

MỤC LỤC

MỤC LỤC	1
DANH SÁCH HÌNH VẼ.....	2
1. Yêu cầu tính toán	3
1.2.1 Tín hiệu GPS	3
1.2.2 Tín hiệu GALILEO.....	4
1.2.3 Sự tương thích giữa tín hiệu GPS và GALILEO	6
2 Hệ số tạp âm của mạch	8
2.1 Tính toán điều chỉnh độ phối hợp trở kháng đầu vào	8
2.2 Thiết lập đồ thị Smith	8
2.3 Đơn giản mạch.....	9
2.4 Hiệu chỉnh cuộn dây phối hợp.....	10
3 Mô phỏng tín hiệu không tuyến tính.....	11
3.1 Hiệu chỉnh tham số	11
3.2 Hiệu chỉnh trở kháng đầu vào.....	12
3.3 Sơ đồ mạch cuối cùng.....	13
3.4 So sánh tín hiệu vào/ra.....	14
KẾT LUẬN	16
TÀI LIỆU THAM KHẢO	17

DANH SÁCH HÌNH VẼ

Hình 1. Phổ tín hiệu GPS	3
Hình 2. Phổ tín hiệu GALILEO	5
Hình 3. Sự chiếm giữ dải tần số của tín hiệu đã được lựa chọn của GPS và GALILEO....	6
Hình 4. Hệ số tạp âm tối thiểu NFmin.....	8
Hình 5. Mạch sử dụng đồ thị Smith để phối hợp trở kháng đầu vào	9
Hình 6. Mạch sau khi chuyển tụ về phía gần nguồn	10
Hình 7. Sử dụng Tuning tool để điều chỉnh độ dài cuộn dây phối hợp.....	11
Hình 8. Giao diện điều chỉnh thông số trong Var.....	12
Hình 9. Các thông số trên HB	12
Hình 10. Nguồn miền tần số.....	13
Hình 11. Mạch mô phỏng miền tần số	13
Hình 12. Giao diện đánh dấu Vin và Vout	14
Hình 13. Vin và Vout	15

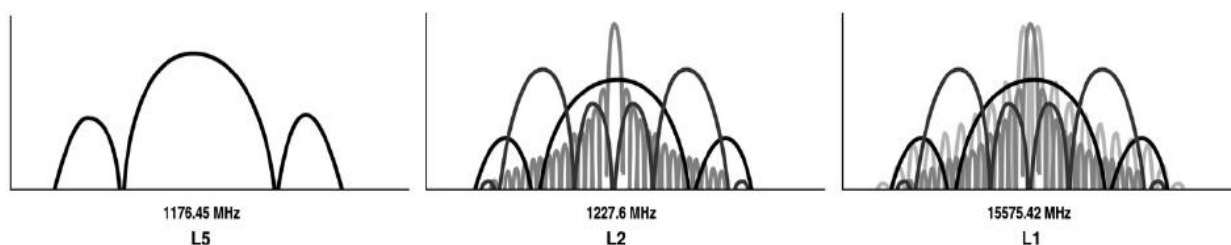
1. Yêu cầu tính toán

LNA (Low Noise Amplifier) là một mạch khuếch đại tạp âm thấp, được thiết kế ngay sau anten của máy thu tín hiệu vệ tinh. Chức năng của mạch khuếch đại tạp âm thấp là khuếch đại biên độ của tín hiệu sau khi thu được từ anten. Đó là một tín hiệu có điện áp nhỏ, ở tần số cao, sau khi đi qua LNA sẽ được tăng biên độ tín hiệu và cả nhiễu.

Chuyên đề yêu cầu thực hiện “Nghiên cứu tính toán hệ số tạp âm cho bộ khuếch đại”. Theo như cơ sở lý thuyết như ở chuyên đề 1, và chuyên đề 7 về cái nhìn tổng quan bộ khuếch đại tạp âm thấp cho ứng dụng máy thu tín hiệu GNSS băng hẹp hoạt động ở dải băng tần L1.

1.2.1 Tín hiệu GPS

Tín hiệu GPS được truyền ở 2 tần số trên băng UHF từ tần số cơ bản $f_0=10,23\text{MHz}$. Hai tần số truyền tín hiệu của GPS là $L1=154f_0=1575,42\text{ MHz}$ và $L2=120f_0=1227.60\text{ MHz}$.



Hình 1. Phổ tín hiệu GPS

Tín hiệu GPS gồm 3 thành phần là: dữ liệu định vị, sóng mang và mã trải phổ:

- Dữ liệu định vị: chứa các thông tin về vệ tinh, thông tin này được chuyển tới các vệ tinh khác nhờ trạm điều khiển ở mặt đất.

- Mã trải phổ: trải rộng phổ của tín hiệu gửi đi (làm cho tín hiệu trông như nhiễu, có tác dụng bảo mật và chống nhiễu). Mỗi vệ tinh trong hệ thống GPS có 2 mã trải phổ khác nhau: C/A code và P code. C/A code là 1 chuỗi gồm 1023 chip, với tốc độ 1,023 MHz. P code dài hơn, xấp xỉ $2,35 \times 10^4$ chip, với tốc độ gấp 10 lần C/A code. C/A code chỉ được điều chế trên tín hiệu L1 còn P code được điều chế trên cả L1 và L2.

