



등록특허 10-2719928



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월18일

(11) 등록번호 10-2719928

(24) 등록일자 2024년10월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 1/7163 (2011.01) *H03F 1/26* (2006.01)
H03F 3/45 (2006.01) *H03G 3/30* (2006.01)
H04B 1/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04B 1/71637 (2013.01)
H03F 1/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0188639
(22) 출원일자 2023년12월21일
심사청구일자 2023년12월21일
(56) 선행기술조사문헌
US06091942 A*
US20070216481 A1*
US20170126443 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
김주성
대전광역시 유성구 상대북용로29번길 51, 207동
703호 (상대동, 대전아이파크시티 2단지)
안현식
대전광역시 서구 관저북로 80, 202동 1805호 (관
저동, 원앙마을2단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 7 항

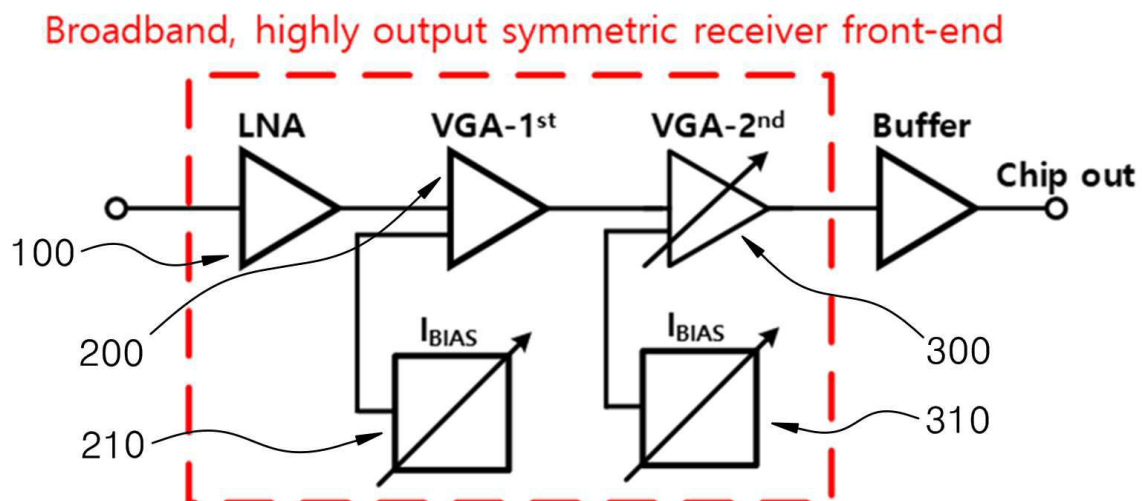
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치

(57) 요약

본 발명은 수신된 RF 신호의 잡음을 최소화하기 위하여 교차 커플링된 공통 게이트 기반의 저잡음 증폭기를 1st-stage로 제공하고, 병렬로 복수개 구비된 트랜스미션 게이트 및 캐스코드 전류미러 구조를 통해, 제1가변이득증폭기에 복사된 전류를 조절하는 2nd-stage를 제공하고, 제2가변이득증폭기는 제1가변이득증폭기와 유사하지만, 병렬로 복수개 구비된 커패시터와 스위칭 트랜지스터가 출력단에 부가됨으로써, 초광대역 범위에서 대역을 가변할 수 있는 3rd-stage를 제공하여 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치를 구현할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H03F 3/45183 (2013.01)

H03G 3/3052 (2013.01)

H04B 1/12 (2020.08)

(72) 발명자

채홍

대전광역시 유성구 동서대로179번길 62-18, 304호
(덕명동)

최윤석

대전광역시 유성구 동서대로 125, N3동 310호 (덕명동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991007941

과제번호 21-CM-TN-11

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 국방과학연구소

연구사업명 민군기술협력(R&D)(산업부,방사청)

연구과제명 웨이크업 수신모드 소모전력 수 uW 수준의 0.2~1GHz 대역 광역 송수신 SoC 개발

과제수행기관명 한밭대학교산학협력단

연구기간 2021.08.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991008202

과제번호 21-CM-TN-11

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 국방과학연구소

연구사업명 민군기술협력(R&D)(산업부,방사청)

연구과제명 웨이크업 수신모드 소모전력 수 uW 수준의 0.2~1GHz 대역 광역 송수신 SoC 개발

과제수행기관명 한밭대학교산학협력단

연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991008719

과제번호 21-CM-TN-11

부처명 다부처

과제관리(전문)기관명 국방과학연구소

연구사업명 민군기술협력(R&D)(산업부,방사청,과기부)

