



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월19일
(11) 등록번호 10-2279315
(24) 등록일자 2021년07월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03L 7/093 (2006.01) H03L 7/089 (2006.01)
H03L 7/099 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03L 7/093 (2013.01)
H03L 7/0891 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0076154
(22) 출원일자 2019년06월26일
심사청구일자 2019년06월26일
(65) 공개번호 10-2021-0000894
(43) 공개일자 2021년01월06일
(56) 선행기술조사문헌
한대현. "샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기
신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단
방향 전하펌프를 가진 위상고정루프". 2018.06.*
KR101421380 B1
KR1020090047155 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
동의대학교 산학협력단
부산광역시 부산진구 엄광로 176(가야동)
(72) 발명자
한대현
부산광역시 남구 분포로 113 엘지메트로시티 218
동 1302호
(74) 대리인
정병홍

전체 청구항 수 : 총 2 항

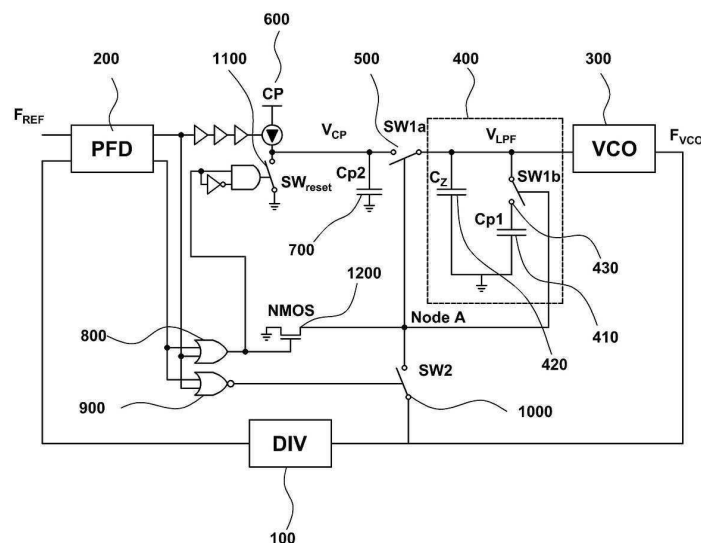
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프

(57) 요약

본 발명은 2차 RC루프필터에 저항을 제거하고, 스위치와 커패시터를 추가한 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 있어서, 출력신호의 주파수를 일정 비율로 분할하여 낮추는 분주기(100); 상기 분주기(100)와 연결된 위상 주파수검출기(200); 상기 분주기(100)와 연결되어 입력되는 입력제어전압의 변화에 따라 출력 발진 주파수를 생 (뒷면에 계속)

대표도



성하는 전압 제어 발진기(300); 고주파 성분을 제거하는 루프필터(400); 상기 루프필터(400)와 연결되어 UP/DN 신호에 의한 전하를 전달하도록 회로를 열고 닫는 스위치1a(500) 및 상기 위상주파수검출기(200)의 출력과 연결되어 상기 위상주파수검출기(200)의 신호에 따라 전류를 흘려주는 전하펌프(600)를 포함하고, 상기 루프필터(400)는 상기 스위치1a(500)를 통해서 상기 전하펌프(600)와 연결되어 상기 전하펌프(600)의 출력을 입력으로 받아 고주파 성분을 제거하고, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 커패시터2(700); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 OR게이트(800); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 NOR게이트(900); 상기 NOR게이트(900)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전압 제어 발진기(300)와 병렬로 상기 분주기(100)에 연결되는 스위치2(1000); 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 리셋스위치(1100); 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되어 출력단은 상기 스위치2(1000), 상기 루프필터(400)와 노드를 형성하며 상기 스위치1a(500)를 On Off 제어하는 NMOS(1200)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

H03L 7/099 (2013.01)

공지에외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

2차 RC루프필터에 저항을 제거하고, 스위치와 커패시터를 추가한 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 있어서,

출력신호의 주파수를 일정 비율로 분할하여 낮추는 분주기(100);

상기 분주기(100)와 연결된 위상주파수검출기(200);

상기 분주기(100)와 연결되어 입력되는 입력제어전압의 변화에 따라 출력 발진 주파수를 생성하는 전압 제어 발진기(300);

고주파 성분을 제거하는 루프필터(400);

상기 루프필터(400)와 연결되어 UP/DN 신호에 의한 전하를 전달하도록 회로를 열고 닫는 스위치1a(500) 및

상기 위상주파수검출기(200)의 출력과 연결되어 상기 위상주파수검출기(200)의 신호에 따라 전류를 흘려주는 전하펌프(600)를 포함하고,

상기 루프필터(400)는 상기 스위치1a(500)를 통해서 상기 전하펌프(600)와 연결되어 상기 전하펌프(600)의 출력을 입력으로 받아 고주파 성분을 제거하고,

상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 커패시터 2(700);

상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 OR게이트(800);

상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 NOR게이트(900);

상기 NOR게이트(900)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전압 제어 발진기(300)와 병렬로 상기 분주기(100)에 연결되는 스위치2(1000);

상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 리셋스위치(1100);

NMOS(1200) 트랜지스터는 상기 OR게이트(800)의 출력에 의하여 제어되며,상기 스위치1a(500) 및 상기 루프필터(400)내의 스위치 1b(430)를 On/Off하는 것을 포함하는 위상고정루프.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 루프필터(400)는,

커패시터1(410);

커패시터2(420);

상기 스위치1a(500)가 열리고 닫힐 때, 닫히고 열리는 반대의 동작을 하며 저항역할을 하도록 하는 스위치 1b(430)를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상고정루프.

청구항 3

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 발전하고 있는 무선통신 분야에서 위상고정루프는 주파수 합성기로써 널리 사용되고 있다. 통신시스템의 가용주파수 대역이 높아짐에 따라 원하는 주파수대역에서 빠른 위상고정 시간과 낮은 위상잡음 특성 그리고 낮은 기준 신호 의사잡음(reference spurs)을 가진 위상고정루프를 필요로 한다. 그리고 신호원의 잡음 특성이 회로의 성능에 직접적인 영향을 미치므로 좋은 잡음 특성을 갖는 신호원을 설계하는 것이 중요하다.

[0004] 이런 특성에 대한 해결책으로써 적응형 구조를 많이 사용하고 있다. 이 구조는 Out-of-lock 상태에서는 광대역을 사용하고 루프가 고정되어 가면서 협대역으로 전환되는 방식으로 전하펌프 전류비를 증가시키거나 루프필터의 시정수를 감소시킴으로써 대역폭 문제를 개선하고 있다.

[0005] 하지만 종래 기술의 루프대역폭은 여전히 안정성을 위해 기준주파수에 의해 제한 받는다. 또한 기준신호 의사잡음에 영향을 미치는 전하펌프의 전류 부정합을 해결하기 위한 연구도 발표되었다.

[0006] 종래 연구의 경우 채널 길이 변조 상수의 차이에 의해 루프필터 전압에 따른 전하펌프 전류의 변화와 MOS 개수가 늘어나면서 소자간 부정합 문제가 야기될 수 있다.

