



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월28일
(11) 등록번호 10-1515766
(24) 등록일자 2015년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03F 3/189 (2006.01) H03F 3/45 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7007480 (분할)
(22) 출원일자(국제) 2011년05월03일
심사청구일자 2014년03월21일
(85) 번역문제출일자 2014년03월21일
(65) 공개번호 10-2014-0052052
(43) 공개일자 2014년05월02일
(62) 원출원 특허 10-2012-7031415
원출원일자(국제) 2011년05월03일
심사청구일자 2012년11월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2011/035067
(87) 국제공개번호 WO 2011/140145
국제공개일자 2011년11월10일
(30) 우선권주장
12/772,924 2010년05월03일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008539674 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
퀄컴 인코포레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
베헤라 마나스
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
무탈리 하리시 에스
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
바넷 케네스 찰스
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 3 항

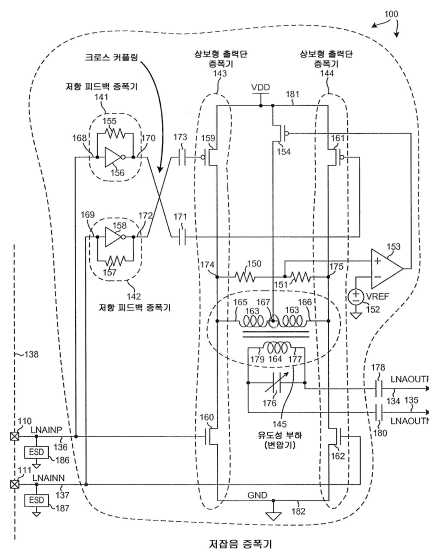
심사관 : 김남인

(54) 발명의 명칭 외부 정합을 필요로 하지 않는 차동 증폭기를 위한 잡음 제거 회로 및 방법

(57) 요약

차동 저잡음 증폭기(LNA)는 저항 피드백 증폭기들의 제 1 단 및 상보형 증폭기들의 제 2 단을 포함하는데, 제 1 단의 출력은 크로스-커플링 방식으로 제 2 단의 입력에 결합된다. 변압기와 같은 유도성 부하는 제 2 단의 상보형 증폭기들로부터 출력된 신호들을 결합한다. 한 예에서, LNA는 75 옴 미만의 임피던스, 2 dB 이하의 잡음지수, 그리고 20 dB 이상의 이득을 가진다. 낮은 입력 임피던스에 기인하여, LNA는 소스의 출력과 LNA의 입력 사이에 임피던스 정합 네트워크를 사용함이 없이 유사한 낮은 임피던스를 가지는 소스로부터 수신한 신호를 증폭하는데 사용이 가능하다.

대표도 - 도10



명세서

청구범위

청구항 1

잡음 제거를 위한 회로로서,

한 쌍의 차동 입력 노드들; 및

차동 신호를 수신 및 증폭하는 수단으로서, 한 쌍의 차동 입력 노드들을 통해 상기 회로를 들여다 본 입력 임피던스가 75 옴보다 작고, 상기 수단이 2 dB 이하의 잡음 지수를 가지며, 상기 수단이 적어도 20 dB 의 이득으로 상기 차동 신호를 증폭시키도록 상기 한 쌍의 차동 입력 노드들로부터의 상기 차동 신호를 수신하고 상기 차동 신호를 증폭하는 수단을 포함하며,

상기 수단은,

한 쌍의 저항 피드백 증폭기들을 포함하는 제 1 단;

한 쌍의 상보형 증폭기들을 포함하는 제 2 단; 및

유도성 부하를 포함하는, 잡음 제거를 위한 회로.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 회로는 집적 회로이고, 상기 한 쌍의 차동 입력 노드는 상기 집적 회로의 한 쌍의 차동 입력 단자들이고, 상기 수단은 저잡음 증폭기 (LNA)인, 잡음 제거를 위한 회로.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 회로는 셀룰러 전화의 일부인, 잡음 제거를 위한 회로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시된 실시 형태는 차동 증폭기에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로 정합 네트워크의 개입없이 낮은 임피던스 소스에 결합될 수 있는 고성능 차동 증폭기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 수신기에서 제 1 단은 종종 저잡음 증폭기 또는 "LNA"라고 불리는 증폭기이다. 도 1 (종래기술)은 이러한 LNA를 사용하는 장치의 단순화된 블록 다이어그램이다. 이 장치는 이동통신 장치이며 (예를 들어, 휴대전화 단말기), 안테나 (1), 아날로그 무선 주파수 (RF) 송수신기 집적회로 (2), 디지털 기저대역 프로세서 집적 회로 (3), 듀플렉서 (4), 전력 증폭기 (5), 다수의 정합 네트워크 (6-9) 를 포함한다. 디지털 기저대역 프로세서 집적 회로 (3) 의 프로세서 (10) 는 직렬 버스 (13) 를 거쳐 RF 송수신기 집적 회로 (2) 의 수신 체인 (11) 과 송신 체인 (12) 에 제어 통신들을 전송하여 RF 송수신기 (2) 를 제어한다. 수신 체인 (11) 의 제 1 단은 LNA (14) 이다.

[0003] 도 2 (종래기술)는 도 1의 안테나 (1) 와 LNA (14) 사이에 있는 회로 일부분의 보다 상세한 다이어그램이다. 이 예에서 LNA는 차동 LNA이다. LNA (14) 는 단자 (15) 와 (16) 을 거쳐 차동 신호를 받는다. 접선 (17) 은 집적회로 (2) 의 경계를 나타낸다. LNA (14) 는 차동 직교 (Quadrature) 믹서 회로 (18)로 차동 신호를

출력한다. 수신기는 국부 발진기 (19) 에 의해 출력된 국부발진기 신호 (L01) 의 주파수를 세팅함으로써 동조된다. 단자 (15) 와 (16) 으로 들어가는 신호 입력 경로는 안테나 (1), 정합 네트워크 (6), 듀플렉서 (4), BPF (대역통과필터) (20), BALUN (발룬) (21) 과 정합 네트워크 (7) 을 포함한다. 정합 네트워크 (7)의 추가적인 구성요소를 제공하는 것은 일반적으로 전체 장치의 생산비용을 증가시킨다. 이러한 정합 네트워크는 제공하지 않는 것이 바람직하지만, 불행하게도 이것은 종종 필요하다. 저잡음 (잡음 지수 < 2 dB), 고이득 (> 20 dB), 그리고 50 옴의 입력 임피던스를 갖는 LNA를 실현하는 것은 어렵다. 도 2의 일반적인 LNA (14) 의 동작 주파수에서의 입력 임피던스를 살펴보면 실질적으로 50 옴보다 높으며 100 옴 또는 그 이상일 수도 있다. 반면에, 안테나 (1) 의 임피던스는 약 50 옴이다.

[0004] 도 3 내지 도 6 (종래기술)은 여러 일반적인 유형의 LNA들의 다이어그램들이다. 단일 종단 토폴로지의 예가 그림과 설명의 편의를 위해 제공되었지만, 토폴로지는 차동 회로로 확장된다.

