



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0021965
(43) 공개일자 2012년03월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H03B 5/08 (2006.01) H03B 5/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0081929

(22) 출원일자 2010년08월24일

심사청구일자 2010년08월24일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

곽경섭

인천광역시 남구 소성로 71, 하이테크센터 302호 (용현동, 인하대학교)

장호준

부산광역시 금정구 장전온천천로 107 (장전동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인무한

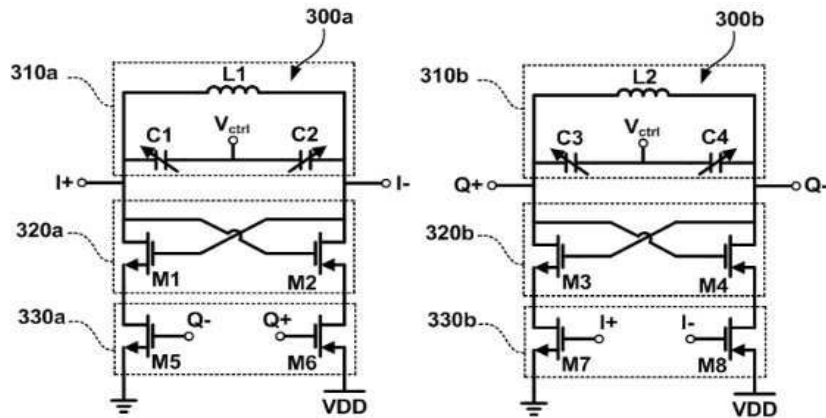
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 하부 직렬 커플링을 이용한 4위상 전압제어발진기

(57) 요약

공진부의 품질 계수 및 위상잡음 특성을 향상시키기 위한 4위상 전압제어발진기가 개시된다. 인덕터와 가변 커패시터로 구성되어 공진 주파수에서 공진하는 공진부; 상기 공진부에 연결되며 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 서로 직렬로 교차되어 연결된 부성저항부; 및 한 쌍의 커플링 트랜지스터가 일대일로 상기 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되어 상기 제1 전압제어발진기와 상기 제2 전압제어발진기를 커플링 시키는 커플링 회로부를 포함하는 두 개의 전압제어발진기로 구성된 4위상 전압제어발진기가 제공된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

윤대열

서울특별시 서초구 신반포로 171, 신반포한신6차아
파트 216동 505호 (잠원동)

정유준

부산광역시 북구 덕천3동 128-3 벽산아파트 511호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITA-2010-C1090-1011-0007

부처명 지식경제부 및 정보통신산업진흥원

연구사업명 대학IT연구센터 육성지원사업

연구과제명 초광대역(UWB) 무선전송 및 시스템 응용기술

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

서로 다른 4개의 위상신호를 출력하는 4위상 전압제어발진기에 있어서,
 상기 4위상 전압제어발진기는,
 제1 전압제어발진기와 제2 전압제어발진기로 구성되고,
 상기 제1 전압제어발진기와 상기 제2 전압제어발진기는,
 인덕터와 가변 커패시터로 구성되어 공진 주파수에서 공진하는 공진부;
 상기 공진부에 연결되며 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 서로 직렬로 교차되어 연결된 부성저항부; 및
 한 쌍의 커플링 트랜지스터가 일대일로 상기 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되어 상기 제1 전압제어발진기와 상기 제2 전압제어발진기를 커플링 시키는 커플링 회로부
 를 포함하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 공진부는,
 상기 가변 커패시터에 컨트롤 전압이 공급되고, 상기 컨트롤 전압에 따라 상기 가변 커패시터의 커패시턴스 값이 변경되어 출력신호의 주파수를 변경하는 것
 을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 부성저항부는,
 상기 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고, 상기 pMOS형 스위칭 트랜지스터와 상기 nMOS형 스위칭 트랜지스터의 드레인(drain)과 게이트(gate)가 서로 교차 연결되어 상기 공진부에 대하여 부성 저항을 제공하는 것
 을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 한 쌍의 스위칭 트랜지스터와 상기 한 쌍의 커플링 트랜지스터는 각각 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고,
 상기 pMOS형 커플링 트랜지스터는 상기 pMOS형 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되고,
 상기 nMOS형 커플링 트랜지스터는 상기 nMOS형 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되는 것
 을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 부성저항부는,
 상기 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고,

