



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월12일
(11) 등록번호 10-1664737
(24) 등록일자 2016년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03F 1/56 (2006.01) H03F 3/19 (2006.01)
H03F 3/21 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03F 1/56 (2013.01)
H03F 3/19 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0120112
(22) 출원일자 2015년08월26일
심사청구일자 2015년08월26일
(56) 선행기술조사문헌
EP00837559 A1*
US20140065991 A1*
EP2267886 A1
논문1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
김동현
서울특별시 관악구 양녕로16길 18, 401호 (봉
천동, 장미빌라)
이재성
서울특별시 강남구 삼성로51길 37, 110-1301 (대
치동, 래미안 대치 팰리스 1단지)
(74) 대리인
송인호, 최관락

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 오성환

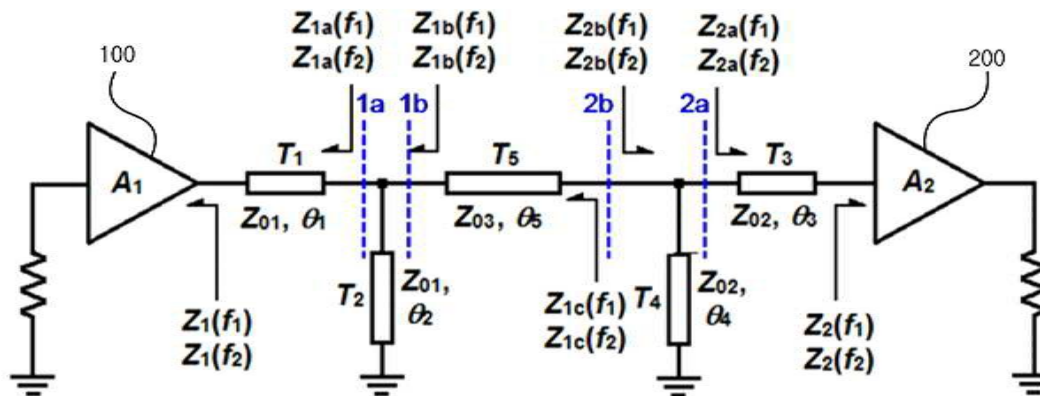
(54) 발명의 명칭 증폭기 회로

(57) 요약

본 발명은 다중 주파수에서 정합이 가능한 매칭 네트워크를 가지는 증폭기 회로에 관한 것이다.

본 발명의 일실시예에 의한 증폭기 회로는 제1증폭기; 제2증폭기; 및 상기 제1증폭기와 상기 제2증폭기 사이에 삽입되어 제1주파수 및 제2주파수에서의 정합이 가능한 매칭 네트워크를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H03F 3/21 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014044655

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구실지원사업

연구과제명 그린 스마트 패치 및 응용 소프트웨어 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.09.01 ~ 2015.08.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

제1증폭기;

제2증폭기; 및

상기 제1증폭기와 상기 제2증폭기 사이에 삽입되어 제1주파수 및 제2주파수에서의 정합이 가능한 매칭 네트워크를 포함하되,

상기 매칭 네트워크는

상기 제1증폭기 출력단에 연결되어 제1주파수에서 상기 제1증폭기의 아웃풋 임피던스 매칭을 위한 제1트랜스미션 라인 그룹;

상기 제2증폭기 입력단에 연결되어 상기 제1주파수에서 상기 제2증폭기의 인풋 임피던스 매칭을 위한 제2트랜스미션 라인 그룹; 및

상기 제1트랜스미션 라인 그룹과 상기 제2트랜스미션 라인 그룹을 연결하고 제2주파수에서 임피던스 매칭을 위한 제3트랜스미션 라인 그룹을 포함하되,

상기 제1트랜스미션 라인 그룹, 상기 제2트랜스미션 라인 그룹에 속하는 트랜스미션 라인에 각각 대응되는 특성 임피던스 및 전기적 길이(electrical length)는 상기 제1주파수 매칭을 위해 결정되고,