[0005] 도 3 (종래기술)은 저항 피드백 증폭기 기반의 입력단과 소스 팔로워 기반의 출력단을 갖는 LNA의 다이어그램이다. 트랜지스터 M_{1a} , M_{1b} 와 저항 R은 입력단을 형성한다. 트랜지스터 M_{2a} , M_{2b} 와 M_3 는 출력단을 형성한다. IN은 입력 노드를 나타낸다. OUT은 출력 노드를 나타낸다. 이 LNA 회로의 추가적인 정보를 위해서는 다음을 참조하라: F. Bruccoleri 외, "Wide-Band CMOS Low-Noise Amplifier Exploiting Thermal Noise Canceling," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 39, No. 2, pages 275-282, February 2004. 이 LNA 회로는 저항 R의 잡음을 포함한 입력단의 잡음과 왜곡이 실질적으로 상쇄되는 장점이 있다. 그러나, 노드 X와 Y에서의 잡음은 동위상 (in phase)이다. 이 잡음의 전압 모드 잡음 제거를 위해서 소스 팔로워 출력단이 사용된다. 트랜지스터 M_3 의 소스는 출력 노드 OUT과 결합된다. LNA의 출력 임피던스는 낮고 이득은 제한된다.

[0006] 도 4 (종래기술)은 저항 피드백 입력단과 소스 팔로워 출력단을 포함하는 또 다른 일반적인 단일 종단 LNA의 다이어그램이다. 회로 구성요소 (22), (23) 과 (24) 는 저항 피드백 입력단을 형성한다. 회로 구성요소 (25), (26) 과 (27) 은 소스 팔로워 출력단을 형성한다. 이 사례에서, 도 3의 회로의 경우에서와 같이, 피드백 저항 (23) 의 잡음은 실질적으로 제거된다. 소스 팔로워 출력단은 오히려 제한된 이득을 제공한다.

[0007] 도 5 (종래기술)은 공통 게이트 입력단과 두 개의 공통 소스 출력단을 갖는 LNA의 다이어그램이다. 트랜지스터 M_1 과 저항 R_1 은 입력단을 형성한다. 트랜지스터 M_3 , M_5 와 저항 R_L 은 제 1 출력단을 형성한다. 트랜지스터 M_4 , M_6 와 저항 R_L 은 제 2 출력단을 형성한다. 이 회로는 상대적으로 높은 이득의 장점이 있으며, 입력단의 트랜지스터 M_1 이 생성한 잡음과 왜곡이 제거되는 장점이 있다. 그러나, 단점은 저항 R_1 으로부터의 잡음이 제거되지 않는다는 것이다. 게다가, R_1 의 저항은 이용할 수 있는 전압 헤드룸 (headroom)에 의해 제한된다. 공통 게이트 입력 증폭기의 입력에 전류 소스가 필요하지만, 이 전류 소스의 잡음은 제거되지 않는다. 게다가, 도 5의 회로의 단일 종단 구현이 입력에서의 전류 소스로 인해 어렵다. 이 LNA 회로에 대한 추가적인 정보를 위해서는 다음을 참조하라: C. Liao 외, "A Broadband Noise-Canceling CMOS LNA for 3.1 - 10.6 GHz UWB Receivers," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 42, No. 2, pages 329-339, February 2007.

[0008] 도 6 (종래기술)은 여전히 또 다른 일반적인 LNA의 다이어그램이다. 이 LNA는 도 5의 LNA의 경우에서와 같이 공통 게이트 입력단을 포함한다. 입력단은 회로 구성요소 (28), (29) 와 (30)을 포함한다. 부하 저항 (30) 의 잡음은 제거되지 않는다. 그러나, 도 6의 LNA는 상보형 출력단을 포함하며 높은 이득의 장점을 가진다. '상보형'이라는 용어는 출력단이 N 채널 트랜지스터 (32) 뿐만 아니라 P 채널 트랜지스터 (31) 도 포함하는 것을 가리키는데 사용된다.

[0009] 도 3 내지 도 6의 일반적인 LNA들이 위에 명시된 대로 장점과 단점을 가지고 있음에도 불구하고, 이러한 LNA들 중 어떤 것도 2 dB 미만의 저잡음 지수, 20 dB 초과와 고이득과 약 50 옴 정도의 낮은 입력 임피던스를 가지고 있지 않다. 결과적으로, 다양한 알려진 LNA 회로들과 관련하여 장점과 단점을 고려한 후에, 일반적으로 원하는 LNA 성능을 달성하기 위해서 도 1과 도 2의 정합 네트워크 (7) 와 같은 바람직하지 않고 값비싼 정합 네트워크를 사용하도록 설계 결정이 행해진다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0010] 차동 저잡음 증폭기 (LNA) 는 저항 피드백 증폭기의 제 1 단 및 상보형 증폭기의 제 2 단을 포함하는데, 제 1 단의 출력은 크로스-커플링 방식으로 제 2 단의 입력에 결합된다. (변압기 부하와 같은) 유도성 부하는 제 2 단의 상보형 증폭기들로부터 출력된 신호들을 결합한다. 한 예에서, LNA는 75 옴 미만의 임피던스, 2 dB 미만의 잡음지수, 그리고 20 dB 초과 이득을 가진다. 낮은 입력 임피던스에 기인하여, LNA는 소스의 출력과 LNA의 입력 사이에 임피던스 정합 네트워크를 사용함이 없이 유사한 낮은 임피던스를 가지는 소스로부터 수신한 신호를 증폭하는데 사용이 가능하다.

[0011] 한 실시예에서, 차동 LNA는 제 1 LNA 입력 노드 및 제 2 LNA 입력 노드를 가진다. 제 1 저항 피드백 증폭기는 제 1 LNA 입력 노드로부터 제 1 신호를 수신하고, 제 2 상보형 증폭기의 제 1 입력에 제 1 신호의 증폭된 버전 (version)을 공급한다. 제 1 신호는 또한 제 1 상보형 증폭기의 제 2 입력으로 공급된다. 제 2 저항 피드백 증폭기는 제 2 LNA 입력 노드로부터 제 2 신호를 수신하고 제 1 상보형 증폭기의 제 1 입력에 제 2 신호의 증폭된 버전 (version)을 공급한다. 제 2 신호는 또한 제 2 상보형 증폭기의 제 2 입력으로 공급된다. LNA 입력 노드들에서의 제 1 및 제 2 신호들은 모두 차동 LNA 입력 신호이다. 제 1 및 제 2 상보형 증폭기들로부터의 출력 신호들은 변압기 부하의 제 1 권선의 대응하는 단자들에 공급된다. 변압기 부하의 제 2 권선은 한 쌍의 LNA 출력 노드들에 차동 LNA 출력 신호를 공급한다. 차동 LNA 입력 신호가 100 MHz 부터 2.0 GHz 까지의 주파수 범위의 주파수를 가질 때, 차동 LNA는 75옴 미만의 입력 임피던스, 2 dB 미만의 잡음 지수, 20 dB 초과 이득을 가진다.