[0007] 그리고 낮은 이득의 전압제어 발진기, 듀얼 슬로프 위상고정루프를 사용해 위상잡음 특성을 향상하는 방법도 사용되고 있다.

[0008] 하지만 상기 듀얼 슬로프 위상고정루프는 두 개의 루프를 사용하였고, 때문에 회로의 복잡성이 증가하고 위상고정 시간이 느려지는 문제점이 있다.

[0009] 상기 듀얼 슬로프 위상고정루프의 회로들은 1개 혹은 2개의 위상 주파수 검출기와 전하펌프를 추가적으로 필요하기 때문에 회로의 면적과 소모되는 전력이 커진다는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) KR 10-2011-0109394 A
- (특허문헌 0002) KR 10-1331794 B1
- (특허문헌 0003) KR 10-0830898 B1

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) [1] S. Sidiropoulos, D. Liu, J. Kim, G. Wei and M. Horowitz, "Adaptive bandwidth DLLs and PLLs using regulated supply CMOS buffers," Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers, pp. 124-127, 2000.
- (비특허문헌 0002) [2] M.S. Hwang, J. Kim and D.K. Jeong, "Reduction of pump current mismatch in charge-pump PLL," IEE Electronics Lett., vol. 45, no. 3, pp. 135-136, Jan. 2009.
- (비특허문헌 0003) [3] Chun-Yi Kuo, Jung-Yu Chang and Shen-Iuan Liu, "A Spur-Reduction Technique for a 5-GHz Frequency Synthesizer," IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Regular Papers, vol. 53, no. 3, 526-533, March. 2006.
- (비특허문헌 0004) [4] Wu-Hsin Chen, Wing-Fai Loke, and ByunghooJung, "A 0.5-V, 440-μW Frequency Synthesizer for Implantable Medical Devices," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 47, no. 8,

pp. 1896-1907, Aug. 2012.

(비특허문헌 0005) [5] Ching-Yuan Yang, Shen-Iuan Liu, "Fast-switching frequency synthesizer with a discriminator-aided phase detector," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 35, no. 10, pp. 1445-1452, Oct. 2000.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 기준신호 의사잡음을 줄이기 위해 샘플-홀드 커패시터와 전압제어 발진기 출력 신호에 제어되는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프 위상고정루프를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기의 목적을 이루기 위한 본 발명은 2차 RC루프필터에 저항을 제거하고, 스위치와 커패시터를 추가한 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 있어서, 출력신호의 주파수를 일정 비율로 분할하여 낮추는 분주기(100); 상기 분주기(100)와 연결된 위상주파수검출기(200); 상기 분주기(100)와 연결되어 입력되는 입력제어전압의 변화에 따라 출력 발진 주파수를 생성하는 전압 제어 발진기(300); 고주파 성분을 제거하는 루프필터(400); 상기 루프필터(400)와 연결되어 UP/DN 신호에 의한 전하를 전달하도록 회로를 열고 닫는 스위치1a(500) 및 상기 위상주파수검출기(200)의 출력과 연결되어 상기 위상주파수검출기(200)의 신호에 따라 전류를 흘려주는 전하펌프(600)를 포함하고, 상기 루프필터(400)는 상기 스위치1a(500)를 통해서 상기 전하펌프(600)와 연결되어 상기 전하펌프(600)의 출력을 입력으로 받아 고주파 성분을 제거하고, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 커패시터2(700); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 OR게이트(800); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 NOR게이트(900); 상기 NOR게이트(900)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전압 제어 발진기(300)와 병렬로 상기 분주기(100)에 연결되는 스위치2(1000); 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 리셋스위치(1100); 입력단은 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되고 출력단은 상기 스위치2(1000), 상기 루프필터(400)와 노드를 형성하며 상기 스위치1a(500)를 On Off 제어하는 NMOS(1200)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에서 제안하는 위상고정루프의 구조는 종래의 RC 2차 루프필터구조에 비해 칩의 면적을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 전압제어발진기의 위상잡음에 영향을 미치는 ΔV_{LPF} 의 변화량과, 기준신호 의사잡음에 영향을 미치는 $\Delta\Delta V_{LPF}$ 의 변화량을 줄여 위상잡음을 특성과 기준신호 의사잡음 특성을 개선한다는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 위상고정회로를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 위상고정루프의 회로도이다.
- 도 3는 본 발명에 따른 위상고정루프의 구성도이다.
- 도 4는 종래의 루프필터 회로도 및 그에 따른 출력파형이다.
- 도 5는 종래의 Half-duty 샘플링 피드포워드 루프필터 회로도 및 그에 따른 출력파형이다.
- 도 6은 본 발명에서 제안하는 커패시터와 스위치가 포함된 루프필터의 회로도 및 그에 따른 출력파형이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 위상고정루프의 PFD의 UP/DN 신호에 의한 스위치들을 제어하는 신호의 타이밍을 보여주는 출력파형이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 위상고정루프의 스위치 동작에 따른 전압변화 출력파형이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 전하펌프의 구조를 나타내는 회로도이다.

도 10은 종래의 2차 루프필터를 가진 위상고정루프의 시뮬레이션 결과이다.

도 11은 본 발명에 따른 위상고정루프의 실시 예로 Icp/Ireset의 값이 5일 때의 출력파형이다.

