

(43) 공개일자 2022년07월01일

- (71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
김재준
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
- 김명우
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

(54) 발명의 명칭 하이브리드 송강압 컨버터 장치

개시된 하이브리드 승강압 컨버터 장치는, 입력 전압의 제 1 대역과 제 2 대역 중 상대적으로 더 낮은 제 1 대역에서 저전압 전하 펌프로서 동작하되 상기 제 2 대역에서 고전압 전하 펌프로서 동작하는 듀얼 전하 펌프부와, 상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하여 제공되면 고부하 모드와 저부하 모드 중 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 승압하는 부스트(Boost) 모드로 동작하고, 상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하지 않고 제공되면 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 1 벅(Buck) 모드로 동작하거나 상기 고부하 모드에서 펄스폭변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 2 벅 모드로 동작하는 컨버터부를 포함한다.

- 1 -

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102763
과제번호	CN19100US001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	(재단)울산테크노파크
연구사업명	지역연구개발혁신지원(R&D)
연구과제명	IoT 센서기반 유해물질 안전대응 플랫폼 구축
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원(교)
연구기간	2019.06.01 ~ 2020.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345321161
과제번호	2020R1A6A1A03040570
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	환경감시 자율무인시스템 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

입력 전압의 제 1 대역과 제 2 대역 중 상대적으로 더 낮은 제 1 대역에서 저전압 전하 펌프로서 동작하되 상기 제 2 대역에서 고전압 전하 펌프로서 동작하는 듀얼 전하 펌프부와,

상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하여 제공되면 고부하 모드와 저부하 모드 중 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 증압하는 부스트(Boost) 모드로 동작하고, 상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하지 않고 제공되면 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 1 벅(Buck) 모드로 동작하거나 상기 고부하 모드에서 펄스폭변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 2 벅 모드로 동작하는 컨버터부를 포함하는

하이브리드 승강압 컨버터 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 듀얼 전하 펌프부는,

상기 제 1 대역에서 동작하는 저전압 전하 펌프부와,

상기 제 2 대역에서 동작하는 고전압 전하 펌프부와,

상기 입력 전압의 변화에 대응하여 상기 저전압 전하 펌프부와 상기 고전압 전하 펌프부 중 어느 하나에 대해 $\times 0.5$ 단위의 가변 펌핑 배율 중 한 펌핑 배율을 결정하는 처리부와,

상기 처리부의 제어에 따라 상기 저전압 전하 펌프부와 상기 고전압 전하 펌프부 중 어느 하나가 상기 처리부에 의해 결정된 펌핑 배율로 동작하게 구동하는 구동부를 포함하는

하이브리드 승강압 컨버터 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 처리부는, 상기 입력 전압에 기초하여 상기 저전압 전하 펌프부와 상기 고전압 전하 펌프부 중 구동할 전하 펌프부를 결정하고, 결정된 전하 펌프부의 구동 가능한 가변 펌핑 배율 중 어느 한 펌핑 배율을 상기 듀얼 전하 펌프부의 희망 출력 전압에 기초하여 결정하는

하이브리드 승강압 컨버터 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 처리부가, 상기 저전압 전하 펌프부에 대해 결정할 수 있는 상기 가변 펌핑 배율 중 최대 배율은 상기 고전압 전하 펌프부에 대해 결정할 수 있는 상기 가변 펌핑 배율 중 최소 배율과 동일한

하이브리드 승강압 컨버터 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 저전압 전하 펌프부 또는 상기 고전압 전하 펌프부에 의한 최저 출력 전압은 상기 입력 전압의 최대값보다 더 낮은

하이브리드 승강압 컨버터 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 전원으로부터 공급되는 전압보다 높은 전압을 출력하는 복수의 전하 펌프를 이용하는 하이브리드 승강압 컨버터 장치에 관한 것이다.
- [0002] 본 발명은 과학기술정보통신부의 재원으로 2020년 과학기술기반 지역수요맞춤형 R&D지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임.(CN10120US001)
- [0003] 본 발명은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(과제번호 2020R1A6A1A03040570)

배경 기술

- [0004] 전하 펌프(Charge Pump)는 전원으로부터 공급되는 전압보다 높은 전압을 출력하는 회로를 말한다.
- [0005] 종래 기술에 따른 전하 펌프로서 한국등록특허공보 제10-1305850호에는 "듀얼 전하펌프"가 개시되어 있다. 개시된 듀얼 전하펌프는 작은 저장용량을 갖는 엑스트라 펌핑 캐피시터와 그 보다 큰 저장용량을 갖는 메인 펌핑 캐피시터를 각각 구비한 엑스트라 전하펌프와 메인 전하펌프를 포함한다. 이러한 듀얼 전하펌프는 부하전압의 레벨이 기 설정된 기준치 이하인 경우에 메인 전하펌프 및 엑스트라 전하펌프 모두 온 시키고, 부하전압의 레벨이 기준치를 초과하는 경우에는 메인 전하펌프는 오프 시키고 엑스트라 전하펌프만 온 시킨다.
- [0006] 이러한 종래 기술에 따른 전하 펌프는 부하전압의 레벨이 기준치 이하인 경우에는 부하전압의 변화와 상관없이 항상 메인 전하펌프 및 엑스트라 전하펌프를 모두를 온 시키기 때문에, 간혹 불필요한 전하 펌프 동작이 유발되어 효율을 저하시키는 경우가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 실시예에 따르면, 저전압 전하 펌프와 고전압 전하 펌프 중 입력 전압의 변화에 대응하여 항상 어느 하나의 전하 펌프만 동작하는 듀얼 전하 펌프를 이용하는 하이브리드 승강압 컨버터 장치를 제공한다.
- [0008] 본 발명의 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 일 관점에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치는, 입력 전압의 제 1 대역과 제 2 대역 중 상대적으로 더 낮은 제 1 대역에서 저전압 전하 펌프로서 동작하되 상기 제 2 대역에서 고전압 전하 펌프로서 동작하는 듀얼 전하 펌프부와, 상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하여 제공되면 고부하 모드와 저부하 모드 중 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 증압하는 부스트(Boost) 모드로 동작하고, 상기 입력 전압이 상기 듀얼 전하 펌프부를 통하지 않고 제공되면 상기 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 1 벅(Buck) 모드로 동작하거나 상기 고부하 모드에서 펄스폭변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 2 벅 모드로 동작하는 컨버터부를 포함한다.

발명의 효과

- [0010] 실시예에 의한 하이브리드 승강압 컨버터 장치는 저전압 전하 펌프와 고전압 전하 펌프 중 항상 어느 하나만 동작시켜 불필요한 전하 펌핑 동작이 발생하지 않도록 함으로써 높은 효율을 보장한다. 아울러, 펌핑 배율을 x0.5 단위 중 어느 한 배율로 결정하기 때문에 x1 단위로 펌핑 배율을 결정하는 것과 비교할 때에 상대적으로 더 정밀하게 최적 펌핑 배율을 결정할 수 있기 때문에 효율을 극대화할 수 있다.
- [0011] 그리고, 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드에서 부스트(Boost) 모드로 동작할 경우에, 저전압 범위 혹은 하베스트 전압 범위에서 동작하는 구동 전압 범위를 확보할 수 있다.
- [0012] 그리고, 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드 또는 고부하 모드에서 벅(Buck) 모드로 동작할 경우에,

대중적인 배터리 구동 전압 범위에서의 넓은 Iout 대역에서 높은 효율을 확보할 수 있고, 부스트 모드보다 더 효율을 우선적으로 높게 유지할 수 있다. 승강압 컨버터를 사용하는 배터리의 경우에 벅 모드에서 비교적 긴 시간과 많은 에너지를 사용하기 때문에 부스트 모드보다 더 효율을 우선적으로 높게 유지할 수 있는 것은 매우 효과적이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치를 구성하는 듀얼 전하 펌프의 세부적인 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드에서 부스트 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드에서 벅 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 고부하 모드에서 벅 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치를 구성하는 듀얼 전하 펌프의 입력 전압의 변화에 따른 출력 전압의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치를 구성하는 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부를 이상적인(Ideal) 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.

도 8는 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 9는 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 10은 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 11은 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치를 구성하는 듀얼 전하 펌프의 저전압 전하 펌프부를 MOS 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부를 이상적인(Ideal) 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.

도 14는 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 3배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 15는 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 16은 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 1.5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 17은 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부가 펌핑 배율 1.5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

