(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월22일
(11) 등록번호 10-1321662
(24) 등록일자 2013년10월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05F 1/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7010955
(22) 출원일자(국제) 2006년09월21일
심사청구일자 2011년07월27일
(85) 번역문제출일자 2008년05월07일
(65) 공개번호 10-2008-0066940
(43) 공개일자 2008년07월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/036955
(87) 국제공개번호 WO 2007/053247
국제공개일자 2007년05월10일
(30) 우선권주장
11/264,884 2005년11월01일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US6556064 A
US5870295 A
KR1020030048040 A
US6531913 A
전체 청구항 수 : 총 23 항

(73) 특허권자
세미컨덕터 콤포넌츠 인더스트리즈 엘엘씨
미합중국, 아리조나 85008, 피닉스, 이스트 맥도웰 로드 5005
(72) 발명자
조르제스쿠 소린 에스
미국 캘리포니아 새너제이 파크 에섹스 플레이스 99
러셀 안소니 지
미국 캘리포니아 새너제이 하프 펜스 웨이 1966
바톨로메우스 크리스 비
미국 캘리포니아 산타클라라 에이피티. 1433 호프 드라이브 1656
(74) 대리인
김명신, 박장규, 김민철, 이동기

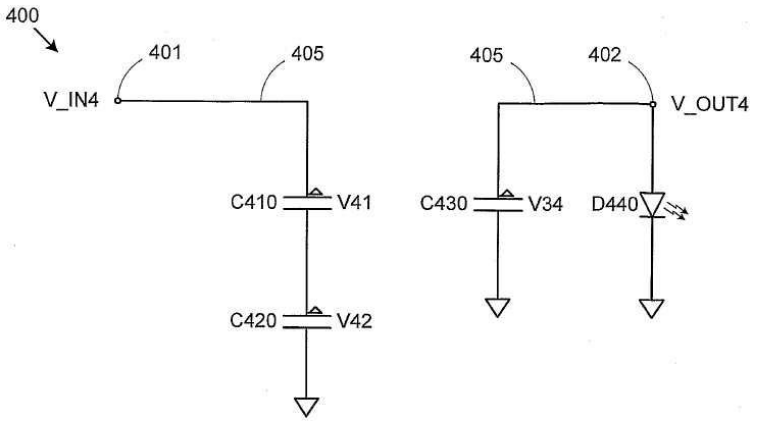
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **전하 펌프 및 그 작동 방법**

(57) 요 약

전하 펌프가 동작의 3상 모드를 사용하여 4/3의 곱셈 계수를 제공한다. 제 1 모드에서, 제 1 및 제 2 커패시터는 제 3 커패시터가 제3 커패시터에 저장된 전하에 따라 출력 전압을 구동하는 동안 입력 전압으로부터 충전된다. 제 2 모드에서, 제 1 커패시터를 가로지르는 전위가 출력 전압을 생성하는 상기 입력 전압에 부가된다. 제 3 모드에서, 제 1 커패시터를 가로지르는 전위는 출력 전압을 생성하는 제 2 커패시터를 가로지르는 전위와 입력 전압의 합에서 공제된다. 이 방식으로 작동되면 제 1, 제 2 및 제 3 커패시터가 요구되는 4/3x 전압 곱셈을 제공한다. 이러한 비교적 낮은 곱셈 계수는 특히 입력 전압이 배터리에 의해 제공될 때 백색 LED 구동 회로와 같은 애플리케이션에서 유익할 수 있다.

대 표 도 - 도4a



특허청구의 범위

청구항 1

전하 펌프에 있어서,

제 1 공급 전압을 수신하는 제 1 입력 단자;

제 2 공급 전압을 수신하는 제 2 입력 단자;

출력 전압을 제공하는 출력 단자;

제 1 커패시터;

제 2 커패시터; 및

제 1 구성, 제 2 구성, 및 제 3 구성에서 각각 제 1 동작 위상, 제 2 동작 위상, 및 제 3 동작 위상 동안 상기 제 1 커패시터와 상기 제 2 커패시터를 연결하는 접속 회로를 포함하고,

상기 제 1 구성에서 상기 제 1 및 제 2 커패시터는 상기 제 1 및 제 2 입력 단자 사이에 직렬로 연결되고,

상기 제 2 구성에서 상기 제 1 커패시터는 상기 제 1 입력 단자와 상기 출력 단자 사이에 연결되고, 상기 제 2 커패시터는 상기 출력 단자에서 절연되고, 및

상기 제 3 구성에서 상기 제 1 및 제 2 커패시터는 상기 제 1 입력 단자와 상기 출력 단자 사이에 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 동작 위상에서 상기 제 1 커패시터의 제 1 정위상(orientation)은 상기 제 1 동작 위상과 상기 제 3 동작 위상 내의 상기 제 1 커패시터의 제 2 정위상에 대하여 반전되고,

상기 제 3 동작 위상에서 상기 제 2 커패시터의 제 3 정위상은 상기 제 1 동작 위상 내의 상기 제 2 커패시터의 제 4 정위상에 대하여 반전되는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

반복 시퀀스에서 상기 전하 펌프를 상기 제 1 동작 위상, 상기 제 2 동작 위상, 및 상기 제 3 동작 위상을 통해 순환시키는 제어 로직을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 커패시터, 상기 제 2 커패시터, 및 상기 제 3 커패시터는 모두 제 1 커패시턴스 값을 가지고,