도 12는 본 발명에 따른 위상고정루프의 실시 예로 Icp/Ireset의 값이 50일 때의 출력파형이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하에서는, 본 발명의 실시 예에 따른 도면을 참조하여 설명하지만, 이는 본 발명의 더욱 용이한 이해를 위한 것으로, 본 발명의 범주가 그것에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0021] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0022] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0024] 본 명세서에 있어서는 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 데이터 또는 신호를 '전송'하는 경우에는 구성요소는 다른 구성요소로 직접 상기 데이터 또는 신호를 전송할 수 있고, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 데이터 또는 신호를 다른 구성요소로 전송할 수 있음을 의미한다.
- [0026] 그리고 본 명세서에서 모듈이라 함은, 본 발명의 기술적 사상을 수행하기 위한 하드웨어 및 상기 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어의 기능적, 구조적 결합을 의미할 수 있다. 예컨대, 상기 모듈은 소정의 코드와 상기 소정의 코드가 수행되기 위한 하드웨어 리소스의 논리적인 단위를 의미할 수 있으며, 반드시 물리적으로 연결된 코드를 의미하거나, 한 종류의 하드웨어를 의미하는 것은 아님은 본 발명의 기술분야의 평균적 전문가에게는 용이하게 추론될 수 있다.
- [0028] 설명에 앞서 본 명세서에는 다수의 양태 및 실시양태가 기술되며, 이들은 단순히 예시적인 것으로서 한정하는 것이 아니다.
- [0029] 본 명세서를 읽은 후에, 숙련자는 다른 양태 및 실시예가 본 발명의 범주로부터 벗어남이 없이 가능함을 이해할 것이다.
- [0031] 이하에서 설명되는 실시양태의 상세 사항을 다루기 전에, 몇몇 용어를 정의하거나 또는 명확히 하기로 한다.
- [0033] PLL이란 Phase Locked Loop의 약자로 위상고정회로를 의미한다. 진폭이 아닌 위상 변동을 줄여가며, 입력 주파수 및 위상에 동기화시키는 회로이다. 도 1과 같은 구성을 가지며, 위상비교기(PD, Phase Detector), 루프필터(LF, Loop filter) 및 전압제어발진기(VCO)와 분주기(Divider)로 이루어진다.
- [0034] DIV란 divider의 약자로 분주기, 즉 주파수를 사용자 임의의 비율로 낮추는 분기 장치를 이른다.
- [0035] TCXO란 Temperature Compensated X-tal Oscillator의 약자로, 온도변화에 대해 흔들림없이 매우 안정적인 주파수를 뽑아낼 수 있는 크리스탈 오실레이터를 의미하여, 이 변하지 않는 주파수를 기준주파수로 삼아서 출력주파수가 맞는지 틀린지 비교한다.
- [0036] PFD란 Phase Frequency Detector의 약자로 위상주파수검출기를 의미한다. TCXO의 기준주파수와 divider를 통해 나뉘어져 들어온 출력주파수를 비교하여 그 차이에 해당하는 펄스열을 내보낸다.
- [0037] VCO란 Voltage Controlled Oscillator의 약자로 전압 제어 발진기를 의미한다. 주파수제어 입력 전압에 따라 변하는 주파수의 정현파 또는 구형파 신호를 발생 시키는 회로이며, 주파수 합성 또는 클록 복원에 일반적으로 사용되는 위상잠금루프(PLL, Phase Locked Loop)의 핵심 블록 중 하나이다.
- [0038] 전하펌프(CP, Charge Pump)는 위상주파수검출기의 출력에 따라서 전류를 공급하는 장치로 양방향 전하펌프는 양의 전류펄스와 음의 전류펄스를 출력하고 단방향 전하펌프는 단일 방향의 전류펄스를 출력하는 회로이다.,
- [0040] PLL의 동작원리에 대해 상세히 설명하자면, 위상비교기에서 검출된 위상차는 저역통과필터(LPF)를 거쳐 저주파 제어 전압으로 변환되어 VCO에 입력되며 이때 입력 지터(위상 흔들림)의 높은 주파수 성분을 억제하고 낮은 주파수 성분만 통과되게된다. 제어 전압은 VCO 주파수를 입력 및 VCO 간의 위상차를 줄이려는 방향으로 변화된다. VCO에서는 바랙터(Varator)를 포함한 발진회로가 있어서, 그 위상차를 줄이려는 저주파 제어 전압이

입력되면서, 바랙터의 커패시터 용량이 변하여, LC 공진회로에 의한 발진주파수 변화를 일으키게된다. 즉, 위상 고정(Phase Locked)은 제어 전압이 VCO 평균 주파수를 입력 평균 주파수에 정확히 일치시켜 고정시킨다는 의미이다.

[0042] 다음은 도 2 내지 도 12를 참조하여 본 발명에 따른 샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 대하여 상세히 설명하도록 한다.

[0043] 본 발명은 2차 RC루프필터에 저항을 제거하고, 스위치와 커패시터를 추가한 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프에 있어서, 출력신호의 주파수를 일정 비율로 분할하여 낮추는 분주기(100); 상기 분주기(100)와 연결된 위상 주파수검출기(200); 상기 분주기(100)와 연결되어 입력되는 입력제어전압의 변화에 따라 출력 발진 주파수를 생성하는 전압 제어 발진기(300); 고주파 성분을 제거하는 루프필터(400); 상기 루프필터(400)와 연결되어 UP/DN 신호에 의한 전하를 전달하도록 회로를 열고 닫는 스위치1a(500) 및 상기 위상주파수검출기(200)의 출력과 연결되어 상기 위상주파수검출기(200)의 신호에 따라 전류를 흘려주는 전하펌프(600)를 포함하고, 상기 루프필터(400)는 상기 스위치1a(500)를 통해서 상기 전하펌프(600)와 연결되어 상기 전하펌프(600)의 출력을 입력으로 받아 고주파 성분을 제거하고, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 커패시터2(700); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 OR게이트(800); 상기 위상주파수검출기(200)와 연결된 NOR게이트(900); 상기 NOR게이트(900)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전압 제어 발진기(300)와 병렬로 상기 분주기(100)에 연결되는 스위치2(1000); 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되어 On Off 동작하며, 상기 전하펌프(600)와 상기 스위치1a(500)의 사이에 노드를 형성하며 연결되어 말단은 접지되는 리셋스위치(1100); 입력단은 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되고 출력단은 상기 스위치2(1000), 상기 루프필터(400)와 노드를 형성하며 상기 스위치1a(500)를 On Off 제어하는 NMOS(1200)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 이때 "출력신호의 주파수를 일정 비율로 분할하여 낮추는 분주기(100)"에서 일정 비율이란 사용자가 사용자의 용도에 맞게 미리 지정한 임의의 비율이 될 수 있다.

[0045] 그리고 "입력단은 상기 OR게이트(800)의 출력에 연결되고 출력단은 상기 스위치2(1000), 상기 루프필터(400)와 노드를 형성하며 상기 스위치1a(500)를 On Off 제어하는 NMOS(1200)"의 NMOS에서 출력단은 일반적인 N형 MOSFET에서의 Source, Gate, Drain 중 Drain을 의미하고, 출력에 연결되는 부분인 입력단은 Gate가 될 것이다.

[0047] 또한, 상기 루프필터(400)는, 커패시터1(410); 커패시터z(420); 상기 스위치1a(400)가 열리고 닫힐 때, 닫히고 열리는 반대의 동작을 하며 저항역할을 하도록 하는 스위치1b(430)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0049] 또한, 상기 전하펌프(600)는 단방향 전하펌프인 것을 특징으로 한다.

[0051] 다음은 도 4 내지 도 6을 참조하여, 종래의 루프필터와 비교하고, 실시 예를 통해 본 발명에 따른 위상고정루프에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0052] 위상고정루프에서 루프필터 전압은 현재의 위상/주파수오차에 따라 전압제어발진기의 출력 주파수를 제어하는 역할을 한다. 따라서 루프필터 전압 변화를 관찰함으로써 위상고정루프의 특성을 알 수 있다. 위상고정루프의 특성을 보여주는 루프필터 전압의 변화는 ΔV_{LPF} , $\Delta\Delta V_{LPF}$, $\Delta\Delta\Delta V_{LPF}$ 로 세 가지로 구분할 수 있다. ΔV_{LPF} 는 위상고정루프의 위상이 고정된 이후에 발생하는 루프필터 전압의 크기 변화량이며 ΔV_{LPF} 의 크기는 위상고정루프의 안정성과 위상잡음의 특성과 직접적인 관련이 있다. $\Delta\Delta V_{LPF}$ 는 기준신호와 전압제어발진기 출력의 위상차에 해당하는 UP 또는 DN(DOWN) 신호에 의한 기준신호 한주기 동안 발생하는 루프필터 전압의 변화량이며, 현재 발생한 위상오차의 크기를 나타낸다. $\Delta\Delta V_{LPF}$ 는 기준신호 주기마다 발생하며 결과적으로 기준신호 의사잡음의 크기를 결정한다. $\Delta\Delta\Delta V_{LPF}$ 는 UP 또는 DN 신호에 의해 루프필터로 유입된 전류로 인한 루프필터 커패시터의 최종 전압을 의미한다.

