

ارائه یک روش جدید در طراحی تقویت کننده HF توسط الگوریتم ژنتیک به کمک پارامترهای سیگنال کوچک ترانزیستور

فرید صمصامی خداداد، ایمان اسمعیل زاده و حامد سالاریان نژاد

مرکز تحقیقات سجاد

faridsamsami@yahoo.com

imanesmaailzadeh@yahoo.com

hamedsalarian@yahoo.com

چکیده: این مقاله به ارائه دو روش طراحی یک تقویت کننده RF اختصاص یافته است. در ابتدا طراحی بر اساس روش کلاسیک و به کمک پارامترهای y سیگنال کوچک عنصر فعال صورت گرفته که عنصر فعال ترانزیستور BFS17 از رده ترانزیستورهای RF شرکت Philips می باشد. در مرحله بعد، روش جدیدی برای طراحی تقویت کننده HF توسط الگوریتم ژنتیک ارائه شده است و در نهایت نتایج حاصله با نتایج قبلی بوسیله شبیه سازی مقایسه شده است و صحت طراحی ها به کمک این نرم افزار تأیید گردیده است. هدف اصلی مقاله ارائه یک راهکار جدید برای طراحی تقویت کننده RF در باند فرکانسی HF و VHF توسط الگوریتم ژنتیک می باشد. کلید واژه- تقویت کننده RF^۱، الگوریتم ژنتیک، طراحی با نویز کم، بهینه سازی مقید^۲.

مقدمه

کم شود مقاومت منبع را برابر میزان بهینه مقاومت که از مشخصات ترانزیستور است در نظر می گیریم. این انتخاب سبب می شود انتخاب خود را در مورد بهره از دست بدهیم. لازم به ذکر است که به کمک الگوریتم ارائه شده می توان برای هر گونه محدودیت عملی نیز یک تابع جریمه تعریف کرد. برای مثال ممکن است مقادیر سلف ها و خازن ها در طراحی عملی بدست نیابند اگر به روش کلاسیک عمل شده باشد چون نمی توان قبل از رسیدن به جواب حدس درستی از مقادیر این قطعات داشت این امکان وجود ندارد که به مقادیر عملی برسیم. اما به کمک این الگوریتم این امکان وجود دارد که قبل از رسیدن به جواب نهایی تابع جریمه را طوری تعیین کرد که مقادیر الزامات مقادیر عملی بدست آیند. به کمک این روش می توان برای هر طبقه از مدار با هر میزان اهمیتی که به بهره، نویز، راندمان و... داده می شود مدار را برای بهینه ترین نقطه طراحی کرد.[1,2]

۱- تعیین پارامترهای مدار:

یک گیرنده رادیویی برای اخذ اطلاعات همراه سیگنال ضعیف حامل که از آنتن گرفته می شود. چند دسته تقویت کننده نیاز دارد که در گستره های مختلف فرکانسی کار کنند، این تقویت کننده ها توسط مدارهای تغییر دهنده فرکانس (مخلوط کننده^۳، مبدل^۴، آشکار ساز^۵) از هم جدا می شوند. در این تحقیق طراحی این تقویت کننده ها در باند فرکانسی HF بررسی شده است. در این مقاله روش طراحی بر پایه پارامترهای y سیگنال کوچک عنصر فعال استوار است. زیرا در حال حاضر این پارامترها موجودند و می توان آنها را بر اساس داده های موجود در برگه های اطلاعات ترانزیستورهای HF-VHF محاسبه کرد.

در طراحی مدارهای مخابراتی با مسائل مختلفی مواجه هستیم و بسته به اینکه چه طبقه ای طراحی می شود باید مسائل بسیاری را در نظر داشت. روش های کلاسیک در طراحی تنها قادر به بهینه کردن یک یا چند پارامتر می باشند. برای مثال در طراحی LNA^۶ برای اینکه نویز

نویز بر افزایش بهره ترجیح داده شده است. با در نظر گرفتن ضریب کیفیت مدار (Q) برابر 50 (ضریب کیفیت یک مدار تقویت کننده RF در رنج 10 تا 100 می باشد) طبق رابطه (۴) پهنای باند A ۸۰۰ KHz به دست می آید.