도 18은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 전하 펌프의 고전압 전하 펌프부를 MOS 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명의 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 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 발명의 범주는 청구항에 의해 정의될 뿐이다.
- [0015] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명은 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어 실제로 필요한 경우 외에는 생략될 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.
- [0016] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, '포함하다' 또는 '구성하다' 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 또한, 본 발명의 실시예에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결뿐 아니라, 다른 매체를 통한 간접적인 연결의 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다는 의미는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치의 구성도이고, 도 2는 도 1의 하이브리드 승강압 컨버터 장치에 포함된 듀얼 전하 펌프부의 구성도이다.
- [0019] 도 1 및 도 2를 참조하면 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)는 듀얼 전하 펌프부(100) 및 컨버터부(200)를 포함한다.
- [0020] 듀얼 전하 펌프부(100)는 입력 전압의 제 1 대역과 제 2 대역 중 상대적으로 더 낮은 제 1 대역에서 동작하는 저전압 전하 펌프부(110) 및 제 2 대역에서 동작하는 고전압 전하 펌프부(120)를 포함한다. 이러한 저전압 전하 펌프부(110) 및 고전압 전하 펌프부(120)는 발진부(150)의 스타트업 발진 모드에서 제공되는 제 1 클럭 신호에 따라 동작하거나 메인 발진 모드에서 동작하는 제 2 클럭 신호에 따라 동작할 수 있다.
- [0021] 그리고, 듀얼 전하 펌프부(100)는 처리부(130), 구동부(140) 및 발진부(150)를 포함할 수 있다.
- [0022] 처리부(130)는 입력 전압의 변화에 대응하여 저전압 전하 펌프부(110)와 고전압 전하 펌프부(120) 중 어느 하나에 대해 $x0.5$ 단위의 가변 펌핑 배율 중 한 펌핑 배율을 결정한다. 이러한 처리부(130)는 입력 전압에 기초하여 저전압 전하 펌프부(110)와 고전압 전하 펌프부(120) 중 구동할 전하 펌프부를 결정하고, 결정된 전하 펌프부의 구동 가능한 가변 펌핑 배율 중 어느 한 펌핑 배율을 듀얼 전하 펌프부(100)의 희망 출력 전압에 기초하여 결정할 수 있다. 예를 들어, 처리부(130)가 저전압 전하 펌프부(110)에 대해 결정할 수 있는 가변 펌핑 배율 중 최대 배율은 고전압 전하 펌프부(120)에 대해 결정할 수 있는 가변 펌핑 배율 중 최소 배율과 동일할 수 있다. 또한, 처리부(130)는 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)에 의한 최저 출력 전압을 입력 전압의 최대값보다 더 낮게 결정할 수 있다.
- [0023] 구동부(140)는 처리부(130)의 제어에 따라 저전압 전하 펌프부(110)와 고전압 전하 펌프부(120) 중 어느 하나가 처리부(130)에 의해 결정된 펌핑 배율로 동작하게 구동한다. 제 1 구동부(141)는 저전압 전하 펌프부(110)를 구동하고, 제 2 구동부(142)는 고전압 전하 펌프부(120)를 구동한다.
- [0024] 발진부(150)는 입력 전압에 의해 스타트업 발진 모드로 동작하여 제 1 클럭 신호를 제공하거나 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)의 출력 전압에 따라 메인 발진 모드로 동작하여 제 2 클럭 신호를 제공한다.
- [0025] 이러한 발진부(150)는 EN_MAIN 신호가 로우(Low) 상태인가 아니면 하이(High) 상태인가에 따라 스타트업 발진 모드로 동작하거나 메인 발진 모드로 동작한다. 입력 전압(Vin)이 인가되면 스타트업 발진 모드로 동작하고, 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)가 초기펌핑하여 출력 전압(CP_OUT)을 높이며, 출력 전압(CP_OUT)이 설계자가 설정한 기준 전압보다 높아지면, EN_MAIN 신호가 로우 상태에서 하이 상태로 변화된다. 이처럼, EN_MAIN 신호가 로우 상태에서 하이 상태로 바뀌는 신호에 의해서 스타트업 발진 모드는 턴-오프되고 메

인 발진 모드는 턴-온 된다. 이후로, 계속해서 입력 전압(Vin)이 안정적이고 지속적으로 공급되면 발진부(150)는 메인 발진 모드로만 동작을 유지한다.

[0026] 컨버터부(200)는 입력 전압이 듀얼 전하 펌프부(100)를 통하여 제공되면 고부하 모드와 저부하 모드 중 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 승압하는 부스트(Boost) 모드로 동작하고, 입력 전압이 듀얼 전하 펌프부(100)를 통하지 않고 제공되면 저부하 모드에서 펄스주파수변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 1 벅(Buck) 모드로 동작하거나 고부하 모드에서 펄스폭변조 제어방식에 따라 전압을 강압하는 제 2 벅 모드로 동작한다.

[0027] 이러한 컨버터부(200)는 펄스주파수변조 제어신호를 제공하여 부스트 모드 또는 벅 모드로 동작하게 하는 펄스주파수변조 신호부(210), 펄스폭변조 제어신호를 제공하여 벅 모드로 동작하게 하는 펄스폭변조 신호부(220), 펄스주파수변조 제어신호 또는 펄스폭변조 제어신호에 따라 부스트 모드 또는 벅 모드로 동작하는 구동부(230)를 포함할 수 있다.

[0028] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)가 저부하 모드에서 부스트 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

[0029] 도 3을 참조하면, 스타트업 과정을 거쳐서 컨버터부(200)의 출력 전압이 원하는 출력 전압 레벨의 근처값으로 세팅되면 부스트 모드는 저부하모드에서 펄스주파수변조 기반의 네거티브 루프(Negative Loop) 시스템으로 동작하고, 컨버터부(200)의 입력은 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)에 의해 펌핑된 전압 신호를 사용한다. 이러한 부스트 모드는 펄스주파수변조 루프(2개의 비교기, 적응형 On-시간 생성기, 컨트롤 로직, 스위치 드라이버)와 듀얼 전하 펌프부(100) 및 부스트 용도의 파워 NMOS 스위치 등으로 구성될 수 있다.

[0030] 컨버터부(200)가 원하는 전압을 출력하기 위해서는 입력 전압이 출력 전압보다 높은 조건이 만족되어야 한다. 처리부(130)에서 입력 전압을 감지하여 컨버터부(200)만으로 원하는 전압을 출력하기 어렵다고 판단하면 듀얼 전하 펌프부(100)로부터 펌핑된 전압 신호를 컨버터부(200)의 입력으로 받는다.

[0031] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드에서 벅 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

[0032] 도 4를 참조하면, 스타트업 과정을 거쳐서 컨버터부(200)의 출력 전압이 원하는 출력 전압 레벨의 근처값으로 세팅되면 벅 모드는 저부하모드에서 펄스주파수변조 기반의 네거티브 루프(Negative Loop) 시스템으로 동작한다. 이러한 벅 모드는 펄스주파수변조 루프(2개의 비교기, 적응형 On-시간 생성기, 컨트롤 로직, 스위치 드라이버)로 구성될 수 있다. 컨버터부(200)의 출력 전압이 내려가면 출력 전압의 피드백 저항 분배기에 의해 분배된 전압이 내려간다. 내려간 피드백 전압이 비교기의 음의 입력으로 들어가서 양의 입력에 걸려있는 레퍼런스 전압(VREF2)보다 낮아지면 비교기의 출력이 로우 상태에서 하이 상태로 전환된다. 전환된 비교기 출력 신호는 컨트롤 로직으로 들어가서 PMOS 파워 스위치를 켜는 신호로 전환된다(이때, NMOS 파워 스위치는 꺼져있는 상태임). 전환된 컨트롤 로직의 신호는 드라이버(Driver) 회로를 거쳐서 파워단의 PMOS 파워스위치를 스위칭하기에 충분한 에너지의 클럭 신호가 되어 PMOS 스위치를 켜다. PMOS 스위치가 켜져 있는 동안 인덕터 전류는 양의 기울기로 커지고 출력 전압은 올라간다. PMOS 스위치가 켜지고 난 이후에 적응형 On-시간 생성기에 의해 감지된 On-시간이 지나면 적응형 On-시간 생성기의 출력 RESET 신호는 컨트롤 로직으로 들어가서 PMOS 파워 스위치를 끄고, NMOS 파워 스위치를 켜는 신호로 전환된다. 컨트롤 로직 회로에서는 PMOS 스위치가 꺼지고 NMOS 스위치가 켜지는 과정에서 논-오버랩(non-overlap) 클럭 파형을 생성하여 순간적인 숏-쓰로우(shoot-through) 전류가 생성되지 않게 한다. 전환된 컨트롤 로직의 신호는 드라이버 회로를 거쳐서 파워단의 NMOS 파워스위치를 스위칭하기에 충분한 에너지의 클럭 신호가 되어 NMOS 스위치를 켜다. NMOS 스위치가 켜져있는 동안 파워단의 인덕터 전류는 음의 기울기로 작아지고 출력 전압은 내려간다. 점점 작아지는 인덕터 전류가 0 전류값을 가지는 순간에 LX 단의 전압은 0 전압을 지나게 된다. LX 단의 전압이 0 전압을 지나는 순간 또 다른 비교기의 출력이 로우 상태에서 하이 상태로 전환된다. 전환된 비교기 출력 신호는 컨트롤 로직으로 들어가서 NMOS 파워 스위치를 끄는 신호로 전환된다. 전환된 컨트롤 로직의 신호는 드라이버 회로를 거쳐서 파워단의 NMOS 파워스위치를 스위칭하기에 충분한 에너지의 클럭 신호가 되어 NMOS 스위치를 켜다. 루프(Loop)를 한번 돌아 동작한 컨버터부(200)는 동일 동작을 주기적으로 반복한다. 해당 동작은 네거티브 루프 시스템으로 동작하고 컨버터부(200)는 일정한 평균 전압을 출력한다. 도 4의 벅 모드 및 펄스주파수변조 동작을 하는 동안에 처리부(130)는 오프 상태이다.

[0033] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 고부하 모드에서 벅 모드로 동작할 때의 상태를 나타낸 회로도이다.