상기 제1 전압제어발진기는 제1 위상신호와, 상기 제1 위상신호와 180도 위상 차이가 나는 제2 위상신호를 출력하고,

상기 제2 전압제어발진기는 상기 제1 위상신호와 90도 위상 차이가 나는 제3 위상신호와, 상기 제2 위상신호와 90도 위상 차이가 나고 상기 제3 위상신호와 180도 위상 차이가 나는 제4 위상신호를 출력하며,

상기 제1 위상신호와 상기 제3 위상신호는,

상기 nMOS형 스위칭 트랜지스터와 상기 공진부의 일단이 연결되는 연결노드를 통해 출력되고,

상기 제2 위상신호와 상기 제4 위상신호는,

상기 pMOS형 스위칭 트랜지스터와 상기 공진부의 다른 일단이 연결되는 연결노드를 통해 출력되는 것을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 위상신호와 상기 제2 위상신호는,

상기 제2 전압제어발진기에 포함된 상기 커플링 회로부에 직접 연결되고,

상기 제3 위상신호와 상기 제4 위상신호는,

상기 제1 전압제어발진기에 포함된 상기 커플링 회로부에 교차로 연결되는 것을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 커플링 회로부는,

상기 한 쌍의 커플링 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고,

상기 제1 전압제어발진기는,

상기 nMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 상기 제4 위상신호가 공급되고 상기 pMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 상기 제3 위상신호가 공급되며,

상기 제2 전압제어발진기는,

상기 nMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 상기 제1 위상신호가 공급되고 상기 pMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 상기 제2 위상신호가 공급되는 것

을 특징으로 하는 4위상 전압제어발진기.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 공진부의 품질 계수 및 위상잡음 특성을 향상시키기 위한 4위상 전압제어발진기에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재 무선 통신에 대한 요구는 세계적으로 증가하고 있고, 사용 주파수 양은 한정되어 있어 특정 주파수에 대한 라이선싱 코스트는 점차 증가하는 추세이다. 이에 따라, 업체 및 관련 단체들은 주파수 사용 효율을 높이기 위해 더 복잡한 모듈레이션을 시도하고 있다. 이때, RF에서 다룰 수 있는 가장 높은 데이터 속도는 모듈레이션 방식에 따라 결정되는데, 통상 가장 주파수 사용 효율이 높은 방식으로 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 들 수 있으며, QAM 시스템은 같은 주파수에서 두 개의 다른 신호 파형을 갖고, 두 신호간의 위상차는 90°이다. 여기서, 하나의 파형은 일반적으로 I(In-Phase)신호라 불리고, 또 다른 하나의 파형은 Q(Quadrature-

Phase)신호라 불린다. 이러한 I/Q신호는 통상 전압 제어 발진기 회로에서 생성하는 신호에 의해 변조되고 복조된다. 한편, RF 수신시스템에서 주파수 하향 변환을 하게 되는데, 이 때 전압제어발진기의 위상 잡음은 수신기의 성능을 좌우하는 주요 인자이다. 또한 최근의 동향은 집적화, 소형화, 저전력화를 요구하고 있으며, 이에 추가로 데이터 속도를 높이기 위해서 I/Q 신호 역시 요구하고 있다.