- Sóng mang: sử dụng tần số L1 và L2 điều chế dữ liệu định vị (sau khi nhân với mã trải phổ) và truyền đi.

Quy trình tạo tín hiệu:

- Bộ giới hạn (limiter): ổn định tín hiệu trước khi nhân với mã P(Y) và C/A.
- Bộ tạo dữ liệu (Data generator): tạo dữ liệu định vị.
- Các bộ tạo mã (Code generators): tạo các mã P(Y) và C/A.

Dữ liệu định vị (data) được cộng module với 2 mã P(Y) và C/A.

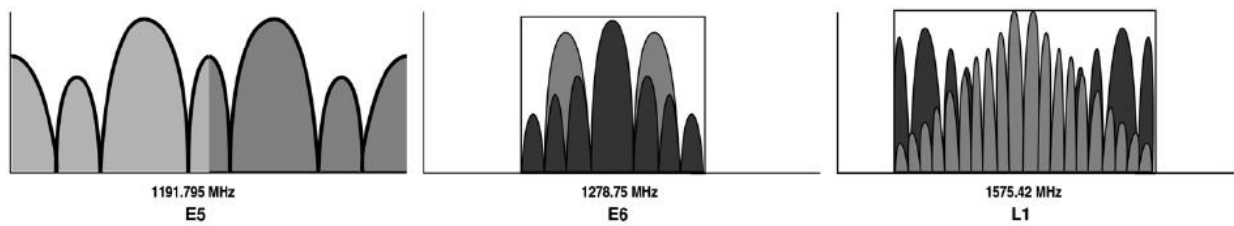
Tín hiệu C/A code xor data và P(Y) code xor data được đưa vào 2 bộ điều chế pha nhị phân, sử dụng tần số L1 nhưng lệch pha 90° . Sau khi thành phần tín hiệu chứa mã P(Y) được giảm biên độ đi 3dB, 2 thành phần tín hiệu sau điều chế được cộng với nhau để thu được tín hiệu L1.

Mã C/A được sử dụng phải thỏa mãn 2 tính chất quan trọng:

- Gần như không tương quan chéo với mã C/A của các vệ tinh khác.
- Gần như không tự tương quan (trừ trường hợp độ trễ bằng 0).

1.2.2 Tín hiệu GALILEO

Tín hiệu Galileo được thiết kế để khắc phục một số nhược điểm của tín hiệu GPS, đáp ứng yêu cầu thu tín hiệu trong những điều kiện mà GPS không thu được (trong rừng, trong nhà ...). Tín hiệu L1 OS của Galileo được truyền với tần số 1575.42 MHz, gồm 3 kênh A (kênh hạn chế, dữ liệu được mã hóa), B (kênh dữ liệu public) và C (kênh pilot).



Hình 2. Phổ tín hiệu GALILEO

Mã trải phổ cho L1 OS dài 4092 chip, tốc độ 1,023 MHz, chu kỳ 4 ms. Kênh pilot sử dụng thêm mã trải phổ thứ cấp dài 25 chip, do đó chu kỳ toàn mã là 100ms, Kênh A và B chỉ sử dụng mã trải phổ sơ cấp.

Với L1 OS của Galileo ta có độ rộng băng tần là $40 \times 1,023 = 40,92$ MHz. Năng lượng tối thiểu để có thể nhận được tín hiệu L1 OS là -157 dBW. Ranging code rate của các kênh trong Galileo L1 OS signal:

$$RC, L1-A = 2,5 * 1,023 \text{ Mchip/s}$$

$$RC, L1-B = RC, L1-C = 1,023 \text{ Mchip/s}$$

Từ đó ta có độ dài 1 chip của ranging code:

$$TC, L1-B = TC, L1-C = 1/1,023 \text{ Mchip/s} = 977,5 \text{ ns}$$

Chip rate lớn mang lại độ phân dải tốt hơn và giảm lượng tương quan chéo giữa tín hiệu của các vệ tinh và giữa tín hiệu của 1 vệ tinh trong các thời điểm tuy nhiên việc tăng độ dài chip cũng làm tăng thời gian xử lý dữ liệu.