$$BW = \frac{f_o}{Q} \quad (۴)$$

برای طراحی مدارات تطبیق نیاز به قسمت موهومی ادمیتانس بار (B_L) و ادمیتانس منبع (B_S) نیز داریم. برای بدست آوردن این دو مقدار از الگوریتم تکرار و بر مبنای روابط (۵) و (۶) استفاده می کنیم. [2]

$$B_S = -\text{Im}[Y_1] \quad (۵)$$

$$BW = -\text{Im}[Y_2] \quad (۶)$$

۲- الگوریتم ژنتیک :

هدف از این واحد در طراحی بهینه سازی مدارهای جانبی عنصر اکتیو به گونه ای است که با توجه به اهمیتی که به هر خروجی (مثلا بهره)، داده می شود ضمن تضمین این که پارامتر مربوطه حد مطلوب را دارد مدار را از نظر سایر مسائل (مثلا نویز و راندمان) به بهینه ترین حالت برساند.

در این قسمت پس از اینکه پارامترهای سیگنال کوچک ترانزیستور برای الگوریتم معرفی شد باید اطلاعاتی نظیر اینکه بهره مطلوب چقدر است یا اینکه عدد نویز تا چه حدی می تواند مجاز باشد به الگوریتم معرفی کرد. پس از این که این مقادیر وارد شد باید پیکربندی الگوریتم مشخص شود. به طور کلی الگوریتم ژنتیک شامل ۳ عملگر است که کار هر یک به انضمام ملاحظات مربوط به تنظیمات خاصی که برای این طراحی نیاز است در ادامه بررسی می شود.

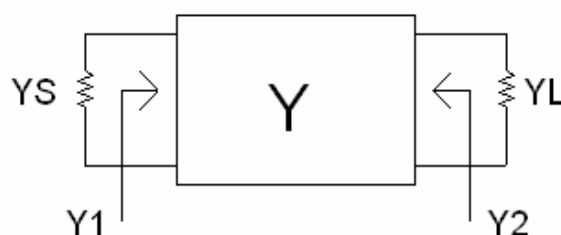
۲-۱- عملگر انتخاب:

این عملگر مسئولیت دارد تا با اعمال نوعی فشار به هر نسل از جواب ها اعضای قوی تر جامعه را برای تولید مثل هایی با برازندگی قوی تر انتخاب کند.

یک راه ساده می تواند به این صورت باشد که در هر نسل جوابهایی که برازندگی بیشتری دارند حفظ کرد و نیمه ای که پاسخ چندان خوبی ندارند را دور ریخت. این روش یک اشکال دارد و آن این که اگر در حدس اولیه نقطه ای

در طراحی انجام شده ، $I_c = 2\text{mA}$ ، $V_{ce} = 10\text{V}$ و $f_o = 40\text{MHz}$ می باشد که از برگه اطلاعات ترانزیستور بدست آمده و ضریب کیفیت برابر 50 در نظر گرفته شده است. [3]

در روش کلاسیک برای کاهش نویز $G_S = (R_{\text{optimum}})^{-1}$ (قسمت حقیقی ادمیتانس منبع) در نظر گرفته شده است و از G_L (قسمت حقیقی ادمیتانس بار) نیز برای پایدار سازی در ضریب اشتراک ۴ استفاده شده است. در شکل ۱ بلوک دیاگرام یک تقویت کننده که توسط پارامترهای Y مدل شده است، مشاهده می شود.



شکل ۱: بلوک دیاگرام یک تقویت کننده

برای شکل فوق ضریب اشتراک و عدد نویز به صورت زیر محاسبه می شود:

$$K = \frac{2(g_i + G_S)(g_o + G_L)}{(y_f y_r) + \text{Re}(y_f y_r)} \quad (۱)$$

$$NF = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = 1 + \frac{P_{ne}}{GP_{ni}} \quad (۲)$$

$$NF = NF_1 - \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots \quad (۳)$$

که در روابط بالا G_S, G_L, P_{ni}, P_{ne} و NF ها به ترتیب قسمت حقیقی امپدانس منبع، قسمت حقیقی امپدانس بار، توان نویز ایجاد شده توسط عنصر فعال، توان نویز ورودی و نویز طبقات مختلف می باشند (نویز طبقات دوم به بعد عملاً تاثیری در محاسبات نویز ندارند).