[0003] 도 1은 종래 기술에 의한 4위상 전압제어발진기의 일 실시예를 나타낸 회로도이다. 도 1을 참조하면, 4위상 전압제어발진기는 두 개의 전압제어발진기(100a, 100b)로 구성된다. 각각의 전압제어발진기는 pMOS와 nMOS가 직렬 교차 연결된 부성저항부(120a, 120b), 공진부(110a, 110b), 두 개의 전압제어발진기를 병렬로 커플링시키는 커플링 회로부(130a, 130b), 및 부성저항부(120a, 120b)에서 발생할 수 있는 트랜지스터의 대신호 동작 특성 차이를 보정하기 위한 저항(R1)을 포함한다. 여기서, 한 쌍의 4위상 전압제어발진기에서, 각 커플링 트랜지스터(M5, M6, M7, M8)를 통하여 다른 전압제어발진기의 출력으로 연결되는데, 한 쌍의 위상 출력(I+, I-)은 평행하게 연결되지만, 다른 한 쌍의 위상 출력(Q+, Q-)은 교차로 연결되어 피드 백 루프를 형성하도록 결합된다. 그러나 이와 같이 4위상 출력을 얻기 위한 트랜지스터의 병렬 커플링 방식은 커플링 트랜지스터를 통해 흐르는 추가적인 전류로 인해 전력 소모를 증가시킨다. 그리고, 공진부에 대해서 병렬 커플링으로 인해 전류와 전압 사이에 위상 차이가 발생하여서 공진부의 품질계수(quality factor, Q-factor)를 감소시키며, 이로 인해 4위상 전압제어발진기의 위상 잡음 특성이 악화되는 단점이 존재한다.

[0004] 도 2는 종래 기술에 의한 4위상 전압제어발진기의 다른 일 실시예를 나타낸 회로도이다. 도 2의 4위상 전압제어발진기는 백 게이트에 입력되는 커플링 회로부(230a, 230b)를 제외하고 도 1을 통해 설명한 4위상 전압제어발진기의 기본적인 구성과 동일하다. 도 1의 4위상 전압제어발진기에서 적용된 병렬 커플링 트랜지스터(M5, M6, M7, M8)를 추가하는 대신에 스위칭 트랜지스터(M1, M2, M3, M4)의 백 게이트를 활용함으로써 4위상을 출력하기 위한 커플링을 구현한 것이다. 이와 같이 도 2의 4위상 전압제어발진기는 도 1에서 소개된 병렬 커플링 트랜지스터들을 사용하지 않음으로써 추가적인 전류 흐름이 발생하지 않고 전력 소모를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나, 도 2에 나타난 것처럼 백 게이트에 입력되는 커플링을 위한 최적의 바이어스 전압(Vbias,n, Vbias,p)을 인가할 수 있는 회로(230a, 230b)를 추가적으로 구현해야 하는 단점이 있다. 또한, 소신호 해석에서 도 2의 4위상 전압제어발진기의 소신호 등가 모델이 도 1의 병렬 커플링 방식의 그것과 유사하므로, 도 1의 4위상 전압제어발진기에서와 마찬가지로 공진부에 대해서 백 게이트 커플링으로 인해 전류와 전압 사이에 위상 차이가 발생하여 공진부의 품질계수(Q-factor)가 감소되고, 이로 인해 위상 잡음 특성이 악화되는 문제가 일어난다.

[0005] 즉, 공진부의 품질계수(Q-factor)가 높은 값을 가지기 위해서는 공진부에 흐르는 전류와 출력 전압의 위상차이가 없어야 하는데, 종래의 병렬 또는 백 게이트 커플링 방식의 경우에는 직교 신호가 스위칭 트랜지스터에 병렬로 인가되어 공진부에서의 전류와 전압의 위상 차이가 발생하게 되고 공진부의 품질계수(Q-factor) 및 위상잡음 특성이 악화된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되는 커플링 트랜지스터를 적용한 4위상 전압제어발진기가 제공된다.

[0007] 직교 신호가 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 인가되어 공진부에서의 전류와 전압의 위상차이가 발생하지 않음으로 인하여 공진부의 품질계수(Q-factor) 및 위상잡음 특성을 향상시킬 수 있는 4위상 전압제어발진기가 제공된다.

과제의 해결 수단

[0008] 서로 다른 4개의 위상신호를 출력하는 4위상 전압제어발진기에 있어서, 4위상 전압제어발진기는 제1 전압제어발진기와 제2 전압제어발진기로 구성되고, 제1 전압제어발진기와 제2 전압제어발진기는, 인덕터와 가변 커패시터로 구성되어 공진 주파수에서 공진하는 공진부; 공진부에 연결되며 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 서로 직렬로 교차되어 연결된 부성저항부; 및 한 쌍의 커플링 트랜지스터가 일대일로 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되어 제1 전압제어발진기와 제2 전압제어발진기를 커플링시키는 커플링 회로부를 포함하는 4위상 전압제어발진기가 제공된다.