상기 제3트랜스미션 라인 그룹에 속하는 트랜스미션 라인에 각각 대응되는 특성 임피던스 및 전기적 길이(electrical length)는 상기 제2주파수 매칭을 위해 결정되는 것을 특징으로 하는 증폭기 회로.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제3트랜스미션 라인 그룹은 상기 제2주파수에서 상기 제1트랜스미션 라인 그룹으로 향하는 임피던스와 상기 제1트랜스미션 라인 그룹으로 향하는 임피던스를 콤플렉스 컨쥬게이트(complex conjugate)로 맞추는 것을 특징으로 하는 증폭기 회로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 증폭기 회로에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 주파수에서 정합이 가능한 매칭 네트워크를 가지는 증폭기 회로에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고성능의 트랜스 임피던스 증폭기(TIA) 회로는 초당 20기가바이트(Gb/s)보다 높은 데이터 전송률의 광학적 칩-

투-칩(chip-to-chip) 결합과 같은 고속 데이터 통신에 있어서 중요한 빌딩 블록이다. 칩-투-칩 광학적 상호접속에 있어서 상보적 금속 산화물 반도체(CMOS) 수신기에서 가능한 최대한 이득/대역폭 성능을 획득하기 위해, 일반적으로 인덕티브 피킹(inductive peaking)이 대역폭을 확장하고 기생 커패시턴스를 공명시키는 데에 사용된다. 보다 큰 입력 디바이스 또는 보다 큰 저항성 로드를 삽입함으로써 추가의 이득이 종종 획득되지만, 이것은 대역폭을 감소시킬 수 있다. 이와 달리, 추가적인 전력을 소비하는 추가적인 이득단(gain stages)이 삽입될 수도 있다. 또한, CMOS가 나노미터 게이트 길이 범위를 갖는 크기로 스케일링됨에 따라, 트랜스 컨덕턴스 및 드레인 저항이 감소될 수 있지만, 이것은 이득의 감소를 나타낼 수 있다. 관련 선행 문헌으로 대한민국 공개특허 제1998-701804호가 있다.

[0003] 종래의 증폭기 회로는 단일 주파수에서 matching(정합)이 되므로 gain(이득)과의 trade-off를 통해 bandwidth를 확보하였기에, bandwidth를 넓히기 위해서는 gain이 희생되었다.

[0004] 따라서 넓은 대역폭도 확보하면서 gain의 희생도 없는 증폭기 회로에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 다중 주파수에서 임피던스 매칭이 가능한 매칭 네트워크를 가지는 증폭기 회로를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일실시예에 의하면, 제1증폭기; 제2증폭기; 및 상기 제1증폭기와 상기 제2증폭기 사이에 삽입되어 제1주파수 및 제2주파수에서의 정합이 가능한 매칭 네트워크를 포함하는 증폭기 회로가 개시된다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 일실시예에 의한 다중 주파수에서 임피던스 매칭이 이루어지기 때문에, 이득(gain)과 대역폭(bandwidth) 모두가 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 일실시예와 관련된 증폭기 회로를 나타내는 도면이다.

도 2 내지 도 4는 일실시예와 관련된 증폭기 회로에서 트랜스미션 라인에 따라 변화되는 임피던스의 자취를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 증폭기 회로에 의해 2개 주파수에서 매칭하는 방법과 종래 1개 주파수에서 매칭하는 방법에 의한 MSG/MAG를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 본 발명의 일실시예와 관련된 증폭기 회로에 대해 도면을 참조하여 설명하도록 하겠다.

[0010] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0011] 도 1은 본 발명의 일실시예와 관련된 증폭기 회로를 나타내는 도면이다.

[0012] 도시된 바와 같이, 증폭기 회로는 제1증폭기(100) 및 제2증폭기(200) 사이에 인터-스테이지 매칭 네트워크(inter-stage matching network, 이하, '매칭 네트워크'라 함)가 삽입되어 있다. 상기 매칭 네트워크는 하나의 주파수가 두 개의 주파수(f_1 및 f_2)에서 임피던스 매칭을 수행할 수 있다. 두 개의 주파수(f_1 및 f_2)는 application에 따라 주어질 수도 있고, 설계자가 단순히 선택할 수도 있다.

[0013] 상기 매칭 네트워크는 복수 개의 트랜스미션 라인(T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5)을 포함할 수 있다. 상기 매칭 네트워크는

제1주파수(f_1)에서 상기 제1증폭기(100)의 아웃풋 임피던스(output impedance) 매칭을 위한 제1트랜스미션 라인 그룹(T_1 , T_2), 제1주파수(f_1)에서 상기 제2증폭기(200)의 인풋 임피던스(input impedance) 매칭을 위한 제2트랜스미션 라인 그룹(T_3 , T_4)을 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 매칭 네트워크는 제2주파수(f_2)에서 임피던스 매칭을 위한 제3트랜스미션 라인 그룹(T_5)을 더 포함

[0015] $Z_1(f)$ 은 제1증폭기(100, A_1)의 아웃풋 임피던스(output impedance)를 나타내고, $Z_2(f)$ 는 제2증폭기(200, A_2)의 인풋 임피던스(input impedance)를 나타낸다. 그리고 $Z_1(f)$ 및 $Z_2(f)$ 는 주파수의 함수로, 주파수가 주어지면 결정될 수 있다.