[0012] 전술한 것은 요약이며 따라서 부득이 단순화, 일반화, 상세한 부분의 생략을 포함한다; 결과적으로, 본 발명이 속한 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 이 요약이 단지 예시적이며 어떠한 방법으로도든 제한하는 취지가 아님을 이해할 것이다. 여기에 설명된 다른 양태들, 본 발명의 특징들, 그리고 디바이스 및/또는 프로세스의 장점들은, 청구항에 의해 전적으로 정의된 바와 같이, 여기에서 설명되는 제한하지 않는 상세한 설명에서 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1 (종래기술)은 저잡음 증폭기 (LNA) (14) 를 사용한 장치의 단순화된 블록 다이어그램이다.
- 도 2 (종래기술)는 도 1의 LNA (14) 를 포함하는 도 1의 회로의 일부분의 보다 상세한 다이어그램이다.
- 도 3 (종래기술)은 저항 피드백 증폭기 기반의 입력단과 소스 팔로워 기반의 출력단을 가지는 제 1 일반적인 LNA의 다이어그램이다.
- 도 4 (종래기술)는 저항 피드백 증폭기 기반의 입력단과 소스 팔로워 기반의 출력단을 가진 제 2 일반적인 LNA의 다이어그램이다.
- 도 5 (종래기술)는 공통 게이트 입력단과 두 개의 공통 소스 출력단을 가진 일반적인 LNA의 다이어그램이다.
- 도 6 (종래기술)은 공통 게이트 입력단과 상보형 출력단을 가지는 일반적인 LNA의 다이어그램이다.
- 도 7은 하나의 새로운 측면에 따라 저잡음 증폭기 (LNA) (100) 를 포함하는 모범적인 시스템의 높은 수준의 블록 다이어그램이다.
- 도 8은 도 7의 RF 송수신기 집적 회로 (103)의 보다 상세한 다이어그램이다.
- 도 9는 도 8의 회로의 수신 신호 경로의 부분에 대한 보다 상세한 다이어그램이다.
- 도 10은 도 9의 LNA (100) 의 보다 상세한 다이어그램이다.
- 도 11은 도 3 내지 6의 일반적인 LNA들과 도 10의 LNA (100) 로 구성된 것을 단순화한 것을 나타낸다.
- 도 12는 제 1유형 LNA들, 제 2유형 LNA들 및 도 10의 LNA (100)의 특성들을 설명한 표이다.
- 도 13은 500 MHz에서 2.0 GHz까지의 동작 주파수 영역에서 도 10의 LNA (100) 의 이득을 보여주는 그래프이다.
- 도 14는 500 MHz에서 2.0 GHz까지의 동작 주파수 영역에서 도 10의 LNA (100) 의 잡음지수 (NF)를 보여주는 그래프이다.
- 도 15는 500 MHz에서 2.0 GHz까지의 동작 주파수 영역에서 도 10의 LNA (100) 를 들여다 볼 때의 S11 반사계수를 보여주는 그래프이다.

도 16은 하나의 새로운 측면에 따른 방법 (200) 의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 도 7은 하나의 새로운 측면에 따라 저잡음 증폭기 (LNA) (100) 를 포함하는 모범적인 시스템의 매우 단순화된 높은 수준의 블록 다이어그램이다. 이 시스템은 휴대폰과 같은 이동통신 장치 (101) 이다. 장치 (101) 는 휴대폰 통신의 수신과 송신에 사용되는 안테나 (102), RF 송수신기 집적 회로 (103) 와 디지털 기저대역 프로세서 집적 회로 (104) 를 포함한다 (다른 부분들은 도시되지 않았다).
- [0015] 도 8은 도 7의 RF 송수신기 집적 회로 (103) 의 보다 상세한 다이어그램이다. 휴대폰의 동작에 대한 매우 단순화된 설명에서, 휴대폰이 휴대폰 통화의 일부로서 정보를 수신하는데 사용된다면, 들어오는 전송신호 (105) 는 안테나 (102)에서 수신한다. 들어오는 신호는 정합 네트워크 (106), 듀플렉서 (107), BPF (108), BALUN (109) 을 지나고, 단자 (110 및 111) 을 거쳐 RF 송수신기 집적 회로 (103) 를 지난다. 대체적으로, BPF (108) 와 BALUN (109) 의 기능은 SAW 필터를 사용하여 수행된다. 들어오는 신호는 LNA (100) 에 의해 증폭된다. LNA (100) 는 수신 체인 (112) 의 일부이다. 직교 (Quadrature) 믹서 (113) 에 의해 주파수에서 다운컨버팅되고 기저대역 필터 (114) 에 의해 필터링된 후에, 정보는 아날로그-디지털 변환과 디지털 영역에서의 그 이상의 처리를 위해 디지털 기저대역 프로세서 집적 회로 (104) 에 전달된다. 수신 체인이 어떻게 다운컨버팅하는지는 국부 발진기 (115) 에 의해서 발생된 국부 발진기 신호 (L01) 의 주파수를 변경함으로써 제어된다.
- [0016] 반면에, 만약 휴대폰 (101) 이 휴대폰 통화의 일부로서 정보를 송신하는데 사용된다면, 송신될 오디오 정보는 디지털 기저대역 프로세서 집적 회로 (104)에서 아날로그 형태로 변환된다. 아날로그 정보는 RF 송수신기 집적 회로 (103) 의 송신 체인 (117) 의 기저대역 필터 (116) 에 공급된다. 필터링 후에, 신호는 직교 믹서 (118) 에 의해 주파수에서 업컨버팅된다. 업컨버전 과정은 국부 발진기 (119) 에 의해 발생된 국부 발진기 신호 (L02) 의 주파수를 제어함으로써 조절되고 제어된다. 결과적인 업컨버전된 신호는 구동 증폭기 (120) 에 의해 증폭되며, 단자 (121) 를 거쳐 RF 송수신기 집적 회로 (103)으로부터 출력된다. 그 신호는 정합 네트워크 (122) 를 통과하고, 외부 전력 증폭기 (123) 에 의해 증폭된다. 증폭된 신호는 또 다른 정합 네트워크 (124), 듀플렉서 (107) 및 정합 네트워크 (106) 를 통과하고, 나가는 전송신호 (125) 로서 전송을 위해 안테나 (102) 에 공급된다. 수신과 송신 체인의 국부 발진기 (115 및 119) 는 버스 인터페이스 (126), 직렬 버스 (127), 버스 인터페이스 (128), 그리고 제어 명령기 (129 및 130) 을 거쳐 수신한 제어 정보에 의해 제어된다. 제어 정보는 일련의 프로세서-실행 명령 (132) 을 실행하는 프로세서 (131) 에 의해 발생된다. 명령은 프로세서 관독가능 매체 (133) 에 저장된다.
- [0017] 도 9는 도 8의 회로의 수신 신호 경로의 일부분에 대한 보다 상세한 다이어그램이다. 믹서 (113) 는 직교 믹서이며 도 9에서 상징적인 형태로 표현되어 있다. 믹서 (113) 는 국부 발진기 (115) 로부터 차동 동위상 (in-phase) (I) 신호와 차동 직교 (Quadrature) (Q) 신호를 수신한다. 믹서 (113) 는 LNA 출력 도선 (134 및 135) 을 거쳐 차동 LNA 출력 신호를 수신한다. 이 차동 LNA 출력신호는 도선 (134) 상의 신호 LNAOUTP와 도선 (135) 상의 신호 LNAOUTN를 포함한다. LNA (100) 는 LNA 입력 도선 (136 및 137) 을 거쳐 차동 LNA 입력 신호를 수신한다. 이 차동 LNA 입력 신호는 도선 (136) 과 단자 (110) 에서의 신호 LNAINP를 포함하며, 또한 도선 (137) 과 단자 (111) 에서의 신호 LNAINN를 포함한다. 접선 (138) 은 RF 집적 회로 (103) 의 경계를 나타낸다. 예를 들어, 단자 (110 및 111) 은 RF 송수신기 집적 회로 (103) 를 덮는 집적 회로 패키지의 단자일 수 있다. 예를 들면, 단자 (110 및 111) 은 RF 송수신기 집적회로 (103) 의 마이크로 범프 (microbump) 또는 본드 패드 (bond pad)일 수 있다. 단자 (110 및 111), 그리고 도선 (136 및 137) 을 통해 RF 송수신기 집적 회로 (103) 를 들여다 볼 때 입력 임피던스는 약 50 옴이며 75 옴 미만이다. 제 1 ESD 방지 회로 (186) 는 도선 (136) 에 50 fF 의 정전용량의 부하를 건다. 도선 (139 및 140) 은 BALUN (109) 에서 RF 송수신기 집적 회로 (103) 로 연결되는 인쇄 회로 기판에서의 선과 같은 도선이다. 도선 (139), 단자 (110), 그리고 도선 (136) 은 함께 제 1 입력 노드를 형성한다. 제 2 ESD 방지 회로 (187) 는 또한 도선 (137) 에 50 fF 의 정전용량의 부하를 건다. 도선 (140), 단자 (111), 그리고 도선 (137) 은 함께 제 2 입력 노드를 형성한다. 도시된 실시예에서, BALUN (109) 과 RF 송수신기 집적 회로 (103) 의 단자 (110 및 111) 사이에 정합 네트워크가 없다. 따라서 BALUN과 RF 송수신기 집적 회로 사이에 도 1과 도 2의 임피던스 정합 네트워크 (7) 와 같은 임피던스 정합 네트워크를 제공해야만 함으로써 발생하는 비용을 피할 수 있다.
- [0018] 도 10은 도 9의 LNA (100) 의 보다 상세한 다이어그램이다. LNA (100) 은 제 1 저항 피드백 반전 증폭기