연구과제명 웨이크업 수신모드 소모전력 수 uW 수준의 0.2~1GHz 대역 광역 송수신 SoC 개발

과제수행기관명 한밭대학교산학협력단

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345361699

과제번호 2021R1I1A3044182

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공학학술연구기반구축

연구과제명 RF 펄스 폭 변조 기반 송신기, Wake-up 수신 기능 내재화한 수신기 기반의 높은 데이터 전송률을 가진 초저전력 IoT 송수신단 개발

과제수행기관명 한밭대학교

연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

공통 게이트 저잡음증폭기; 및

상기 저잡음증폭기에 연결되는 복수의 가변이득증폭기;를 포함하며,

상기 저잡음증폭기는, 커패시터가 교차 커플링 되고,

상기 복수의 가변이득증폭기는, 차동오차보정기와 전류량을 조절하는 바이어스회로를 각각 포함하며,

상기 복수의 가변이득증폭기는, 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기를 포함하되, 상기 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기는, 각각 차동 입출력이 가능한 한 쌍의 공통 소스 캐스코드가 구비되고, 각각의 출력단에 저항과 인덕터가 직렬로 연결되며,

상기 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기는, 각각 상기 차동오차보정기를 통해 차동 신호의 이득 오차 및 위상 오차를 보정하되,

상기 차동오차보정기는, 각 출력단과 캐스코드단에 커플링 인버터(Coupled-Inverter)가 구비되어, back-to-back regeneration 구조를 통해 신호를 추가로 증폭시키는

대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제2가변이득증폭기는,

상기 인덕터와 병렬 연결된 복수개 커패시터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제2가변이득증폭기는,

상기 복수개 커패시터 각각에 트랜지스터를 직렬 연결하여, 스위칭으로 대역을 가변하는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기는,

상기 캐스코드의 입력단에 연결되어, 전류미러 구조를 통해 상기 캐스코드에 복사되는 전류량을 조절하는 바이어스회로;

를 더 포함하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 바이어스회로는, 상기 전류미러 구조의 기준회로가 캐스코드인 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 바이어스회로는, 상기 기준회로에 복수개 병렬로 연결된 트랜스미션 게이트 회로를 더 포함하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 각각의 트랜스미션 게이트 회로의 ON/OFF를 통해, 캐스코드 전류미러 회로를 추가할 수 있는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 저잡음 증폭기와 가변 이득 증폭기를 멀티 스테이지로 구성하여 초광대역 범위에서 대역을 가변하고, 바이어스회로를 통해 가변 이득 증폭기의 전류를 조절하여 이득이 향상되는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 초광대역(Ultra Wide Band, UWB) 기술은 주파수 대역이 넓으며, 기존 무선 시스템에 간섭이 일으키지 않는 송출 전력 환경에서 동작함이 바람직하다. 이러한 이유로 과거 군용 목적으로 개발되었으며, 개발 당시에는 전송거리가 10m 정도로 짧았지만, 기술이 발달함에 따라 전송거리가 100m 이상 가능해지면서 다양한 분야에 응용될 수 있게 되었다.

[0003] 최근 인공지능이 발달하고 사물인터넷이 확대되면서, 실내 공간의 장애물들에 구애받지 않고 정밀한 위치 측정이 가능한 초광대역 기술이 필요하게 되었다. 초광대역은 문자 그대로 500MHz 이상의 대역폭을 사용하고, 수 GHz의 주파수 대역을 갖는 근접거리 무선통신 기술이다.

