



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월04일
(11) 등록번호 10-2174233
(24) 등록일자 2020년10월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/07 (2006.01) G11C 5/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/07 (2013.01)
G11C 5/145 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0170861
(22) 출원일자 2018년12월27일
심사청구일자 2018년12월27일
(65) 공개번호 10-2020-0080900
(43) 공개일자 2020년07월07일
(56) 선행기술조사문헌
C. Ulaganathan et al. "An Ultra-Low Voltage Self-Startup Charge Pump for Energy Harvesting Applications". IEEE. 2012.
Y. Allasasmeh et al. "Charge Reusing in Switched-Capacitor Voltage Multipliers with Reduced Dynamic Losses". IEEE. 2010.

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
윤홍일
서울특별시 서초구 태봉로2길 5, 107동 1302호 (우면동, 서초네이처힐5단지)
김하림
서울특별시 동대문구 답십리로32길 5(답십리동)
(74) 대리인
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 저전력 환경에서 동작하는 고효율 전하 펌프 회로

(57) 요약

본 실시예들은 전하 전송 스위치를 통해서 다음 단계 얻어지는 높은 전압을 현재 단계의 필요한 높은 게이트 전압으로 걸어줌으로써, 외부의 전압 공급없이 자체적으로 높은 전압을 공급하여 저전압 환경에서 동작할 수 있고, 전하 전송 스위치를 사용하여 충전 시간을 감소시키고, 최종 단계에서 승압률을 높이는 전하 펌프 회로를 제공한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10080722
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	전자정보디바이스산업원천기술개발사업(반도체)
연구과제명	클라우드 컴퓨팅 향 통합형 Server on Chip 시스템
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2017.07.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 제1 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전하는 제1 전하 펌프;

복수의 제2 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전하는 제2 전하 펌프;

상기 제1 전하 펌프에 연결되어 상기 제1 전하 펌프를 승압시키는 제1 전하 전송 스위치;

상기 제2 전하 펌프에 연결되어 상기 제2 전하 펌프를 승압시키는 제2 전하 전송 스위치; 및

상기 제1 전하 펌프와 상기 제2 전하 전송 스위치를 연결하고, 상기 제2 전하 펌프와 상기 제1 전하 전송 스위치를 연결하는 연결 네트워크를 포함하며,

N(상기 N은 2보다 큰 자연수) 번째 스테이지 이후 상기 제1 전하 전송 스위치는 스테이지마다 두 개의 제1 트랜지스터가 연결되며, 하나의 제1 트랜지스터의 게이트는 N-1 번째 스테이지에 해당하는 제1 전하 펌프의 커패시터에 연결되고, 다른 하나의 제1 트랜지스터의 게이트는 N 번째 스테이지에 해당하는 제2 전하 펌프의 커패시터에 연결되고,

상기 N 번째 스테이지 이후 상기 제2 전하 전송 스위치는 스테이지마다 두 개의 제2 트랜지스터가 연결되며, 하나의 제2 트랜지스터의 게이트는 N-1 번째 스테이지에 해당하는 제2 전하 펌프의 커패시터에 연결되고, 다른 하나의 제2 트랜지스터의 게이트는 N 번째 스테이지에 해당하는 제1 전하 펌프의 커패시터에 연결되며,

상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치는 상보적으로 동작하고, 상기 제1 전하 펌프 및 상기 제2 전하 펌프는 각 스테이지를 지나면서 피보나치 수열을 따라 승압하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 전하 펌프는 제1-1-1 스위치, 제1-1-2 스위치, 제1-1-3 스위치, 및 제1-1 커패시터를 포함하며,

상기 제1-1-1 스위치의 일단 및 상기 제1-1-2 스위치의 일단은 입력 전압에 연결되고, 상기 제1-1 커패시터의 일단은 상기 제1-1-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-1 커패시터의 타단은 상기 제1-1-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-1-3 스위치의 일단은 상기 제1-1 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제1-1-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 전하 펌프는 제2-1-1 스위치, 제2-1-2 스위치, 제2-1-3 스위치, 및 제2-1 커패시터를 포함하며,

상기 제2-1-1 스위치의 일단 및 상기 제2-1-2 스위치의 일단은 입력 전압에 연결되고, 상기 제2-1 커패시터의 일단은 상기 제2-1-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-1 커패시터의 타단은 상기 제2-1-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-1-3 스위치의 일단은 상기 제2-1 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제2-1-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 전하 펌프는 제1-2-1 스위치, 제1-2-2 스위치, 제1-2-3 스위치, 및 제1-2 커패시터를 포함하며,

상기 제1-2-1 스위치의 일단 및 상기 제1-2-2 스위치의 일단은 상기 제1-1 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제1-2 커패시터의 일단은 상기 제1-2-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-2 커패시터의 타단은 상기 제1-2-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-2-3 스위치의 일단은 상기 제1-2 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제1-2-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2 전하 펌프는 제2-2-1 스위치, 제2-2-2 스위치, 제2-2-3 스위치, 및 제2-2 커패시터를 포함하며,

상기 제2-2-1 스위치의 일단 및 상기 제2-2-2 스위치의 일단은 상기 제2-1 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제2-2 커패시터의 일단은 상기 제2-2-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-2 커패시터의 타단은 상기 제2-2-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-2-3 스위치의 일단은 상기 제2-2 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제2-2-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 전하 펌프는 제1-3-1 스위치, 제1-3-2 스위치, 제1-3-3 스위치, 및 제1-3 커패시터를 포함하며,

상기 제1-3-1 스위치의 일단 및 상기 제1-3-2 스위치의 일단은 상기 제1-2 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제1-3 커패시터의 일단은 상기 제1-3-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-3 커패시터의 타단은 상기 제1-3-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제1-3-3 스위치의 일단은 상기 제1-3 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제1-3-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제2 전하 펌프는 제2-3-1 스위치, 제2-3-2 스위치, 제2-3-3 스위치, 및 제2-3 커패시터를 포함하며,

상기 제2-3-1 스위치의 일단 및 상기 제2-3-2 스위치의 일단은 상기 제2-2 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제2-3 커패시터의 일단은 상기 제2-3-1 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-3 커패시터의 타단은 상기 제2-3-2 스위치의 타단에 연결되고, 상기 제2-3-3 스위치의 일단은 상기 제2-3 커패시터의 타단에 연결되고, 상기 제2-3-3 스위치의 타단은 접지에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 전하 전송 스위치는 제3-2-1 스위치 및 제3-2-2 스위치를 포함하며,