(توجه شود که استفاده از معیار اشتراک بعد از پایداری، تنها امکان کاهش نویز با انتخاب G_S و یا ، افزایش بهره با انتخاب G_L را به طراح خواهد داد.) [2]

در این جا به دلیل استفاده از G_L برای پایدار سازی، بهره را از دست داده ایم زیرا افزایش k ، افزایش G_L و کاهش بهره را به همراه خواهد داشت. در واقع در این طراحی کاهش

هر رشته اعمال شده و با احتمال جهش آن بیت تغییر می کند (اگر صفر بوده یک و اگر یک بوده صفر می شود) اگر احتمال جهش خیلی کوچک انتخاب شود ممکن است الگوریتم به سمت اکسترمم های محلی پیش رود و اگر خیلی زیاد در نظر گرفته شود ممکن است اصلا الگوریتم همگرا نشود. [4,5]

۳-۲- سایر نکات مربوط به تنظیمات :

یکی از نکات بسیار مهم مساله جمعیت اولیه^{۱۳} است. اگر در ابتدا نسل ها خیلی بزرگ انتخاب شود مسلما الگوریتم عملکرد مطلوب تری خواهد داشت اما بهای آن از دست دادن سرعت همگرایی است، چون در هر نسل تعداد نقاط بیشتری باید بررسی شوند. [6] در این مقاله جمعیت اولیه ۴۰۰۰ نمونه در نظر گرفته شده است. با این میزان مشاهده شد که الگوریتم هم دقت و هم سرعت خوبی دارد. نکته بسیار حائز اهمیت دیگر مسائل مربوط به توابع جریمه^{۱۴} است در مهندسی با مسائل بهینه سازی مقید سر و کار داریم مثلا در این مقاله همواره مهم است ضریب اشترن مثلا از ۴ کمتر نباشد یا برای مثال عدد نویز برای LNA بیشتر از ۱,۸ نباشد. برای اینکه اعدادی که الگوریتم تولید می کند در این محدوده ها واقع نشوند باید از توابع جریمه استفاده کنیم .

یک راه ساده ولی نه چندان مناسب این است که به الگوریتم گفته شود که جوابهایی را که شرط های لازمه را ندارند از نسل حذف و از گردونه خارج کند. این کار سبب می شود اگر یک جواب خوب در حوالی جوابهایی که شرط را رعایت نمی کنند قرار داشته باشد شانس انتخاب ناچیزی بیابد چه بسا که آن جواب همان اکسترمم مطلق مورد نظر باشد.

مساله مطرح شده در این طراحی بسیار رخ می دهد. دو راه حل برای این مشکل وجود دارد یکی اینکه نسل اولیه خیلی بزرگ انتخاب شود آن وقت نقاط مجاور بیشتری در نظر گرفته می شوند. ولی همان طور که پیشتر بحث شد سرعت پایین می آید.

راه بهتر آن است که توابعی در نظر بگیریم که به تناسب میزان قابل قبول نبودن جواب به برازندگی بیافزاید (اگر به دنبال ماکزیمم کردن تابع باشیم باید از برازندگی کم کنیم). در این مقاله نیز از این روش استفاده شده است.

انتخاب شود که در ناحیه خوبی از جوابهای مورد نظر قرارگیرد ولی خود آن نقطه برازندگی کوچکی داشته باشد در این صورت تمامی نقاط نزدیک آن نقطه که ممکن است جواب مسئله باشند حذف می شوند.

در حل مساله طراحی مدار مخابراتی بسیار با مواردی نظیر آنچه گفته شد مواجه هستیم. برای حل این مساله می توان درصدی از جوابهای بد را نیز به نسل بعد فرستاد. در این مقاله از عملگر انتخاب چرخ رولت استفاده شده است که به این شکل عمل می کند که تمامی جوابها را روی یک دیسک قرار می دهد و هر جواب در سکتوری قرار می گیرد که مساحت آن با میزان برازندگی آن جواب متناسب است و سپس دیسک به یک اندازه تصادفی چرخانده می شود و محل ایستادن دیسک، پاسخی است که به نسل بعد می رود.