[0004] 일반적으로, 초광대역 무선통신 기술은 주파수 대역을 500MHz 단위로 쪼갠 후 채널을 지정하여 사용하기 때문에, 초광대역 주파수 범위에서 대역을 조절할 수 있으면서 수신 신호를 증폭하기 위한 이득 조절 장치를 제공할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 1. 한국등록특허 제10-1552896호(2015.09.08.등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 수신된 RF 신호의 잡음을 최소화시킨 후, 증폭기 회로에 복사되는 전류량으로 이득을 조절하는 방식으로 증폭기의 동작을 저하시키지 않으면서 수신 이득을 가변하고, 초광대역 범위에서 대역(채널)을 안정적으로 가변할 수 있고 신호 품질을 확보할 수 있는 UWB 수신 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따르면, 공통 게이트 저잡음증폭기 및 상기 저잡음증폭기에 연결되는 복수의 가변이득증폭기로 이루어진 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0008] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 저잡음증폭기는 커패시터가 교차 커플링 되어있는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 복수의 가변이득증폭기는 차동오차보정기와 전류량을 조절하는 바이어스 회로를 각각 포함하는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0010] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 복수의 가변이득증폭기는 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기로 이루어지며, 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기는 각각 차동 입출력이 가능한 한 쌍의 공통 소스 캐스코드가 구비되고, 각각의 출력단에 저항과 인덕터가 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 제2가변이득증폭기는, 상기 인덕터와 병렬 연결된 복수개 커패시터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 제2가변이득증폭기는, 상기 복수개 커패시터 각각에 트랜지스터를 직렬 연결하여, 스위칭으로 대역을 가변하는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기는, 상기 캐스코드의 입력단에 연결되어, 전류미러 구조를 통해 상기 캐스코드에 복사되는 전류량을 조절하는 바이어스 회로를 더 포함하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 바이어스 회로는, 상기 전류미러 구조의 기준회로가 캐스코드인 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 바이어스 회로는, 상기 기준회로에 복수개 병렬로 연결된 트랜스미션 게이트 회로를 더 포함하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 각각의 트랜스미션 게이트 회로의 ON/OFF를 통해, 캐스코드 전류미러 회로를 추가할 수 있는 것을 특징으로 하는 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치가 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은 수신된 RF 신호의 잡음을 최소화하기 위하여 교차 커플링된 공통 게이트 기반의 저잡음 증폭기를 제공하여 입력 정합을 쉽게 하며, 선형성, 안정성이 향상되고 전력 소모를 최소화할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명은 병렬로 복수개 구비된 트랜스미션 게이트 및 캐스코드 전류미러 구조를 통해, 제1가변이득증폭기에 복사된 전류를 조절하는 방식으로 큰 동적 범위에서 신호 압축 및 잡음에 높은 품질을 확보할 수 있다. 제2가변이득증폭기에 병렬로 복수개 구비된 커패시터와 스위칭 트랜지스터가 출력단에 부가됨으로써, 초광대역 범위(3-10GHz)와 500MHz 이상의 대역폭을 만족하도록 가변할 수 있는 효과가 있으며, 차동오차보정기를 포함하므로 차동 출력의 이득 오차 및 위상 오차를 최소화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 블록 다이어그램이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 1st-stage인 저잡음증폭기이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 2nd-stage인 제1가변이득증폭기이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 바이어스회로이며, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 제1가변이득증폭기의 전압이득을 그래프로 나타내고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 각 stage의 이상적인 주파수 응답 특성을 그래프로 나타내며, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 3rd-stage인 제2가변이득증폭기이고, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 제2가변이득증폭기의 전압이득을 그래프로 나타내며, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 각 stage를 합산한 전압이득을 그래프로 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 실시예들에 대한 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0021] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 블록 다이어그램이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 1st-stage인 저잡음증폭기이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 2nd-stage인 제1가변이득증폭기이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 바이어스회로이며, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 제1가변이득증폭기의 전압이득을 그래프로 나타내고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 각 stage의 이상적인 주파수 응답 특성을 그래프로 나타내며, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 3rd-stage인 제2가변이득증폭기이고, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 제2가변이득증폭기의 전압이득을 그래프로 나타내며, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치의 각 stage를 합산한 전압이득을 그래프로 나타낸다.
- [0024] 본 발명은 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치로, 공통 게이트 저잡음증폭기와 상기 저잡음증폭기에 연결되는 복수의 가변이득증폭기로 구성될 수 있다. 이는 수신된 신호의 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio)를 최대화하면서, 복수의 가변이득증폭기를 거치면서 이득 향상과 주파수 대역을 광범위하게 확보할 수 있다.
- [0025] 여기서, 복수의 가변이득증폭기는 차동오차보정기와 전류량을 조절하는 바이어스회로를 각각 포함할 수 있다. 차동오차보정기는 차동 출력신호의 오차를 보정할 수 있고, 바이어스회로를 통해 가변이득증폭기의 이득을 조절

할 수 있다.