[0016] 그리고 $Z_{1a}(f)$, $Z_{1b}(f)$, 및 $Z_{1c}(f)$ 각각은 평면 1a, 1b, 및 2b에서 왼쪽으로 향하게 보여지는 임피던스이다. $Z_{2a}(f)$ 및 $Z_{2b}(f)$ 는 평면 2a 및 2b에서 오른쪽으로 향하게 보여지는 임피던스이다.

[0017] Z_{01} 은 트랜스미션 라인(transmission line) T_1 및 T_2 의 특성 임피던스(characteristic impedance)이고, Z_{02} 은 트랜스미션 라인 T_3 및 T_4 의 특성 임피던스이다. Z_{03} 는 트랜스미션 라인 T_5 의 특성 임피던스이다.

[0018] 이하 실시예에서는 단순화를 위해 Z_{03} 로 50Ω의 글로벌 시스템 임피던스(Z_0)를 사용하도록 하겠다.

[0019] θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , 및 θ_5 는 트랜스미션 라인(T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , 및 T_5) 각각의 전기적 길이(electrical length)를 나타낸다. 전기적 길이는 특정 주파수에 대해서 트랜스미션 라인의 길이를 phase로 표현한 것이다. 만약에 주파수 1 GHz의 전자기파가 있다고 하면, 공기중이라 가정 했을 때, 파장은 30 cm가 된다. 이 때 30cm를 전기적 길이(electrical length)로 표현하면 360도가 된다. 15cm 는 180도, 7.5cm 는 90도 이러한 식으로 전기적 길이가 표현될 수 있다.

[0020] 이하에서는 디자인 파라미터(θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , Z_{01} , 및 Z_{02})가 제1주파수(f_1) 및 제2주파수(f_2) 모두에서 매칭 조건을 만족시키기 위해 결정되는 방법에 대해 설명하도록 하겠다. 단순화를 위해 트랜스미션 라인은 손실이 없는 것으로 가정하기로 한다.

[0021] 제1주파수(f_1) 및 제2주파수(f_2) 모두에서의 임피던스 매칭은 크게 두 단계로 진행될 수 있다. 도 2 내지 도 4를 이용하여 상기 두 단계의 매칭 단계에 대해 설명하도록 하겠다.

[0022] 도 2는 스미스 차트(Smith chart) 위에서 평면 1a의 좌측, 2a의 우측을 바라보았을 때 임피던스의 자취를 나타내고, 도 3은 스미스 차트(Smith chart) 위에서 평면 2a의 좌측, 2b의 우측을 바라보았을 때 임피던스의 자취를 나타내며, 도 4는 스미스 차트(Smith chart) 위에서 평면 2b의 좌측과 우측을 바라보았을 때 임피던스의 자취를 나타낸다.

[0023] 먼저, 제1단계는 제1주파수(f_1)에서 매칭을 수행하는 단계이다.

[0024] 제1트랜스미션 라인 그룹(T_1 , T_2)을 통해 제1증폭기(100)의 아웃풋 임피던스(output impedance) Z_1 이 Z_0 로 매칭된다. 유사하게 제2트랜스미션 라인 그룹(T_3 , T_4)을 통해 제2증폭기(200)의 인풋 임피던스(input impedance) Z_2 가 Z_0 로 매칭된다(도 2 및 도 3 참조). 도 2는 T_1 , T_3 를 썼을 때 임피던스가 어떻게 변하는지 보여주고, 도 3은 그 상태에서 T_2 , T_4 가 추가되었을 때 임피던스가 어떻게 변하는지 보여준다.

[0025] 제2단계는 제2주파수(f_2)에서, Z_{1b} 와 Z_{2b} 를 complex conjugate로 맞추기 위해 T_5 를 삽입하는 단계이다. T_5 를 삽입하여도 주파수 f_1 에서의 임피던스는 변화가 없기 때문에 제1주파수(f_1)에서의 매칭이 유지가 되고, 동시에, 제2주파수(f_2)에서는 T_5 로 인해 $Z_{1b}(f_2)$ 는 $Z_{1c}(f_2)$ 로 이동을 하기 때문에, 두 개의 주파수에서 동시에 매칭이 이루어질 수 있다(도 4 참조).