سپس هر یک از جوابها به صورت یک رشته باینری در آمده و به عملگر های برش و جهش سپرده می شود. [4]

۲-۲- عملگر برش (پیوند)^{۱۱} :

این عملگر به اعضای که توسط عملگر انتخاب، به نسل بعد منتقل شده اند این اجازه را می دهد تا عمل تولید نسل را انجام دهند. تولید مثل اینگونه صورت می گیرد :

یک عدد در حدود ۰,۶ یا ۰,۸ به عنوان احتمال برش در نظر گرفته می شود. سپس عددی تصادفی بین صفر و یک تولید می شود اگر این عدد از احتمال برش کمتر بود برش روی دو رشته از جوابها صورت می گیرد در غیر این صورت خود رشته به مرحله بعد می رود.

ممکن است در بعضی کاربردها برش از دو یا چند نقطه صورت گیرد. در این مقاله برش از یک نقطه صورت گرفته است. [4,5]

۳-۲- عملگر جهش^{۱۲} :

این عملگر برای این موضوع مورد استفاده قرار می گیرد که تنوع ژنتیکی در نسل ها حفظ شود و به سمت نقاط اکسترمم محلی سرازیر نشویم. این عملگر چنین عملکردی دارد:

ابتدا باید پارامتر احتمال جهش تعیین شود که معمولا عدد کوچکی در رنج ۰,۰۰۵ است سپس این عملگر به بیتهای

در شکل (۳) مدار طراحی شده RF (به روش کلاسیک) مشاهده می شود.

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می شود فرکانس مرکزی تقویت کننده، 39.995Hz و پهنای باند 634KHz، بدست آمده است که به مقادیر تئوری بسیار نزدیک می باشد. بهره تقویت کننده 7.5604 می باشد که بهره کمی است.

مقدار متوسط ولتاژ نویز خروجی که در شکل (۵) می توان آن را مشاهده کرد، 7.913nV می باشد (این نویز ناشی از عناصر داخلی بلاک RF می باشد، عبارتی این ولتاژ نویز، نویز داخلی سیستم است) که بسیار ناچیز است. در آخر عدد نویز طبق روابط ذکر شده برابر 1.3 بدست می آید.

در شکل شبیه سازی (۶) مدار طراحی شده RF به روش الگوریتم ژنتیک مشاهده می شود. همانطور که در شکل (۷) مشاهده می شود فرکانس مرکزی تقویت کننده، 40.022MHz و پهنای باند 698KHz، بدست آمده است. بهره تقویت کننده 8.444 می باشد که در قیاس با مقدار قبلی اندکی بیشتر شده است.

مقدار متوسط ولتاژ نویز خروجی که در شکل (۸) می توان آن را مشاهده کرد، 9.098nV می باشد. عدد نویز برای این تقویت کننده برابر 1.34 بدست می آید

۵- نتیجه گیری :

همان گونه که در شبیه سازی مشاهده می شود طراحی بر اساس الگوریتم ژنتیک این امکان را ایجاد می کند که به نقاطی بر اساس هر نوع خواسته طراحی دست پیدا کنیم که در روش های کلاسیک به آنها دسترسی نداریم در این مقاله یک ضریب اهمیت به گین و یک ضریب اهمیت نیز به عدد نویز داده شد در ضمن یک عدد نویز فرضی برای طبقه دوم در نظر گرفته شد واضح است هرچه این عدد نویز بیشتر باشد عنصر اکتیو مربوطه می تواند از رده عناصر ارزان تر انتخاب گردد. در این جا عدد نویز طبقه دوم برابر 6 در نظر گرفته شده است.