상기 제3-2-1 스위치의 일단 및 상기 제3-2-2 스위치의 일단은 상기 제1-2-1 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제3-2-1 스위치의 제어단은 상기 제1-1 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제3-2-2 스위치의 타단은 상기 제1-2 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 전하 전송 스위치는 제3-3-1 스위치 및 제3-3-2 스위치를 포함하며,

상기 제3-3-1 스위치의 일단 및 상기 제3-3-2 스위치의 일단은 상기 제1-3-1 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제3-3-1 스위치의 제어단은 상기 제1-2 커패시터의 일단에 연결되고, 제3-3-1 스위치의 일단은 상기 제3-2-2 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제3-3-2 스위치의 타단은 상기 제1-3 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제3-2-1 스위치의 타단은 상기 제2-1 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 제2 전하 전송 스위치는 제4-2-1 스위치 및 제4-2-2 스위치를 포함하며,

상기 제4-2-1 스위치의 일단 및 상기 제4-2-2 스위치의 일단은 상기 제2-2-1 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제4-2-1 스위치의 제어단은 상기 제2-1 커패시터의 일단에 연결되고, 상기 제4-2-2 스위치의 타단은 상기 제2-2 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제2 전하 전송 스위치는 제4-3-1 스위치 및 제4-3-2 스위치를 포함하며,

상기 제4-3-1 스위치의 일단 및 상기 제4-3-2 스위치의 일단은 상기 제2-3-1 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제4-3-1 스위치의 제어단은 상기 제2-2 커패시터의 일단에 연결되고, 제4-3-1 스위치의 일단은 상기 제4-2-2 스위치의 제어단에 연결되고, 상기 제4-3-2 스위치의 타단은 상기 제2-3 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제4-2-1 스위치의 타단은 상기 제1-1 커패시터의 일단에 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 16

제5항에 있어서,

상기 전하 펌프 회로는 제1 상태 또는 제2 상태로 동작하며, 상기 제1 상태에서,

상기 제1-1-1 스위치, 상기 제1-1-3 스위치, 및 상기 제2-1-2 스위치는 턴온되어 각 스위치의 양단을 접속(connect)시키고,

상기 제1-1-2 스위치, 상기 제2-1-2 스위치, 및 상기 제2-1-3 스위치는 턴오프되어 각 스위치의 양단을 단선(disconnect)시키는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

청구항 17

제5항에 있어서,

상기 전하 펌프 회로는 제1 상태 또는 제2 상태로 동작하며, 상기 제2 상태에서,

상기 제1-1-1 스위치, 상기 제1-1-3 스위치, 및 상기 제2-1-2 스위치는 턴오프되어 각 스위치의 양단을 단선(disconnect)시키고,

상기 제1-1-2 스위치, 상기 제2-1-2 스위치, 및 상기 제2-1-3 스위치는 턴온되어 각 스위치의 양단을 접속(connect)시키는 것을 특징으로 하는 전하 펌프 회로.

발명의 설명

기술 분야

본 실시예가 속하는 기술 분야는 저전력 환경에서 동작하는 고효율 전하 펌프 회로에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0003] 메모리 드라이버, 디스플레이 패널에 높은 전압을 공급하는 전하 펌프는 최근 소비 전력을 줄이기 위해 전원 전압이 낮아지는 추세에 있다. 예컨대, 1.8 V에서 1.5 V로, 다시 1.2 V로 낮아지고 있다. 이에 따라 저전압 동작 환경에서도 효율적인 동작을 수행할 수 있는 전하 펌프 회로의 개발이 필요하다.
- [0004] 피보나치 전하 펌프는 전압 이득이 피보나치 수열을 따르는 고성능의 전하 펌프이지만 각 단계에서 얻어지는 높은 전압을 출력 단으로 보내려면 얻은 그만큼의 높은 전압을 마지막 단계의 MOSFET의 게이트 전압으로 인가해줘야 한다. 이와 같은 특성 때문에 일반적인 피보나치 전하 펌프는 저전력 환경에서는 사용이 곤란한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1106483호 (2012.01.10.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 실시예들은 전하 전송 스위치(Charge Transfer Switch)를 통해서 다음 단계 얻어지는 높은 전압을 현재 단계의 필요한 높은 게이트 전압으로 걸어줌으로써, 외부의 높은 전압 공급없이 자체적으로 높은 전압을 공급하여 저전압 환경에서 동작할 수 있고, 전하 전송 스위치를 사용하여 충전 시간을 감소시키고, 최종 단계에서 승압률을 높이는 데 발명의 주된 목적이 있다.
- [0007] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 복수의 제1 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전하는 제1 전하 펌프, 복수의 제2 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전하는 제2 전하 펌프, 상기 제1 전하 펌프에 연결되어 상기 제1 전하 펌프를 승압시키는 제1 전하 전송 스위치, 상기 제2 전하 펌프에 연결되어 상기 제2 전하 펌프를 승압시키는 제2 전하 전송 스위치, 및 상기 제1 전하 펌프와 상기 제2 전하 전송 스위치를 연결하고, 상기 제2 전하 펌프와 상기 제1 전하 전송 스위치를 연결하는 연결 네트워크를 포함하는 전하 펌프 회로를 제공한다.

발명의 효과

- [0009] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 전하 전송 스위치(Charge Transfer Switch)를 통해서 다음 단계 얻어지는 높은 전압을 현재 단계의 필요한 높은 게이트 전압으로 걸어줌으로써, 외부의 높은 전압 공급없이 자체적으로 높은 전압을 공급하여 저전압 환경에서 동작할 수 있고, 전하 전송 스위치를 사용하여 충전 시간을 감소시키고, 최종 단계에서 승압률을 높여 커패시터의 개수를 감소시켜 회로 면적을 최소화할 수 있는 효과가 있다.
- [0010] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 예시한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 단일 전하 펌프의 제1 상태 및 제2 상태를 예시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 복수의 전하 펌프의 제1 상태 및 제2 상태를 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 예시한 회로도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 연결 네트워크를 예시한 회로도이다.