(141), 제 2 저항 피드백 반전 증폭기 (142), 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143), 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144), 유도성 부하 (145) 와 바이어스 회로를 포함한다. 바이어스 회로는 저항 (150 및 151), VREF 크기의 기준 전압 전원 (152), 연산 증폭기 (153), 그리고 P-채널 트랜지스터 (154) 를 포함한다. 바이어스 회로는 노드 (174 및 175) 사이에 존재하는 차동 출력 신호의 공통모드 전압을 설정한다. VREF의 크기는 LNA의 선형성을 최적화하기 위해 설정되거나 조정된다.

[0019] 제 1 피드백 반전 증폭기 (141) 는 피드백 저항 (155) 과 증폭기 (156) 를 포함한다. 제 2 피드백 반전 증폭기 (142) 는 피드백 저항 (157) 과 증폭기 (158) 를 포함한다. 반전 증폭기 (156 및 158) 는 (P-채널 풀업(pullup) 및 N-채널 풀다운(pulldown)을 포함하는) 상보형 논리 게이트 인버터로 구현될 필요는 없고, 오히려 다양한 방법으로 구현될 수 있다. 인버터 기호가 반전 증폭기의 일반적인 표현이 된다.

[0020] 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 는 P-채널 전계 효과 트랜지스터 (159) 와 N-채널 전계 효과 트랜지스터 (160) 를 포함한다. 이와 유사하게, 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 는 P-채널 전계 효과 트랜지스터 (161) 와 N-채널 전계 효과 트랜지스터 (162) 를 포함한다. 이 예에서 유도성 부하 (145) 는 조정된 변압기 부하이며, 제 1 권선 (163) 과 제 2 권선 (164) 을 포함한다. 제 1 권선 (163) 은 제 1 단자 (165), 제 2 단자 (166) 와 중간 탭 단자 (167) 를 가진다. 예를 들어, 제 1 권선 (163) 은 권선 (163)이 2 내지 4의 권회수와 약 2 nH의 인덕턴스를 갖도록 하기 위해 위층의 도금과 층간 비아 (via)들에 실현된 집적된 나선형 급속 인덕터일 수 있다. 바이어스 회로는 P-채널 트랜지스터 (154) 를 거쳐 권선 (163) 의 중간 탭 단자 (167) 에 연결된다. 제 1 저항 피드백 증폭기 (141) 의 입력 (168) 은 도선 (136), 단자 (110) 및 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 의 N-채널 트랜지스터 (160) 의 게이트에 결합된다. 제 2 저항 피드백 증폭기 (142) 의 입력 (169) 은 도선 (137), 단자 (111) 및 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 의 N-채널 트랜지스터 (162) 의 게이트에 결합된다. 제 1 저항 피드백 증폭기 (141) 의 출력 (170) 은 커패시턴스 (171) 를 거쳐 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 의 P-채널 트랜지스터의 게이트에 용량적으로 결합된다. 제 2 저항 피드백 증폭기 (142) 의 출력 (172) 은 커패시턴스 (173) 를 거쳐 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 의 P-채널 트랜지스터의 게이트에 용량적으로 결합된다. P-채널 트랜지스터 (159) 의 게이트는 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 로의 제 1 입력이고, N-채널 트랜지스터 (160) 의 게이트는 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 로의 제 2 입력이며, 트랜지스터 (159 및 160) 의 드레인에서 노드 (174) 는 제 1 상보형 출력단 증폭기 (143) 의 출력이다. P-채널 트랜지스터 (161) 의 게이트는 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 로의 제 1 입력이고, N-채널 트랜지스터 (162) 의 게이트는 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 로의 제 2 입력이며, 트랜지스터 (161 및 162) 의 드레인에서 노드 (175) 는 제 2 상보형 출력단 증폭기 (144) 의 출력이다. 변압기 부하 (145) 의 제 2 권선 (164) 은 커패시터 (176) 에 의해 조정된다. 제 2 권선 (164) 의 단자 (177) 는 커패시턴스 (178) 를 거쳐 출력 도선 (134) 과 용량적으로 결합된다. 제 2 권선 (164) 의 단자 (179) 는 커패시턴스 (180) 를 거쳐 출력 도선 (135) 과 용량적으로 결합된다. 도선 (181) 은 공급 전압 도선 VDD 이다. 도선 (182) 은 접지 도선 GND 이다.

[0021] 도 11은 도 3 내지 6의 일반적인 LNA들과 도 10의 LNA (100) 의 구성의 단순화를 나타내는 다이어그램이다. 도 11에 도시된 바와 같이, LNA들은 출력단 (184) 뿐만 아니라 정합 증폭기라 불리는 입력단 (183) 을 가진다. 제 2 단의 증폭기의 출력들은 노드 (185) 에 의해 표현된 것처럼 모두 더해진다. 도 3 내지 6의 일반적인 LNA들은 두 개의 일반적인 유형으로 구분된다. 여기에서는 제1유형 (TYPE#1)으로 표시된 제 1 유형의 LNA에서, 입력단은 공통 게이트 증폭기이다. 도 6의 LNA는 그러한 LNA의 예이다. 제 1 단의 출력 노드 중의 하나 (33) 에서의 전압 잡음은 제 1 단의 출력 노드의 다른 하나 (34) 에서의 전압 잡음과 관련하여 이위상 (out of phase)이다. 상보형 출력단은 그러한 신호들을 합하는데 이용될 수 있고, 그것에 의해서 신호들의 이위상 (out of phase) 구성요소들을 효과적으로 제거한다. 노드 (33 및 34) 에서 전압 잡음이 이위상 (out of phase)인 경우에, 이 잡음은 상보형 출력단에 의해 제거되고 LNA의 출력을 통과하지 않는다. 이러한 유형의 LNA들은 출력단의 출력 임피던스가 높아짐에 기인하여 높은 전압 이득을 가질 수 있다. 그러나, 출력단으로 가는 입력단의 부하 저항 (30) 의 잡음은 이위상 (out of phase)이 아니다. 그러므로 부하 저항 (30) 에 기인하는 노드 (33 및 34) 에서의 잡음은 제거되지 않고 출력단을 통과한다. 결과적으로 이러한 유형의 LNA의 잡음 지수는 일반적으로 비교적 나쁘다. 그러한 제1유형 LNA들의 특성들은 도 12 "제 1유형 LNA"라고 표기된 표의 윗쪽 행에 간단하고 일반화된 형태로 표현되어 있다. 잡음 지수라고 표기된 열은 제1유형 LNA에 대응하는 제 1 열에 "나쁨"이라는 기재를 포함한다. 이 "나쁨" 잡음 지수는 아래에 설명된 다른 LNA들의 잡음지수와 상대적인 점에서 주어진 것이다.