- [0034] 도 5를 참조하면, 스타트업 과정을 거쳐서 컨버터부(200)의 출력 전압이 원하는 출력 전압 레벨의 근처값으로 세팅되면 벅 모드는 고부하모드에서 펄스폭변조 기반의 네거티브 루프(Negative Loop) 시스템으로 동작한다. 이러한 벅 모드는 펄스폭변조 루프(보상 저항, 보상 커패시터, 에러 증폭기, 램프 생성기, 비교기, 컨트롤 로직, 스위치 드라이버)로 구성될 수 있다. 컨버터부(200)의 출력 전압이 올라가면 출력 전압의 피드백 저항 분배기에 의해 분배된 전압이 올라간다. 올라간 전압은 에러 증폭기의 음의 입력으로 들어가서 양의 입력에 걸려있는 레퍼런스 전압(VREF1)으로 부터 벌어진 에러값 만큼 출력단으로 증폭된다. 비교기는 증폭기에서 증폭된 출력을 입력으로 받아서 비교기의 다른 쪽 입력인 램프 생성기 출력 전압과 비교하여 감소된 듀티-사이클 정보를 펄스 형태로 출력한다. 컨트롤 로직은 감소된 듀티-사이클 정보로부터 컨버터 파워단 PMOS 스위치와 NMOS 스위치를 스위칭할 논-오버랩 클럭 파형을 생성한다. 생성된 논-오버랩 클럭 파형은 드라이브 회로를 거쳐서 파워단의 NMOS, PMOS 파워스위치를 스위칭하기에 충분한 에너지의 클럭 신호로 생성된다. 생성된 드라이브 신호는 파워스위치를 감소된 듀티-사이클에 맞게 켜고 끄고 듀티-사이클에 따라 컨버터부(200)의 출력 전압이 루프(Loop)를 한번 돌아서 내려간다. 루프를 한번 돌아 내려간 컨버터부(200)의 출력 전압은 루프를 한번 더 돌면 출력 전압이 다시올라가는 식으로 동작한다. 해당 동작은 네거티브 루프 시스템으로 동작하고 컨버터부(200)는 일정한 평균 전압을 출력한다. 도 5의 벅 모드 및 펄스폭변조 동작을 하는 동안에 처리부(130)는 오프 상태이다.
- [0035] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)를 구성하는 듀얼 전하 펌프의 입력 전압의 변화에 따른 출력 전압의 변화를 나타낸 그래프이다. 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)에 포함된 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따른 출력 전압의 변화를 나타낸 그래프이다. 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)의 처리부(130)는 입력 전압의 변화에 대응하여 저전압 전하 펌프부(110)와 고전압 전하 펌프부(120) 중 어느 하나에 대해 $\times 0.5$ 단위의 가변 펌핑 배율 중 한 펌핑 배율을 결정한다. 예를 들어, 처리부(130)는 입력 전압의 값과 기 설정된 기준 값(예컨대, 0.7V)과의 비교 결과에 기초하여 입력 전압의 값이 기준 값 미만일 경우에 저전압 전하 펌프부(110)의 구동을 결정할 수 있다. 그리고, 처리부(130)는 입력 전압의 값과 기 설정된 기준 값(예컨대, 0.7V)과의 비교 결과에 기초하여 입력 전압의 값이 기준 값 이상일 경우에 고전압 전하 펌프부(120)의 구동을 결정할 수 있다. 그리고, 처리부(130)는 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)의 구동 가능한 가변 펌핑 배율 중 어느 한 펌핑 배율을 저전압 전하 펌프부(110)와 고전압 전하 펌프부(120)의 희망 출력 전압에 기초하여 결정할 수 있다. 예를 들어, 처리부(130)는 듀얼 전하 펌프부(100)의 출력 전압이 기 설정된 임계 값(예컨대, 2V) 이상이면서 임계 값에 가장 가까운 값을 가질 수 있는 펌핑 배율을 저전압 전하 펌프부(110) 또는 고전압 전하 펌프부(120)의 펌핑 배율로서 결정할 수 있다.
- [0036] 아래는 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따른 저전압 전하 펌프부(110)의 펌핑 배율 및 듀얼 전하 펌프부(100)의 출력 전압을 예시한 것이다. 입력 전압 / 펌핑 배율 / 출력 전압의 순서로 기재하였다.
- [0037] 0.4V / 5배 / 2V
- [0038] 0.45V / 4.5배 / 2.025V
- [0039] 0.5V / 4배 / 2V
- [0040] 0.55V / 4배 / 2.2V
- [0041] 0.6V / 3.5배 / 2.1V
- [0042] 0.65V / 3.5배 / 2.275V
- [0043] 아래는 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따른 고전압 전하 펌프부(120)의 펌핑 배율 및 듀얼 전하 펌프부(100)의 출력 전압을 예시한 것이다. 입력 전압 / 펌핑 배율 / 출력 전압의 순서로 기재하였다.
- [0044] 0.7V / 3배 / 2.1V
- [0045] 0.75V / 3배 / 2.25V
- [0046] 0.8V / 2.5배 / 2V
- [0047] 0.85V / 2.5배 / 2.125V
- [0048] 0.9V / 2.5배 / 2.25V
- [0049] 0.95V / 2.5배 / 2.375V
- [0050] 1V / 2배 / 2V

[0051]	1.057V / 2배 / 2.1V
[0052]	1.1V / 2배 / 2.2V
[0053]	1.15V / 2배 / 2.3V
[0054]	1.2V / 2배 / 2.4V
[0055]	1.25V / 2배 / 2.5V
[0056]	1.3V / 2배 / 2.65V
[0057]	1.35V / 1.5배 / 2.025V
[0058]	1.4V / 1.5배 / 2.1V
[0059]	1.45V / 1.5배 / 2.175V
[0060]	1.5V / 1.5배 / 2.25V
[0061]	1.55V / 1.5배 / 2.325V
[0062]	1.6V / 1.5배 / 2.4V
[0063]	1.65V / 1.5배 / 2.475V
[0064]	1.7V / 1.5배 / 2.55V
[0065]	1.75V / 1.5배 / 2.625V
[0066]	1.8V / 1.5배 / 2.7V
[0067]	1.85V / 1.5배 / 2.775V
[0068]	1.9V / 1.5배 / 2.85V
[0069]	1.95V / 1.5배 / 2.925V
[0070]	2V / 1배 / 2V
[0071]	2.05V / 1배 / 2.05V
[0072]	2.1V / 1배 / 2.1V
[0073]	2.15V / 1배 / 2.15V
[0074]	2.2V / 1배 / 2.2V
[0075]	도 7은 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치(100)를 구성하는 듀얼 전하 펌프부(100)의 저전압 전하 펌프부(110)를 이상적인(Ideal) 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.
[0076]	듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따라 결정되는 펌핑 배율에 의하여, 도 7의 저전압 전하 펌프부(110)에 포함된 아이디어 스위치의 스위치 상태는 아래의 예시와 같다. SWT 스위치 상태를 SWT1 / SWT2 / SWT3 / SWT4 / SWT5 / SWT6 / SWT7 / SWT8 / SWT9 / SWT10 / SWT11 / SWT12 / SWT13 / SWT14 / SWT15 / SWT16 / SWT17 / SWT18 / SWT19 / SWT20 / SWT21의 순서로 기재하였고, SWB 스위치 상태를 SWB1 / SWB2 / SWB3 / SWB4 / SWB5 / SWB6 / SWB7 / SWB8 / SWB9 / SWB10 / SWB11 / SWB12 / SWB13 / SWB14 / SWB15 / SWB16 / SWB17 / SWB18 / SWB19 / SWB20 / SWB21의 순서로 기재하였다.
[0077]	<u>입력 전압 0.4V 및 펌핑 배율 5배일 때:</u>
[0078]	SWT 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$
[0079]	SWB 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$
[0080]	<u>입력 전압 0.45V 및 펌핑 배율 4.5배일 때:</u>

- [00081] SWT 스위치 - $\phi 1 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 2$

[00082] SWB 스위치 - $\phi 2 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 1$

[00083] 입력 전압 0.5V 및 펌핑 배율 4배일 때:

[00084] SWT 스위치 - $OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / ON / OFF / OFF / OFF / OFF$

[00085] SWB 스위치 - $OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / ON / OFF / OFF / OFF / OFF$

[00086] 입력 전압 0.6V 및 펌핑 배율 3.5배일 때:

[00087] SWT 스위치 - $\phi 1 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / ON / OFF / OFF / OFF / OFF$

[00088] SWB 스위치 - $\phi 2 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / OFF / \phi 1 / \phi 2 / \phi 2 / ON / OFF / OFF / OFF / OFF$

[00089] 펌핑 배율은 무관하게 입력 전압 0.7V 이상일 때:

[00090] SWT 스위치 - OFF / OFF

[00091] SWB 스위치 - OFF / OFF

[00092] 도 8는 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 저전압 전하 펌프부(110)가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이고, 도 9는 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 저전압 전하 펌프부(110)가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이며, 도 10은 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 저전압 전하 펌프부(110)가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이고, 도 11은 도 7에 도시된 듀얼 전하 펌프부(110)의 저전압 전하 펌프부(110)가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.

[00093] 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 하이브리드 승강압 컨버터 장치(1000)를 구성하는 듀얼 전하 펌프부(100)의 저전압 전하 펌프부(110)를 MOS 스위치를 사용하여 구성된 예시도이다.

[00094] 도 12의 도면부호 111은 게이트 전압을 V_{out} 으로부터 받는 5V 로우레벨 기준전압(Low-V_{th}) PMOS 스위치이다. 전하 펌프 최종 출력단의 펌핑된 높은 전압으로부터 브레이크다운(breakdown) 되지 않으면서 일반 5V PMOS 스위치보다는 기준전압이 작아서 안정적으로 스위치 드라이빙 되어야 하는 경우에 사용할 수 있다.

[00095] 아울러, 저전압 전하 펌프부(110)에는 2V NMOS 스위치, 2V PMOS 스위치, 2V 전송 게이트(Transmission gate) 스위치, 전송 게이트 위드 셀프-게이트 드라이빙(Transmission gate with Self-gate driving) PMOS 스위치 등을 사용할 수 있다.

[00096] 2V NMOS 스위치는 MOS 스위치 소스(source) 부분이 GND에 묶여 있고 2V 전압으로 게이트 드라이빙 가능한 경우에 사용할 수 있다.

[00097] 2V PMOS 스위치는 이전 단에서 펌핑된 전압이 2V 이상인 경우 0전압을 게이트에 걸어서 스위치 온 시킬 수 있는 스위칭 경로에 사용할 수 있다.

[00098] 2V 전송 게이트 스위치는 NMOS 스위치 혹은 PMOS 스위치 하나만 사용했을 시, 동작 조건에 따라서 스위칭이 확실히 온/오프 되지 않는 경우에 사용할 수 있다.

[00099] 전송 게이트 위드 셀프-게이트 드라이빙 PMOS 스위치는 커패시터에 충전된 전하를 이용하여 전압을 펌핑할 때, 펌핑단을 제외한 스위치를 확실히 오프 시켜야 하는 경우에 사용할 수 있다. 즉, 스위치의 소스 혹은 드레인(drain)에 걸리는 각각의 펌핑단 전압과 게이트 전압 사이의 전압 관계에 의해서 2V PMOS 스위치 혹은 2V 전송 게이트 스위치를 사용했음시 확실히 오프 되지 않는 경우에 사용할 수 있다.

[0100] 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따라 결정되는 펌핑 비율에 의하여, 도 12의 저전압 전하 펌프부(110)에 포함된 MOS 스위치의 스위치 상태는 아래의 예시와 같다. 스위치 상태와 함께 게이트 라벨에 대응되는 게이트 구동 전압을 기입하였고, UAN1 / UAN2 / UAN3 / UATN1 / UATP1 / UATN2 / UATP2 / UBN1 / UBP1 / UAAAN1 / UAAP1 / UAAP2 / UABN1 / UACN1 / UACP1 / UACN2 / UBAP1 / UBBN1 / UBCN1 / UBCP1 / UBCN2 / UBOUTP1 / UCAP1 / UCBN1 / UCCN1 / UCCP1 / UCCN2 / UCOUTP1 / UDAP1 / UDBN1 / UDCN1 / UDCP1 / UDCN2 / UDOUTP1의 순서 및 ZAN1 / ZAN2 / ZAN3 / ZATN1 / ZATP1 / ZATN2 / ZATP2 / ZBN1 / ZBP1 / ZAAAN1 / ZAAP1 / ZAAP2 / ZABN1 / ZACN1 / ZACP1 / ZACN2 / ZBAP1 / ZBBN1 / ZBCN1 / ZBCP1 / ZBCN2 / ZBOUTP1 / ZCAP1 / ZCBN1 / ZCCN1 / ZCCP1 / ZCCN2 / ZCOUTP1 / ZDAP1 / ZDBN1 / ZDCN1 / ZDCP1 / ZDCN2 / ZDOUTP1의 순서로 기재하였다.