도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 시뮬레이션한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0013] 본 실시예에 따른 전하 펌프 회로는 메모리 드라이버, 디스플레이 패널 등 다양한 전자장치에 적용 가능하다. 본 실시예에 따른 전하 펌프 회로는 별개의 전원 공급없이 자체적으로 높은 전압을 공급하기 때문에 저전력을 동작하는 전자장치에 적용 가능하다. 본 실시예에 따른 전하 펌프 회로는 전하 전송 스위치를 사용하여 충전 시간을 감소시키고, 최종 단에서 승압물이 높기 때문에 커패시터의 개수를 감소시켜 회로 면적을 최소화할 수 있는 장점이 있다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 예시한 블록도이다.
- [0015] 도 1에 도시한 바와 같이, 전하 펌프 회로(10)는 제1 전하 펌프(100), 제2 전하 펌프(200), 제1 전하 전송 스위치(300), 제2 전하 전송 스위치(400), 및 연결 네트워크(500)를 포함한다. 전하 펌프 회로(10)는 도 1에서 예시적으로 도시한 다양한 구성요소들 중에서 일부 구성요소를 생략하거나 다른 구성요소를 추가로 포함할 수 있다. 예컨대, 전하 펌프 회로(10)는 스위치 제어부(600)를 추가로 포함할 수 있다.
- [0016] 제1 전하 펌프(100)는 복수의 제1 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전한다. 제2 전하 펌프(200)는 복수의 제2 스위치의 동작 상태에 따라 복수의 스테이지에서 커패시터를 충전한다. 제1 스위치와 제2 스위치는 상보적으로 동작한다.
- [0017] 제1 전하 전송 스위치(300)는 제1 전하 펌프(100)에 연결되어 제1 전하 펌프(100)를 승압시킨다. 제2 전하 전송 스위치(400)는 제2 전하 펌프(200)에 연결되어 제2 전하 펌프(200)를 승압시킨다. 연결 네트워크(500)는 제1 전하 펌프(100)와 제2 전하 전송 스위치(300)를 연결하고, 제2 전하 펌프(200)와 제1 전하 전송 스위치(400)를 연결한다.
- [0018] 제1 전하 펌프(100) 및/또는 제2 전하 펌프(200)는 각 스테이지를 지나면서 피보나치 수열을 따라 승압한다.
- [0019] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 단일 전하 펌프의 제1 상태 및 제2 상태를 예시한 도면이다.
- [0020] 단일 전하 펌프의 동작은 2 개의 상태를 갖는다. 제1 상태에서는 1번 박스에 들어가 있는 MOSFET 소자가 켜지면 1번 박스가 연결이 되어서 도 2의 (b)와 같이 회로가 연결된다. 이 때 2번 박스는 연결이 끊어진다. 도 2의 (c)를 참조하면, 제2 상태에서는 1번 박스와 2번 박스가 동작이 바뀌면서 제1 상태와 상보적으로 진행된다.
- [0021] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 복수의 전하 펌프의 제1 상태 및 제2 상태를 예시한 도면이다.
- [0022] 전하 펌프 회로(10)는 제1 상태 또는 제2 상태로 동작하면서 각 단을 승압시킨다.
- [0023] 스위치 제어부(600)는 전하 펌프의 각 스위치 및 전하 전송 스위치의 일부 또는 전부에 연결되어, 각 스위치의 동작을 제어한다. 스위치 제어부(600)는 제1 전하 펌프(100) 및 제2 전하 펌프(200)가 제1 상태 또는 제2 상태로 동작하도록 스위치에 연결된다.
- [0024] 제1 상태에서, 제1-1-1 스위치(111), 제1-1-3 스위치(113), 제1-2-2 스위치(122), 제2-1-2 스위치(212), 제2-2-1 스위치(221), 및 제2-2-3 스위치 등은 턴온되어 각 스위치의 양단을 접속(connect)시킨다. 제1 상태에서, 제1-1-2 스위치(112), 제1-2-1 스위치, 제1-2-3 스위치, 제2-1-1 스위치(211), 제2-1-3 스위치(213), 및 제2-2-2 스위치(222) 등은 턴오프되어 각 스위치의 양단을 단선(disconnect)시킨다.
- [0025] 제2 상태에서, 제1-1-1 스위치(111), 제1-1-3 스위치(113), 제1-2-2 스위치(122), 제2-1-2 스위치(212), 제2-

제2-1 스위치(221), 및 제2-2-3 스위치 등은 턴오프되어 각 스위치의 양단을 단선(disconnect)시킨다. 제2 상태에서, 제1-1-2 스위치(112), 제1-2-1 스위치, 제1-2-3 스위치, 제2-1-2 스위치(212), 제2-1-3 스위치(213), 및 제2-2-2 스위치(222) 등은 턴온되어 각 스위치의 양단을 접속(connect)시킨다.