[0022] 여기에서 제2유형 (TYPE#2)으로 나타내어진 제 2 유형의 LNA에서, 입력단은 저항 피드백 증폭기를 포함한다.

도 3의 LNA는 그러한 LNA의 예이다. 입력단의 저항 R에 기인한 잡음은 제 1 단의 출력 노드 X와 Y에서 동 위상 (in phase)이다. 그러나, LNA의 출력단은 제 1 단의 출력들에서 공통 모드 신호들을 뺀 유형이다. 따라서 노드 X에서 저항 잡음은 노드 Y에서 저항 잡음으로부터 효과적으로 빼지게 된다. 도 12의 제 2 형에서 가리키는 바와 같이, 제2유형 LNA들의 잡음 지수는 일반적으로 비교적 좋다. 그러나, 이 제 2 유형 LNA의 이득은 비교적 나쁘다. 예를 들면 도 3의 LNA에서, 노드 OUT을 통해 LNA를 들여다 보는 임피던스는 낮기 때문에, 이득이 낮다. 트랜지스터, N-채널 트랜지스터 M₃의 소스가 노드 OUT에 결합되어 있기 때문에 출력 임피던스가 낮다.

[0023]

한 가지 새로운 관점에서, 도 12의 표가 만들어지고 연구된다. 저항 피드백 증폭기는 최선의 잡음 지수를 주기 때문에, 2단 LNA에서 입력단을 위한 최선의 선택은 저항 피드백 증폭기로 알려져 있다. 상보형 증폭기는 트랜지스터의 소스가 출력 노드에 연결되어 있지 않다는 사실에 기인하여 최선의 이득을 주기 때문에, 출력단을 위한 최선의 선택은 상보형 증폭기로 더 널리 알려져 있다. 그러나, 저항 피드백 증폭기가 입력단으로 사용된다면, 제 1 단의 출력 노드에서의 잡음 신호들은 서로 동위상일 것이다. 제 2 단에서 상보형 증폭기를 사용하기 위해서, 상보형 출력단의 두 개의 입력들에 공급된 잡음 신호들은 이위상 (out of phase)이어야 한다. 따라서, 제 1 단으로부터의 출력으로서 두 개의 신호들이 반전될 수 있다면, 상보형 증폭기 제 2 단으로 공급되는 잡음 신호들은 상보형 증폭기가 그 잡음을 제거하기 위해 요구되는 바와 같이 이위상 (out of phase)이 될 것이다. 차동 신호를 반전하는 한 가지 방법은 차동 신호를 구성하는 두 개의 신호들을 교환 (즉 교차 (cross) 혹은 교환 (swap))하는 것이라고 널리 알려져 있다. 따라서, 두 개의 저항 피드백 증폭기들을 포함하는 제 1 단은 차동 단으로 제공된다. 이 제 1 단의 출력들은 두 개의 상보형 증폭기들을 포함하는 제 2 단으로 교차되어 들어간다. 두 개의 상보형 증폭기들로부터의 출력으로서 그 신호들은 두 개의 상보형 증폭기들이 차동 단인 LNA의 제 2 단을 형성하기 위해서 변압기 부하를 이용해서 더해진다. 신호들이 제 2 단으로 들어가기 전에 제 1 단으로부터의 출력으로서 신호들을 교차하는 것은 제 1 단의 잡음을 반전시켜, 그 결과로서 잡음을 이위상 (out of phase)으로 만들고, 상보형 출력단이 그 잡음을 제거하게 해준다.

[0024]

위의 설명은 LNA (100)의 동작의 사실상 단순화된 설명이다. 예시와 교육의 목적을 위해 위에 나타내었다. 보다 정확한 설명은, 만약 잡음 신호들이 완벽하게 상관되어 있고 같은 크기를 갖는다면, 제 1 단의 두 개의 저항 피드백 증폭기들로부터 출력으로서 두 개의 잡음 신호들이 공통 모드로서 나타날 수 있다고 알려진 것을 포함한다. 만약 두 개의 잡음 신호들이 공통 모드이고, 그러한 잡음 신호들이 (두 개의 상보형 증폭기들을 포함하는 두 번째 단과 같은) 차동 증폭기의 두 개의 입력의 입력값들로 제공된다면, 그러한 공통 모드 잡음은 차동 단을 통과하지 않을 것이다. 차동 증폭기는 본질적으로 차동 신호들만을 증폭한다. 차동 증폭기의 두 개의 입력상의 공통 모드 신호들은 증폭기를 통과하지 않는다. 그러나, 만약 저항 피드백 증폭기들이 그것들의 출력값이 교차되지 않고 제 1 단에 사용되면, 이러한 두 개의 저항 피드백 증폭기들로부터의 출력으로서 잡음은 상관되지 않을 것이다. 제 1 단으로부터의 차동 출력들을 교차함으로써, 두 개의 저항 피드백 증폭기들의 출력으로부터 상관되지 않은 잡음 전압은 두 번째 단에서 더해진다. 이러한 합의 결과로서, (변압기 부하쪽으로 가는) 출력단의 두 개의 가지 (branch)에서 잡음 전류는 상관된다. 이러한 두 개의 상관된 잡음 전류의 크기는 상보형 증폭기들에서 N-채널 gm과 P-채널 gm의 적절한 비율을 선택함으로써 같게 만들 수 있다. 이것이 끝나면, 제 1 단으로부터의 잡음은 제 2 단의 출력에서 공통 모드로 나타나며, 이 공통 모드 잡음은 변압기 부하에 의해서 감쇄된다.

[0025]

이러한 보다 정확한 설명은 여전히 일련의 복잡한 상호작용과 메커니즘의 단순화이다. 동작에 있어서 정확한 상호작용과 메커니즘의 세부사항들과 관계없이, LNA (100)는 500 MHz에서 2 GHz까지의 넓은 주파수 동작 범위에서의 동작에 있어서 LNA (100)가 75 옴 미만의 입력 임피던스, 2 dB 미만의 잡음 지수와 20 dB 초과 이득을 가지는 점에서 예상된 바와 같이 제 1유형 LNA들과 제 2유형 LNA들과 비교하여 뛰어난 성능을 갖는 것으로 관측된다. 낮은 입력 임피던스를 가지면서 높은 이득과 낮은 잡음 지수를 동시에 달성하는 LNA (100)로 인해, RF 송수신기 집적 회로 (103)의 단자 (110 및 111)와 BALUN 사이에 정합 네트워크를 필요로 하지 않는다. 제 1유형 또는 제 2유형 LNA들 중 어떤 것도 이러한 세 개의 성능 매개변수를 동시에 만족할 수는 없다.