[0053] 다음의 식들은 ΔV_{LPF} 와 $\Delta\Delta V_{LPF}$ 와 위상잡음 특성과 기준신호 의사잡음 특성을 보여준다.

$$P_{spur} \propto 20 \log(\Delta\Delta V_{LPF}) \quad (1)$$

$$F_{VCO}(t) = A \cos\left(w_{FR}t + K_{VCO} \int_{-\infty}^t V_{LPF} dt\right) \quad (2)$$

[0054]

- [0055] <수학식 1. 의사잡음에 관한 식>
- [0056] <수학식2. VCO의 출력 주파수에 관한 식>
- [0058] 의사잡음(P_{spur})에 대한 식 (1)에 나타난 바와 같이 의사잡음의 크기는 $\Delta\Delta VLPF$ 의 크기에 비례한다. 따라서 기준신호 의사잡음 크기를 줄이기 위해서는 $\Delta\Delta VLPF$ 크기를 줄여야 한다. 또한 식 (2)에서 보듯이 피적분함수에 포함된 루프필터 전압(VLPF)의 변화량변화량($\Delta VLPF$)이 작으면 VCO 출력주파수 FVCO의 변화량이 작아진다. VCO 출력주파수 FVCO의 변화량이 작으면 위상잡음 줄어들기 때문에 좋은 위상잡음 특성을 얻기 위해서는 $\Delta VLPF$ 의 크기도 줄여야 한다.
- [0059] 여기서 A는 진폭, ω 는 각주파수 [rad/s] $\omega=2\pi f$, f는 주파수 [Hz] = [1/s], ωFR 은 입력전압이 0(zero) 일 때 VCO의 출력 각주파수, KVC0는 VCO의 이득이며 입력전압의 변화에 따른 VCO의 출력 주파수의 비를 의미한다.
- [0060] 기준신호의 주기마다 발생하는 전압변화는 루프가 고정된 이후에도 전하펌프의 전류 미스매치와 UP, DN 신호의 타이밍 에러 등에 의해서 발생하게 된다. 종래에는 루프필터의 전압 변화를 최대한 줄여 전압제어발진기 출력의 불필요한 주파수 성분을 억제하기 위한 여러 가지 루프필터 구조들이 연구되어 왔다.
- [0061] 일반적으로 위상고정루프에서 사용하는 도 4의 2차 RC 루프필터는 위상주파수검출기(PFD)에서 UP/DN 신호가 발생하면 전하펌프(CP)에서 전류가 루프필터로 흘러간다. 이 전류가 C_p 를 먼저 충전 시켜 루프필터 전압VLPF를 상승(하강)시킨다. UP/DN 신호가 종료되면 C_p 에 충전되어 있던 전하가 R_z , C_z 쪽으로 흘러가면서 다시 VLPF가 하강(상승) 하는 동작을 하게 된다. 이 2차 RC 루프필터의 동작은 위상고정루프 기준신호 주기에 따라 동작을 반복하게 되어 기준신호 의사잡음이 발생하게 된다.
- [0062] 다른 형태의 루프필터 구조가 도 5에 나타나 있다. 2차 RC루프필터의 저항을 스위치로 대체하여 칩의 면적을 줄였지만, 루프필터 전압이 반주기동안 유지됨으로 많은 위상변화를 일으켜 의사잡음의 크기를 줄일 수는 없었다. 따라서 위상고정루프의 성능향상은 기대할 수 없다.
- [0063] 본 발명에서 기준신호 의사잡음에 영향을 미치는 $\Delta VLPF$, $\Delta\Delta VLPF$ 를 줄이기 위해서 루프필터 전압 VLPF가 기준신호의 반주기 보다 훨씬 짧은 VCO 출력신호의 반주기 동안만 유지되도록 하여 훨씬 짧은 시간동안만 유지되는 회로를 도 6과 같이 제안하였다.
- [0064] 종래의 위상검출기-전하펌프의 비선형성에 대해 좀 더 상세히 설명하자면, 기존 PFD와 2차 RC 루프를 이용한 위상고정루프는 위상고정 이후 정상상태일 때 PFD-CP의 비이상적인 특성(데드존, 기울기 불일치)로 인하여 비선형 영점 교차 영역에서 동작한다. 게다가 데드존을 해결한 PFD와 개선된 분주기를 사용할 지라도 증폭 값 불일치 문제는 다양한 보정기술을 필요로 한다. 또한 전하펌프 전류 소스의 한정되고 불균일한 출력 임피던스와 2차 위상고정 루프를 기반으로 하는 PFD-CP가 가지는 전하 전송 대비 위상 오류 특성의 고유 비대칭성이 비선형성을 만들어낸다. 비선형성은 대역 내 잡음의 크기가 증가하여 고주파 잡음의 상호변조 및 에일리어싱을 야기한다. 전하펌프의 UP(DN) 경로만을 단독으로 동작하게 하고, 비선형 영역에서 떨어져있는 수정된 위상 오프셋에서 루프를 고정함으로써 기존 PFD-CP의 비선형성을 개선할 수 있다.
- [0065] 위상고정루프에서 루프필터 전압은 현재의 위상/주파수 오차에 따라 전압제어발진기의 출력 주파수를 제어하는 역할을 한다. 따라서 루프필터 전압 변화를 관찰함으로써 위상고정루프의 특성을 알 수 있다.
- [0067] 본 발명에서 제안하는 제안한 PLL 회로는 도 2와 같이 기존 2차 RC루프필터에 저항을 제거하고, 스위치와 커패시터를 추가하였으며 루프필터와 커패시터 사이에 스위치 SW1a를 두어 UP/DN신호에 의한 전하를 전달하도록 하였으며 전하펌프(CP)의 하단을 스위치로 사용한 구조이다. 스위치 SW1b는 스위치SW1a와 반대로 동작하며 저항 역할을 한다.
- [0068] 도 7은 PFD의 UP/DN 신호에 의한 스위치들을 제어하는 신호의 타이밍을 보여주고 있다. UP/DN 신호가 발생하게 되면 OR 게이트(800)의 출력이 “High” 가 되어 NMOS가 “On” 이 되므로 “노드 A” 가 접지되어 스위치 SW1a이 “Off” 되며, NOR게이트(900)는 “Low” 가 되어 스위치 SW2(1000)가 “Off” 된다. 즉 UP/DN 신호가 발생하는 순간 스위치 SW1a(500), 스위치 SW2(1000)가 “Off” 되어 전하펌프에서 나오는 전류는 C_{p2} (700)을 충전 시키게 된다. UP/DN 신호가 꺼진 후에는 스위치 SW2(1000)가 “On” 되어 스위치 SW1a(500)과 스위치 SWb(430)은 전압제어 발진기(300)의 신호에 따라서 “On” 과 “Off” 가 반복된다.
- [0070] 도 8은 전압제어발진기(300) 신호에 의한 스위치 동작을 고려하여 UP/DN 신호에 의한 스위치들을 제어하는 신호의 타이밍과 루프필터 전압 VLPF 를 보여준다. SWreset 신호는 UP 신호가 발생한 후 아주 짧은 시간동안만 “