نتیجه نهایی این است که عدد نویز کل همان گونه که در رابطه (۳) مشاهده می شود برای شبیه سازی مدار طراحی شده به روش کلاسیک تقریباً برابر 1.97 و برای شبیه سازی مدار طراحی شده به روش الگوریتم ژنتیک تقریباً برابر 1.92 بدست می آید که بیان گر این مطلب است که در طراحی

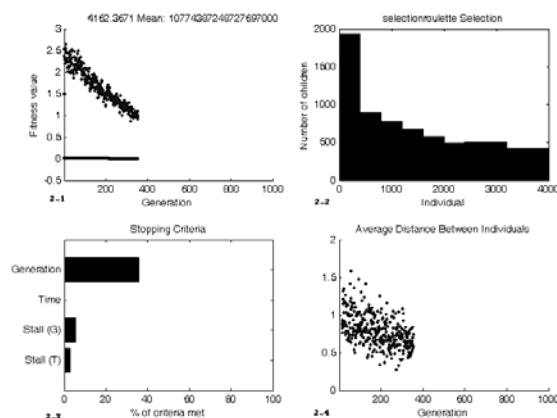
آخرین مساله شرط پایان الگوریتم است برای مثال اینکه چند نسل باید از شروع الگوریتم بگذرد تا الگوریتم پایان یابد. در این مقاله شرط پایان سپری شدن ۱۰۰۰ نسل می باشد [6].

۳- روش پیاده سازی الگوریتم :

در این مقاله از جعبه ابزار الگوریتم ژنتیک MATLAB استفاده شده است. این جعبه ابزار این امکان را به کاربر می دهد که یک تابع را به عنوان ورودی الگوریتم وارد کند در نهایت نتیجه کار نیز نقطه ای خواهد بود که اگر به تابع اعمال شود خروجی تابع مینیمم می گردد.

بعد از وارد کردن تابع باید تعداد متغیرهای ورودی تابع را برای الگوریتم مشخص کرد و پارامترهای مربوط به الگوریتم را همان گونه که در بالا بحث شد یکی یکی تنظیم کرد.

در شکل ۲ نتیجه طراحی مشاهده می شود.



شکل ۱-۲) میزان برازندگی در طول هر نسل

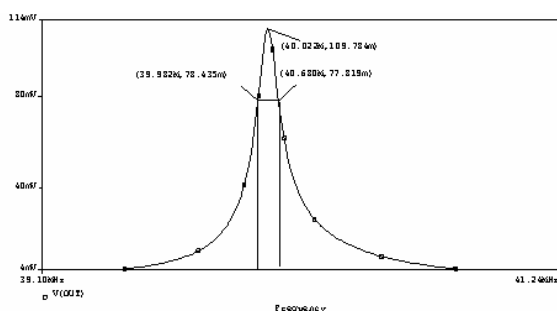
شکل ۲-۲) نحوه کارکرد عملگر انتخاب

شکل ۳-۲) زمان خاتمه الگوریتم به پایان

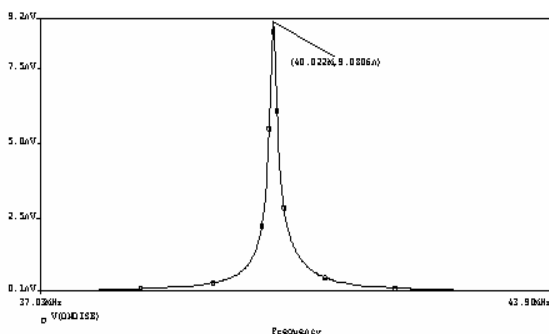
شکل ۴-۲) میانگین فاصله نقاط در هر نسل

۴- شبیه سازی :

پس از آنکه مدار بر طبق دو روش ارائه شده طراحی گردید، برای مقایسه طراحی ها توسط شبیه ساز Pspice، شبیه سازی می شوند. نتایج این شبیه سازی در غالب چند نمودار در پایان آورده شده اند.