- [0026] 복수의 가변이득증폭기는 제1가변이득증폭기 및 제2가변이득증폭기로 이루어질 수 있다.
- [0027] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 대역 및 이득 조절이 가능한 UWB 수신 장치는 저잡음증폭기(Low Noise Amplifier, LNA, 100), 제1가변이득증폭기(Variable Gain Amplifier, VGA-1st, 200), 제2가변이득증폭기(VGA-2nd, 300), 바이어스회로(Bias Circuits, 210, 310)를 포함할 수 있다.
- [0028] 도 2는 저잡음증폭기(100)에 관한 것으로서, 양단에 한 쌍의 트랜지스터(Transistor)의 공통 게이트(Common-Gate)에 커패시터(Capacitor)가 교차 커플링(Cross-Coupled) 되어 차동 입출력이 가능한 회로로, 1st-stage에 해당한다.
- [0029] RF 신호(V_{RF})를 수신하는 경우, 차동 입력신호 V_{inp} , V_{inn} 으로 변환될 수 있다. 여기서 트랜지스터(M_p)의 게이트-소스 사이의 전위차를 고려하면, V_{inn} 이 교차 커플링 된 커패시터를 거치면서 반대 위상의 신호가 인가되기 때문에, 실효 트랜스 컨덕턴스(Transconductance)가 증가할 수 있다. 한편, 출력단에 연결된 저항(R_L)은 전압이득에 관계되는 값으로 설계과정에서 조정될 수 있다.
- [0030] 이 결과, 전체 시스템의 전력 소모가 최소화되고, 잡음 성능이 향상된다. 또한, 공통 게이트 트랜지스터 구조는 입력 정합(매칭)에 용이하고, 선형성, 안정성 측면에서 장점을 가지고 있다.
- [0031] 1st-stage인 저잡음증폭기의 차동 출력신호 V_{oup} 와 V_{outn} 는 다음 스테이지(2nd-stage)인 전류량을 조절하는 바이어스회로(210)를 포함한 제1가변이득증폭기(200)에서 차동 입력신호가 된다.
- [0032] 도 3은 제1가변이득증폭기(200)에 관한 것으로서, 차동오차보정기(220)를 포함하고 있기 때문에, 차동 신호의 이득 오차 및 위상 오차를 보정할 수 있다.
- [0033] 차동오차보정기(220)는, 각 출력단과 캐스코드단에 커플링 인버터(Coupled-Inverter)가 구비되어, back-to-back regeneration 구조를 통해 신호를 추가로 증폭할 수 있다. 하지만 Positive Feedback 구조이기 때문에 발진을 일으키지 않는 범위에서 설계할 필요가 있다.
- [0034] 제1가변이득증폭기(200)는 차동 입출력 가능한 한 쌍의 공통 소스 캐스코드가 구비되고, 각 출력단에 저항과 인덕터가 직렬로 연결되는 회로이다.
- [0035] 아울러 상기 캐스코드의 입력단에 연결되어, 전류미러 구조를 통해 상기 캐스코드의 출력단에 복사되는 전류량을 조절하는 바이어스회로(210)를 제1가변이득증폭기(200)가 포함하고 있다.
- [0036] 2nd-stage로 입력된 차동 신호 V_{inp} , V_{inn} 가 커패시터를 거쳐 AC 커플링 되어, 각 캐스코드의 게이트 전압으로 입력되며, 또한 각 게이트 단은 저항과 함께 바이어스회로(210)가 연결되어 있다.
- [0037] 도 4는 바이어스회로(210)에 관한 것으로, 제1가변이득증폭기(200)와 전류미러 구조를 형성하여, 기준회로(211)가 캐스코드(트랜지스터 M_{Bo} , $M_{Bo,a}$)이고 전류원 I_{bias} 가 공급되는 회로이다.
- [0038] 여기까지 구성된 회로에 대하여, 제1가변이득증폭기(200)의 트랜스컨덕턴스(g_m)을 계산해보면,

$$g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_{copy}}$$
 이다.
- [0039] 여기서, $\frac{W}{L}$ 는 트랜지스터 M_1 의 폭(W)과 길이(L)의 비이고, I_{copy} 는 제1가변이득증폭기(200)로 복사된 전류이다.
- [0040] 본 발명의 목적인 이득을 조절하기 위하여, 위에 제시된 캐스코드 전류미러의 기준회로(211)에 복수개 병렬로 트랜스미션 게이트(Transmission Gate) 회로(212)가 연결된다. 이는 트랜스미션 게이트 회로(212)의 ON/OFF를 통해, 추가적인 캐스코드 전류미러를 추가할 수 있는 회로이다.
- [0041] 각 트랜스미션 게이트가 커짐에 따라, 동작하는 회로는 상기 기준회로(211)와 같은 캐스코드 구조여서, 각 트랜지스터의 폭 및 길이 특성에 따라 상기 복사되는 전류량(I_{copy})이 조절될 수 있다.

[0042] 예를 들면, $TG_1, TG_2, \dots, TG_N$ 에 연결된 트랜지스터 $M_{B1}, M_{B2}, \dots, M_{BN}$ 의 폭과 길이가 모두, M_{B0} 의 폭(W_0)과 길이(L_0)와 같다고 할 수 있다.

[0043] 이제 $TG_1 = TG_2 = \dots = TG_N = OFF$ 인 경우, I_{copy} 가 제1가변이득증폭기(200)에 복사된다고 할 때,

[0044] $TG_1 = ON, TG_2 = \dots = TG_N = OFF$ 인 경우, M_{B0} 과 M_{B1} 의 전체 폭은 $2W_0$ 가 되어 $I_{copy}/2$ 가 제1가변이득증폭기(200)에 복사되고,

[0045] $TG_1 = TG_2 = ON, TG_3 = \dots = TG_N = OFF$ 인 경우, M_{B0} 과 M_{B1} 과 M_{B2} 의 전체 폭은 $3W_0$ 가 되어 $I_{copy}/3$ 가 제1가변이득증폭기(200)에 복사된다.