- [0026] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 예시한 회로도이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로의 연결 네트워크를 예시한 회로도이다.
- [0027] 전하 펌프 회로(10)는 전하 전송 스위치(300, 400)를 이용하여 각 단을 증압시킨다.
- [0028] 제1 전하 펌프(100)는 k (k 는 자연수)번째 단에서 MA_{ka} 와 MA_{kb} 2개의 PMOS와 MA_{kc} 1개의 NMOS로 이루어진다. MA_{ka} 의 게이트 신호는 논리 Low부터 시작하면 MA_{kb} 와 MA_{kc} 의 경우 반대인 논리 High 신호부터 시작한다.
- [0029] 제2 전하 펌프(200)는 k (k 는 자연수)번째 단에서 MB_{ka} 와 MB_{kb} 2개의 PMOS와 MB_{kc} 1개의 NMOS로 이루어진다. MB_{ka} 의 게이트 신호는 논리 High부터 시작하면 MA_{kb} 와 MA_{kc} 의 경우 반대인 논리 Low 신호부터 시작한다.
- [0030] 스위치 제어부(600)는 제1 전하 펌프(100)와 제2 전하 펌프(200)를 상보적으로 동작시키는 제어 신호를 전송한다.
- [0031] 제1 전하 펌프(100)는 제1-1-1 스위치(111), 제1-1-2 스위치(112), 제1-1-3 스위치(113), 및 제1-1 커패시터(114)를 포함한다.
- [0032] 제1-1-1 스위치(111)의 일단 및 제1-1-2 스위치(112)의 일단은 입력 전압에 연결되고, 제1-1 커패시터(114)의 일단은 제1-1-1 스위치(111)의 타단에 연결되고, 제1-1 커패시터(114)의 타단은 제1-1-2 스위치(112)의 타단에 연결되고, 제1-1-3 스위치(113)의 일단은 제1-1 커패시터(114)의 타단에 연결되고, 제1-1-3 스위치(113)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0033] 제2 전하 펌프(200)는 제2-1-1 스위치(211), 제2-1-2 스위치(212), 제2-1-3 스위치(213), 및 제2-1 커패시터(214)를 포함한다.
- [0034] 제2-1-1 스위치(211)의 일단 및 제2-1-2 스위치(212)의 일단은 입력 전압에 연결되고, 제2-1 커패시터(214)의 일단은 제2-1-1 스위치(211)의 타단에 연결되고, 제2-1 커패시터(214)의 타단은 제2-1-2 스위치(212)의 타단에 연결되고, 제2-1-3 스위치(213)의 일단은 제2-1 커패시터(214)의 타단에 연결되고, 제2-1-3 스위치(213)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0035] 제1 전하 펌프(100)는 제1-2-1 스위치(121), 제1-2-2 스위치(122), 제1-2-3 스위치(123), 및 제1-2 커패시터(124)를 포함한다.
- [0036] 제1-2-1 스위치(121)의 일단 및 제1-2-2 스위치(122)의 일단은 제1-1 커패시터(114)의 일단에 연결되고, 제1-2 커패시터(124)의 일단은 제1-2-1 스위치(121)의 타단에 연결되고, 제1-2 커패시터(124)의 타단은 제1-2-2 스위치(122)의 타단에 연결되고, 제1-2-3 스위치(123)의 일단은 제1-2 커패시터(124)의 타단에 연결되고, 제1-2-3 스위치(123)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0037] 제2 전하 펌프(200)는 제2-2-1 스위치(221), 제2-2-2 스위치(222), 제2-2-3 스위치(223), 및 제2-2 커패시터(224)를 포함한다.
- [0038] 제2-2-1 스위치(221)의 일단 및 제2-2-2 스위치(222)의 일단은 제2-1 커패시터(214)의 일단에 연결되고, 제2-2 커패시터(224)의 일단은 제2-2-1 스위치(221)의 타단에 연결되고, 제2-2 커패시터(224)의 타단은 제2-2-2 스위치(222)의 타단에 연결되고, 제2-2-3 스위치(223)의 일단은 제2-2 커패시터(224)의 타단에 연결되고, 제2-2-3 스위치(223)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0039] 제1 전하 펌프(100)는 제1-3-1 스위치(131), 제1-3-2 스위치(132), 제1-3-3 스위치(133), 및 제1-3 커패시터(134)를 포함한다.
- [0040] 제1-3-1 스위치(131)의 일단 및 제1-3-2 스위치(132)의 일단은 제1-2 커패시터(124)의 일단에 연결되고, 제1-3 커패시터(134)의 일단은 제1-3-1 스위치(131)의 타단에 연결되고, 제1-3 커패시터(134)의 타단은 제1-3-2 스위치(132)의 타단에 연결되고, 제1-3-3 스위치(133)의 일단은 제1-3 커패시터(134)의 타단에 연결되고, 제1-3-3 스위치(133)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0041] 제2 전하 펌프(200)는 제2-3-1 스위치(231), 제2-3-2 스위치(232), 제2-3-3 스위치(233), 및 제2-3 커패시터(234)를 포함한다.

- [0042] 제2-3-1 스위치(231)의 일단 및 제2-3-2 스위치(232)의 일단은 제2-2 커패시터(224)의 일단에 연결되고, 제2-3 커패시터(234)의 일단은 제2-3-1 스위치(231)의 타단에 연결되고, 제2-3 커패시터(234)의 타단은 제2-3-2 스위치(232)의 타단에 연결되고, 제2-3-3 스위치(233)의 일단은 제2-3 커패시터(2324)의 타단에 연결되고, 제2-3-3 스위치(233)의 타단은 접지에 연결된다.
- [0043] 제1 전하 전송 스위치(300)는 제3-2-1 스위치(321) 및 제3-2-2 스위치(322)를 포함한다.
- [0044] 제3-2-1 스위치(321)의 일단 및 제3-2-2 스위치(322)의 일단은 제1-2-1 스위치(121)의 제어단에 연결되고, 제3-2-1 스위치(321)의 제어단은 제1-1 커패시터(114)의 일단에 연결되고, 제3-2-2 스위치(322)의 타단은 제1-2 커패시터(124)의 일단에 연결된다.
- [0045] 제1 전하 전송 스위치(300)는 제3-3-1 스위치(331) 및 제3-3-2 스위치(332)를 포함한다.
- [0046] 제3-3-1 스위치(331)의 일단 및 제3-3-2 스위치(332)의 일단은 제1-3-1 스위치(131)의 제어단에 연결되고, 제3-3-1 스위치(331)의 제어단은 제1-2 커패시터(124)의 일단에 연결되고, 제3-3-1 스위치(331)의 일단은 제3-2-2 스위치(322)의 제어단에 연결되고, 제3-3-2 스위치(332)의 타단은 제1-3 커패시터(134)의 일단에 연결된다.
- [0047] 제3-2-1 스위치(321)의 타단은 제2-1 커패시터(214)의 일단에 연결된다.
- [0048] 제2 전하 전송 스위치(400)는 제4-2-1 스위치(421) 및 제4-2-2 스위치(422)를 포함한다.
- [0049] 제4-2-1 스위치(421)의 일단 및 제4-2-2 스위치(422)의 일단은 제2-2-1 스위치(221)의 제어단에 연결되고, 제4-2-1 스위치(421)의 제어단은 제2-1 커패시터(214)의 일단에 연결되고, 제4-2-2 스위치(422)의 타단은 제2-2 커패시터(224)의 일단에 연결된다.
- [0050] 제2 전하 전송 스위치(400)는 제4-3-1 스위치(431) 및 제4-3-2 스위치(432)를 포함한다.
- [0051] 제4-3-1 스위치(431)의 일단 및 제4-3-2 스위치(432)의 일단은 제2-3-1 스위치(231)의 제어단에 연결되고, 제4-3-1 스위치(431)의 제어단은 제2-2 커패시터(224)의 일단에 연결되고, 제4-3-1 스위치(431)의 일단은 제4-2-2 스위치(422)의 제어단에 연결되고, 제4-3-2 스위치(432)의 타단은 제2-3 커패시터(234)의 일단에 연결된다.
- [0052] 제4-2-1 스위치(421)의 타단은 제1-1 커패시터(114)의 일단에 연결된다.
- [0053] 도 4 및 도 5를 참조하면, 제1 전하 전송 스위치(300)는 임의의 k 번째 단에 대해서 MNA_k 와 MPA_k 두 개의 MOSFET으로 구성된다. MNA_k 는 소스에 $B(k-1)$ 과 연결이 되고 드레인이 MA_k 의 게이트와 연결된다. MPA_k 는 소스가 MA_k 의 게이트와 연결되고 드레인이 B_k 와 연결된다. MA_k 의 게이트에 $B(k-1)$ 의 전압과 B_k 의 전압을 연결해줄 수 있는 구조이다.
- [0054] 제2 전하 전송 스위치(400)는 임의의 k 번째 단에 대해서 MNB_k 와 MPB_k 두 개의 MOSFET으로 구성된다. MNB_k 는 소스에 $B(k-1)$ 과 연결이 되고 드레인이 MB_k 의 게이트와 연결된다. MPB_k 는 소스가 MB_k 의 게이트와 연결되고 드레인이 A_k 와 연결된다. MB_k 의 게이트에 $A(k-1)$ 의 전압과 A_k 의 전압을 연결해줄 수 있는 구조이다.
- [0055] 연결 네트워크(500)는 제1 전하 펌프(100)에 연결된 제1 전하 전송 스위치(300)에는 $B(k-1)$ 와 B_k 를 연결하고, 제1 전하 펌프(100)에 연결된 제2 전하 전송 스위치(400)에도 $A(k-1)$ 와 A_k 를 연결하여 교차 연결한다. 제1 전하 펌프(100) 및 제2 전하 펌프(200)가 상보적으로 동작하기 때문에 전하 전송 스위치(300, 400)에 연결된 부분은 서로 다른 전하 펌프를 교차 연결한다.
- [0056] 도 4 및 도 5를 참조하여 전하 펌프 회로의 정상 상태 동작을 설명하기로 한다.
- [0057] 첫 번째 단의 경우 제1 전하 펌프(100)에서는 $MA_{1a}(111)$ 가 켜졌을 때 $MA_{1b}(112)$ 의 게이트에는 V_{dd} 만큼의 High 신호가 가해지고, PMOS이기 때문에 꺼진다. 이 때에 $MA_{1c}(113)$ 에도 V_{dd} High 신호가 가해지는데 MA_{1c} 는 NMOS이기 때문에 켜진다. 이 때에는 A_1 의 전압은 MA_{1a} 이 켜져 V_{dd} 와 연결되므로 V_{dd} 보다 조금 낮은 전압을 가진다.
- [0058] 반대편 제2 전하 펌프(200)에서는 상보적으로 작동하는데 $MB_{1a}(211)$ 에 V_{dd} High 신호가 들어와서 PMOS이므로 꺼지고 $MB_{1b}(212)$ 에는 Low 신호를 가해서 켜준다. 그리고 $MB_{1c}(213)$ 에도 Low 신호가 가해지는데 NMOS이기 때문에 켜진다. 이 때에 B_1 의 전압은 $2V_{dd}$ 보다 조금 낮다.
- [0059] 두 번째 단은 제2 전하 펌프(200)부터 보면 두 번째 단의 전하 전송 스위치(CTS, 400) 단을 본다. A_1 이 V_{dd} 이고 $MNB_2(421)$ 의 게이트의 전압이 $2V_{dd}$ 이므로 $MNB_2(421)$ 가 켜져서 $MB_{2a}(221)$ 의 게이트에는 V_{dd} , 곧 Low 신호가 걸리게 되므로 $MB_{2a}(221)$ 는 켜진다. 그러면 B_1 과 연결되어 B_2 의 전압은 $2V_{dd}$ 가 된다. 그리고 $MB_{2b}(222)$ 의 게이트