On”되며 Cp2(700)가 초기화된다. UP/DN 신호가 발생하게 되면 스위치 SW1a(500)과 SW2(1000)가 “Off”되어 VCO 출력이 UP/DN 신호가 발생하는 시점에는 루프필터(400)로 인가되지 못하게 되며 전하펌프로부터 루프필터(400)에 전하가 공급되지 않으므로 루프필터 전압 VLPF은 변화 없이 일정하게 된다. UP/DN 신호가 꺼진 후에는 스위치 SW2가 “On”되어 스위치 SW1a(500)과 스위치 SW1b(430)은 전압제어발진기의 신호에 따라서 “On”과 “Off”가 반복되면서 루프필터의 전압이 천천히 변한다.

- [0072] 다음은 본 발명에 따른 위상고정루프의 전하펌프(600)에 대해 상세히 설명하도록 한다.
- [0073] 도 9의 단방향 전하펌프는 주파수검출기에서 나온 UP/DN 신호에 따라 전류의 흐름을 제어하는 역할을 한다.
- [0074] 본 발명에서 사용된 전하펌프는 도 9에 나타난 바와 같이, 캐스코드(cascode) 구조를 사용하는 것을 권장한다. 전하펌프의 MN2 트랜지스터를 SWreset(1100) 신호로 제어하며 동작하도록하여, MP2와 MN2의 크기에 따라 단방향 전하펌프의 충,방전 전류비를 제어한다. 이러한 구조는 UP 신호의 발생시간을 조절하게 된다.
- [0076] 다음은 종래의 기술과 비교하여 실시 예를 통해 본 발명에 따른 샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프를 가진 위상고정루프의 효과에 대해 상세히 설명하도록 한다.
- [0078] 제안된 구조와의 비교를 위해 양방향 전하펌프와 2차루프필터를 가진 기존 구조의 위상고정루프를 시뮬레이션하였다. 15.625MHz의 기준주파수를 가지고 출력 주파수는 1GHz이며, 분주비는 64이다. 이 회로의 변수 값은 $I_{cp}=200\mu A$, $C_p=100pF$, $R_z=1.5K\Omega$, $C_z=1nF$, $KVCO=330MHz/V$ 이며, $0.18\mu m$ CMOS 공정으로 HSPICE로 시뮬레이션 하였다. 도 10에서 종래 2차 루프필터를 가진 위상고정루프의 시뮬레이션 결과를 볼 수 있다. 도 10 (a)는 18 μs 에서 위상이 고정되는 것을 보여주고 있으며, 도 10 (b)는 위상고정 이후 발생하는 루프 필터 전압 크기 변화량 $\Delta VLPF$ 는 1.2mV의 값을 가지며, 도 10(c)는 기준신호 주기마다 발생하는 $\Delta\Delta VLPF$ 의 크기가 190 μV 임을 인 것을 보여주고 있다.
- [0079] 제안한 위상고정루프도 기존 구조와 같은 15.625MHz의 기준주파수, 1GHz의 출력 주파수, 330MHz/V의 KVCO, 64의 분주비 값을 가지고 있다. 제안한 구조는 전하펌프와 루프 필터 구조가 달라 $I_{cp}=200\mu A$, $I_{reset}=1mA$ 의 전하펌프 전류 값을 가지며 루프필터는 $C_{p1}=400pF$, $C_{p2}=50pF$, $C_z=50pF$, 값을 가지고 있다.
- [0080] 거의 유사한 값을 가지는 제안된 구조를 앞의 경우와 같이 $0.18\mu m$ CMOS 공정으로 HSPICE로 시뮬레이션 하였다.
- [0081] 도 11과 도 12는 제안한 위상고정루프를 I_{cp}/I_{reset} 의 값이 5과 50일 때의 시뮬레이션 결과이다. (a),(b),(c)는 각각 (a) 위상고정 후 VLPF파형 (b) 위상고정 후 확대된 루프필터 전압변화($\Delta VLPF$) (c) 위상고정 후 확대된 루프필터 전압변화($\Delta\Delta VLPF$)를 의미한다.
- [0083] 도 11(c)와 도 12(c)에서 UP 신호가 발생하는 구간 동안은 전하펌프(600)에서 루프필터(400)로 전하가 공급되지 않고, Cp1(410)에서 스위치 SW1b(430)를 통하여 Cz(420)로 전류가 흘러 루프 출력 전압은 감소한다. 루프필터에 사용한 스위치 SW1b(430)는 전압 제어 발진기(300)의 출력 신호에 의해 동작하는 것을 확인할 수 있다.
- [0084] 도 11은 I_{cp}/I_{reset} 의 값이 5일 때의 시뮬레이션 결과이다. 도 11(a)가 보여주듯이 기존 위상고정루프와 비슷한 27 μs 에서 위상이 고정된다. 도 11(b)와 (c)는 $\Delta VLPF$ 와 $\Delta\Delta VLPF$ 는 각각 223 μV , 29 μV 로 기존 구조보다 크기가 많이 감소한 것을 보여준다.
- [0085] 도 12는 I_{cp}/I_{reset} 의 값이 50일 때의 시뮬레이션 결과이다. 도 12(a)가 보여주듯이 25 μs 에서 위상이 고정된다. 도 12(b)와 (c)에서 나타난 바와 같이 $\Delta VLPF$ 와 $\Delta\Delta VLPF$ 는 각각 402 μV , 55.3 μV 이다.
- [0086] I_{cp}/I_{reset} 의 값이 5일 때, 시뮬레이션 결과는 본 발명에서 제안한 구조의 $\Delta\Delta VLPF$ 와 $\Delta VLPF$ 크기가 기존 구조에 비해서 각각 1/5과 1/6의 크기로 감소하였으며, I_{cp}/I_{reset} 의 값이 50일 때는 VLPF와 $\Delta VLPF$ 크기는 둘 다 종래 구조의 1/3의 크기로 감소하였다.
- [0087] I_{cp}/I_{reset} 의 값이 5일 때와 50일 때 기준신호 의사잡음과 위상잡음의 특성이 많이 좋아 졌다는 것을 알 수 있으며 위상고정 시간은 약 50% 정도 증가 하였다.
- [0088] 샘플-홀드 커패시터와 VCO 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하펌프 위상고정루프는 I_{cp}/I_{reset} 의 값이 작을 때는 기존구조에 비해 잡음 특성을 크게 향상 시킬 수 있다. 그리고 기존 구조에 간단한 스위치 제어 회로가 추가되므로 칩의 크기와 전력 소모의 거의 증가 하지 않는다. 전압제어발진기 출력 신호로 제어되는 스위칭에 의해 반송파 주파수에서 전압제어발진기 출력신호 주파수만큼 떨어진 주파수에서 의사 잡음이 발생한다.

