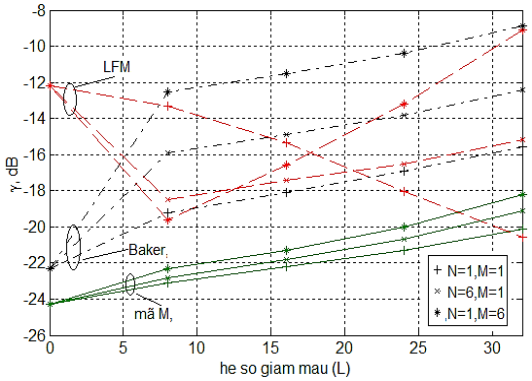
Hình 9. *Tín hiệu đầu ra mô-đun lọc nén tương quan có sử dụng bộ lọc CIC.*

Trên hình 10 và hình 11 mô tả định lượng sự phụ thuộc của mức búp phụ (γ, dB) và độ rộng búp chính (ở mức 0,7 theo biên độ - τ, μs) của tín hiệu ở đầu ra Mô-đun lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc bộ lọc CIC. Trục hoành thể hiện các giá trị của L=8, 16, 24, 32, vị trí 0 tương ứng khi không sử dụng bộ lọc CIC. Kết quả tính toán chỉ ra rằng:

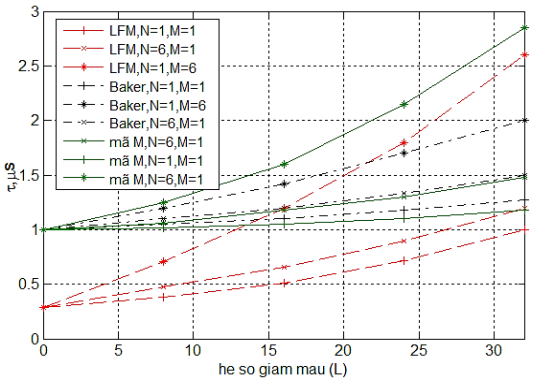
- Việc sử dụng bộ lọc CIC trong hệ thống giải điều chế các tín hiệu điều chế mã Baker, LFM, M sẽ làm tăng độ rộng búp chính tín hiệu đầu ra Mô-đun lọc nén tương quan. Hạn chế này dẫn đến giảm khả năng phân biệt theo cự li của hệ thống ra đa. Tuy nhiên, khi giá trị của $L \leq 16$ có thể chấp nhận được. Sự tăng lên của độ rộng búp chính cũng tỷ lệ với bậc và độ trễ của bộ lọc CIC. Sự lựa chọn hợp lý tương ứng với N=1, M=1 (hình 11).

- Mức búp phụ ở đầu ra mô-đun lọc nén tương quan sẽ tăng gần như tuyến tính với hệ số giảm mẫu L. Khi tăng bậc N và độ trễ M của bộ lọc CIC cũng sẽ dẫn đến sự tăng lớn của mức búp phụ. Ứng với giá trị N=1, M=1 được xem là tốt hơn cả về độ lợi của búp chính so với búp búp phụ (hình 10).

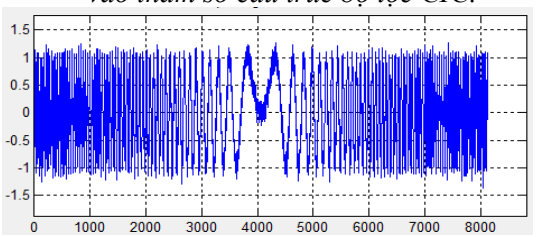
- Riêng với cấu trúc tín hiệu điều chế theo mã LFM có sự khác biệt đáng kể, ứng với N=1, M=1 và L tăng thì mức búp phụ sẽ giảm. Điều này có được là do đường bao của tín hiệu ở đầu ra bộ lọc CIC bị điều chế khác dạng hình chữ nhật (hình 12.b). Trong nghiên cứu [2], tác giả đã đề cập cụ thể vấn đề này. Khi giá trị của N, M tăng sẽ làm gia tăng của mức búp phụ do sự biến dạng tiêu cực của đường bao xung sau bộ lọc CIC (hình 13.a,b).



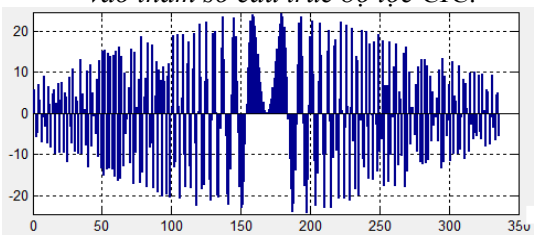
Hình 10. *Sự phụ thuộc của mức búp phụ đầu ra Mô-đun lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc bộ lọc CIC.*



Hình 11. *Sự phụ thuộc của độ rộng xung đầu ra bộ lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc bộ lọc CIC.*