[0009] 일측에 따르면, 공진부는 가변 커패시터에 컨트롤 전압이 공급되고 컨트롤 전압에 따라 가변 커패시터의 커패시턴스 값이 변경되어 출력신호의 주파수를 변경할 수 있다.

- [0010] 다른 측면에 따르면, 부성저항부는 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고, pMOS형 스위칭 트랜지스터와 nMOS형 스위칭 트랜지스터의 드레인(drain)과 게이트(gate)가 서로 교차 연결되어 공진부에 대하여 부성 저항을 제공할 수 있다.
- [0011] 또 다른 측면에 따르면, 한 쌍의 스위칭 트랜지스터와 한 쌍의 커플링 트랜지스터는 각각 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고, pMOS형 커플링 트랜지스터는 pMOS형 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결되고, nMOS형 커플링 트랜지스터는 nMOS형 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결된다.
- [0012] 또 다른 측면에 따르면, 부성저항부는 한 쌍의 스위칭 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고, 제1 전압제어발진기는 제1 위상신호와, 제1 위상신호와 180도 위상 차이가 나는 제2 위상신호를 출력하고, 제2 전압제어발진기는 제1 위상신호와 90도 위상 차이가 나는 제3 위상신호와, 제2 위상신호와 90도 위상 차이가 나고 제3 위상신호와 180도 위상 차이가 나는 제4 위상신호를 출력할 수 있다. 여기서, 제1 위상신호와 제3 위상신호는 nMOS형 스위칭 트랜지스터와 공진부의 일단이 연결되는 연결노드를 통해 출력되고, 제2 위상신호와 제4 위상신호는 pMOS형 스위칭 트랜지스터와 공진부의 다른 일단이 연결되는 연결노드를 통해 출력된다.
- [0013] 또 다른 측면에 따르면, 커플링 회로부는 한 쌍의 커플링 트랜지스터가 pMOS형 트랜지스터와 nMOS형 트랜지스터로 구성되고, 제1 전압제어발진기는 nMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 제4 위상신호가 공급되고 pMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 제3 위상신호가 공급된다. 또한, 제2 전압제어발진기는 nMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 제1 위상신호가 공급되고 pMOS형 커플링 트랜지스터의 게이트 단자에 제2 위상신호가 공급된다.

발명의 효과

- [0014] 커플링 트랜지스터를 스위칭 트랜지스터와 병렬이 아닌 직렬로 연결됨으로써 추가적인 전력 소모가 발생하지 않는다.
- [0015] 하부 직렬 커플링 방식의 경우에는 직교 신호가 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 인가되어 공진부에서의 진류와 전압의 위상차이가 발생하지 않으며, 이로 인해 공진부의 품질계수(Q-factor) 및 위상잡음 특성이 우수해진다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 종래 기술에 의한 4위상 전압제어발진기의 일 실시예를 설명하기 위한 회로도이다.
- 도 2는 종래 기술에 의한 4위상 전압제어발진기의 다른 실시예를 설명하기 위한 회로도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 하부 직렬 커플링을 이용한 4위상 전압제어발진기를 설명하기 위한 회로도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 인덕터와 커패시터로 이루어진 공진부의 등가회로를 설명하기 위한 회로도이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 스위칭 트랜지스터와 스위칭 트랜지스터의 하부에 직렬로 연결된 커플링 트랜지스터를 설명하기 위한 회로도이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 하부 직렬 커플링을 이용한 4위상 전압제어발진기의 위상잡음 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0018] 본 발명은 전압제어발진기에 관한 것으로서, 특히 전력, 위상 잡음 특성을 크게 낮출 수 있는 4위상 전압제어발진기(QVCO: Quadrature Voltage Controlled Oscillator)에 관한 것이다. 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기는 크기가 서로 동일하고 위상이 90° 씩 지연된 4개의 발진 신호를 발생시키기 위한 회로로서, 직접 변환 방식의 유, 무선 송수신기에서 주로 활용될 수 있다. 예를 들어, 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기는 4위상 위상/진폭변조방식(QPSK: Quadrature Phase Shift-Keying)을 사용하는 무선 시스템이나 각종 유/무선 통신 송수신기(transceiver) 구조에 사용되는 4위상 국부발진기에 적용될 수 있다.