에는 High 신호가 걸리기 때문에 꺼진다. 그리고 MB2c(223)에도 High 신호가 걸리고 켜진다. 그러면 B2의 전압은 2Vdd가 된다. 두 번째 단의 캐패시터는 2Vdd를 펌핑시켜주는 것을 확인할 수 있다.

[0060] 제1 전하 펌프(100)에서 두 번째 단의 전하 전송 스위치(300)를 보면 MNA2(321)는 게이트에 Vdd가 걸리고 드레인에 2Vdd가 걸려서 꺼지게 된다. MPA2(322)는 게이트에 2Vdd가 걸리고 소스에 3Vdd가 걸리기 때문에 켜져서 MA2a(121)에는 3Vdd가 걸리게 된다. MA2a(121)에는 High 신호가 걸리므로 꺼지게 된다. MA2b(122)의 게이트에는 Low 신호를 걸어주기 때문에 켜지게 되고 MA2c(123)는 Low 신호가 걸려 꺼지게 된다. MA2b(122)가 켜지기 때문에 A1과 MA2c(123)의 드레인 부분이 연결되는데 전압이 Vdd가 된다. 그리고 A2는 Vdd에서 2Vdd만큼 전압이 펌핑이 되어서 3Vdd의 전압을 가진다.

[0061] 세 번째 단도 두 번째 단과 상보적으로 동작한다. 이렇게 상보적으로 동작하면서 출력 전압을 피보나치 수열로 만들어낸다.

[0062] 그리고 마지막 출력단을 보면 MAout의 게이트가 Bn과 연결되어 있다. Bn이 Low와 High를 스윙하고 있기 때문에 low일 때에는 MAout이 켜져서 출력단과 An이 연결된다. 반대로 High일 때에는 MAout이 꺼지면서 연결이 차단된다. 하지만 제2 전하 펌프(200)에서는 An와 MBout이 연결되어 있고 Low이기 때문에 MBout이 켜져서 Bn과 출력단이 연결된다.

[0063] 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전하 펌프 회로를 시뮬레이션한 결과이다.

[0064] 1.5V를 기준으로 5단을 승압할 때, 기존의 방식들은 5.54 V, 6.66V, 8.66 V로 승압하지만, 본 발명은 5단을 거치면서 1.5V에서 12.8 V로 승압시켜 약 8.5 배의 승압률을 갖는다. 높은 승압률에도 불구하고 커패시터의 수가 적어서 회로 면적을 최소화할 수 있다.

[0065] 전하 펌프 회로에 포함된 복수의 구성요소들은 상호 결합되어 적어도 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 구성요소들은 장치 내부의 소프트웨어적인 모듈 또는 하드웨어적인 모듈을 연결하는 통신 경로에 연결되어 상호 간에 유기적으로 동작한다. 이러한 구성요소들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호선을 이용하여 통신한다.

[0066] 전하 펌프 회로는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.