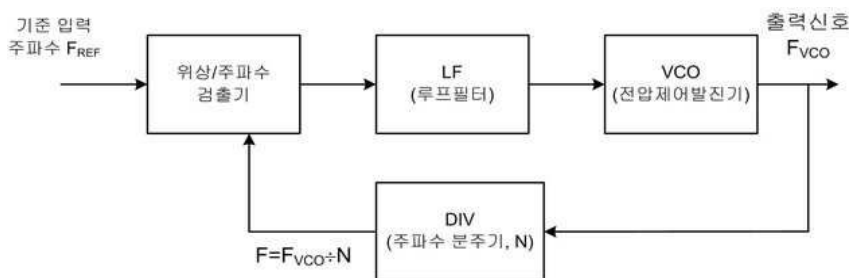
- [0089] 이 의사잡음은 시스템이 사용하는 반송파에서 멀리 떨어져있기 때문에 필터에 의해서 쉽게 제거가 되기 때문에 사용자가 원하는 대역폭에 안에 있는 다른 채널 신호에는 영향을 미치지 않는다.
- [0091] 본 발명에서는 샘플-홀드 커패시터와 전압제어발진기 신호에 동작하는 피드포워드 루프필터를 가진 단방향 전하 펌프를 가진 위상고정루프를 제안하였다. 제안된 구조는 종래의 RC 2차 루프필터구조에 비해서 칩의 면적을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 전압제어발진기의 위상잡음에 영향을 미치는 ΔV_{LPP} 의 변화량과, 기준신호 의사잡음에 영향을 미치는 $\Delta\Delta V_{LPP}$ 의 변화량을 각각 1/5과 1/6로 줄여 위상잡음을 특성과 기준신호 의사잡음 특성을 개선할 수 있다.
- [0093] 여기에서 전술되어 있는 기설정된 소정의 수치는, 본 발명의 이해를 돕기 위해 기재한 것이며, 이는 운용자의 설정에 따라 달라질 수 있고, 전술된 수치가 본 발명에 한정되지 않는 것은 당연하다.
- [0095] 이상 본 발명의 실시 예에 따른 도면을 참조하여 설명하였지만, 본 발명이 속한 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기 내용을 바탕으로 본 발명의 범주 내에서 다양한 응용 및 변형을 행하는 것이 가능할 것이다.

부호의 설명

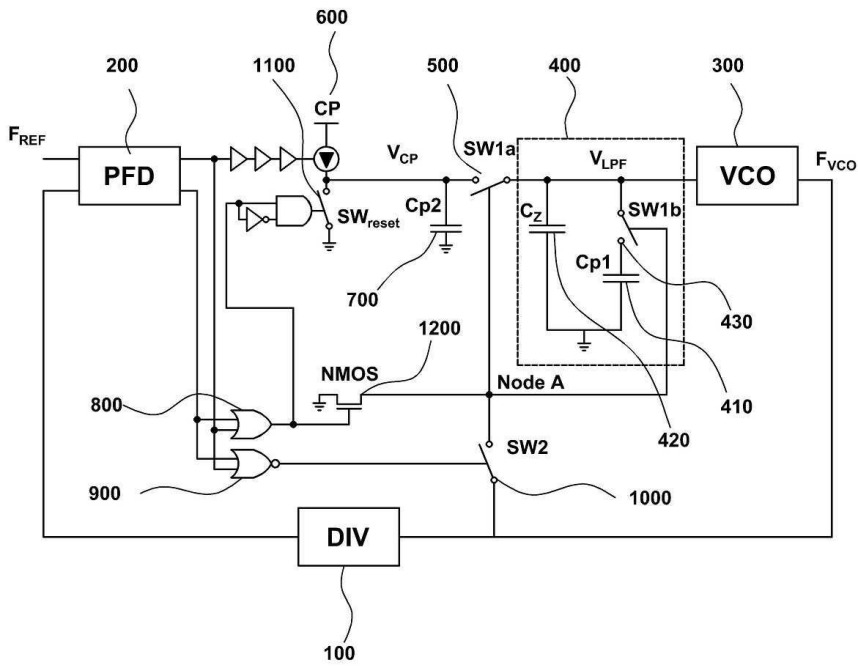
- [0097] 100 : 분주기(DIV)
- 200 : 위상주파수검출기(PFD)
- 300 : 전압 제어 발진기(VCO)
- 400 : 루프필터
- 410 : 커패시터1
- 420 : 커패시터z
- 430 : 스위치1b
- 500 : 스위치1a
- 600 : 전하펌프
- 700 : 커패시터2
- 800 : OR게이트
- 900 : NOR게이트
- 1000 : 스위치2
- 1100 : 리셋스위치
- 1200 : NMOS