- [0019] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 하부 직렬 커플링을 이용한 4위상 전압제어발진기를 설명하기 위한 회로도이다.
- [0020] 도 3을 참조하면, 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기는 두 개의 전압제어발진기(300a, 300b)로 구성된다. 각각의 전압제어 발진기는 pMOS와 nMOS가 직렬 교차 연결된 부성저항부(320a, 320b), 한 쌍의 공진부 (310a, 310b), 두 개의 전압제어발진기를 커플링 시키는 커플링 회로부(330a, 330b)를 포함한다. 여기서, 한 쌍의 4위상 전압제어발진기에서, 각 커플링 트랜지스터(M5, M6, M7, M8)를 통하여 다른 전압 제어 발진기의 출력으로 연결되는데, 한 쌍의 위상 출력(I+, I-)은 평행하게 연결되지만, 다른 한 쌍의 위상 출력(Q+, Q-)은 교차로 연결되어 피드백 루프를 형성하도록 결합된다. 한편, 이들 두 개의 전압제어발진기는 특정 주파수에서 공진하는 인덕터(L1, L2)와 가변 커패시터(C1, C2, C3, C4)로 구성된 공진부(310a, 310b)를 포함하며, 각 가변 커패시터(C1, C2, C3, C4)에 컨트롤 전압(Vctrl)이 공급된다. 컨트롤 전압(Vctrl)에 따라 가변 커패시터(C1, C2, C3, C4)의 커패시턴스 값을 변경함으로써 출력 신호의 주파수를 변경시킨다.
- [0021] 각 전압제어발진기(300a, 300b)는 각 공진부(310a, 310b)에 연결되며 드레인과 게이트가 서로 교차 연결(cross coupled)되는 한 쌍의 스위칭 트랜지스터(M1, M2, M3, M4)를 포함한다. 이때, 스위칭 트랜지스터는 부성 저항을 생성하기 위한 것으로서, 서로 교차 연결되어 있기 때문에 공진부(320a, 320b)에 대해 부성 저항을 공급해주어서 공진부의 손실을 보상해주는 역할을 하여 실제로 발진이 일어나게 한다. 그리고, 전력 소모를 줄이기 위하여 스위칭 트랜지스터를 pMOS와 nMOS가 직렬 교차 연결된 구조로 구성한다. 이를 통해 전류를 재사용함으로써 전력 소모를 차동 구조의 전압제어발진기의 절반 수준으로 줄일 수 있다.
- [0022] 첫 번째 전압제어발진기(300a)의 공진부(310a)와 nMOS 스위칭 트랜지스터(M1)의 연결노드를 통해 위상 신호(I+)가 출력된다. 그리고, 첫 번째 전압제어발진기(300a)의 공진부(310a)와 pMOS 스위칭 트랜지스터(M2)의 연결노드를 통해 위상신호(I+)와 180° 위상차이가 나는 다른 위상 신호(I-)가 출력된다. 두 번째 전압제어발진기(300b)의 공진부(310b)와 nMOS 스위칭 트랜지스터(M3)의 연결 노드를 통해 또 다른 위상 신호(Q+)가 출력되고, 두 번째 전압제어발진기(300b)의 공진부(310b)와 pMOS 스위칭 트랜지스터(M4)의 연결 노드를 통해 위상 신호(Q+)와 180° 위상차이가 나는 또 다른 위상 신호(Q-)가 출력된다. 상기한 바와 같이, 두 전압제어발진기에서 각각 출력되는 I와 Q 위상 신호 사이에는 각각 90°의 위상차이가 나서 원하는 4위상을 만들 수 있다.
- [0023] 첫 번째 및 두 번째 커플링부(330a, 330b)의 각 커플링 트랜지스터(M5, M6, M7, M8)는 각 nMOS, pMOS 부성저항 트랜지스터(M1, M2, M3, M4)의 하부에 직렬로 연결된다. 그리고, 첫 번째 커플링부(330a)의 한 커플링 nMOS 트랜지스터(M5)의 게이트 단자에는 두 번째 전압제어발진기(300b)의 출력 신호인 90° 위상차가 나는 위상 신호(Q-)가 공급되고, 다른 한 커플링 pMOS 트랜지스터(M6)의 게이트 단자에는 두 번째 전압 제어 발진기(300b)의 다른 출력 신호인 90° 위상차가 나는 위상 신호(Q+)가 공급된다.
- [0024] 또한, 두 번째 커플링부(330b)의 한 커플링 nMOS 트랜지스터(M7)의 게이트 단자에는 첫 번째 전압 제어 발진기(300a)의 출력 신호인 90° 위상차가 나는 위상 신호(I+)가 공급되고, 다른 한 커플링 pMOS 트랜지스터(M8)의 게이트 단자에는 첫 번째 전압제어발진기(300a)의 다른 출력 신호인 90° 위상차가 나는 위상 신호(I-)가 공급된다.
- [0025] 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기에 있어서, 각 커플링부(330a, 330b)는 각 전압제어발진기(300a, 300b)의 출력 신호를 서로 커플링하는 역할을 한다. 첫 번째 및 두 번째 전압제어발진기(300a, 300b) 출력 신호들 중에서 하나는 커플링부(330b)에 직접 연결(I+, I-)되고, 다른 하나는 커플링부(330a)에 교차로 연결(Q-, Q+)되는 피드백 루프를 형성함으로써 90° 위상 차이가 나는 신호가 발생하게 된다. 즉, 커플링부(330a, 330b)는 각각 90° 위상 차이를 가지는 4위상 신호(Q+, Q-, I+, I-)를 발생되도록 위상 신호를 커플링 시켜주는 역할을 한다.
- [0026] 도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 인덕터와 커패시터로 이루어진 공진부의 등가회로를 나타낸 것으로, 공진부의 전달함수를 $H(j\omega)=Y(j\omega)/X(j\omega)=Z(j\omega)$ 라고 할 때, 공진부의 품질계수(quality factor, Q-factor)는 다음의 수학적 식 1과 같다.