[0026] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기와 같은 매칭을 위해 Z_{1b} 와 Z_{2b} 는 동일한 일정한 원 위에 위치할 필요가 있다. 적절한 Z_{01} 과 Z_{02} 값의 선택이 단일의 트랜스미션 라인을 이용하여 제2주파수(f_2)에서의 단순한 매칭을 가능하게 할 수 있다.

[0027] 표준 트랜스미션 라인 이론(the standard transmission line theory)에 의해 이하에서의 분석이 뒷받침될 수

있다.

[0028] 이하에서 사용되는 기호 중 Y 는 어드미턴스(admittance)를 나타내고, Γ 는 반사 계수(reflection coefficient)를 나타낸다.

[0029] Z_{01} 및 Z_{02} 에 대해서 반사 계수는 하기 수학식 1 및 수학식 2로 정의될 수 있다.

수학식 1

$$\Gamma_1(f) = \frac{Z_1(f) - Z_{01}}{Z_1(f) + Z_{01}}$$

[0030]

수학식 2

$$\Gamma_2(f) = \frac{Z_2(f) - Z_{02}}{Z_2(f) + Z_{02}}$$

[0031]

[0032] 시리즈 트랜스미션 라인(series transmission line) T_1 및 T_3 는 반사 계수의 위상을 이동시킨다. 그리고 제1주파수(f_1)에서 반사 계수는 하기 수학식 3 및 4로 표현될 수 있다.

수학식 3

$$\Gamma_{1a}(f_1) = \Gamma_1(f_1) e^{-j2\theta_1} = \frac{Z_{1a}(f_1) - Z_{01}}{Z_{1a}(f_1) + Z_{01}}$$

[0033]

수학식 4

$$\Gamma_{2a}(f_1) = \Gamma_2(f_1) e^{-j2\theta_3} = \frac{Z_{2a}(f_1) - Z_{02}}{Z_{2a}(f_1) + Z_{02}}$$

[0034]

[0035] T_2 및 T_4 의 shunt-stub 어드미턴스를 추가하면 수학식 5 및 6이 얻어질 수 있다.

수학식 5

$$Y_{1b}(f_1) = \frac{1 - \Gamma_1(f_1) e^{-j2\theta_1}}{1 + \Gamma_1(f_1) e^{-j2\theta_1}} Y_{01} - j \frac{Y_{01}}{\tan \theta_2}$$

[0036]

수학식 6

$$Y_{2b}(f_1) = \frac{1 - \Gamma_2(f_1)e^{-j2\theta_3}}{1 + \Gamma_2(f_1)e^{-j2\theta_3}} Y_{02} - j \frac{Y_{02}}{\tan \theta_4}$$

[0037]

[0038]

전술한 바와 같이, Z_{1b} 및 Z_{2b} 는 Z_0 로 변환된다. 따라서 수학식 5 및 수학식 6의 실수와 허수 부분은 각각 Y_0 및 0과 동일해야만 한다. 이는 수학식 7 내지 수학식 10으로 표현될 수 있다.

수학식 7

$$\text{Re}\{Y_{1b}(f_1)\} = Y_0$$

[0039]

수학식 8

$$\text{Im}\{Y_{1b}(f_1)\} = 0$$

[0040]

수학식 9

$$\text{Re}\{Y_{2b}(f_1)\} = Y_0$$

[0041]

수학식 10

$$\text{Im}\{Y_{2b}(f_1)\} = 0$$

[0042]

[0043]

수학식 7 내지 10이 만족되면, T_5 의 길이와 상관없이 제1주파수(f_1)에서 매칭이 수행될 수 있다.

[0044]

이하에서는 하나의 트랜스미션 라인을 이용하여 제2주파수(f_2)에서 매칭에 대해 설명하도록 하겠다.

[0045]

제2주파수(f_2), 평면 1b 및 2b에서의 어드미턴스 전기적 길이를 스케일링함으로써, 하기 수학식 11 및 12와 같이 얻어질 수 있다.