Tương tự với GPS tín hiệu L1 OS của Galileo cũng được chia thành 2 thành phần I và Q. Tín hiệu được tạo ra để truyền đi ở baseband có dạng như sau:

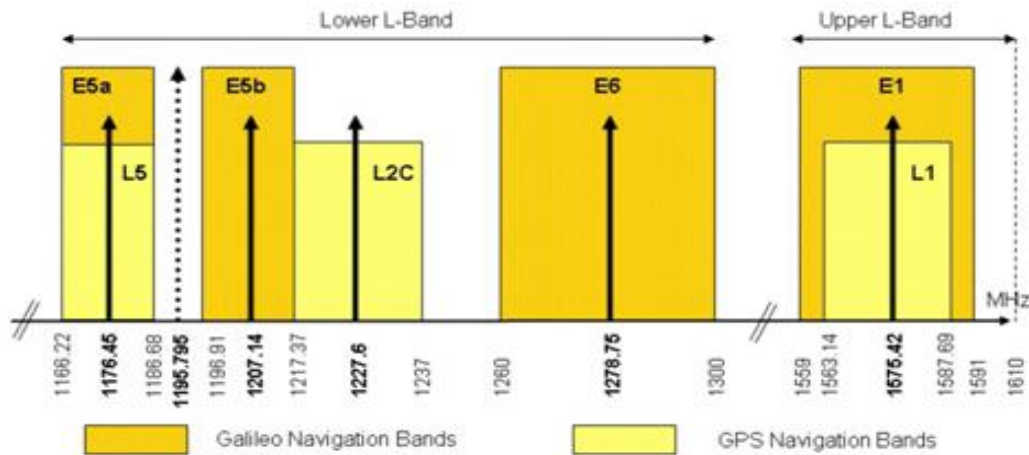
$$s(t) = s_{L1-I}(t) + js_{L1-Q}(t) \quad (1)$$

Sau khi xử lý và thêm vào sóng mang của L1 OS ta có tín hiệu được truyền đi từ vệ tinh:

$$s_{L1}(t) = \sqrt{2P_{L1}}(s_{L1-1}(t) \cos(2\pi f_{L1}t) - s_{L1-Q}(t) \sin(2\pi f_{L1}t)) \quad (2)$$

1.2.3 Sự tương thích giữa tín hiệu GPS và GALILEO

Qua hai phần vừa trình bày ở trên, ta thấy được sự tương thích của hai tín hiệu GPS và GALILEO.



Hình 3. Sự chiếm giữ dải tần số của tín hiệu đã được lựa chọn của GPS và GALILEO

Qua hình 3 ta thấy có sự chung tần số trung tâm giữa băng tần L1 ở GPS và E1 ở GALILEO cũng như L5 ở GPS và E5a ở GALILEO. Rõ ràng với việc sử dụng chung tần số ở hai hệ thống sẽ khiến cho các bộ thu định vị ngày càng phức tạp hơn. Các bộ thu sẽ phải thu nhận và phân tách được hai loại tín hiệu cùng trên một kênh truyền. Ta có thể xây dựng bộ thu định vị cho hai cặp băng tần có cùng tần số trung tâm lần lượt là L1, E1 có $f_c = 1575,42$ MHz và L5, E5a có $f_c = 1176,45$ MHz. Ở đồ án này ta sẽ xây dựng bộ thu xử lý cặp băng tần L1, E1 có cùng $f_c = 1575,42$ MHz. Các dịch vụ phục vụ cho mục đích dân sự của hai hệ thống GPS và GALILEO đều nằm ở hai băng tần này.

Như ta đã thấy, tín hiệu sau khi được thu về từ anten là một tín hiệu có mức điện áp thấp ở tần số cao. Do vậy, mạch khuếch đại tạp âm thấp (LNA) có nhiệm vụ khuếch đại

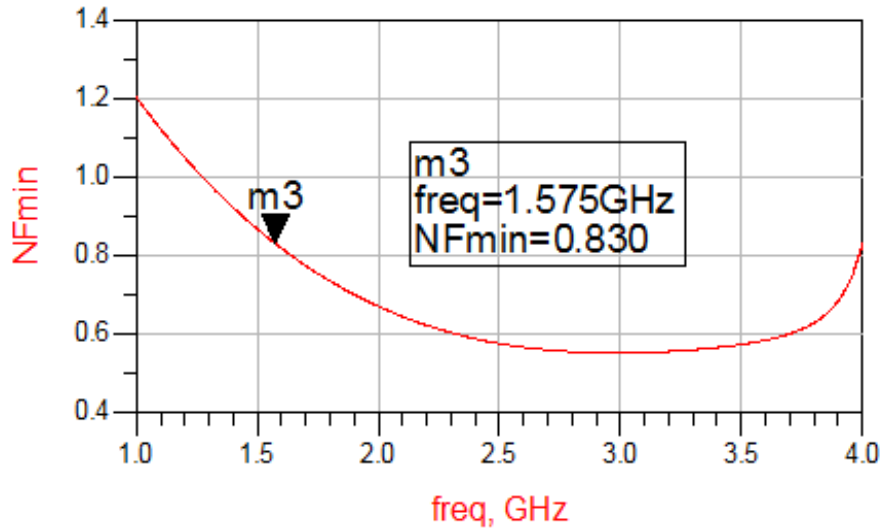
biên độ của tín hiệu thu được. Mạch khuếch đại trên thực tế không thể lí tưởng được nên ngoài việc khuếch đại tín hiệu nó còn khuếch đại cả nhiễu. Nhiệm vụ của chuyên đề trở nên khó khăn hơn khi thiết kế mạch LNA có tính đến tác động của nhiễu, phối hợp trở kháng hai đầu và quan trọng là mạch làm việc với tín hiệu ở tần số vô tuyến.