[0046] 이렇게 트랜스미션 게이트를 하나씩 켜 때마다, 제1가변이득증폭기(200)에 복사되는 전류량이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

[0047] 간단한 경우를 예로 들었지만, 필요에 따라 $M_{B0}, M_{B1}, M_{B2}, \dots, M_{BN}$ 의 폭과 길이를 다양한 크기로 설계하여, 제1가변이득증폭기(200)에 복사되는 전류량을 더욱 정밀하게 조절할 수 있다.

[0048] 이제, 제1가변이득증폭기(200)의 전압이득(A_{v1})을 계산하면,

[0049] $A_{v1} = g_{m1} \left[\frac{1}{g_{m2} r_{01} r_{02} + r_{01} + r_{02}} + \frac{1}{R_1 + sL_1} + sC_p \right]^{-1}$ 이고, 근사하면,

[0050] $A_{v1} \approx g_{m1} R_1 \left(\frac{1 + (sL_1/R_1)}{1 + sR_1 C_p + s^2 L_1 C_p} \right)$ 이다. 여기서 C_p 는 제1가변이득증폭기(200)에 포함된 트랜지스터의 기생 커패시턴스(Parasitic Capacitance)이다.

[0051] 도 5에 도시한 바와 같이, 2nd-stage인 제1가변이득증폭기(200)의 전압이득(A_{v1})이 그래프로 표현될 수 있다.

[0052] 한편, 도 6은 이상적으로 기대하는 각 stage의 그래프 개형인데, 실제 계산된 도 5의 개형과 비교하였을 때, 전압이득이 고주파 영역에서 떨어지는 결과를 볼 수 있는데, 이는 기생 커패시턴스에 의한 결과라 할 수 있다. 따라서, 고주파 영역을 보완하기 위하여 3rd-stage인 제2가변이득증폭기(300)를 제시할 필요가 있다.

[0053] 도 7은 제2가변이득증폭기(300)에 관한 것으로서, 한 쌍의 공통 소스 캐스코드가 구비되고, 각 출력단에 저항과 인덕터가 직렬로 연결되되, 상기 인덕터와 병렬 연결된 복수개 커패시터를 포함할 수 있다.

[0054] 아울러 상기 캐스코드의 입력단에 연결되어, 전류미러 구조를 통해 상기 캐스코드의 출력단에 복사되는 전류량을 조절하는 바이어스회로(310)를 제2가변이득증폭기(300)가 포함하고 있다.

[0055] 제2가변이득증폭기(300)의 바이어스회로(310)는 제1가변이득증폭기(200)의 바이어스회로(210)의 구조와 동일한 것으로, 트랜스미션 게이트 회로(312)의 ON/OFF 됨에 따라 제2가변이득증폭기(300)에 복사되는 전류량을 조절할 수 있다. 하지만 기준회로(311)와 트랜스미션 게이트 회로(312)의 복수개 트랜지스터의 폭과 길이는 다르게 설계될 수 있다.

[0056] 제2가변이득증폭기(300)는 인덕터와 병렬 연결된 복수개 커패시터(330)에 의해 동작 주파수 대역이 결정된다. 또한 이 동작 주파수 범위에서 대역을 가변하기 위해, 복수의 커패시터 각각에 직렬로 트랜지스터를 직렬 연결하여 스위칭함으로써, 합성커패시턴스(C_{net})를 조절할 수 있다.

[0057] 도 7은 커패시터 3개가 병렬 연결된 예시이고, C_2 와 C_3 에 직렬 연결된 각 트랜지스터가 ON/OFF 됨에 따라, 합성 커패시턴스(C_{net})는 $C_1, C_1 + C_2, C_1 + C_3, C_1 + C_2 + C_3$ 로 조절될 수 있다.

[0058] 이제, 제2가변이득증폭기(300)의 전압이득(A_{v2})을 계산하면,

[0059] $A_{v2} \approx g_{m1} \left(\frac{R_2 + sL_2 + s^2 R_2 L_2 C_{net}}{1 + s^2 L_2 C_{net}} \right)$ 이다.