수학식 1

$$Q = \frac{1}{2} \omega_0 \frac{d\Phi}{d\omega}$$

[0027]

[0028]

여기서, ω_0 는 공진주파수를 나타내며 Φ 는 공진부의 위상 쉬프트(phase shift)를 나타내는데 이는 공진부에서의 전압과 전류의 위상 각도를 의미한다.

[0029]

수학식 1에서 알 수 있는 것처럼 공진부의 품질계수가 최대값을 가지기 위해서는 $d\Phi/d\omega$ 가 최대가 되어야 하는데, 이는 도 4의 그래프에 나와 있는 것처럼 공진부에서의 전압과 전류의 위상 각도가 영이 되는 지점이다.

[0030]

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 4위상 전압제어발진기의 첫 번째 전압제어발진기(300a)에서 스위칭 nMOS 트랜지스터(M1)와 하부 직렬 커플링 nMOS 트랜지스터(M5)를 도시한 것이다. M1의 드레인 단자에서 출력되는 위상 신호(I+)의 전압을 V_{I+} 로 나타내고, nMOS 스위칭 트랜지스터(M1)의 게이트에 입력되는 위상 신호(I-)의 전압을 V_{I-} 로 나타낸다. 그리고 V_{Q-} 는 하부 직렬 커플링 트랜지스터(M5)의 게이트에 커플링되는 위상 신호(Q-)의 전압이며, V_X 는 M1의 소스 또는 M5 드레인 단자에서의 전압이다. $g_{m,s}$ 및 $g_{m,c}$ 는 각각 M1과 M5의 트랜스컨덕턴스(Transconductance)를 나타내며, $C_{gs,s}$ 와 $C_{gd,c}$ 는 각각 M1, M5의 게이트-소스 및 게이트-드레인 사이의 기생 커패시턴스이다. 여기서, M1은 포화영역(saturation region)에서 동작하며, M5는 X 단자에서의 전압(V_X)이 작아 트라이오드영역(triode region)에서 동작하기 때문에 그때의 등가 저항을 $r_{ds,c}$ 라고 한다. X 단자에서 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$(g_{m,s} + j\omega C_{gs,s})(V_{I-} - V_X) = g_{m,c}V_{Q-} + \frac{V_X}{r_{ds,c}} + (V_X - V_{Q-})j\omega C_{gd,c}$$

[0031]

[0032]

여기서, ω 는 각주파수이다. 도 5의 위상 다이어그램에서 알 수 있는 것처럼 $V_{Q-} = jV_{I-}$ 이므로, 위 수학식2에 대입하여 V_X 에 대하여 정리하면 수학식 3과 같다.