도면

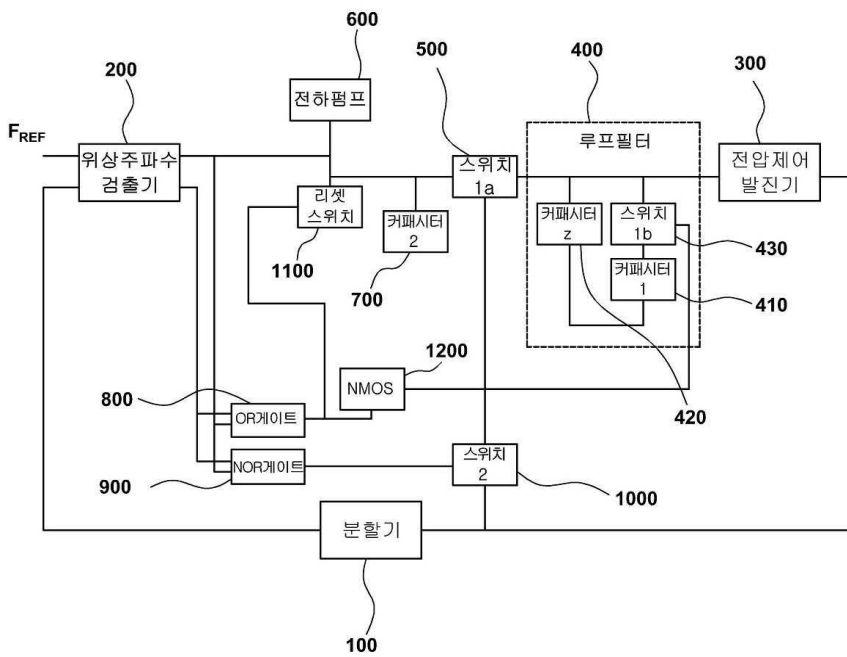
도면1



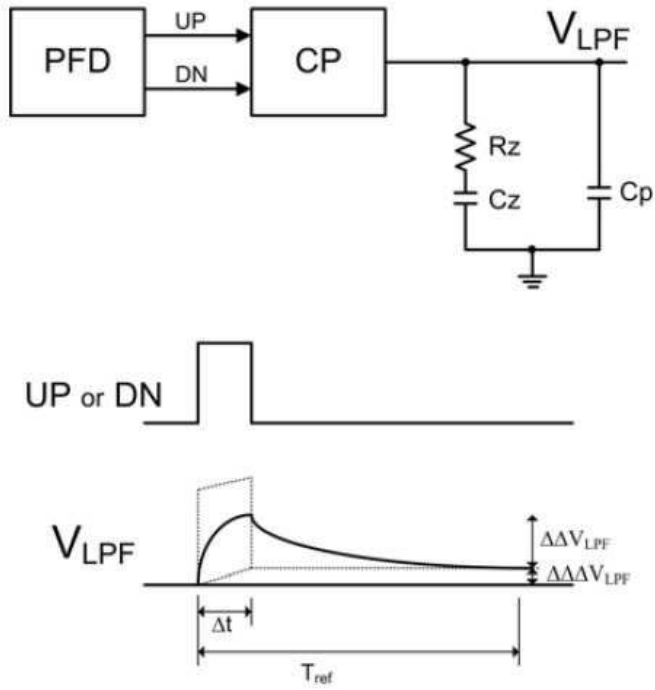
도면2



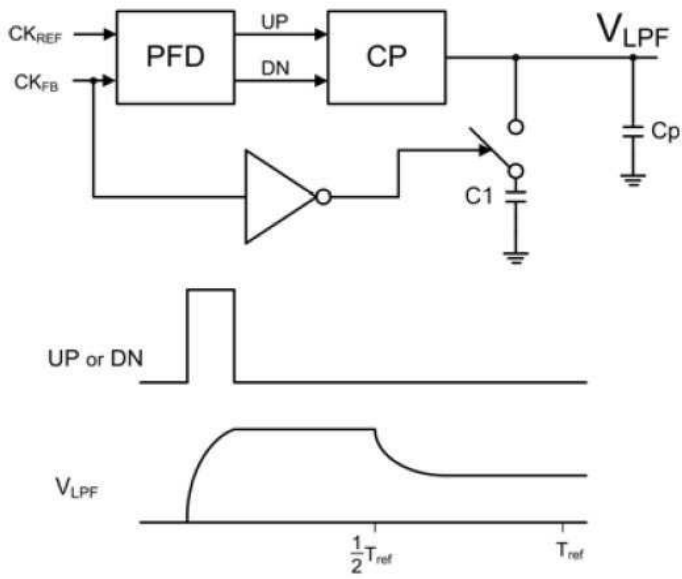
도면3



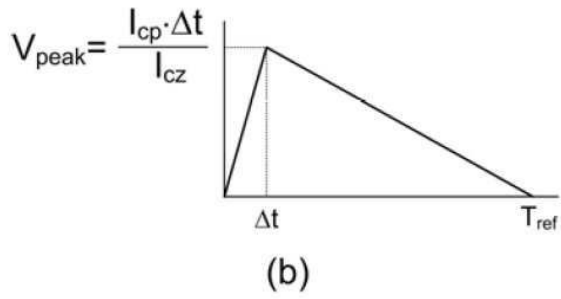
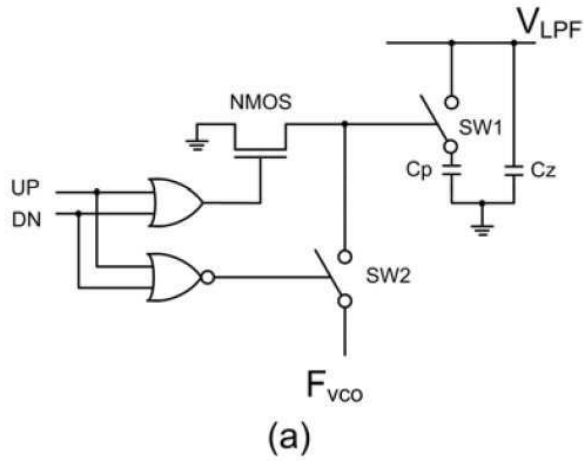
도면4