Khi thiết kế mạch khuếch đại tạp âm thấp, cần phải chú ý đến một số thông số quan trọng như:

- **Hệ số tạp âm** (Low noise figure - NF). Yêu cầu $NF < 1dB$.
- **Hệ số khuếch đại** vừa đủ lớn. Vì nếu hệ số khuếch đại càng lớn thì đặc tính tuyến tính của mạch sẽ càng giảm.
- Dải tần số là băng hẹp với tần số trong khoảng $1559 \div 1591$ MHz.
- **Độ tuyến tính** (hay **độ ổn định**) của mạch phải tốt.
- **Phối hợp trở kháng** tốt.
- Tiêu thụ công suất nhỏ nhất.
- Phần tử trong mạch càng ít càng tốt.
- Công suất đầu ra cực đại.

2 Hệ số tạp âm của mạch

2.1 Tính toán điều chỉnh độ phối hợp trở kháng đầu vào



Hình 4. Hệ số tạp âm tối thiểu NFmin

Vấn đề *phối hợp trở kháng* cần phải được giải quyết. Trước tiên, chúng ta cần phối hợp trở kháng đầu vào. Để làm được điều này, chúng tôi đã xây dựng 3 phương trình để tính toán giá trị hệ số tạp âm tối thiểu:

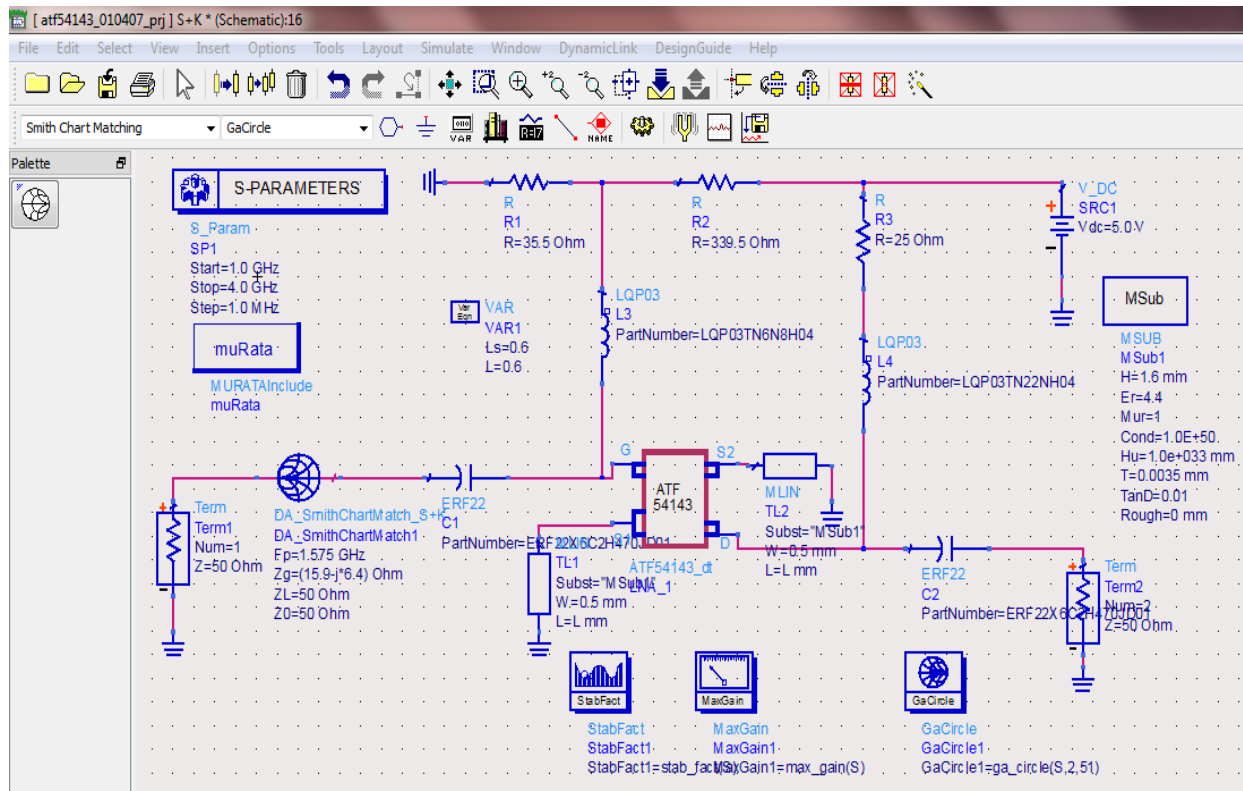
$$Eqn\ indx=find_index(SP.freq,indep(m1)).$$

$$Eqn\ circleData=ns_circle(NFmin[indx]+\{0,0.1,0.2\},NFmin[indx],Sopt[indx],Rn[indx]/50,51).$$