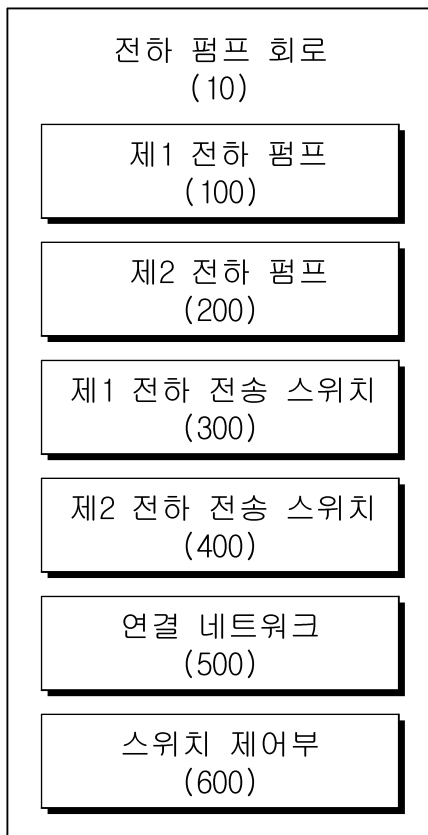
[0067] 전하 펌프 회로는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.

[0068] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

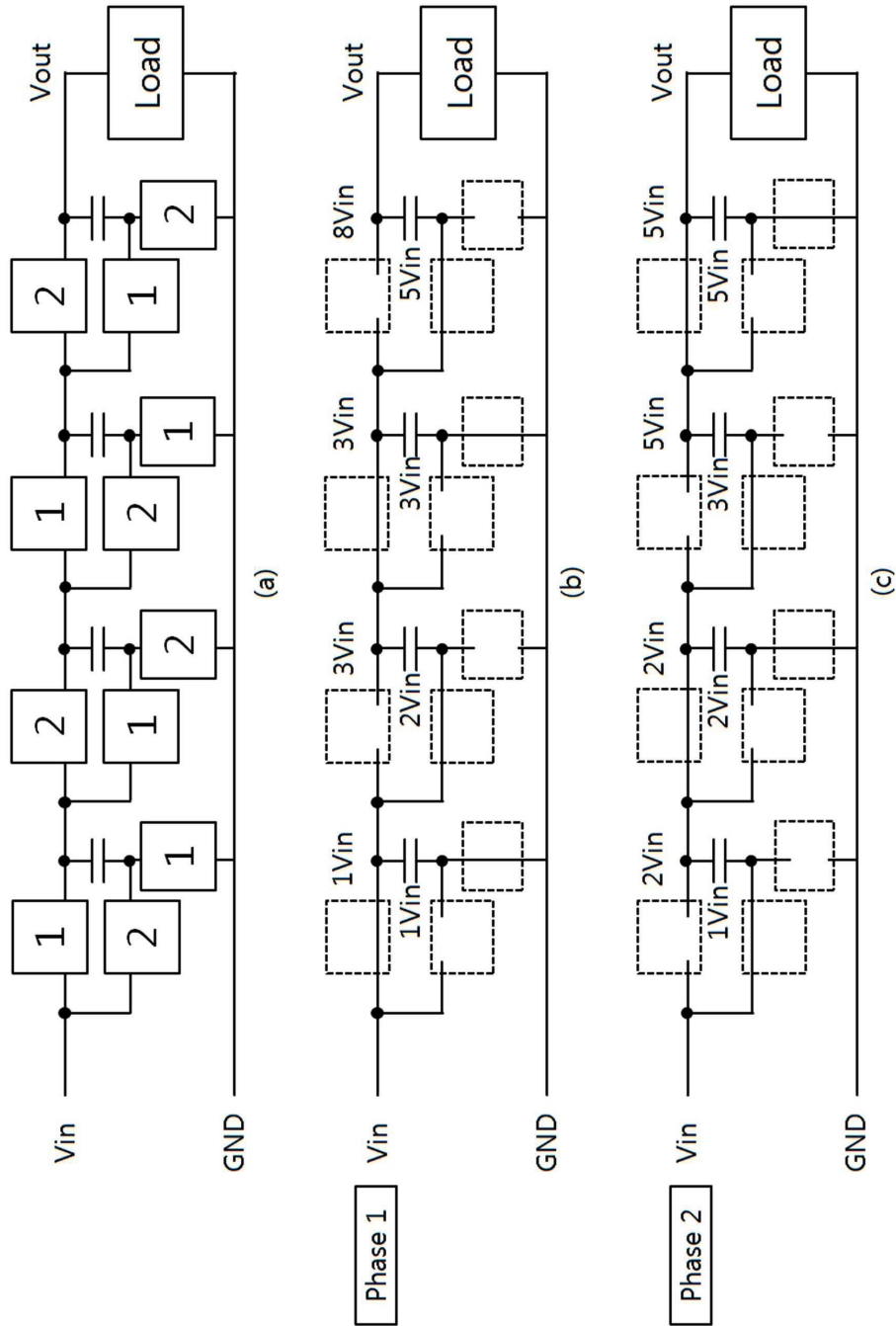
[0069] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