[0101] 입력 전압 0.4V 및 펌핑 배율 5배일 때:

[0102] U 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / V_{out} / CAPB14 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / V_{out} / CAPB14 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / CAPB14

[0103] Z 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / V_{out} / CAPT14 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / V_{out} / CAPT14 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / ϕ1 / CAPT14

[0104] 입력 전압 0.45V 및 펌핑 배율 4.5배일 때:

[0105] U 스위치 - $\phi 1 / \text{CAPB13} / \text{CAPB13} / \text{CAPB13} / \phi 2 / \text{CAPB13} / \phi 2 / 0 / V_{in} / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / V_{out} / \text{CAPB14} / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / V_{out} / \text{CAPB14} / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \phi 2 / \text{CAPB14}$

[0106] Z 스위치 - $\phi 2 / \text{CAPB13} / \text{CAPB13} / \text{CAPB13} / \phi 1 / \text{CAPB13} / \phi 1 / 0 / V_{in} / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / V_{out} / \text{CAPT14} / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / V_{out} / \text{CAPT14} / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \phi 1 / \text{CAPT14}$

[0107] 입력 전압 0.5V 및 펌핑 배율 4배일 때:

[0108] U 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / V_{out} / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / ϕ2 / CAPB13 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out}

[0109] Z 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / V_{out} / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / CAPT13 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out}

[0110] 입력 전압 0.6V 및 펄핑 배율 3.5배일 때:

[0111] U 스위치 - $\phi 1$ / CAPB13 / CAPB13 / CAPB13 / $\phi 2$ / CAPB13 / $\phi 2$ / 0 / V_{in} / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / V_{out} / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / CAPB13 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out}

[0112] Z 스위치 - ϕ_2 / CAPB13 / CAPB13 / CAPB13 / ϕ_1 / CAPB13 / ϕ_1 / 0 / V_{in} / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / V_{out} / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / ϕ_1 / CAPT13 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out}

[0113] 펄핑 배율은 무관하게 입력 전압 0.7V 이상일 때:

[0114] U 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{out} / V_{out} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{out} / V_{out} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{out}

[0115] Z 스위치 - 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / V_{in} / 0 / V_{in} / V_{in} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{in} / 0 / 0 / V_{in} / 0

$V_{out} / V_{out} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{out} / V_{out} / 0 / 0 / V_{in} / 0 / V_{out}$

- [0116] 도 13은 본 발명의 실시예에 따른 듀얼 전하 펌프부(100)의 고전압 전하 펌프부(120)를 이상적인(Ideal) 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.
- [0117] 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따라 결정되는 펌핑 배율에 의하여, 도 13의 고전압 전하 펌프부(120)에 포함된 아이디어 스위치의 스위치 상태는 아래의 예시와 같다. SWT 스위치 상태를 SWT22 / SWT23 / SWT24 / SWT25 / SWT26 / SWT27 / SWT28 / SWT29 / SWT30 / SWT31 / SWT32 / SWT33 / SWT34 / SWT35 / SWT36의 순서로 기재하였고, SWB 스위치 상태를 SWB22 / SWB23 / SWB24 / SWB25 / SWB26 / SWB27 / SWB28 / SWB29 / SWB30 / SWB31 / SWB32 / SWB33 / SWB34 / SWB35 / SWB36의 순서로 기재하였다.
- [0118] 펌핑 배율은 무관하게 입력 전압 0.6V 이하일 때:
- [0119] SWT 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0120] SWB 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0121] 입력 전압 0.7V 및 펌핑 배율 3배일 때:
- [0122] SWT 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$
- [0123] SWB 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / ON / OFF
- [0124] 입력 전압 0.8~0.9V 및 펌핑 배율 2.5배일 때:
- [0125] SWT 스위치 - $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / OFF / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$
- [0126] SWB 스위치 - $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$
- [0127] 입력 전압 1.0~1.3V 및 펌핑 배율 2배일 때:
- [0128] SWT 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0129] SWB 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0130] 입력 전압 1.4~1.9V 및 펌핑 배율 1.5배일 때:
- [0131] SWT 스위치 - $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / OFF / OFF / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0132] SWB 스위치 - $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / OFF / OFF / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0133] 입력 전압 2.0~2.2V 및 펌핑 배율 1배일 때:
- [0134] SWT 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0135] SWB 스위치 - OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / ON / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF / OFF
- [0136] 도 14는 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 고전압 전하 펌프부(120)가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이고, 도 15는 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 고전압 전하 펌프부(120)가 펌핑 배율 5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이며, 도 16은 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프부(100)의 고전압 전하 펌프부(120)가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 1$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이고, 도 17은 도 13에 도시된 듀얼 전하 펌프부(110)의 고전압 전하 펌프부(120)가 펌핑 배율 3.5배로 동작할 때 $\phi 2$ 에서의 동작 상태를 나타낸 회로도이다.
- [0137] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 듀얼 전하 펌프부(100)의 고전압 전하 펌프부(120)를 MOS 스위치를 사용하여 구성한 예시도이다.
- [0138] 도 18의 도면부호 121은 게이트 전압을 V_{out} 으로부터 받는 셀프-게이트 드라이빙 5V 로우레벨 기준전압(Low-Vth) PMOS 스위치이다. 셀프-게이트 드라이빙 PMOS 스위치를 사용해야 하면서 전하 펌프 최종 출력단의 펌핑된 높은 전압으로부터 브레이크다운 되지 않기 위해 일반 5V PMOS 스위치 보다는 기준전압이 작아서 안정적으로 스위치 드라이빙 되어야 하는 경우에 사용할 수 있다.
- [0139] 아울러, 고전압 전하 펌프부(120)에는 2V NMOS 스위치, 2V PMOS 스위치, 2V 전송 게이트 스위치, 셀프-게이트 드라이빙 PMOS 스위치 등을 사용할 수 있다.

- [0140] 2V NMOS 스위치는 MOS 스위치 소스 부분이 GND에 묶여 있고 2V 전압으로 게이트 드라이빙 가능한 경우에 사용할 수 있다.
- [0141] 2V PMOS 스위치는 이전 단계에서 펌핑된 전압이 2V 이상인 경우 0전압을 게이트에 걸어서 스위치 온 시킬 수 있는 스위칭 경로에 사용할 수 있다.
- [0142] 2V 전송 게이트 스위치는 NMOS 스위치 혹은 PMOS 스위치 하나만 사용했을 시, 동작 조건에 따라서 스위칭이 확실히 온/오프 되지 않는 경우에 사용할 수 있다.
- [0143] 셀프-게이트 드라이빙 PMOS 스위치는 커패시터에 충전된 전하를 이용하여 전압을 펌핑할 때, 펌핑단을 제외한 스위치를 확실히 오프 시켜야 하는 경우에 사용할 수 있다. 즉, 스위치의 소스 혹은 드레인에 걸리는 각각의 펌핑단 전압과 게이트 전압 사이의 전압 관계에 의해서 2V PMOS 스위치 혹은 2V 전송 게이트 스위치를 사용했을 시 확실히 오프 되지 않는 경우에 사용할 수 있다.
- [0144] 듀얼 전하 펌프부(100)의 입력 전압의 변화에 따라 결정되는 펌핑 배율에 의하여, 도 18의 고전압 전하 펌프부(120)에 포함된 MOS 스위치의 스위치 상태는 아래의 예시와 같다. 스위치 상태와 함께 게이트 라벨에 대응되는 게이트 구동 전압을 기입하였고, UAN1 / UAP1 / UAN2 / UATN1 / UATN2 / UBN1 / UBP1 / UZOUTN1 / UZOUTP1 / UAA1 / UAAP1 / UABN1 / UACP1 / UAOUTN1 / UAOUTP1 / UBA1 / UBAP1 / UBBN1 / UBCN1 / UBCP1 / UBOUTN1 / UBOUTP1의 순서 및 ZAN1 / ZAP1 / ZAN2 / ZATN1 / ZATN2 / ZBN1 / ZBP1 / ZZOUTN1 / ZZOUTP1 / ZAA1 / ZAAP1 / ZABN1 / ZACP1 / ZAOUTN1 / ZAOUTP1 / ZBA1 / ZBAP1 / ZBBN1 / ZBCN1 / ZBCP1 / ZBOUTN1 / ZBOUTP1의 순서로 기재하였다.
- [0145] 펌핑 배율은 무관하게 입력 전압 0.6V 이하일 때:
- [0146] U 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0
- [0147] Z 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0
- [0148] 입력 전압 0.7V 및 펌핑 배율 3배일 때:
- [0149] U 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / PA10 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / PA10
- [0150] Z 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / PA20 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / PA20
- [0151] 입력 전압 0.8~0.9V 및 펌핑 배율 2.5배일 때:
- [0152] U 스위치 - $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / 0 / V_{in} / 0 / 0 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / 0 / 0 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / PA10
- [0153] Z 스위치 - $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / 0 / V_{in} / 0 / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / 0 / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / PA20
- [0154] 입력 전압 1.0~1.3V 및 펌핑 배율 2배일 때:
- [0155] U 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / PA10 / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0
- [0156] Z 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / PA20 / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0
- [0157] 입력 전압 1.4~1.9V 및 펌핑 배율 1.5배일 때:
- [0158] U 스위치 - $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / 0 / V_{in} / 0 / 0 / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / PA10 / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0
- [0159] Z 스위치 - $\phi 2$ / $\phi 2$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / $\phi 2$ / 0 / V_{in} / 0 / 0 / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 1$ / $\phi 2$ / PA20 / 0

/ V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0

[0160] 입력 전압 2.0~2.2V 및 펌핑 배율 1배일 때:

[0161] U 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / V_{in} / V_{in} / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0

[0162] Z 스위치 - 0 / V_{in} / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{in} / V_{in} / V_{in} / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / V_{out} / 0 / 0 / 0 / 0 / 0

[0163] 지금까지 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예에 의한 하이브리드 승강압 컨버터 장치는 저전압 전하 펌프와 고전압 전하 펌프 중 항상 어느 하나만 동작시켜 불필요한 전하 펌핑 동작이 발생하지 않도록 함으로써 높은 효율을 보장한다. 아울러, 펌핑 배율을 x0.5 단위 중 어느 한 배율로 결정하기 때문에 x1 단위로 펌핑 배율을 결정하는 것과 비교할 때에 상대적으로 더 정밀하게 최적 펌핑 배율을 결정할 수 있기 때문에 효율을 극대화할 수 있다.