$$Eqn\ GaCircle=ga_circle(S[indx],MaxGain1[indx]-\{0,0.5,1,2,3\},51).$$

2.2 Thiết lập đồ thị Smith

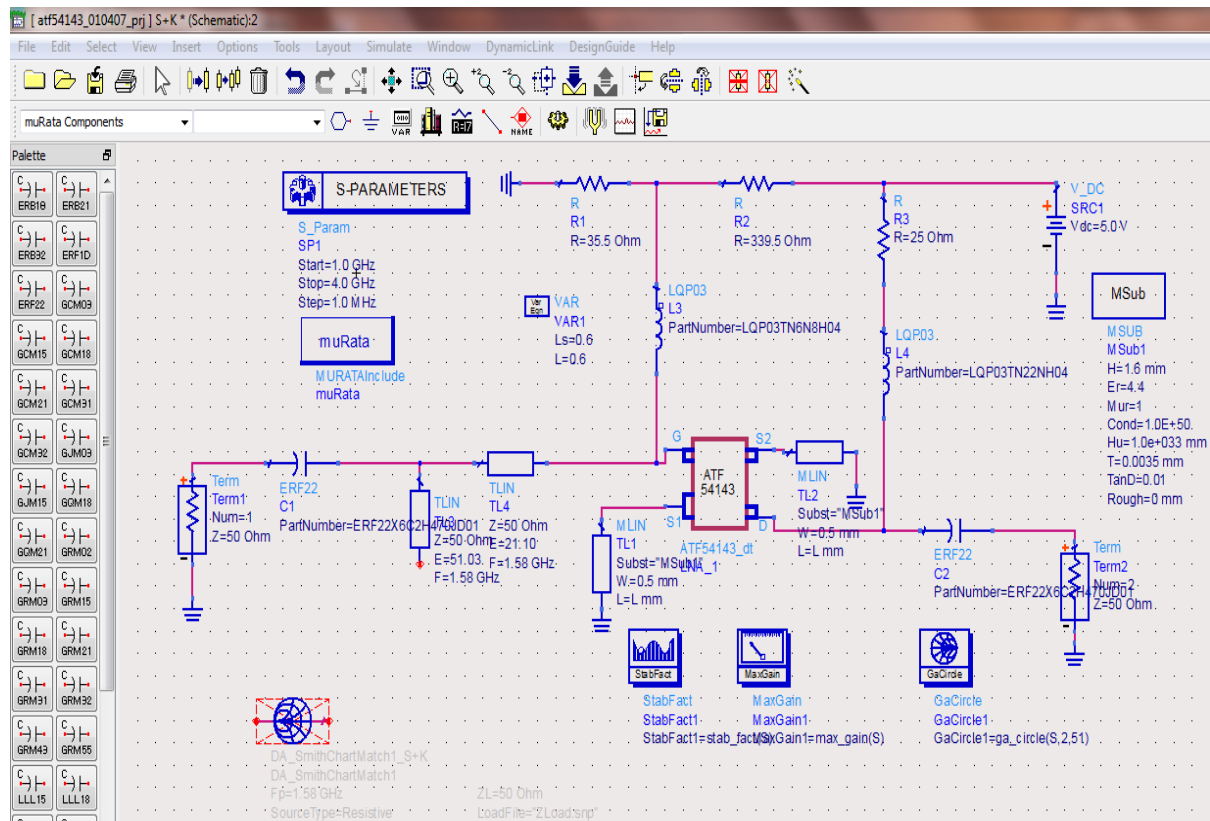
Sau khi thiết lập đồ thị Smith, ta đưa đồ thị Smith vào mạch thiết kế:



Hình 5. Mạch sử dụng đồ thị Smith để phối hợp trở kháng đầu vào

2.3 Đơn giản mạch

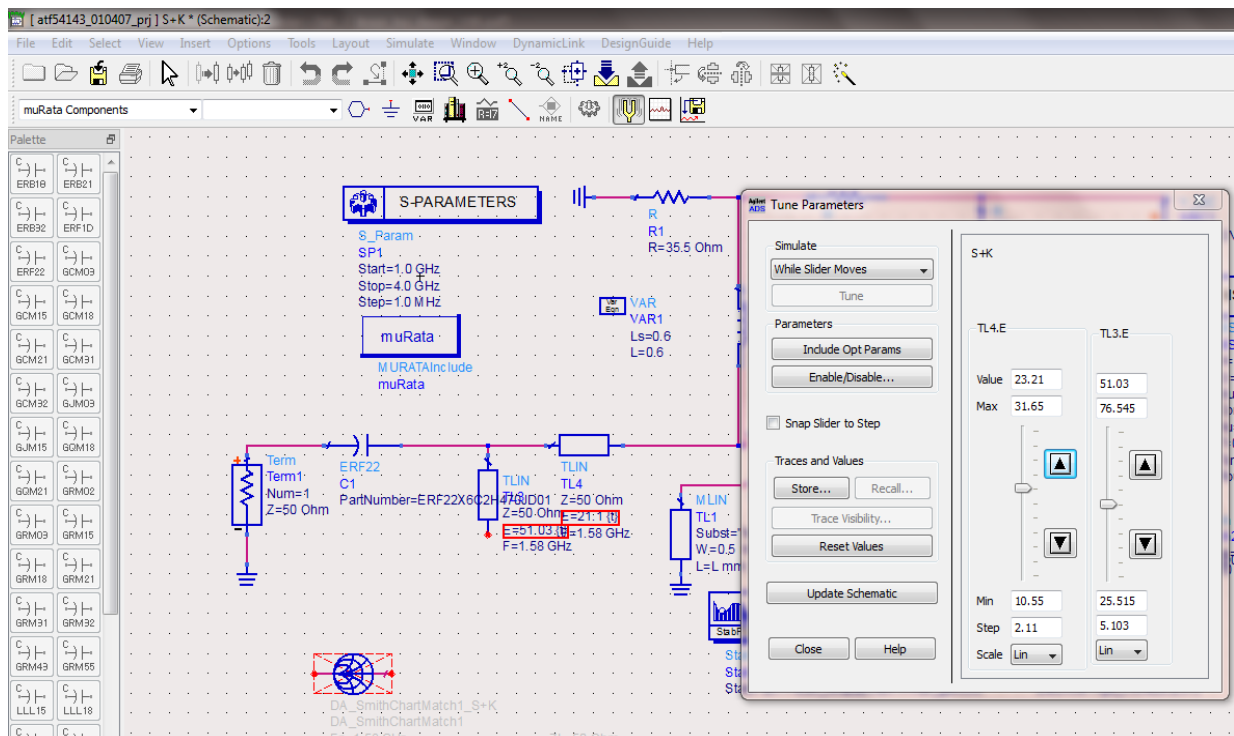
Để kết cấu của mạch trở nên đỡ phức tạp hơn thì chúng ta đã chuyển tụ điện ở phía đầu vào về gần bên nguồn hơn:



Hình 6. Mạch sau khi chuyển tụ về phía gần nguồn

2.4 Hiệu chỉnh cuộn dây phối hợp

Để điều chỉnh lại trở về điểm ban đầu, chúng ta sử dụng công cụ Tuning để thay đổi chiều dài của cuộn dây phối hợp:



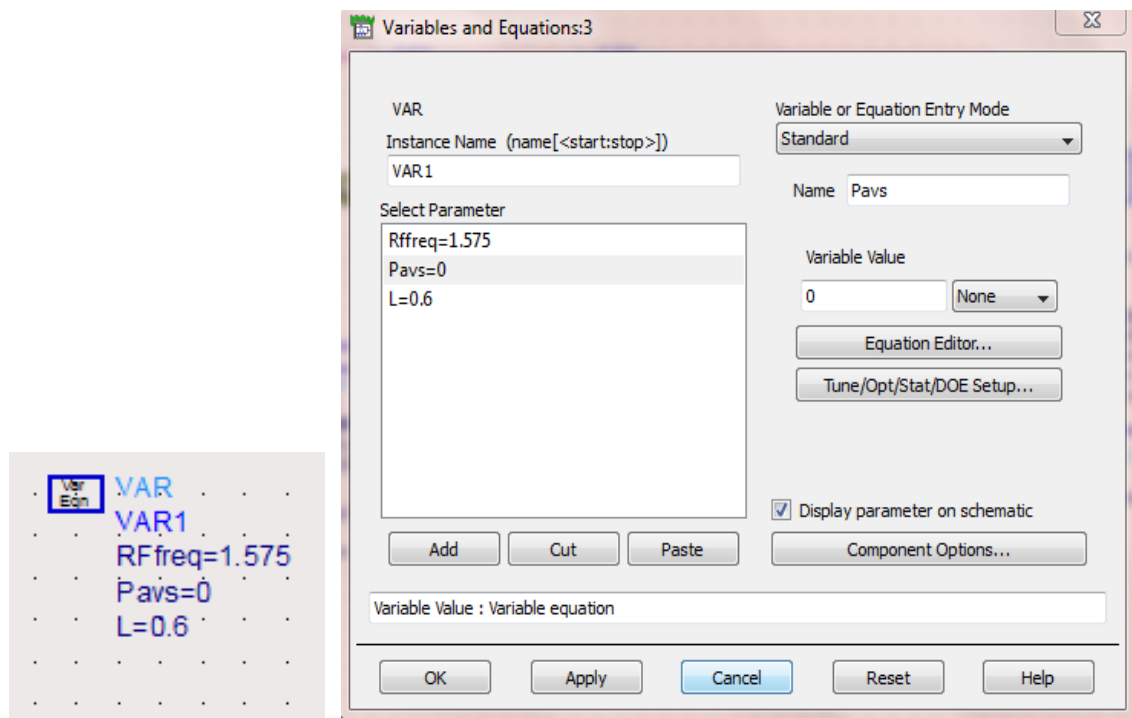
Hình 7. Sử dụng Tuning tool để điều chỉnh độ dài cuộn dây phối hợp

Từ đây đưa ra hình mô phỏng S22 trên đồ thị Smith để có thể thực hiện quá trình phối hợp trở kháng đầu ra.