[0026]

도 13은 500 MHz에서 2.0 GHz까지의 동작 주파수 영역에서 도 10의 LNA (100)의 이득을 보여주는 그래프이다. 도시된 바와 같이 400 옴의 피드백 저항 RF에 대해서 이득은 전체 동작 주파수 영역에서 40 dB를 상회한다. 도 14는 500 MHz에서 2.0 GHz까지의 같은 동작 주파수 영역에서 도 10의 LNA (100)의 잡음지수 (NF)를 보여주는 그래프이다. 도시된 바와 같이 400 옴의 피드백 저항 RF에 대해서 잡음 지수는 전체 동작 주파수 영역에서 5 dB 미만이다. 도 15는 500 MHz부터 2.0 GHz까지의 같은 동작 주파수 영역에서 S11 반사계수를 보

여주는 그래프이다. 이 S11 반사 계수는 50 옴 소스로부터 LNA (100) 를 들여다볼 때 반사된 전력의 양을 측정하는 것이다. 따라서, S11 반사 계수는 또한 LNA (100)의 입력 임피던스가 얼마나 50 옴 소스와 잘 정합되는지를 측정하는 것이기도 하다. 도시된 바와 같이, 반사 계수는 500 MHz 부터 2 GHz 까지의 전체 주파수 영역에 걸쳐서 -14 dB 미만이다. 이 S11 반사 계수는 500 MHz 부터 2 GHz 까지의 전체 주파수 영역에 걸쳐서 75 옴 미만의 입력 임피던스에 대응한다. 도 13 내지 도 16의 그래프는 대략 15 mA의 전류 소비에서 LNA (100) 의 동작을 나타낸다.

[0027] LNA (100) 의 잡음 지수와 LNA (100) 의 입력 임피던스 사이에 관계가 있다. LNA (100)가 50 옴 소스와 덜 잘 임피던스 정합되도록 LNA (100)의 입력 임피던스를 증가시키는 희생으로 잡음 지수는 줄어들 수 있다. 유사하게, LNA (100)의 입력 임피던스는 잡음 지수를 증가시키는 희생으로 50 옴 소스와 더 잘 정합시킴으로써 줄어들 수 있다. 잡음 지수와 입력 임피던스를 정합하는 것과의 트레이드오프 (tradeoff)가 어떻게 만들어지는가는 개개의 적용에 의존한다. 게다가, LNA (100) 의 대역폭은 캐패시터 (176) 의 정전용량을 변경함으로써 조정될 수 있다. 일부 실시 예에서, 캐패시터 (176) 는 정전용량이 디지털 제어값에 의해 제어되는 가변 캐패시터이다.

[0028] 도 16은 방법 (200) 의 단순화된 순서도이다. 단계 (201) 에서, 제 1 LNA 입력 노드에서 제 1 신호는 제 1 저항 피드백 반전 증폭기를 사용하여 증폭되며, 그 결과로서 제 2 상보형 출력단 증폭기의 제 1 입력에 공급되는 신호를 생성한다. 제 1 신호는 또한 제 1 상보형 출력단 증폭기의 제 2 입력으로 공급된다.

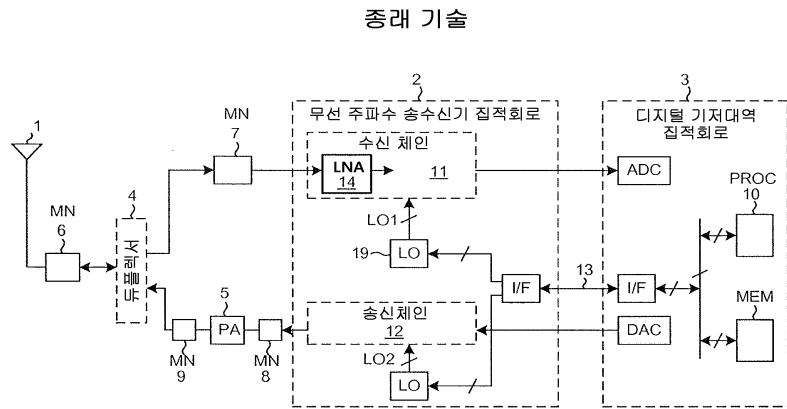
[0029] 단계 (202) 에서, 제 2 LNA 입력 노드의 제 2 신호는 제 2 저항 피드백 반전 증폭기를 이용하여 증폭되며, 그 결과로서 제 1 상보형 출력단 증폭기의 제 1 입력으로 공급되는 신호를 생성한다. 제 2 신호는 또한 제 2 상보형 출력단 증폭기의 제 2 입력으로 공급된다.

[0030] 단계 (203) 에서, 제 1 상보형 출력단 증폭기에서 출력된 신호와 제 2 상보형 출력단 증폭기에서 출력된 신호는 유도성 부하에서 결합된다. 하나의 예로서, 제 1 및 제 2 LNA 입력 노드들에서 제 1 및 제 2 신호들은 모두 차동 LNA 입력 신호이다. 유도성 부하는 1차 권선과 2차 권선을 갖는 변압기 부하이다. 차동 LNA 출력 신호는 2차 권선의 한 쌍의 단자들로부터 AC 결합 캐패시터들을 거쳐 상응하는 한 쌍의 LNA 출력 도선들로 출력된다.

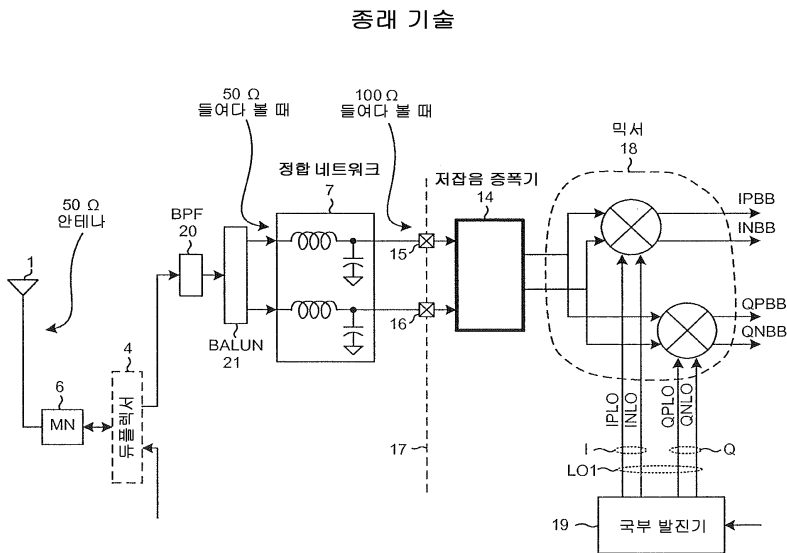
[0031] 몇몇 구체적 실시예들이 교육의 목적으로 위해 위에 기술되었음에도 불구하고, 이 특허 문서의 교시는 일반적인 응용성을 가지며 위에 기술된 구체적 실시예에 제한되지 않는다. 다수의 수신 체인을 포함하는 다중-모드 시스템에서, 각각의 수신 체인들에서 외부 정합 네트워크 사용을 피하기 위해 위 언급된 회로와 기술을 사용하는 것은 특히 높은 유용성을 가지며, 상당한 원가절감을 가져올 수 있다. 유도성 부하는 변압기일 필요가 없고, 오히려 2차 권선이 없고 캐패시터 (176) 가 노드 (175 및 174) 사이에 연결되는 것을 제외하고 노드 (175) 는 캐패시터 (178) 에 의해 출력 도선 (134) 과 용량적으로 결합되고 노드 (174) 는 캐패시터 (180) 에 의해 출력 도선 (135) 과 용량적으로 결합되는 도 10의 변압기의 1차 권선 (163) 으로 연결된 중앙-분기된 인덕터일 수 있다. 따라서, 기술된 구체적 실시예들의 다양한 특징들의 다양한 수정, 적응 및 조화가 아래에서 설명된 청구항의 영역에서 벗어남이 없이 실시될 수 있다.