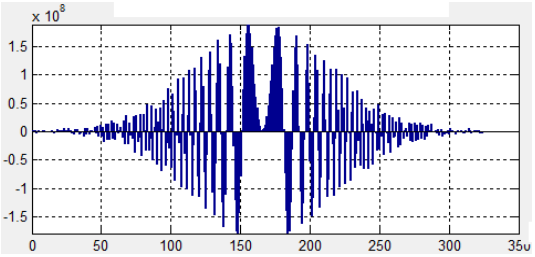


(a) Tín hiệu LFM vào bộ lọc CIC

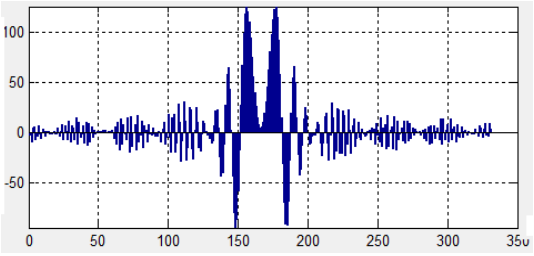


(b) Tín hiệu LFM ra bộ lọc CIC, N = 1, L = 24, M = 1

Hình 12. *Cấu trúc tín hiệu LFM ở đầu vào/ra bộ lọc CIC.*



(a) tín hiệu LFM ra bộ lọc CIC, N = 6, L = 24, M = 1



(b) tín hiệu LFM ra bộ lọc CIC, N = 1, L = 24, M = 6

Hình 13. *Cấu trúc tín hiệu LFM ở đầu ra bộ lọc CIC.*

7. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo đã khảo sát và đánh giá định lượng sự phụ thuộc của độ rộng búp chính (τ) và mức búp phụ (γ) của tín hiệu sau module lọc nén tương quan vào tham số cấu trúc của bộ lọc CIC. Nó chỉ ra rằng, khi thiết kế bộ lọc CIC trong hệ thống giải điều chế các tín hiệu điều chế mã Baker, LFM, mã M cần thiết phải khảo sát sự mở rộng của τ và mức tăng của γ vì nó ảnh hưởng đến khả năng phân biệt theo cự li và là nguyên nhân dẫn đến hiện tượng đa trị đo cự li mục tiêu. Với mô hình tham số cấu trúc của tín hiệu (bảng 1) và tham số hệ thống (bảng 2) đã được lựa

chọn để khảo sát cho thấy khi hệ số giảm mẫu L của bộ lọc CIC tăng từ 8 đến 16 lần thì γ tăng gần như tuyến tính ở khoảng 3 đến 4 dB và tăng từ 4 đến 6 dB so với khi không sử dụng bộ lọc CIC trong trường hợp sử dụng tín hiệu điều chế mã Baker và mã M, còn đối với tín hiệu điều chế mã LFM thì γ giảm đến 8 dB tương ứng bậc N=1 và độ trễ của bộ lọc M=1. Nếu N, M tăng thì γ sẽ tăng. Đối với cả 3 dạng cấu trúc tín hiệu được khảo sát thì giá trị của τ tăng khi L, N, M tăng. Như vậy, sử dụng bộ lọc CIC để giảm quá tải tính toán cho hệ thống xử lý dẫn đến sự thay đổi không có lợi các giá trị γ và τ. Kết quả nghiên cứu của bài báo là cơ sở quan trọng cho việc lựa chọn bộ lọc CIC trong giai đoạn thiết kế hệ thống giải điều chế tín hiệu ra đa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoàng Thọ Tu, "*Cơ sở xây dựng đài ra đa cảnh giới*", Học viện Kỹ thuật Quân sự (2003).

[2]. Bùi Chí Thanh, Phùng Ngọc Anh, "*Phương pháp nâng cao khả năng phát hiện mục tiêu trên nhiễu nền của hệ thống ra đa giám sát*", Công nghệ nghe nhìn và Đa phương tiện trong Chuyển đổi số - REV-ECIT (12/2020).

[3]. А Денисенко: "*Радиолокационный сигналы*", Теоретичесая радиотехника Москва (2005).

[4]. H. Aboushady, Y. Dumonteix, M. M. Loerat, and H. Mehrezz, "*Efficient polyphase decomposition of comb decimation filters in Sigma-Delta analog-to-digital converters",* IEEE Trans. Circuits Syst. II, Analog Digit. Signal Process, **vol. 48**, no. 10 (2001), pp. 898–903.

[5]. R. E. Crochiere and L. R. Rabiner, "*Interpolation and decimation of digital signals-A tutorial review*", Proc. IEEE, **vol. 69** (1981), pp. 300–331.

[6]. E. B. Hogenauer, "*An economical class of digital filters for decimation and interpolation",* IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, **vol. ASSP-29** (1981), pp. 155–162.

[7]. L. Wasserman and A. N. Willson Jr., "*A variable-rate filtering system for digital communications"*, in Proc. ICASSP (1990), pp. 1497–1500.

[8]. Mitra, S., *"Digital Signal Processing, A Computer-Based Approach"*, New York (2011), pp. 885.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL PARAMETERS OF CIC FILTER ON THE SIGNAL CHARACTERISTICS AT THE OUTPUT OF RADAR SIGNAL DEMODULATION SYSTEM

The paper performed the survey and selection of structural parameters of the CIC filter (Cascade Integrator Comb) in the design process of the radar demodulation system on Matlab software. The demodulation system input signal is a reflected pulse signal from the target modulated in 3 forms: Baker code, linear frequency modulation (RF), and M code (spurious signal code or binary encoding). The impact noise is assumed to be white noise. The results of the study and survey give a specific assessment of the dependence of the side beam level and the width of the main beam output signal on the selected frequency band.

Keywords: Signal processing; Demodulation system; Linear frequency modulate; Baker code; Binary encoding; Correlation function; Cascade Integrator Comb filter.

Nhận bài ngày 30 tháng 6 năm 2021
Hoàn thiện ngày 30 tháng 7 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 02 tháng 8 năm 2021

Địa chỉ: [1]Viện Ra đa/Viện KH-CNQS;
[2]Học viện Phòng không – Không quân.
*Email: thanhvch@gmail.com.