수학식 11

$$Y_{1b}(f_2) = \frac{1 - \Gamma_1(f_2)e^{-j2\theta_1 f_2/f_1}}{1 + \Gamma_1(f_2)e^{-j2\theta_1 f_2/f_1}} Y_{01} - j \frac{Y_{01}}{\tan(\theta_2 f_2 / f_1)}$$

수학식 12

$$Y_{2b}(f_2) = \frac{1 - \Gamma_2(f_2)e^{-j2\theta_3 f_2/f_1}}{1 + \Gamma_2(f_2)e^{-j2\theta_3 f_2/f_1}} Y_{02} - j \frac{Y_{02}}{\tan(\theta_4 f_2 / f_1)}$$

그리고 추가된 T_5 는 옆의 T_2 에 대해 반사계수의 위상을 이동시킨다.

제2주파수(f_2)에서 반사 계수는 수학식 13과 같다.

수학식 13

$$\Gamma_{1c}(f_2) = \Gamma_{1b}(f_2)e^{-j2\theta_3}$$

권류게이트 매칭(conjugate matching)을 위해 수학식 14 및 15가 만족되어야 한다.

수학식 14

$$\arg\{\Gamma_{1c}(f_2)\} = -\arg\{\Gamma_{2b}(f_2)\}$$

수학식 15

$$|\Gamma_{1c}(f_2)| = |\Gamma_{2b}(f_2)|$$

수학식 15의 좌 항 및 우 항 모두 6개 변수(θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , Z_{01} , 및 Z_{02})의 함수이다. 그렇지만 수학식 4 내지 수학식 10으로부터 θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 는 다음의 수학식 16 내지 21과 같이 다른 주어진 파라미터와 Z_{01} , 및 Z_{02} 으로 표현될 수 있다.

수학식 16

$$\theta_1 = \frac{\pi + \arg\{\Gamma_1(f_1)\}}{2} - \frac{1}{2} \cos^{-1} \frac{K_1 \left(1 + |\Gamma_1(f_1)|^2\right) + 3|\Gamma_1(f_1)|^2 - 1}{2|\Gamma_1(f_1)|(1 + K_1)}$$

[0055]

수학식 17

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left[\frac{Y_{01}}{\text{Im}\{Y_{1a}(f_1)\}} \right]$$

[0056]

수학식 18

$$\theta_3 = \frac{\pi + \arg\{\Gamma_2(f_1)\}}{2} - \frac{1}{2} \cos^{-1} \frac{K_2 \left(1 + |\Gamma_2(f_1)|^2\right) + 3|\Gamma_2(f_1)|^2 - 1}{2|\Gamma_2(f_1)|(1 + K_2)}$$

[0057]

수학식 19

$$\theta_4 = \tan^{-1} \left[\frac{Y_{02}}{\text{Im}\{Y_{2a}(f_1)\}} \right]$$

[0058]

수학식 20

$$K_1 = \frac{2Y_0}{Y_{01}} - 1$$

[0059]

수학식 21

$$K_2 = \frac{2Y_0}{Y_{02}} - 1$$

[0060]

[0061] 수학식 15에서의 θ_1 - θ_4 가 수학식 16 내지 수학식 19으로 대체되면, 수학식 15는 두 개의 변수(Z_{01} 및 Z_{02})를 가지는 방정식이 된다. 그리하여 제2주파수(f_2)에서 컨쥬게이트 매칭(conjugate matching)이 수행될 수 있다.

[0062] Z_{01} 및 Z_{02} 의 적절한 페어 값이 선택되면, θ_5 값은 수학식 14로부터 수학식 22와 같이 재표현될 수 있다.

수학식 22

$$\theta_5 = \frac{\arg \{ \Gamma_{1b}(f_2) \} + \arg \{ \Gamma_{2b}(f_2) \}}{2}$$

[0063]

[0064] 위의 수학식 1 내지 수학식 22를 통해 얻어진 디자인 파라미터(θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 , θ_5 , Z_{01} , 및 Z_{02})를 도 1의 회로에 적용함으로써, 본 발명의 일실시예에 의한 증폭기 회로가 설계될 수 있다.

[0065] 도 5는 본 발명의 일실시예와 관련된 증폭기 회로에 의해 2개 주파수에서 매칭하는 방법과 종래 1개 주파수에서 매칭하는 방법에 의한 이득을 비교한 그래프이다.