[0164] 그리고, 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드에서 부스트(Boost) 모드로 동작할 경우에, 저전압 범위 혹은 하베스트 전압 범위에서 동작하는 구동 전압 범위를 확보할 수 있다.

[0165] 그리고, 하이브리드 승강압 컨버터 장치가 저부하 모드 또는 고부하 모드에서 벡(Buck) 모드로 동작할 경우에, 대중적인 배터리 구동 전압 범위에서의 넓은 I_{out} 대역에서 높은 효율을 확보할 수 있고, 부스트 모드보다 더 효율을 우선적으로 높게 유지할 수 있다. 승강압 컨버터를 사용하는 배터리의 경우에 벡 모드에서 비교적 긴 시간과 많은 에너지를 사용하기 때문에 부스트 모드보다 더 효율을 우선적으로 높게 유지할 수 있는 것은 매우 효과적이다.

[0166] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

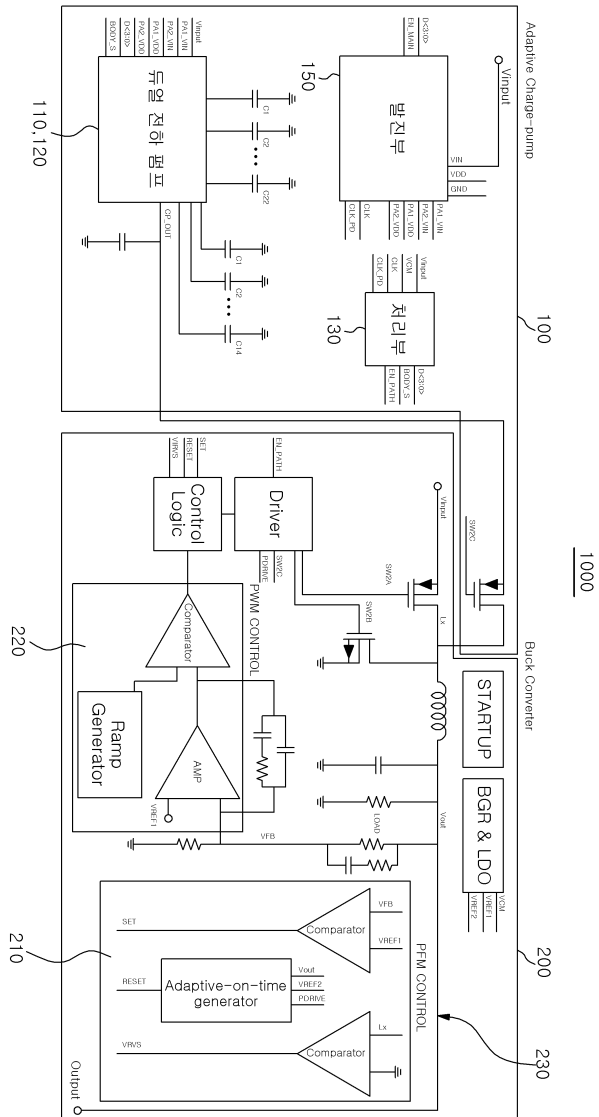
[0167] 1000: 하이브리드 승강압 컨버터 장치

100: 듀얼 전하 펌프부

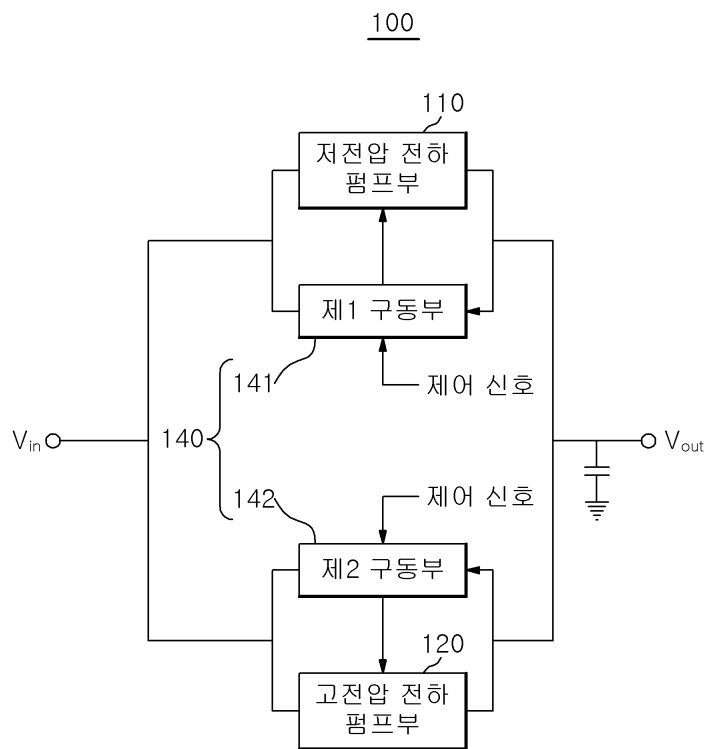
200: 컨버터부

도면

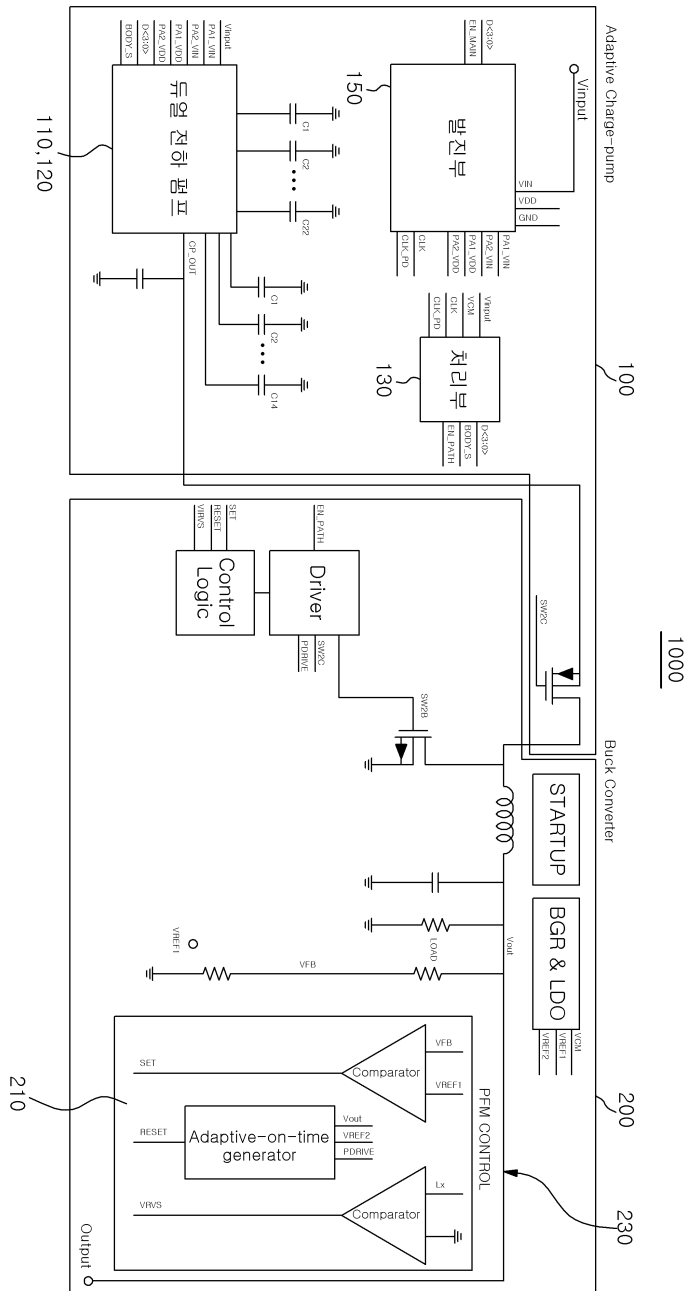
도면1



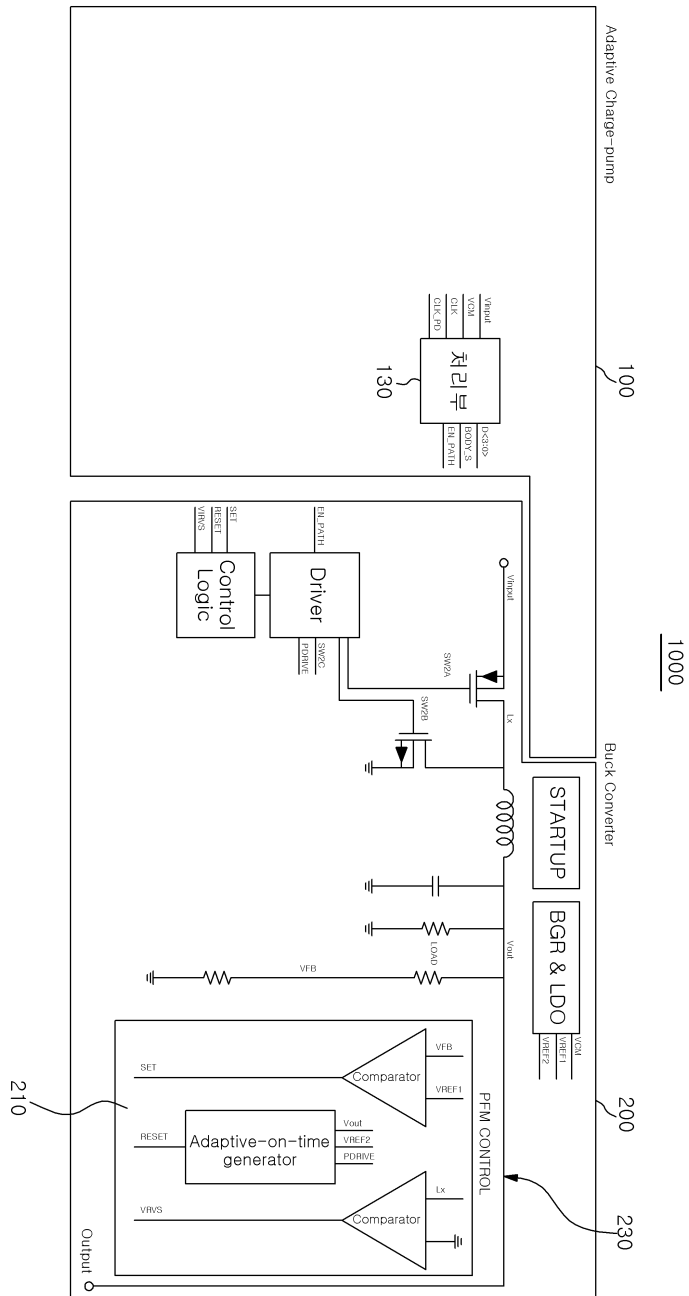