도면

도면1

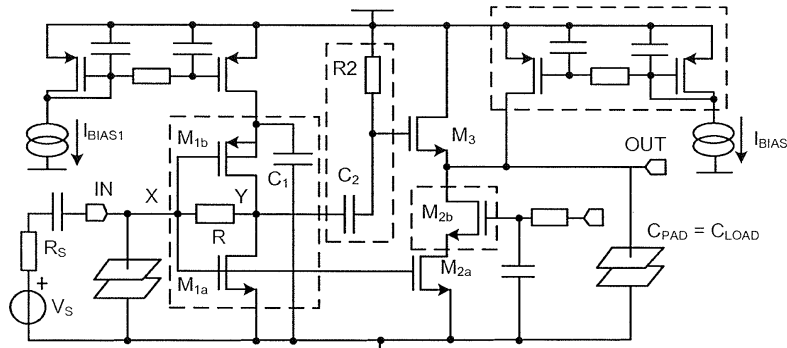


도면2



도면3

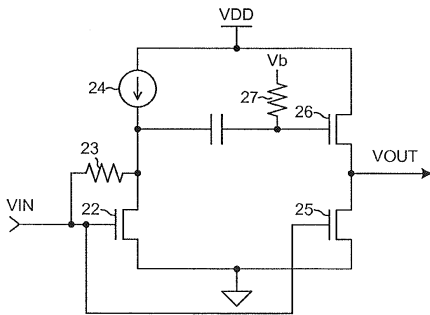
종래 기술



저항 피드백 입력단과 소스 팔로워
출력단이 있는 저잡음 증폭기
단일 종단 예

도면4

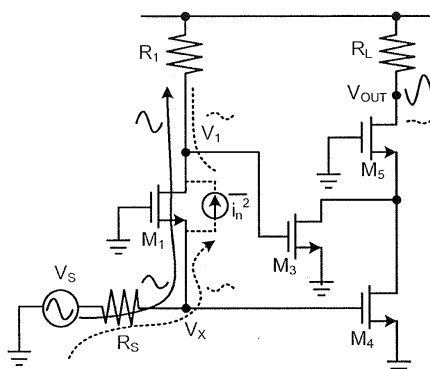
종래 기술



저항 피드백 입력단과 소스 팔로워
출력단이 있는 저잡음 증폭기
단일 종단 예

도면5

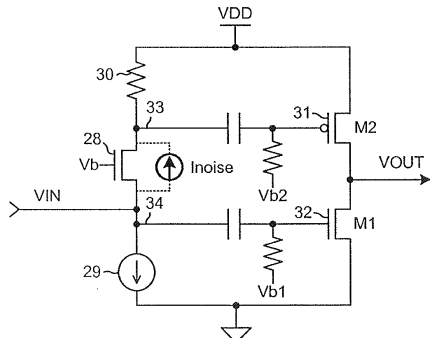
종래 기술



공통 게이트 입력단과 두 개의 공통
소스 출력단이 있는 저잡음 증폭기
단일 종단 예

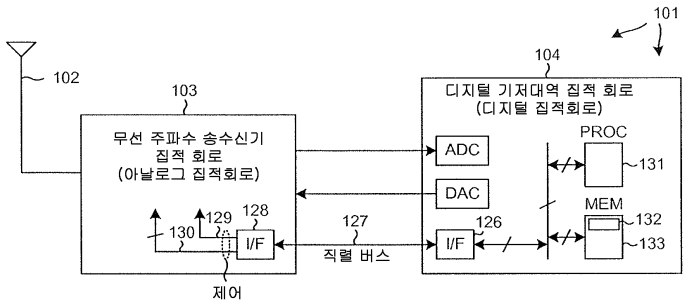
도면6

종래 기술

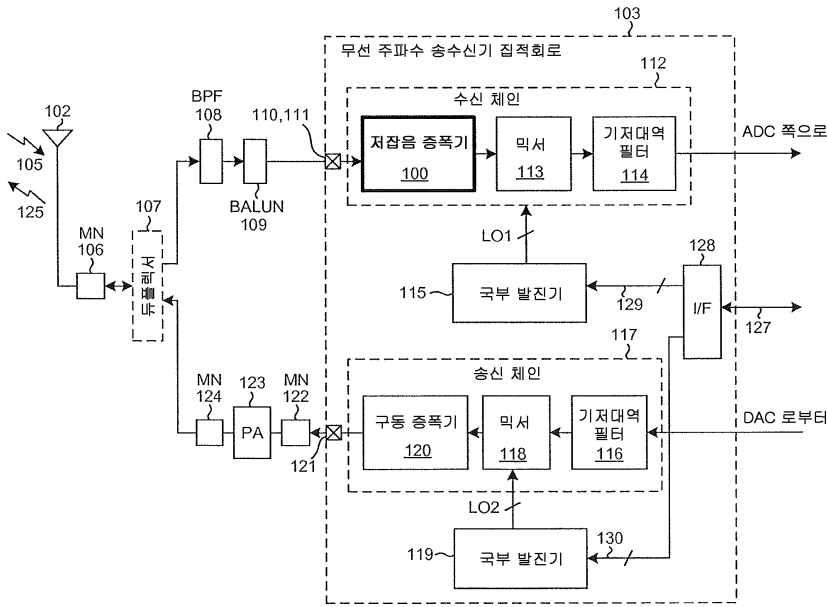


공통 게이트 입력단과 상보형 출력단이 있는 저잡음 증폭기 단일 종단 예