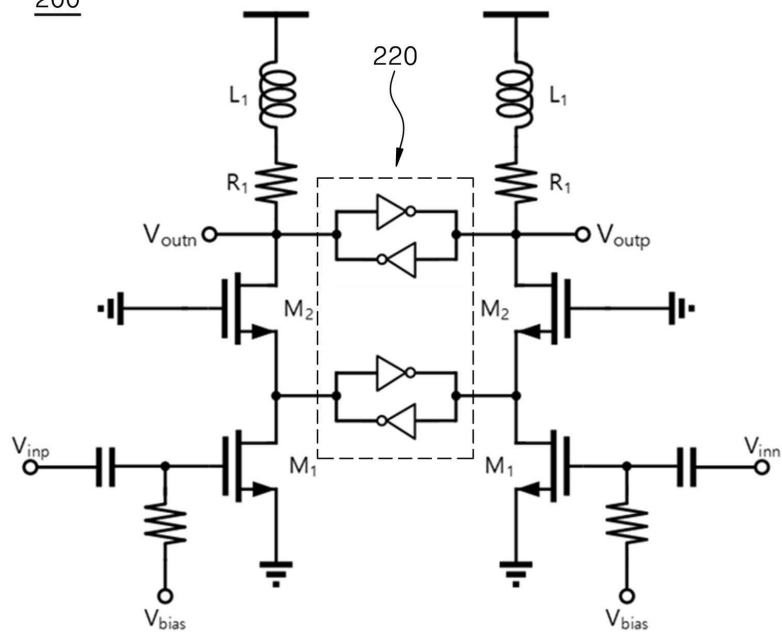
- [0060] 도 8은 3rd-stage인 제2가변이득증폭기(300)의 전압이득(A_{v2})을 나타낸 그래프이다. 1st-stage와 2nd-stage와는 다르게 LC 공진 구조이기 때문에 대역통과(Band-Pass)로 동작하는 특성이 있다. 트랜지스터가 ON/OFF 됨에 따라, 고주파의 대역이 더 넓은 영역으로 확장되었음을 확인할 수 있다. 이 그래프는 커패시터 3개에 대한 효과만이 나타난 것이므로, 복수개 커패시터(330)를 연결하여 대역을 더욱 확장시킬 수 있다.
- [0061] 도 9(a)는 1st-stage, 2nd-stage 및 3rd-stage의 주파수 대역을 각각 표시한 그래프를 도시하였다. 1st-stage인 저잡음증폭기(100)는 저잡음 특성과 전력 소모를 최소화하기 위한 구성이었지만, 주파수 대역 관점에서 저역통과(Low-Pass)되는 특성이 있어 그래프에서 파란 선으로 나타나 있다.
- [0062] 2nd-stage인 제1가변이득증폭기(200)는 고역통과(High-Pass)되는 특성이 빨간 선으로 나타나 있고, 3rd-stage인 제2가변이득증폭기(300)를 통해, 고주파 대역이 더욱 확장되었음을 검은 선 그래프로 확인할 수 있다.
- [0063] 도 9(b)는 1st-stage, 2nd-stage 및 3rd-stage의 주파수 대역을 모두 합산한 결과 UWB 대역(3-10Gz)이 포함됨을 확인할 수 있다.
- [0064] 본 발명의 실시예에 따르면, 수신된 RF 신호의 잡음을 최소화하기 위하여 교차 커플링된 공통 게이트 기반의 저잡음 증폭기를 제공하여 입력 정합을 쉽게 하며, 선형성, 안정성이 향상되고 전력 소모를 최소화할 수 있다.
- [0065] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 본 발명은 병렬로 복수개 구비된 트랜스미션 게이트 및 캐스코드 전류미러 구조를 통해, 제1가변이득증폭기에 복사된 전류를 조절하는 방식으로 큰 동적 범위에서 신호 압축 및 잡음에 높은 품질을 확보할 수 있다. 제2가변이득증폭기에 병렬로 복수개 구비된 커패시터와 스위칭 트랜지스터가 출력단에 부가됨으로써, 초광대역 범위(3-10GHz)와 500MHz 이상의 대역폭을 만족하도록 가변할 수 있는 효과가 있으며, 차동오차보정기를 포함하므로써 차동 출력의 이득 오차 및 위상 오차를 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [0066] 이상의 설명에서는 본 발명의 다양한 실시예들을 제시하여 설명하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함을 쉽게 알 수 있을 것이다.