도면2



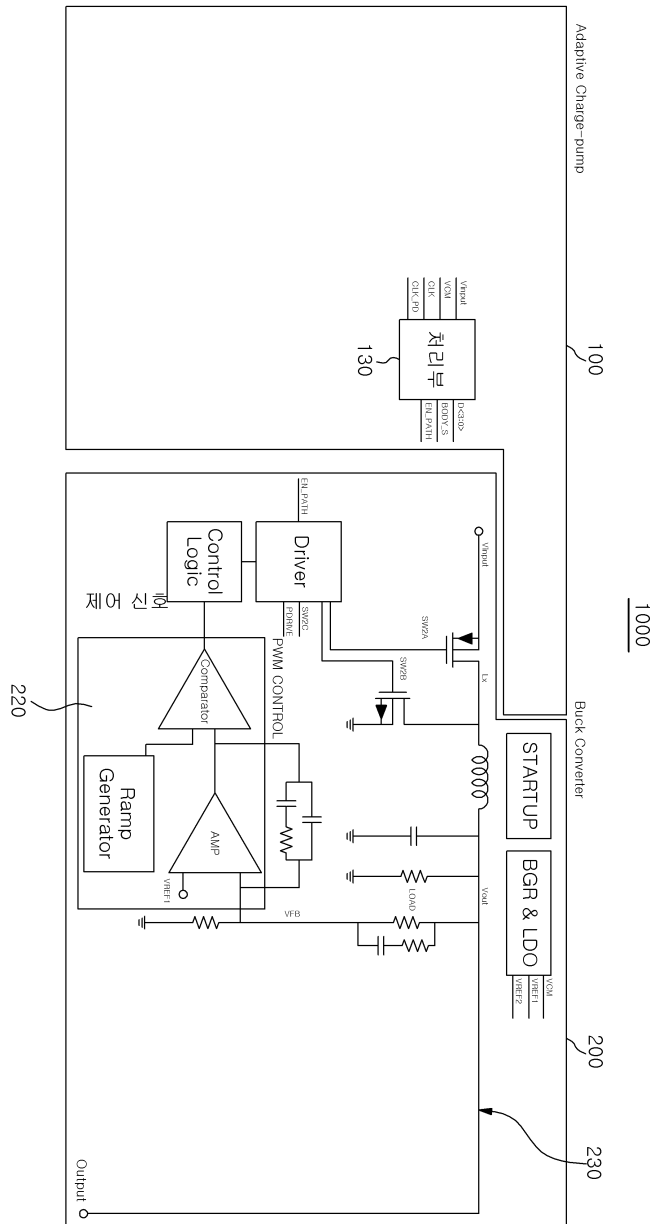
도면3



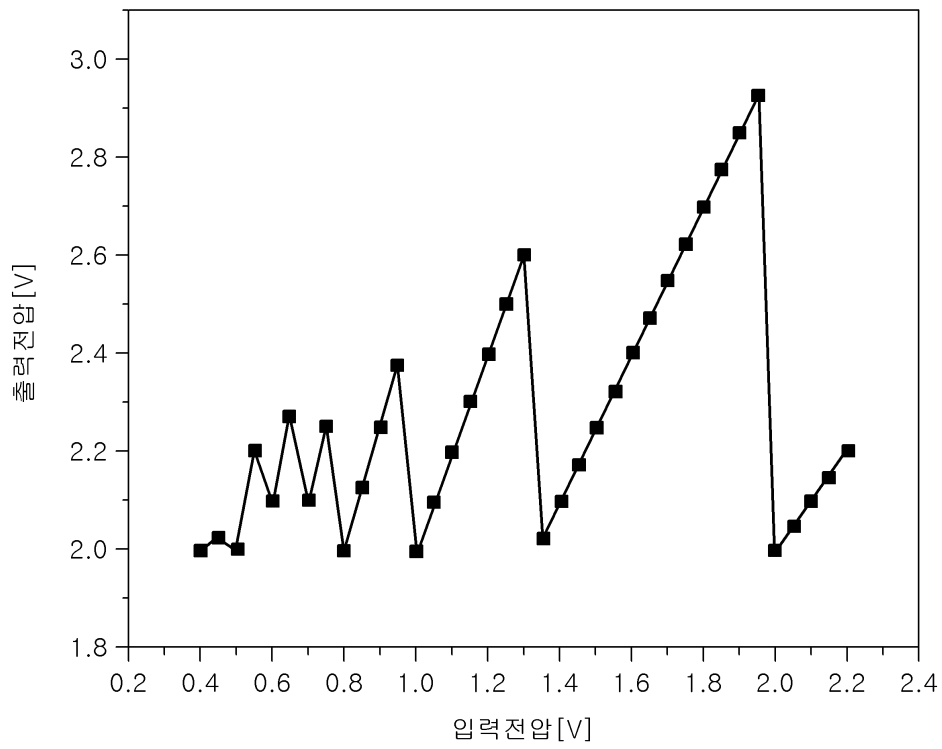
도면4



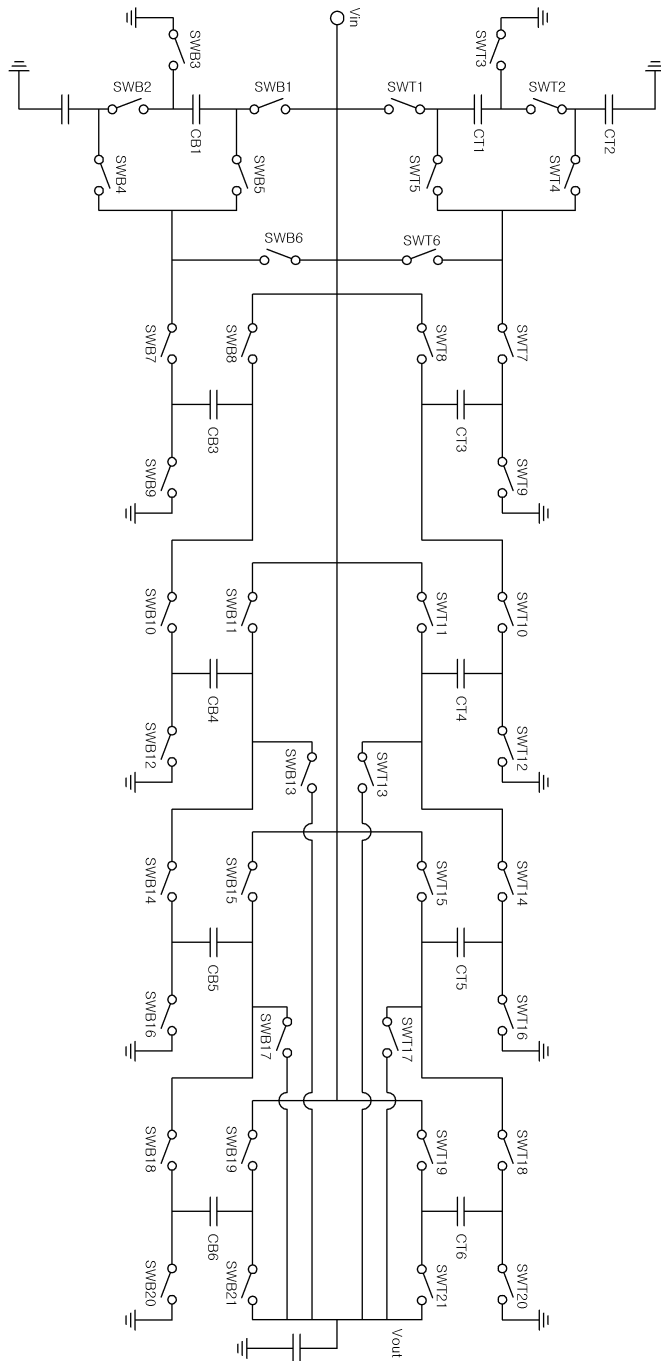
도면5



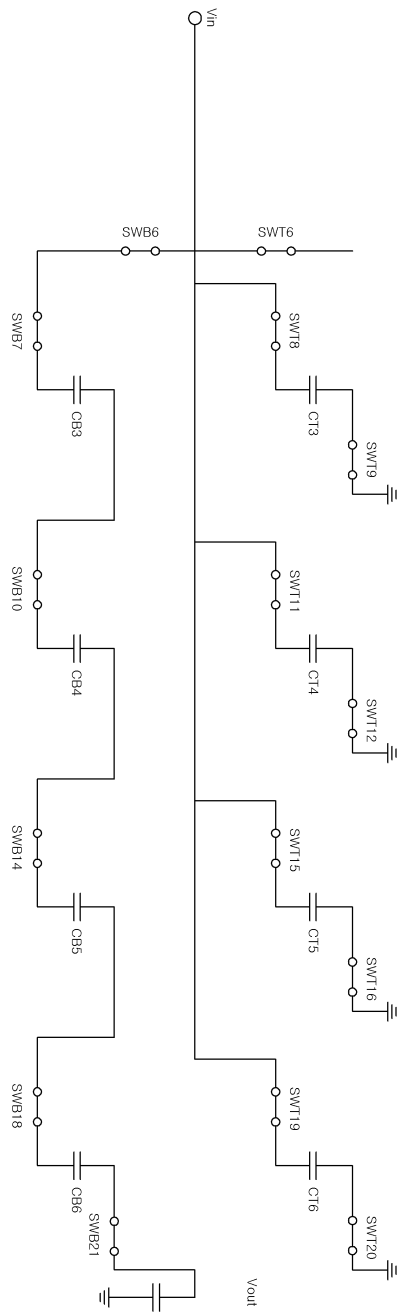
도면6



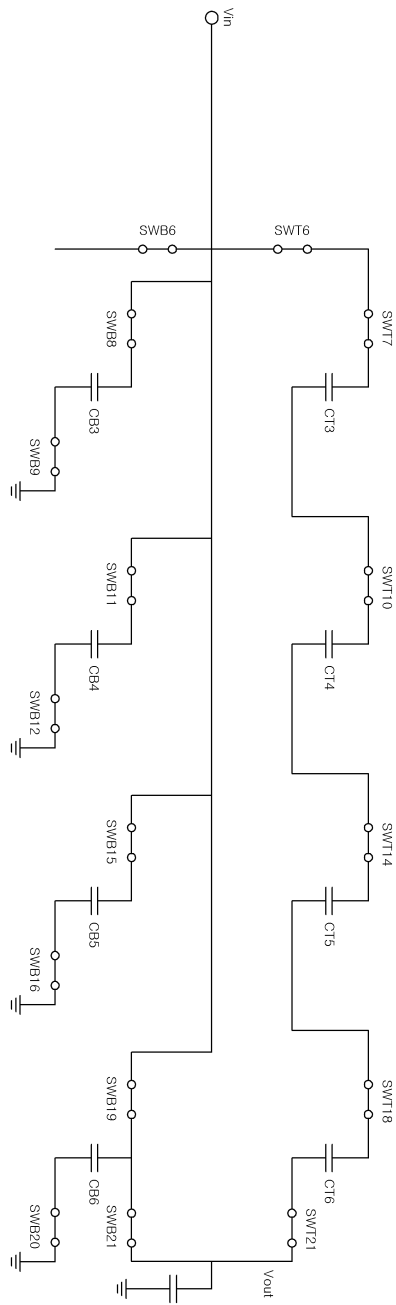
도면7



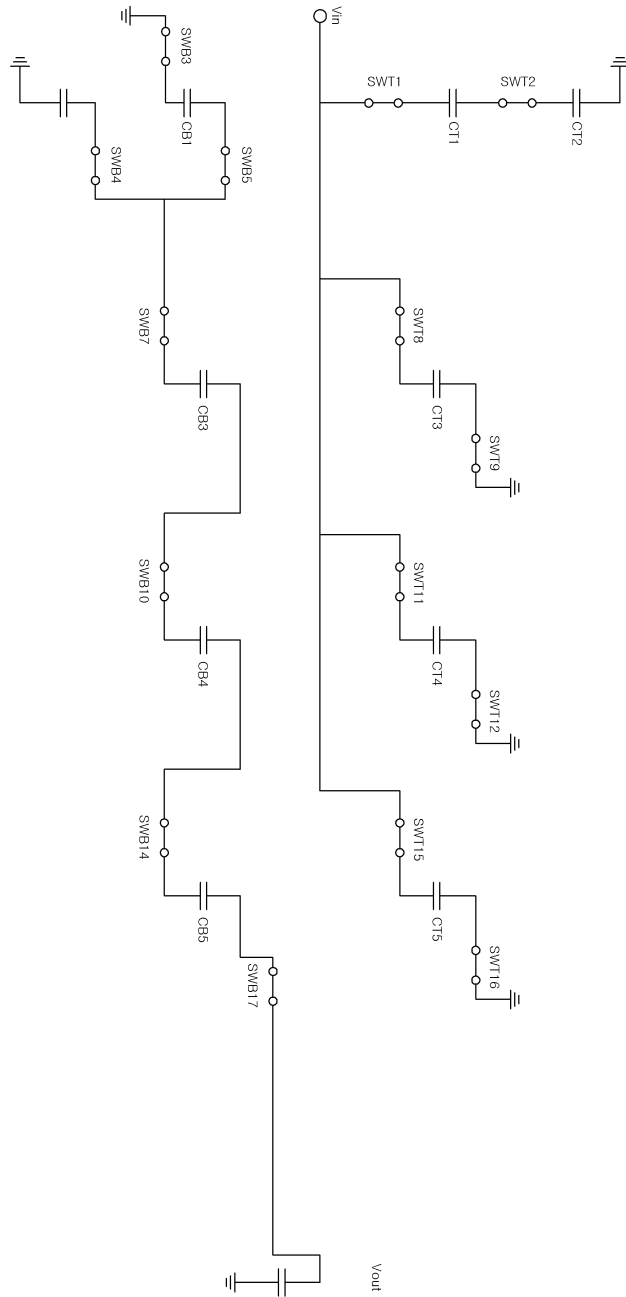
도면8



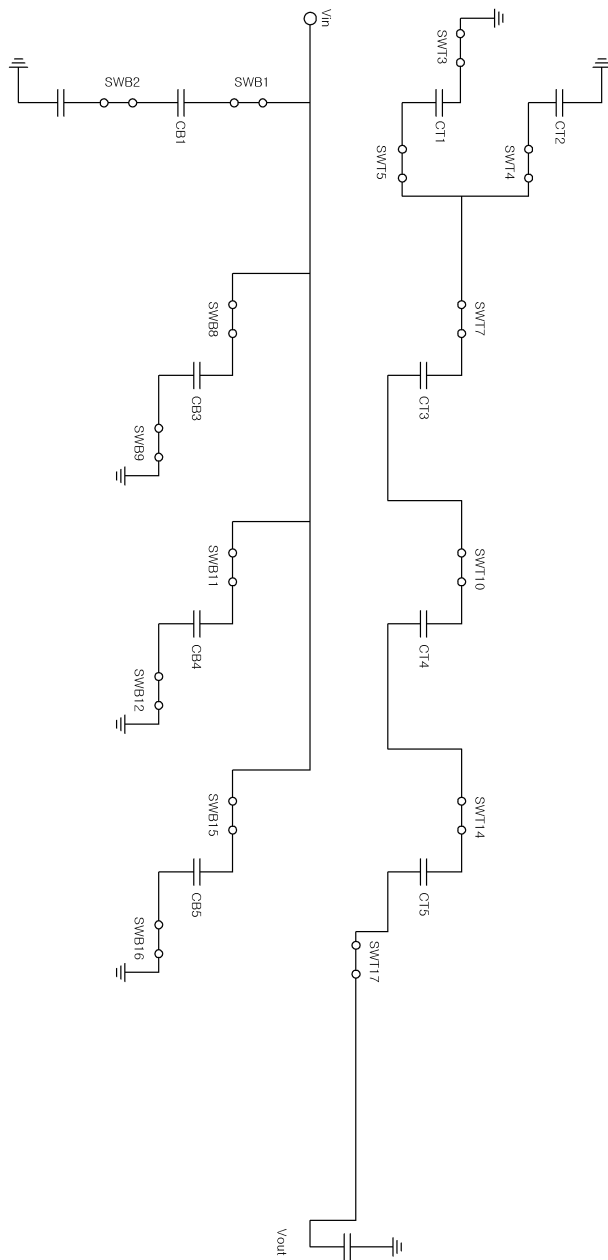