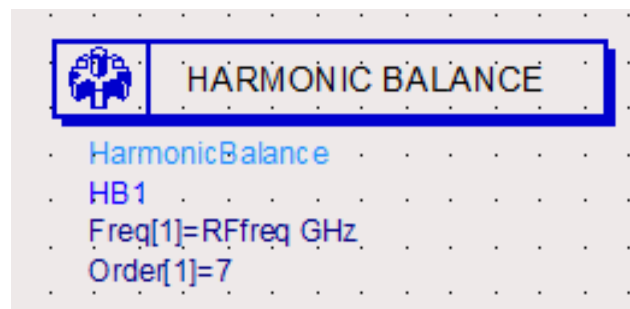
3 Mô phỏng tín hiệu không tuyến tính

3.1 Hiệu chỉnh tham số

Giữ nguyên mạch vẽ, thay S_parameters bằng Harmonic Balance. Thiết lập các thông số cho HB và Var: Frequency=1.57GHz, Pav=-20.



Hình 8. Giao diện điều chỉnh thông số trong Var



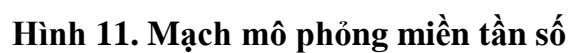
Hình 9. Các thông số trên HB

3.2 Hiệu chỉnh trở kháng đầu vào

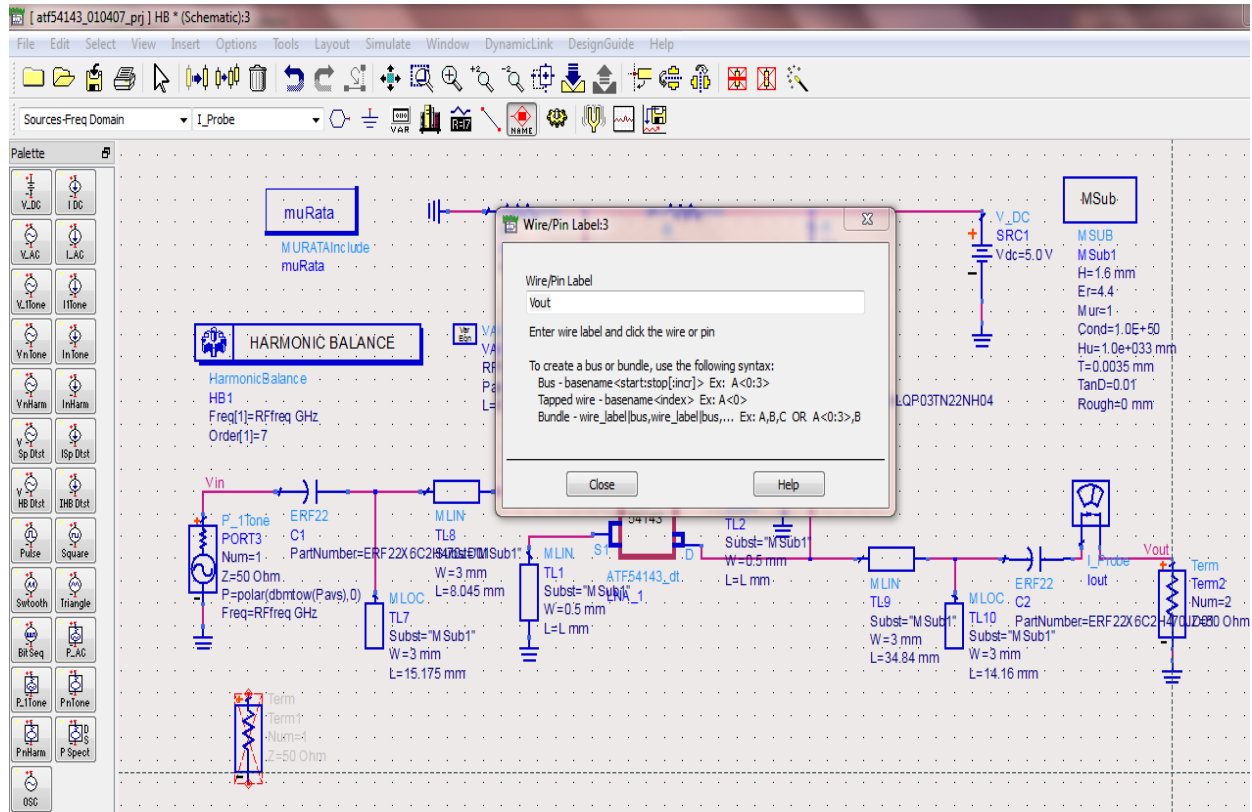
Thay trở kháng đầu vào 50 Ohm bằng một bộ nguồn miền tần số.