수학식 3

$$V_X = V_{I-} \times \frac{(g_{m,s} - \omega C_{gd,c}) + j(\omega C_{gs,s} - g_{m,c})}{(g_{m,s} + 1/r_{ds,c}) + j(\omega C_{gs,s} + \omega C_{gd,c})}$$

[0033]

[0034]

$(g_{m,s} + 1/r_{ds,c})$ 가 $(\omega C_{gs,s} + \omega C_{gd,c})$ 와 $(\omega C_{gs,s} - g_{m,c})$ 보다 훨씬 크다고 가정하면 위 수학식 3에서 허수부를 고려하지 않아도 되기 때문에, V_X 는 V_{I-} 와 위상이 같음을 알 수 있다.

[0035]

LC 공진부로 들어가는 전류 i 는 다음 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$i = -g_{m,s}(V_{I-} - V_X)$$

[0036]

[0037]

위 수학식 4에서 i 는 V_{I-} 와 위상이 반대인 것을 알 수 있으며 이는 V_{I+} 와 위상이 같은 것이다. 공진부의 위상 쉬프트(phase shift)가 공진부에서의 전류와 전압 사이의 위상 각도라는 것을 고려하면, 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기는 공진부에서의 전류와 전압 사이의 위상 차이가 없기 때문에 공진부의 품질 계수(Q-factor)가 높아지고 4위상 전압제어발진기의 위상잡음 특성 또한 우수해진다.

[0038]

도 6은 일실시예에 따른 4위상 전압제어발진기의 위상잡음 특성과 도 1 및 도 2를 통해 설명한 4위상 전압제어발진기의 위상잡음 특성을 비교한 그래프이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 공진부에서의 전류와 전압 사이의 위상 차이가 발생하지 않아서 공진부의 품질계수가 향상되므로 종래의 병렬 커플링 및 백 게이트 커플링을 사용하는 4위상 전압제어발진기에 비해 위상 잡음 특성이 최대 9.6dB 이상 개선됨을 확인할 수 있다.

[0039]

이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0040]

그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0041]