[0066] 도시된 바와 같이, 종래 1개 주파수에서 매칭하는 방법(Single)에 비해 본 발명의 일실시예에 의한 2개 주파수에서 매칭하는 방법(Dual)이 더 넓은 주파수 범위에서 더 높은 MAG(maximum available gain)/MSG(maximum stable gain)를 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0067] 전술한 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 다중 주파수에서 임피던스 매칭이 이루어지기 때문에, 이득(gain)과 대역폭(bandwidth) 모두가 향상될 수 있다.

[0068] 상기와 같이 설명된 증폭기 회로는 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

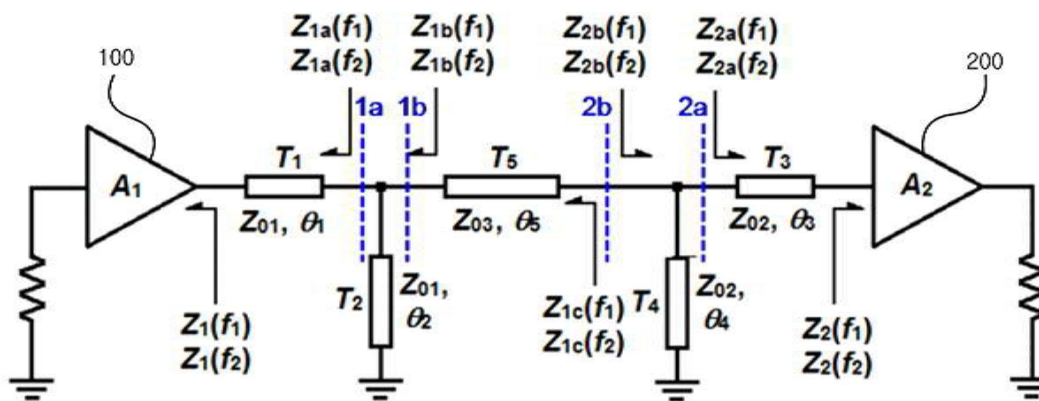
[0069]