Mạch cuối cùng đạt được như sau:



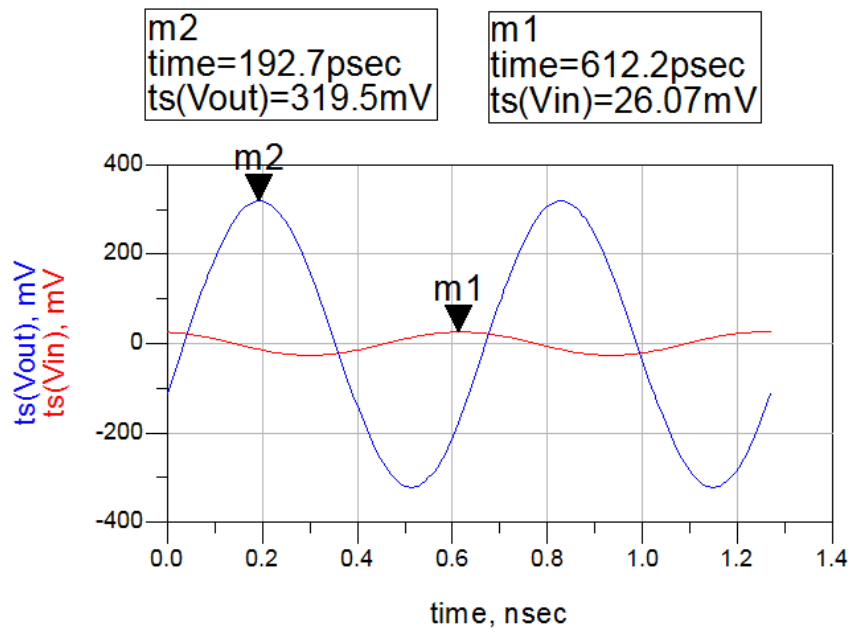
Đánh dấu trên mạch tại những điểm đầu vào và ra: Vin và Vout.



Hình 12. Giao diện đánh dấu Vin và Vout

3.4 So sánh tín hiệu vào/ra

So sánh tín hiệu vào và ra của mạch khuếch đại tạp âm thấp.



Hình 13. Vin và Vout

KẾT LUẬN

Quá trình tính toán một mạch khuếch đại tạp âm thấp kết hợp tích thiết kế, trước mắt kết quả mô phỏng các tham số như sau:

- Thực hiện việc tính toán các thông số quan trọng của mạch khuếch đại tạp âm thấp thông qua hệ số của ma trận tán xạ.
- Thiết kế mạch khuếch đại làm việc ở tần số vô tuyến để đạt được những yêu cầu mà mục tiêu thiết kế đặt ra.
- Thực hiện được các thao tác PHTK vào ra của một mạch RF khi sử dụng đồ thị Smith.
- Tiền đề để tiếp tục phát triển mạch khuếch đại tạp âm thấp với hệ số khuếch đại lớn hơn bằng việc ghép nối giữa các tầng khuếch đại.
- Mạch khuếch đại tạp âm thấp sẽ trở nên gọn nhẹ hơn, sử dụng tối thiểu các linh kiện.
- Thiết kế mạch khuếch đại tạp âm thấp có khả năng làm việc trên các băng tần hệ thống định vị GPS và Galileo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Minh Việt, *Kỹ thuật siêu cao tần*, Nxb khoa học và kỹ thuật, năm xuất bản 2002.
- [2]. Kai Borre, Nicolaj Bertelsen, Dennis M.Akos and Peter Rinder, *A Software-Defined GPS and Galileo Receiver_Springer*, Birkhäuser, Boston-Basel-Berlin.
- [3]. Md.Maruf Hossain, *Design of RF Front End for Multi-Band Multi-System GNSS Receivers*, 31st January 08.
- [4]. *Global Positioning System: Signal, Measurements, and Performance*, Pratap Misra and Per Enge, Ganga-Jamuna Press, 2nd Edition, 2006.
- [5]. J. Aguilera, R. Berenguer. *Design and Test of Integrated Inductors for RF Applications*, Kluwer, 2003.
- [6]. E. D. Kaplan. *Understanding GPS Principles and Applications*. Artech House Publishers, 1996.
- [7]. U. Alvarado, N. Rodriguez, J. Mendizabal, R. Berenguer, G. Bistue. “A Dual-Gain ESD-Protected LNA with Integrated Antenna Sensor for a Combined GALILEO and GPS Front-End.” *IEEE Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems Conference*, 2007.
- [8]. ARINC Research Corporation. “Navstar GPS Space Segment / Navigation User Interfaces.” *Interface specification*, IS-GPS-200 D, 2006.
- [9]. “Datasheet: Atmel GPS Front-end IC ATR0603.” www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4950.pdf. Accessed November 2006.
- [10]. R. Berenguer, J. Mendizabal, U. Alvarado, D. Valderas, A. Garcia-Alonso. “A Low Power Low Noise Figure GPS/GALILEO Front-End for Handheld Applications in a 0.35 μ m SiGe Process.” *IEEE Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium*, June 2006.