부호의 설명

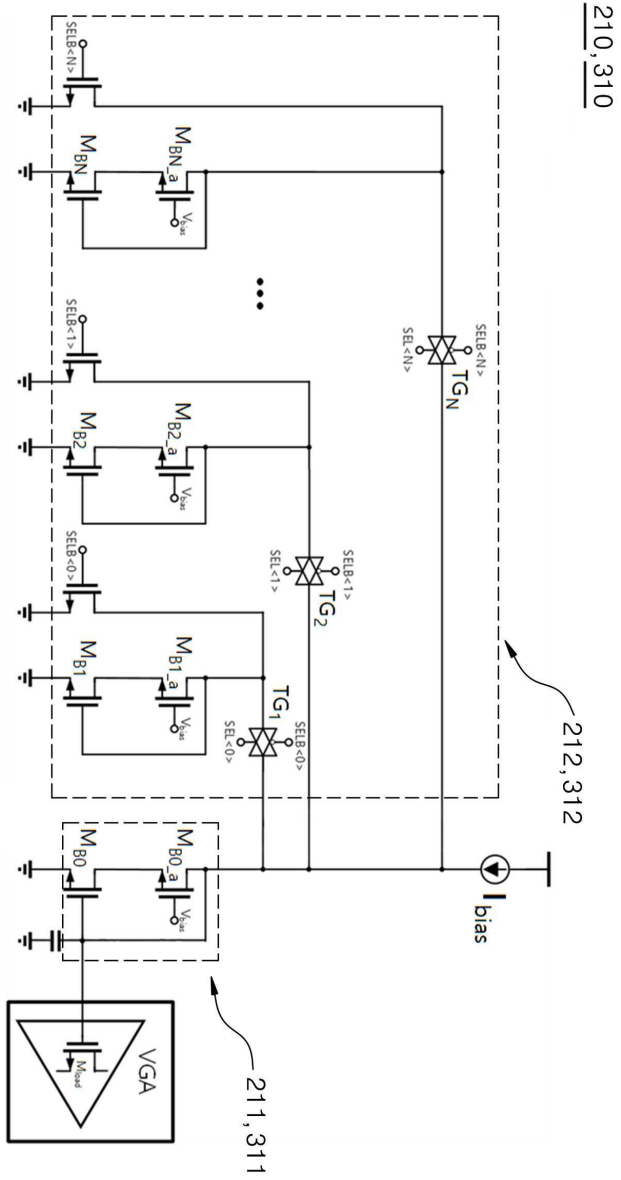
- [0067] 100 : 저잡음증폭기
 200 : 제1가변이득증폭기
 210 : 바이어스회로
 211 : 기준회로
 212 : 트랜스미션 게이트 회로
 220 : 차동오차보정기
 300 : 제2가변이득증폭기
 310 : 바이어스회로
 311 : 기준회로
 312 : 트랜스미션 게이트 회로
 320 : 차동오차보정기