100: 제1증폭기

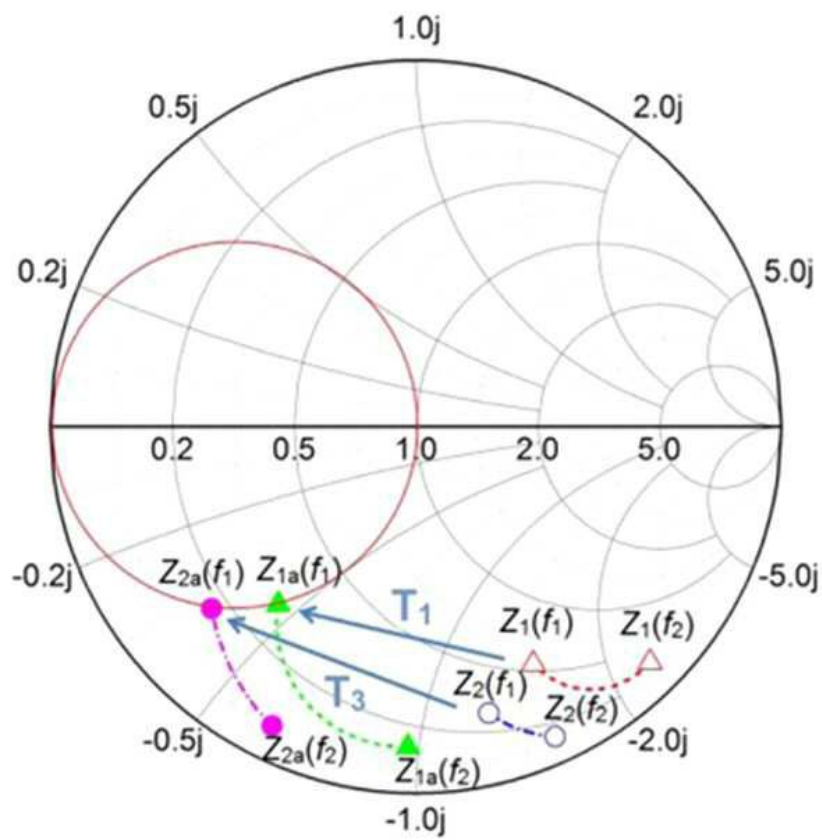
200: 제2증폭기

도면

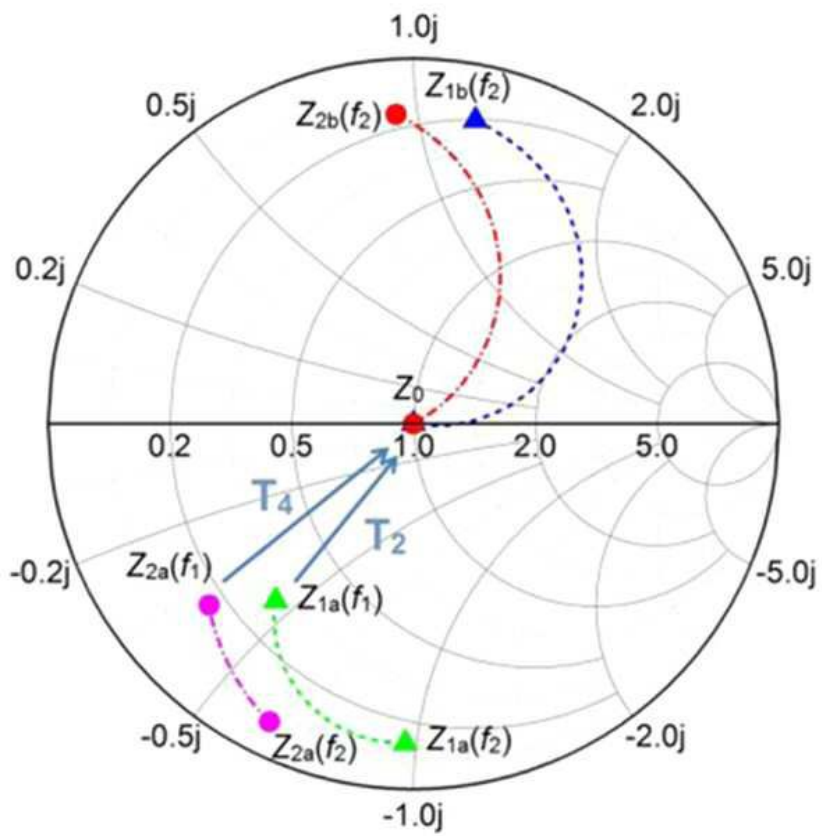
도면1



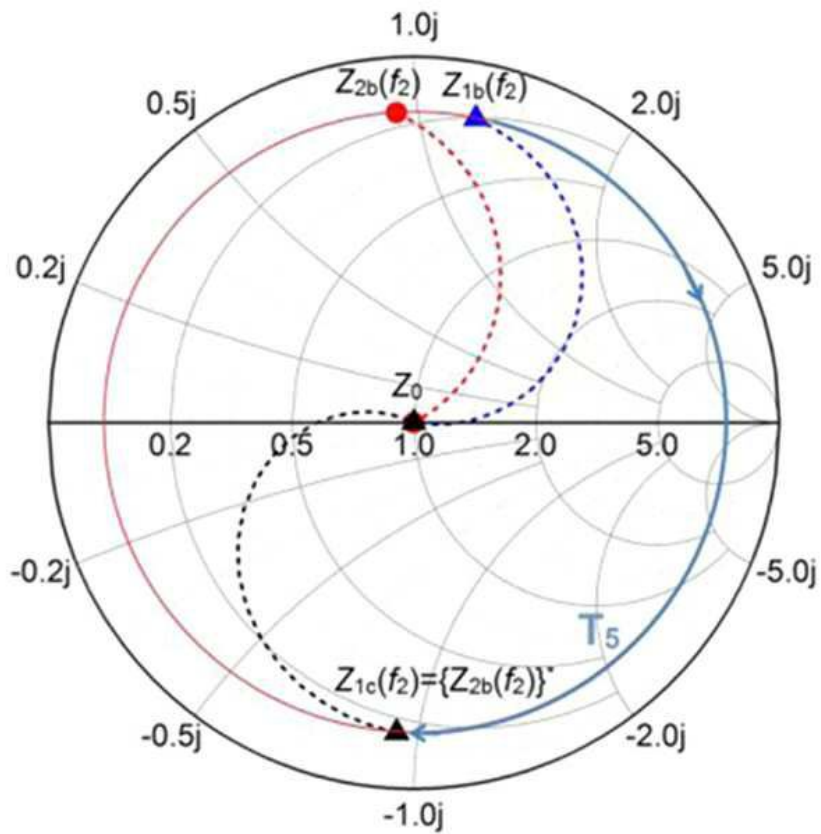
도면2



도면3



도면4



도면5