도면9



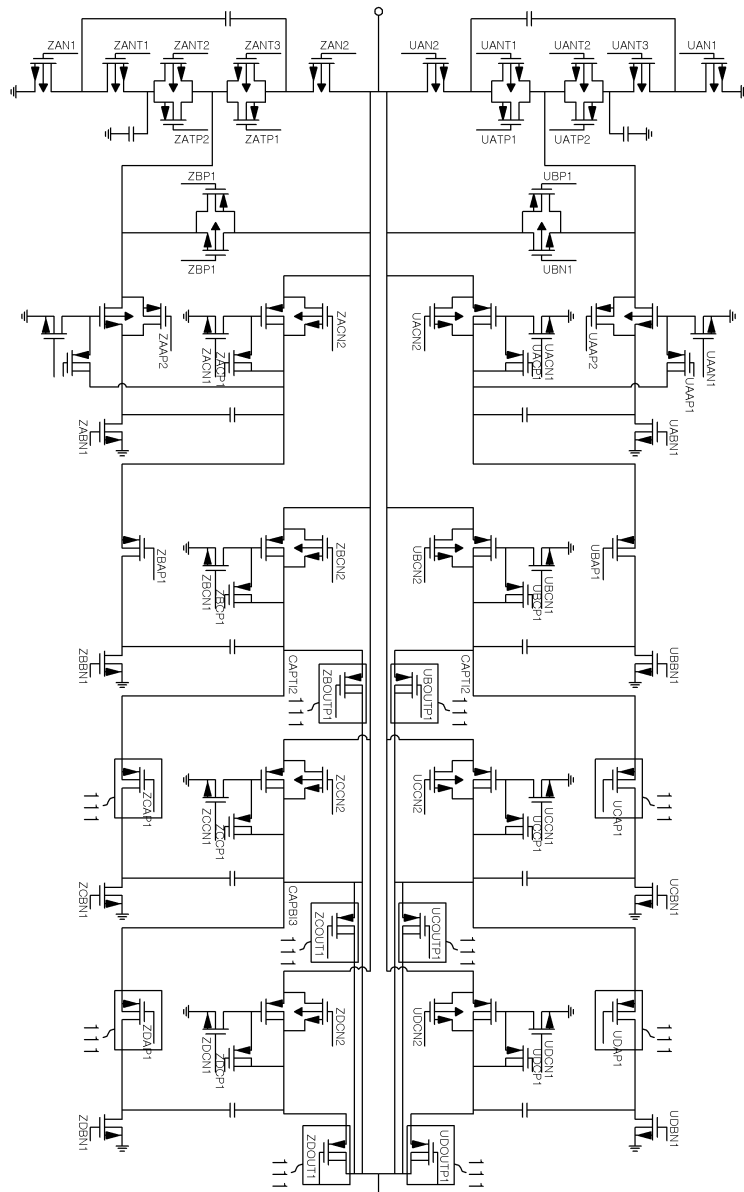
도면 10



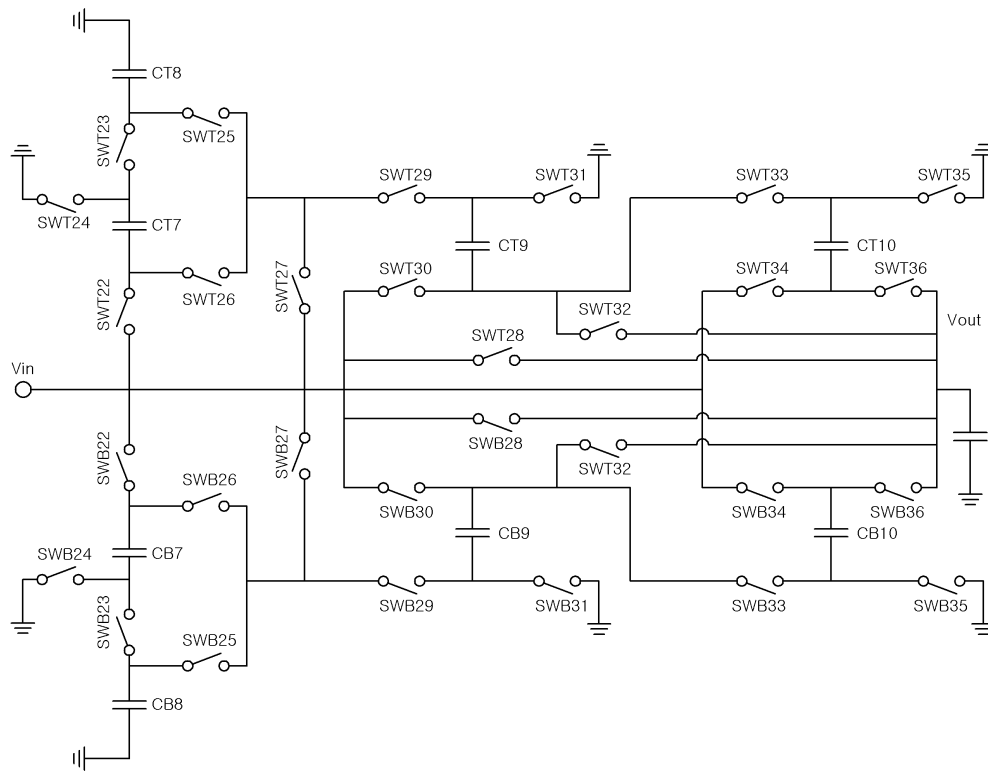
도면11



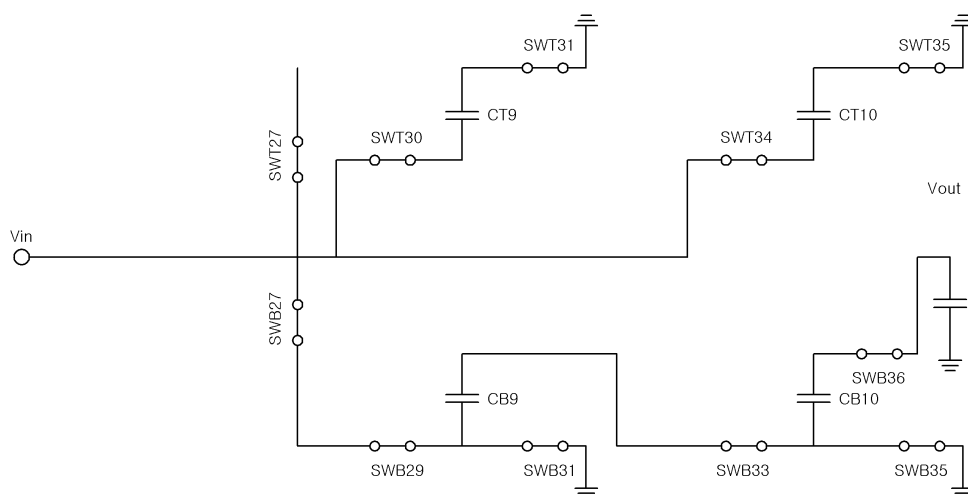
도면12



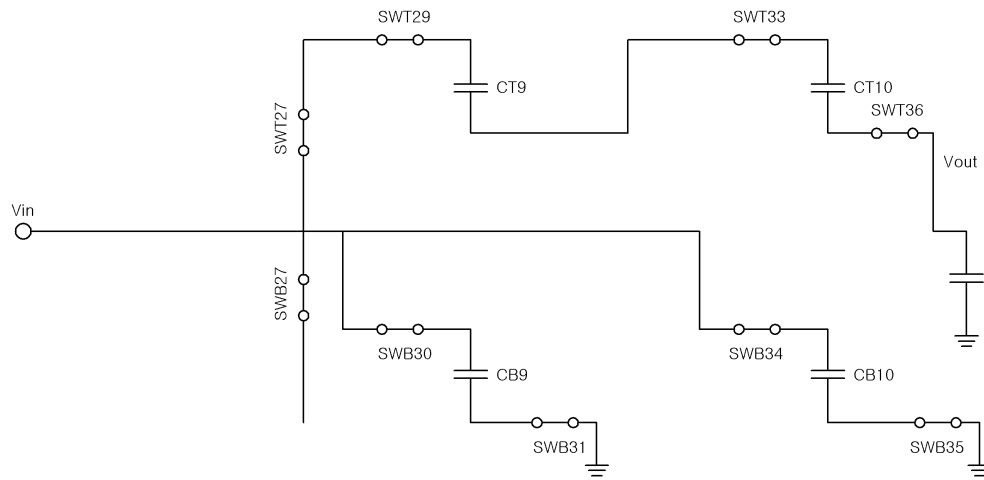
도면13



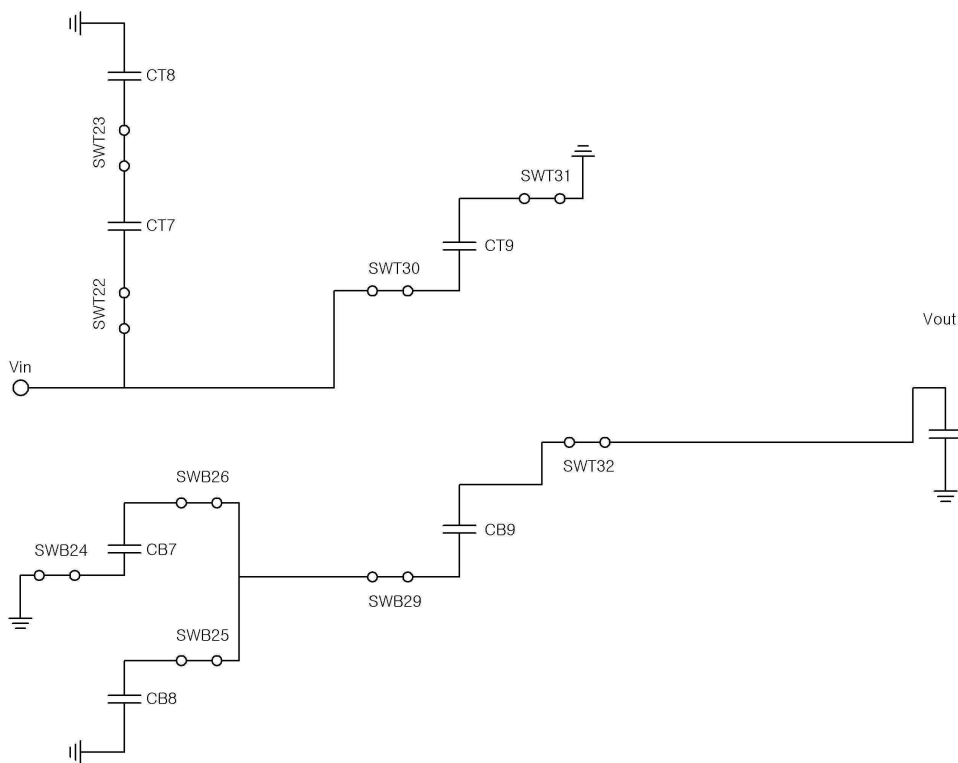
도면14



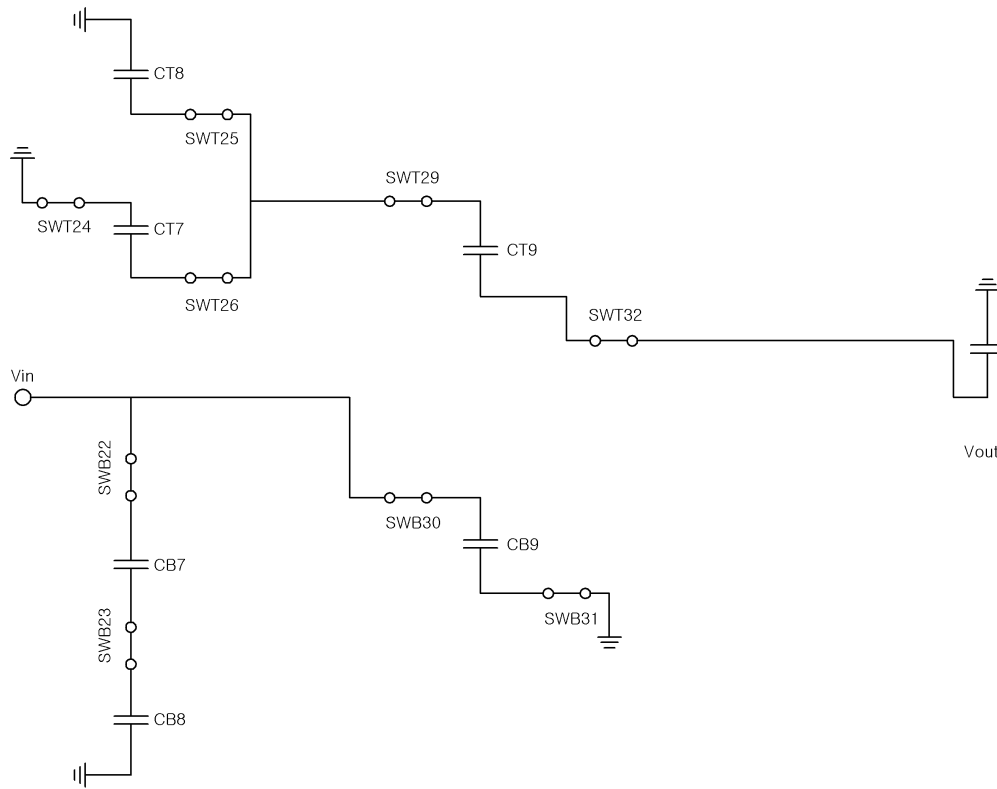
도면15



도면16



도면17



도면18