도면3

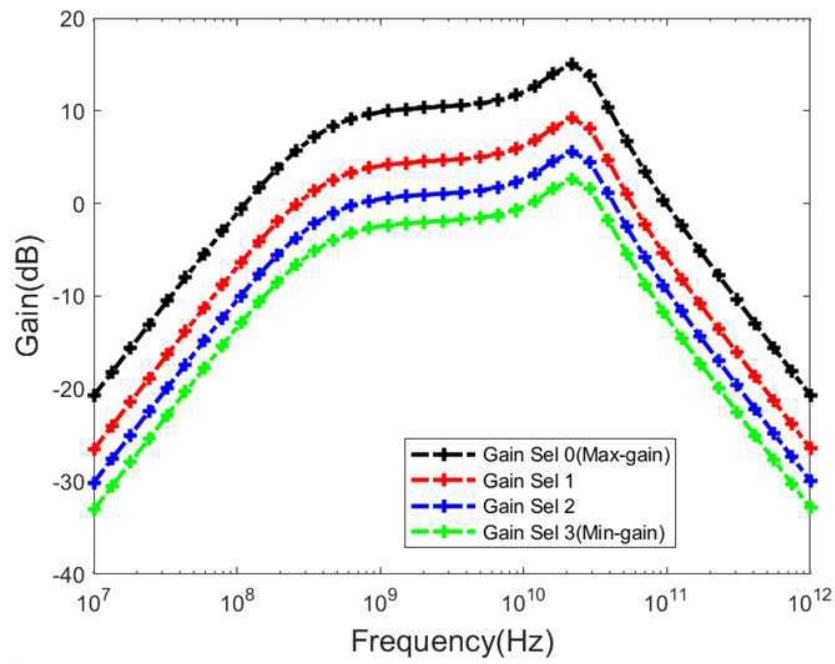
200



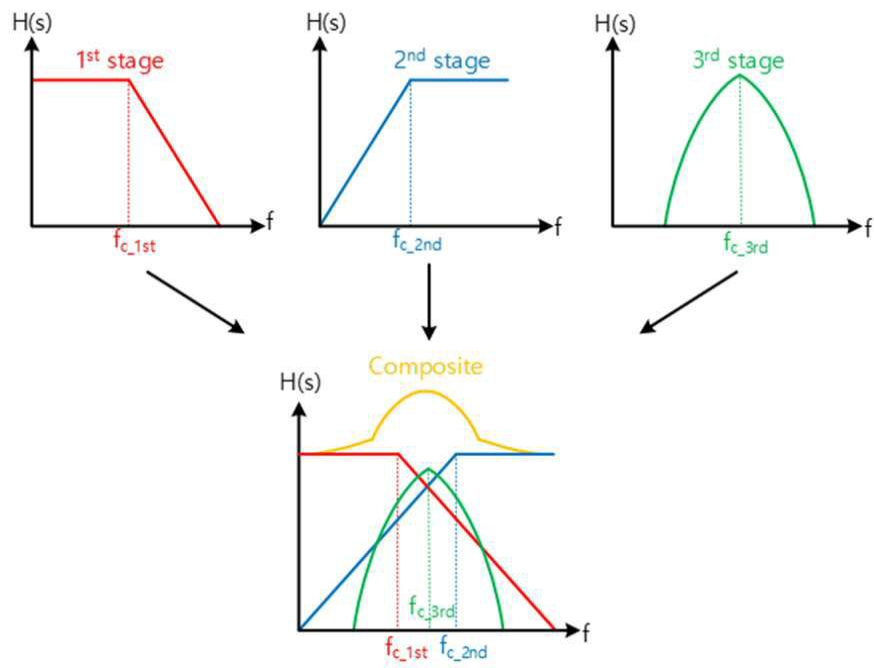
도면4



도면5

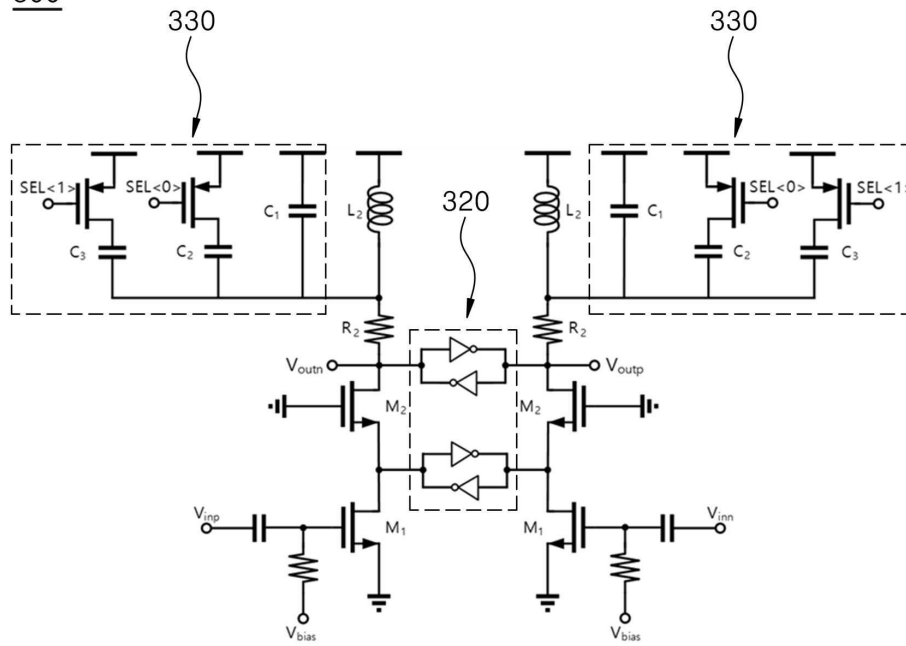


도면6

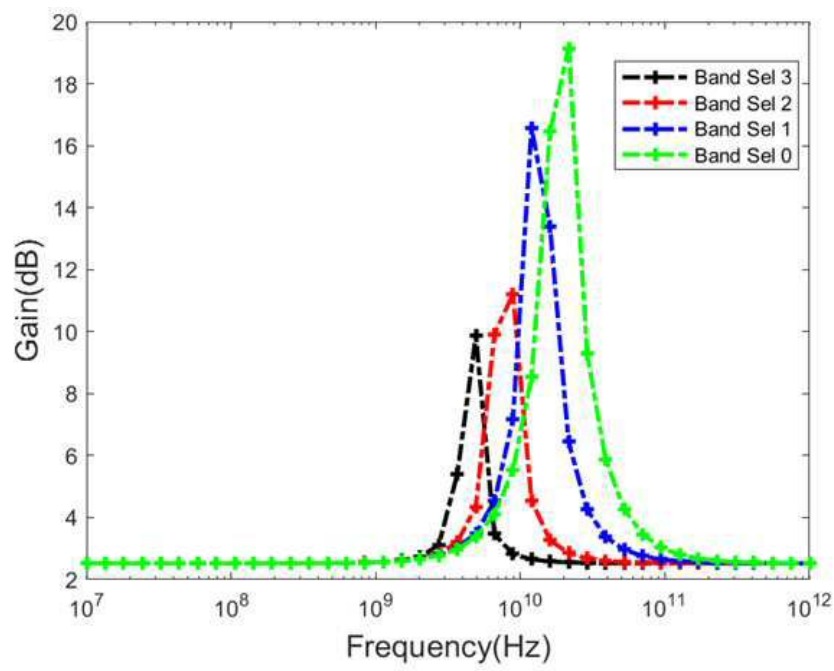


도면7

300



도면8



도면9