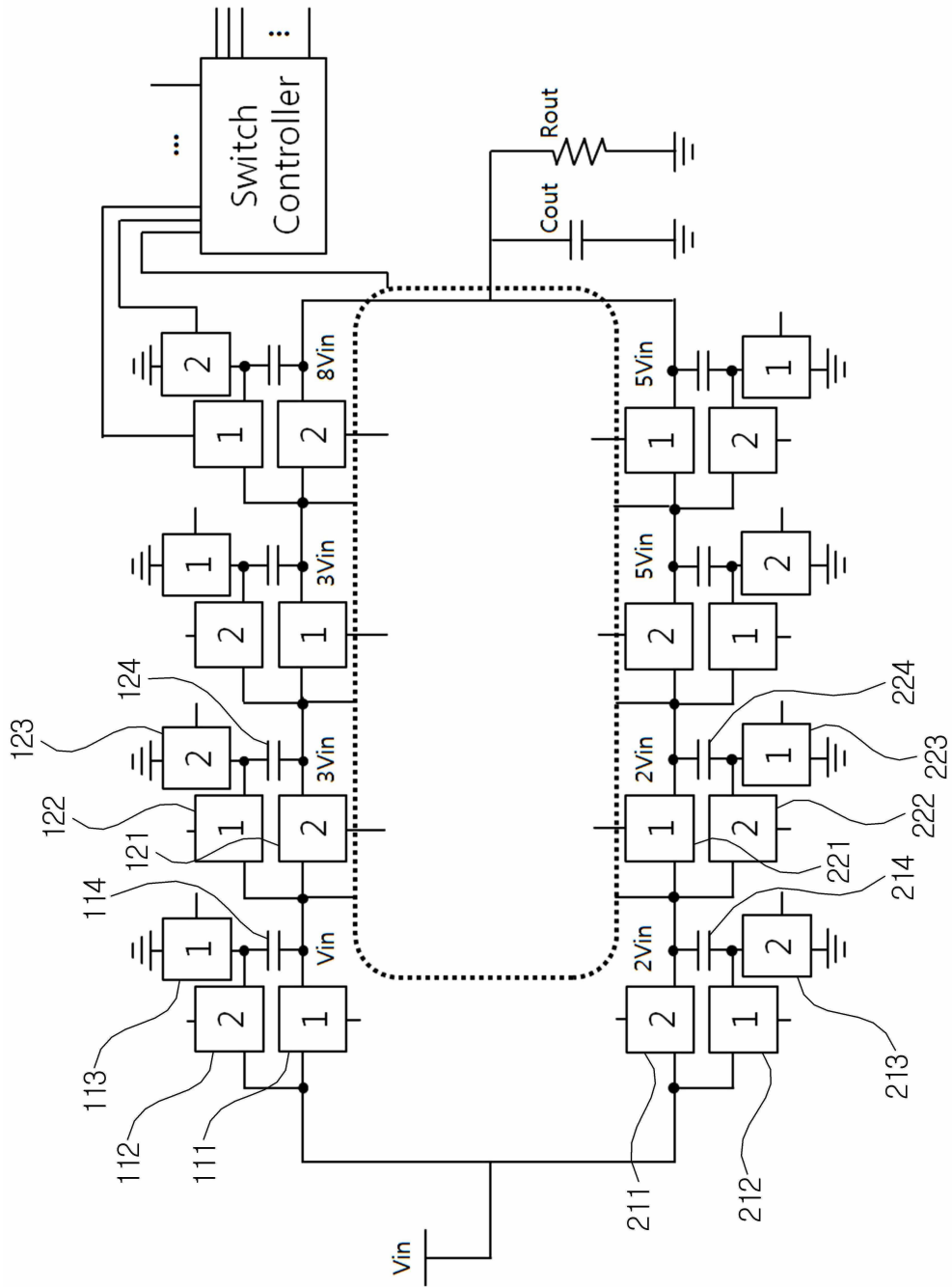
도면1



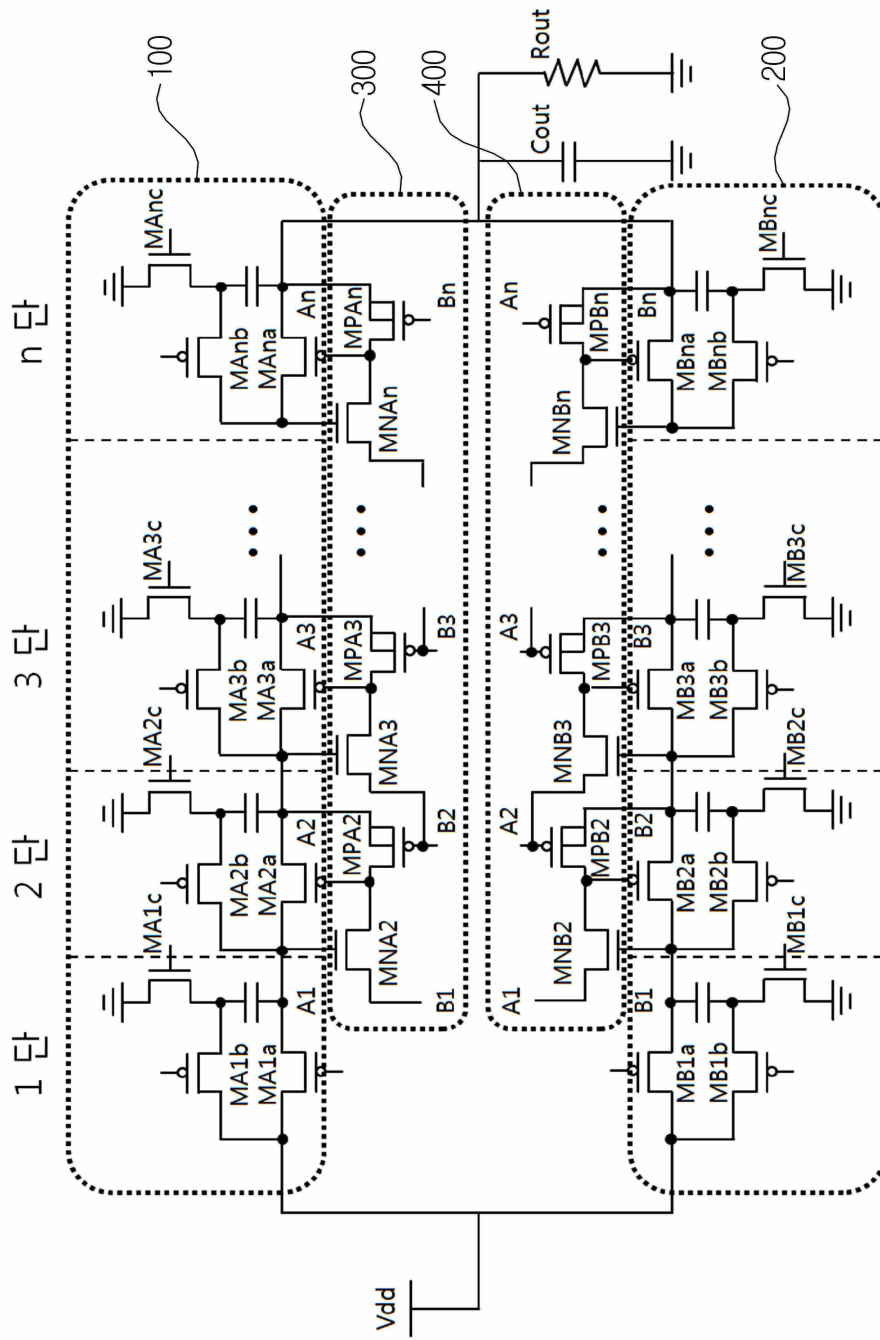
도면2