300a, 300b: 전압제어발진기

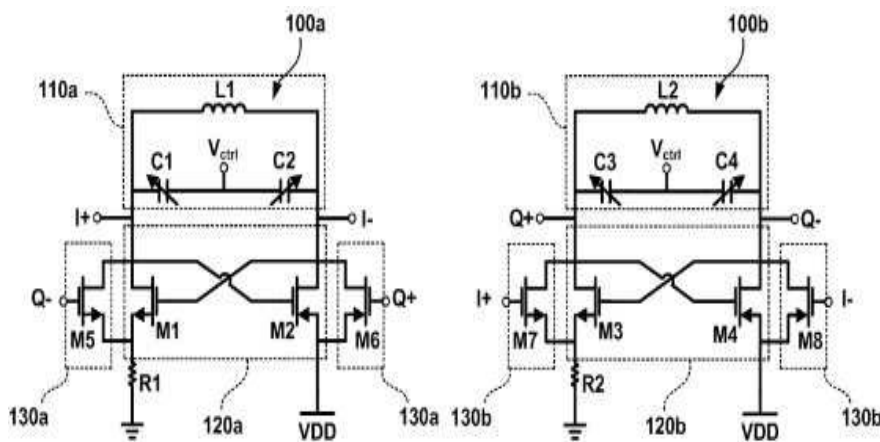
310a, 310b: 공진부

320a, 320b: 부성저항부

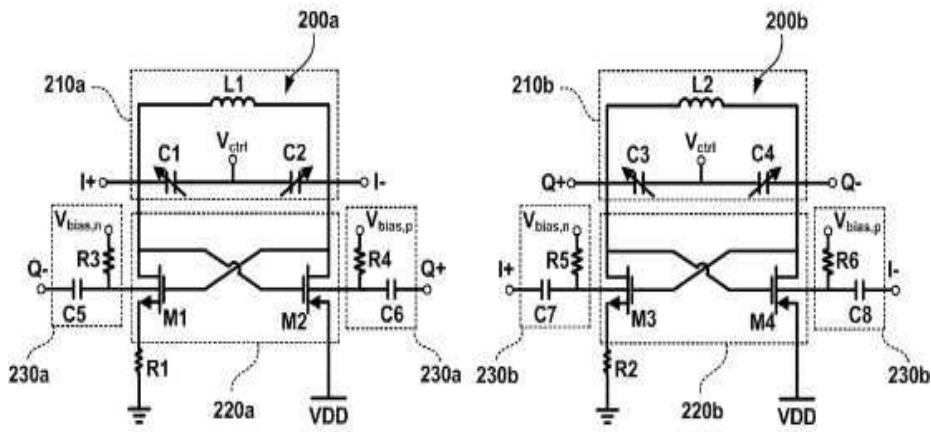
330a, 330b: 커플링 회로부

도면

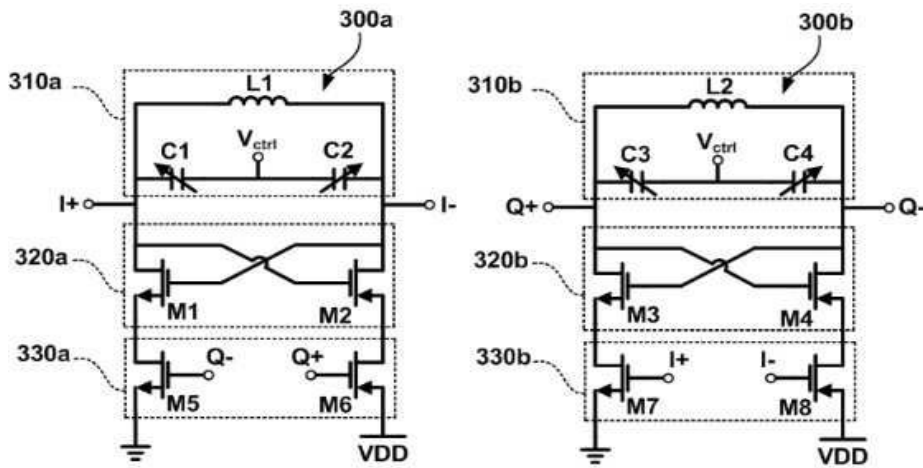
도면1



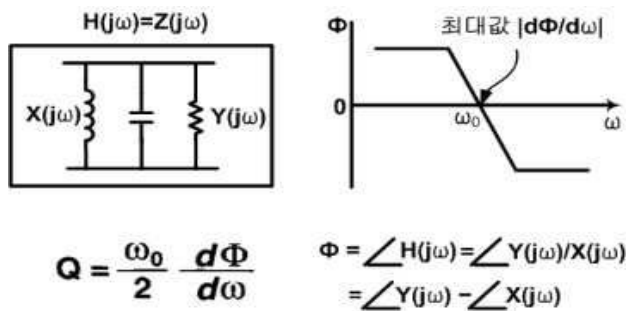
도면2



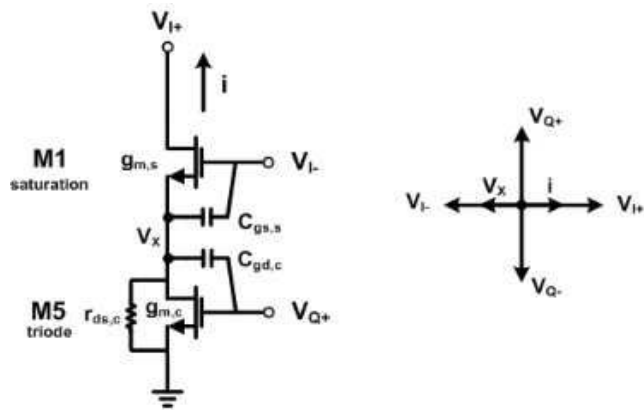
도면3



도면4



도면5



도면6