도면5



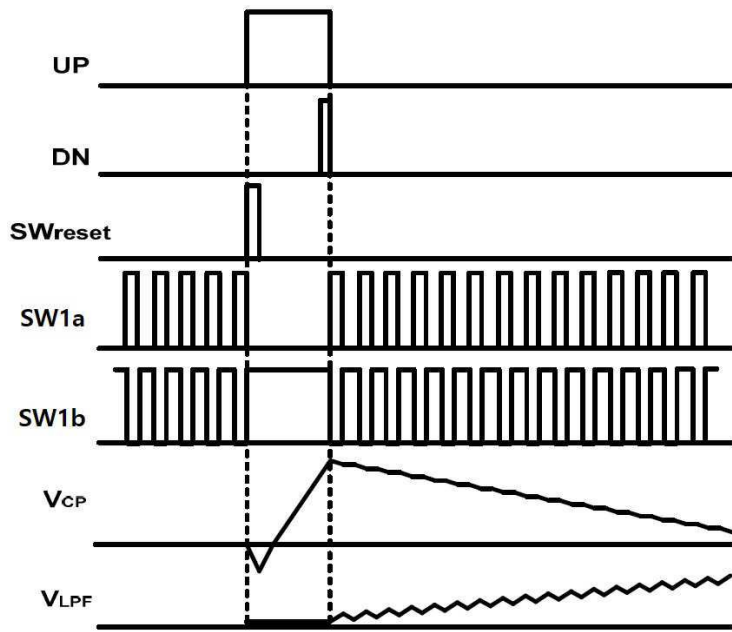
도면6



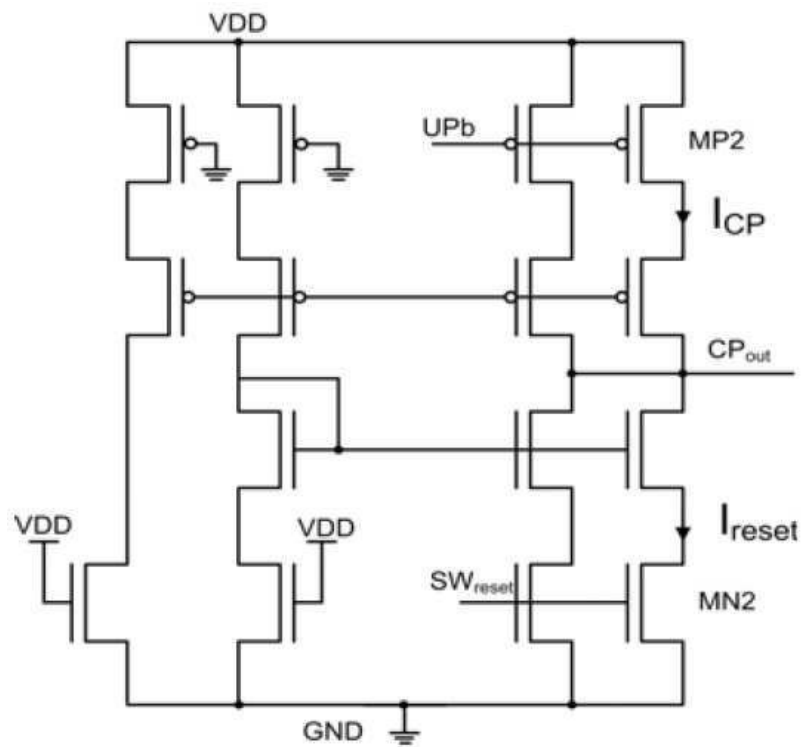
도면7



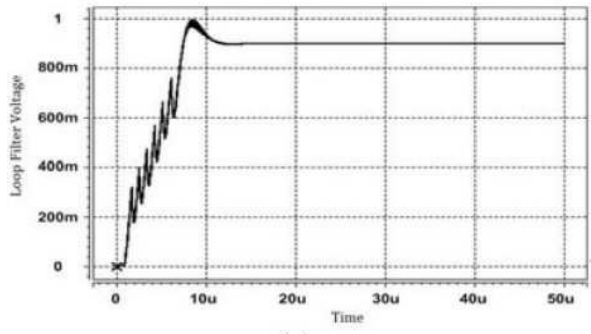
도면8



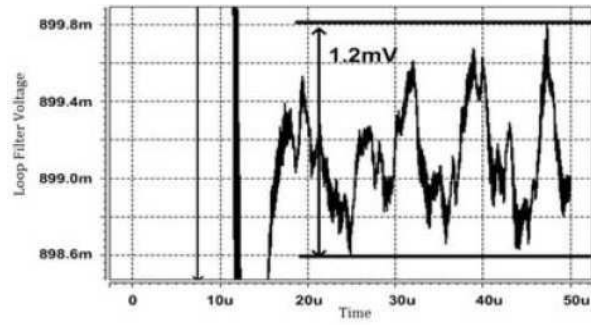
도면9



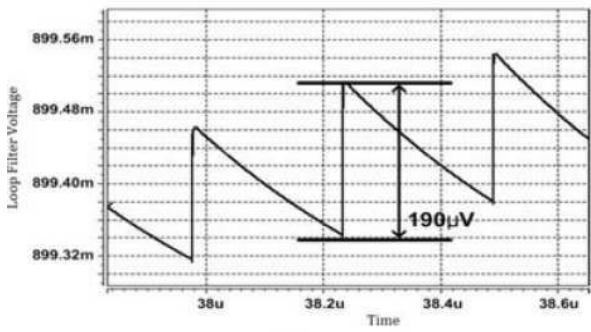
도면10



(a)

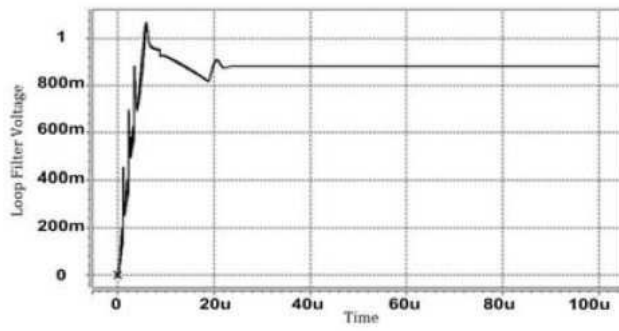


(b)

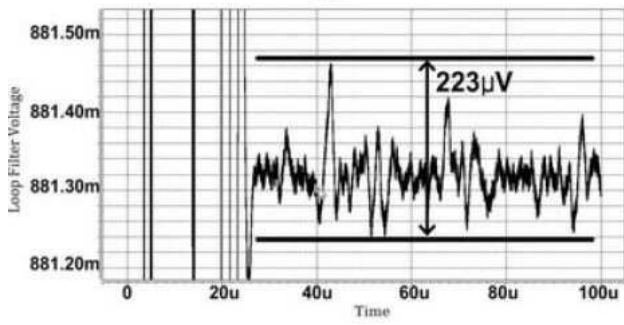


(c)

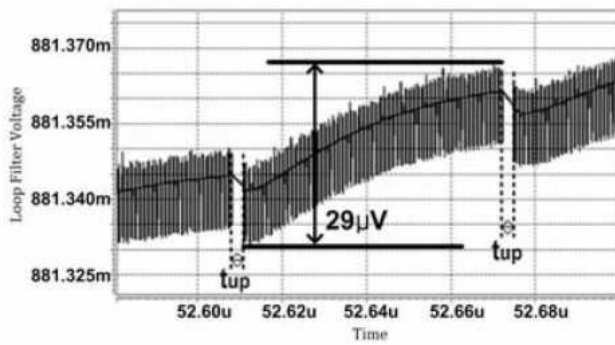
도면11



(a)

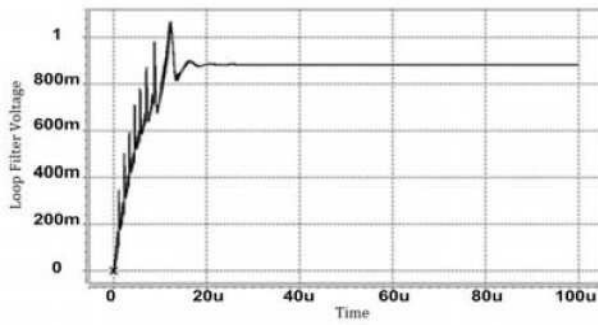


(b)

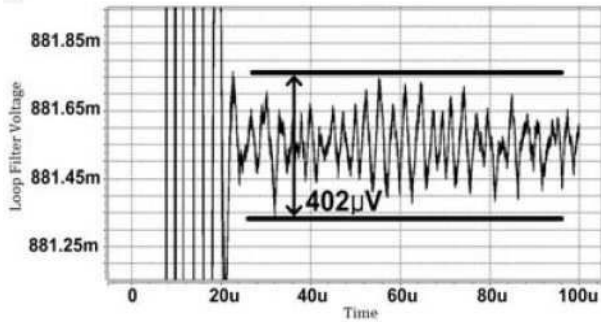


(c)

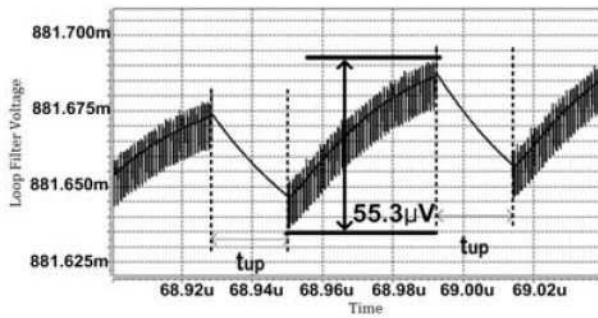
도면12



(a)



(b)



(c)

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 2

【변경전】

청구항 1에 있어서,

상기 루프필터(400)는,

커패시터1(410);

커패시터z(420);

상기 스위치1a(400)가 열리고 닫힐 때, 닫히고 열리는 반대의 동작을 하며 저항역할을 하도록 하는 스위치 1b(430)를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상고정루프.

【변경후】

청구항 1에 있어서,

상기 루프필터(400)는,

커패시터1(410);

커패시터z(420);

상기 스위치1a(500)가 열리고 닫힐 때, 닫히고 열리는 반대의 동작을 하며 저항역할을 하도록 하는 스위치 1b(430)를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상고정루프.