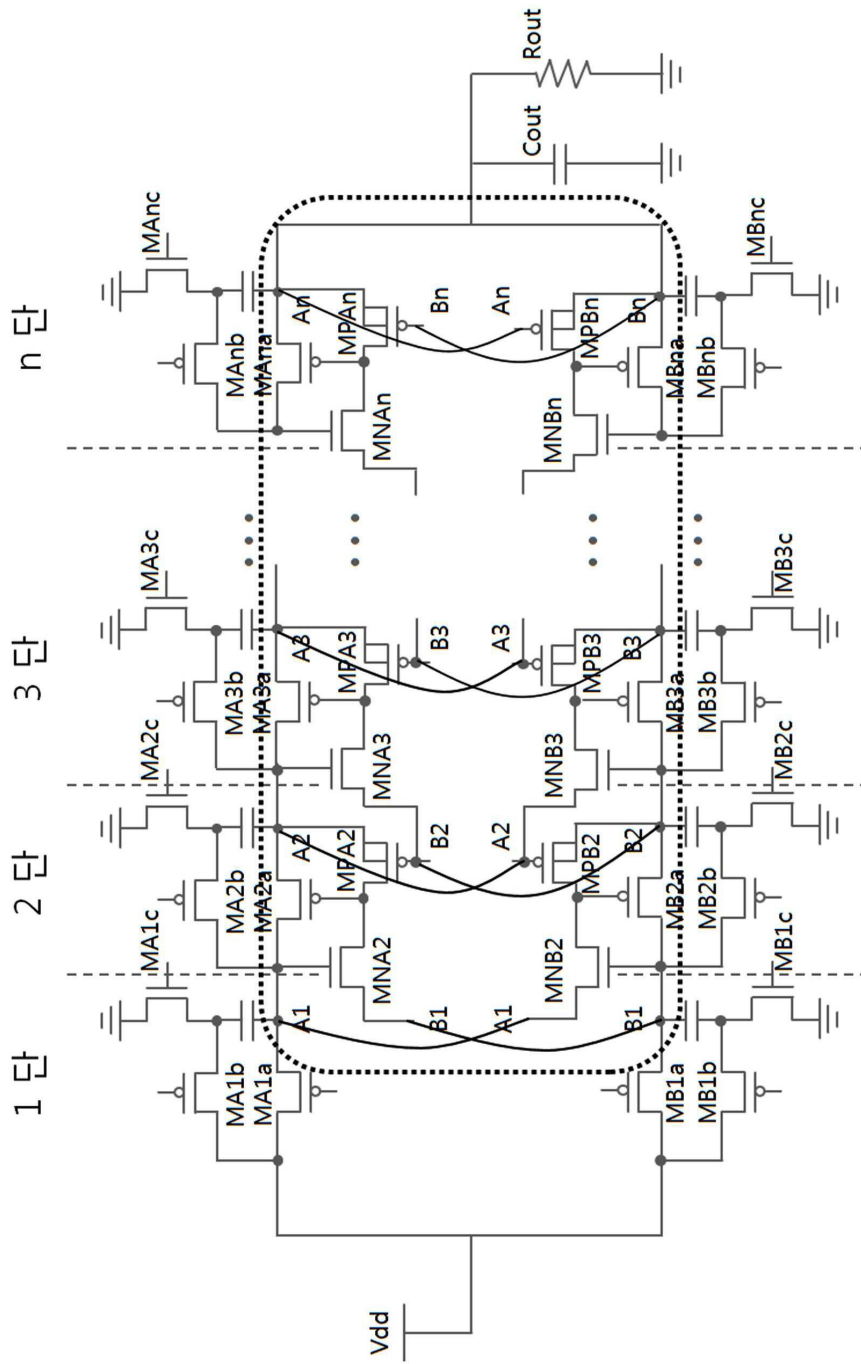
도면3



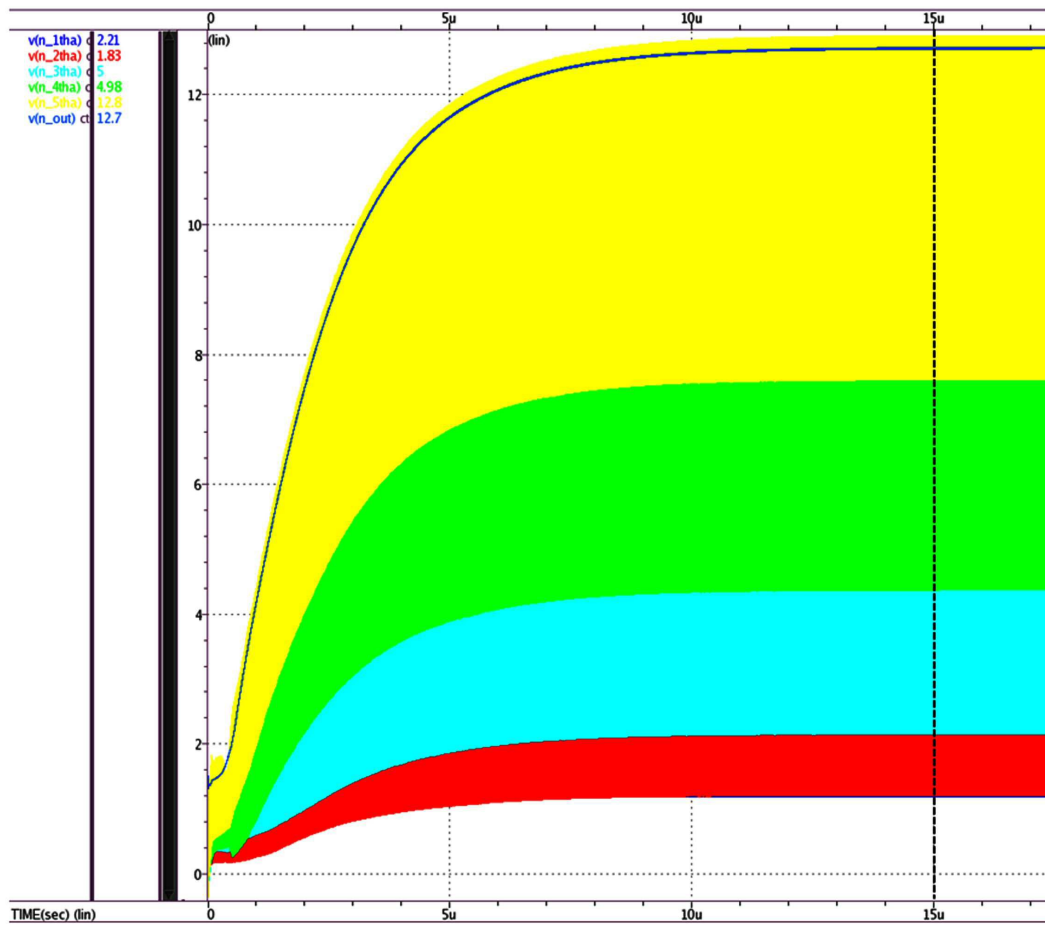
도면4



도면5



도면6



도면7