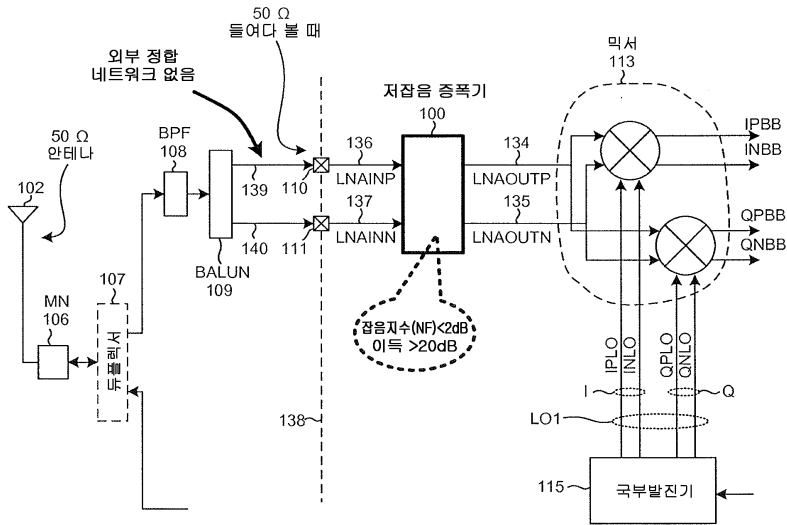
도면7



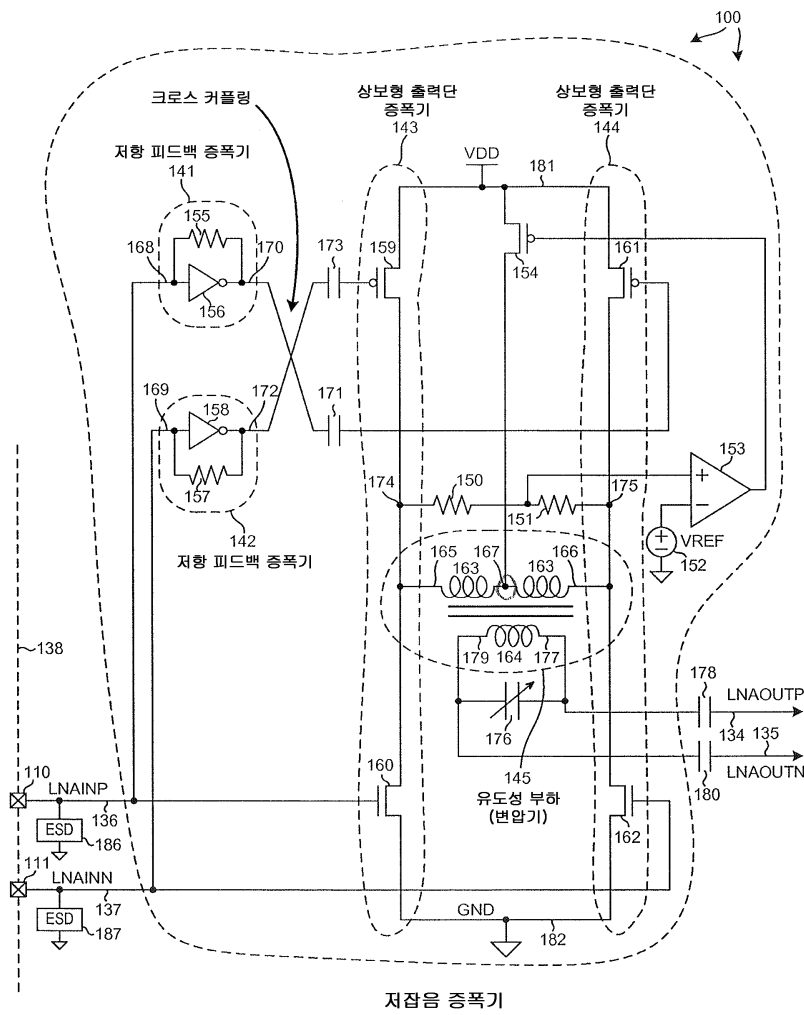
도면8



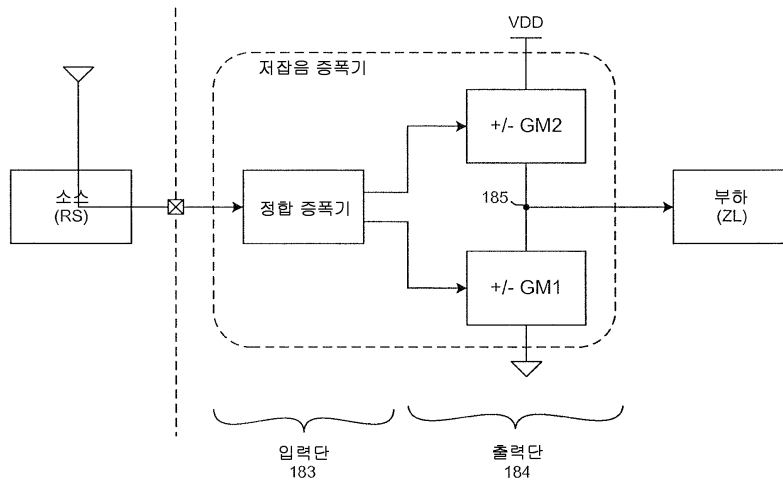
도면9



도면10



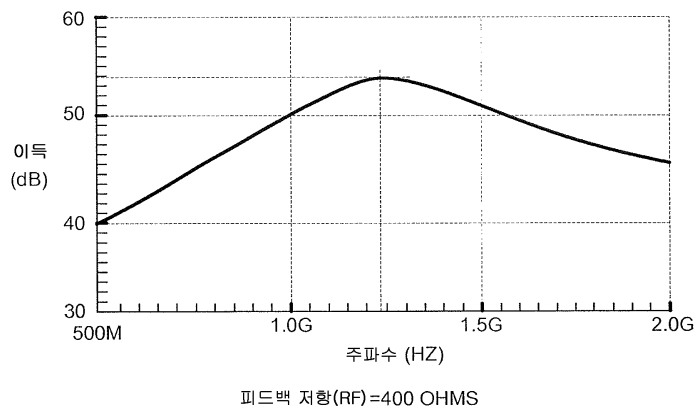
도면11



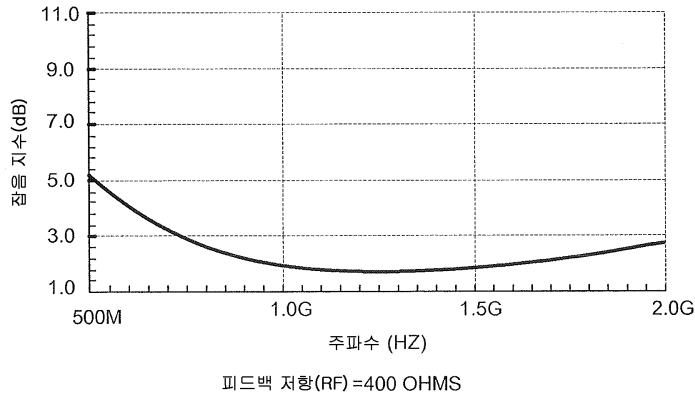
도면12

유형	입력단	출력단	입력 임피던스	잡음 지수	이득
제1유형 LNA	공통 게이트	상보형	높음 (나쁨)	나쁨	좋음
제2유형 LNA	저항 피드백	소스 팔로워	낮음 (좋음)	좋음	나쁨
도 10의 구체적 구현	저항 피드백	소스 팔로워	높음 (나쁨)	좋음	좋음

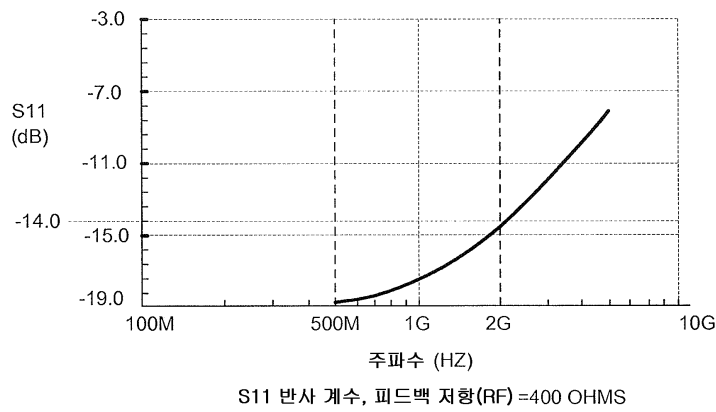
도면13



도면14



도면15



도면16