شکل (۷): پهنای باند مدار (689KHz) فرکانس مرکزی (40.022MHz)



شکل (۸): متوسط ولتاژ نویز کل مدار در خروجی (بار R_L)

سپاسگذاری

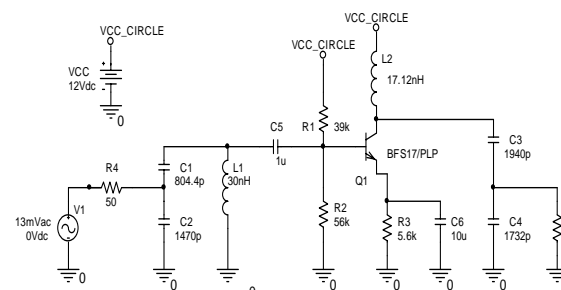
لازم است از راهنمایی‌های جناب آقای دکتر خلیل مافی نژاد و حمایت‌های مرکز تحقیقات سجاد قدرانی شود.

مراجع

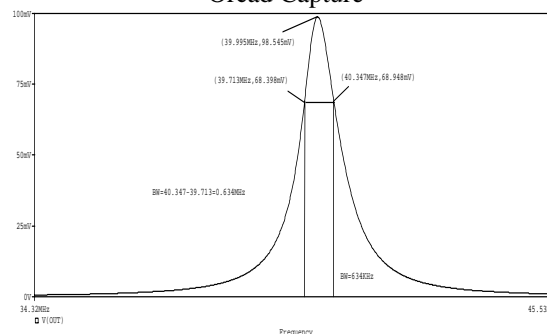
- [1] A.S.Sedra and k.C.Smith, "Microelectronic circuits", oxford university press, NewYork, 1998.
- [2] H.L.krauss and F.H.Laab and C.W. Bostin, "solid state radio engineering", Wiley press, New York 1986.
- [3] www.philips.com

- [4] Coley D.A., "An Introduction to genetic Algorithms for scientists and engineers", word scientific, 2000
- [5] Goldberg D.E., "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning", Addison Wesley Longman Inc., 1997

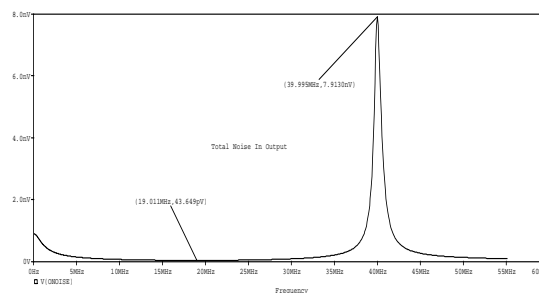
به کمک الگوریتم ژنتیک این امکان وجود دارد که قبل از شبیه سازی مدار را طوری کرد که عدد نویز کل بهینه شود. در نهایت باید ذکر شود که این الگوریتم برای هر نوع تقویت کننده با هر شرایطی قادر خواهد بود بهینه ترین حالت ممکن را ارائه دهد.



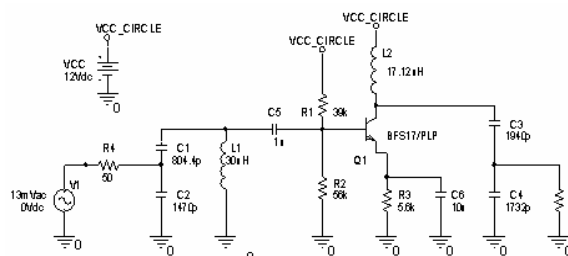
شکل (۳): مدار طراحی شده RF (به روش کلاسیک) توسط شبیه ساز Orcad Capture



شکل (۴): پهنای باند مدار (634KHz) فرکانس مرکزی (39.995MHz)



شکل (۵): متوسط ولتاژ نویز کل مدار در خروجی (بار R_L)



شکل (۶): مدار طراحی شده RF (به روش الگوریتم ژنتیک) توسط شبیه ساز Orcad Capture



[6] Homaifar, A., Lai, SH, & Qi, X..
“Constrained optimization via genetic
algorithms”. Simulation, 62 (4), 242-254,1994

پی نوشت ها

- 1-RF amplifier
- 2-Constrained optimization
- 3-Mixer
- 4-Convertor
- 5-Detector
- 6-High Frequency, Very High Frequency
- 7-Low Noise amplifier
- 8-Quality factor
- 9-Band Width
- 10-Selection operator
- 11-Cross over operator
- 12-Mutation operator
- 13-Initial population
- 14-Penalty function