상기 제 1 동작 위상 및 상기 제 3 동작 위상 각각은 제 1 기간을 가지고,

상기 제 2 동작 위상은 제 2 기간을 가지고, 및

상기 제 2 기간은 상기 제 1 기간의 두 배의 길이인 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 출력 단자와 상기 제 2 입력 단자 사이에 연결된 제 3 커패시터를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전

하 펌프.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 출력 단자에서 생성되는 평균 출력 전압은 상기 제 1 공급 전압의 1.33배와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

전하 펌프를 작동하는 방법에 있어서,

제 1 동작 위상 동안 제 1 공급 전압과 제 2 공급 전압 사이에 직렬로 제 1 커패시터 및 제 2 커패시터를 충전하는 단계;

제 2 동작 위상 동안 상기 제 1 공급 전압과 상기 전하 펌프의 출력 단자 사이에서 상기 제 1 커패시터는 방전하고, 상기 제 2 커패시터는 방전하지 않는 단계; 및

제 3 동작 위상 동안 상기 제 1 공급 전압과 상기 출력 단자 사이에 직렬로 상기 제 1 커패시터는 충전하고 제 2 커패시터는 방전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 2 동작 위상 동안 상기 출력 단자에서의 제 1 평균 전압과 상기 제 3 동작 위상 동안 상기 출력 단자에서의 제 2 평균 전압은 상기 제 1 공급 전압의 1.33배와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작

동하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 방법은 상기 출력 단자와 상기 제 2 공급 전압 사이에 제 3 커패시터를 제공하는 단계를 추가로 포함하고,

상기 제 1 커패시터, 상기 제 2 커패시터, 및 상기 제 3 커패시터는 모두 커패시턴스가 실질적으로 동일하고,

상기 제 1 커패시터를 방전하는 단계는 제 1 기간 동안 수행되고. 및

상기 제 1 커패시터와 상기 제 2 커패시터를 직렬로 충전하는 단계와 상기 제 1 커패시터를 충전하고 상기 제 2 커패시터는 직렬로 방전하는 단계는 모두 제 2 기간 동안 수행되고,

상기 제 2 기간은 상기 제 1 기간의 1/2인 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 방법은 상기 제 1 커패시터와 상기 제 2 커패시터를 직렬로 충전하는 단계와 상기 제 1 커패시터를 방전하는 단계, 및 상기 제 1 커패시터는 충전하고 상기 제 2 커패시터는 직렬로 방전하는 단계 각각 이전에, 상기 제 1 커패시터, 상기 제 2 커패시터, 및 상기 제 3 커패시터를 전기적으로 절연하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 21

전하 펌프에 있어서,

제 1 동작 위상 동안 제 1 전압 공급 단자와 제 2 전압 공급 단자 사이에서 제 1 커패시터와 제 2 커패시터를 직렬로 충전하는 제 1 수단;

제 2 동작 위상 동안 상기 제 1 전압 공급 단자와 상기 전하 펌프의 출력 단자 사이에서 상기 제 1 커패시터를 방전하고, 상기 제 2 커패시터를 방전하지 않는 제 2 수단; 및

제 3 동작 위상 동안 상기 제 1 전압 공급 단자와 상기 출력 단자 사이에서 상기 제 1 커패시터를 충전하고 상기 제 2 커패시터를 직렬로 방전하는 제 3 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 제 1 수단, 상기 제 2 수단, 및 상기 제 3 수단을 반복 시퀀스에서 작동하는 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 1 수단, 상기 제 2 수단, 및 상기 제 3 수단 각각의 작동 전에 상기 제 1 커패시터, 상기 제 2 커패시터 및 상기 제 3 커패시터를 전기적으로 절연하는 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 전하 펌프는,

상기 출력 단자와 상기 제 2 전압 공급 단자 사이에 연결된 제 3 커패시터; 및

제 1 기간, 제 2 기간, 및 제 3 기간 동안 각각 상기 제 1 수단, 상기 제 2 수단, 및 상기 제 3 수단을 작동하는 수단을 추가로 포함하고,

상기 제 1 커패시터, 제 2 커패시터, 및 상기 제 3 커패시터는 모두 실질적으로 커패시턴스가 동일하고,

상기 제 1 기간 및 상기 제 3 기간은 각각 상기 제 2 기간의 길이의 1/2인 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 25

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 커패시터는 제 1 및 제 3 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 제 1 정위상을 가지고, 상기 제 2 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 상기 제 1 정위상에 반대인 제 2 정위상을 가지는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 제 2 커패시터는 상기 제 1 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 제 1 정위상을 가지고, 상기 제 3 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 상기 제 1 정위상와 반대인 제 2 정위상을 가지는 것을 특징으로 하는 전하 펌프

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 제 2 구성에서, 상기 제 2 커패시터는 상기 제 1 입력 단자 또는 상기 출력 단자에 연결되지 않는 것을 특징으로 하는 전하 펌프.

청구항 28

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 3 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 제 1 정위상에서 상기 제 1 커패시터를 연결하는 단계; 및

상기 제 2 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 상기 제 1 정위상에 반대인 제 2 정위상에서 상기 제 1 커패시터를 연결하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 제 1 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 제 1 정위상에서 상기 제 2 커패시터를 연결하는 단계; 및

상기 제 3 동작 위상에서 상기 제 1 입력 단자에 대하여 상기 제 1 정위상와 반대인 제 2 정위상에서 상기 제 2 커패시터를 연결하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 30

제 17 항에 있어서,

상기 제 2 동작 위상 동안 상기 제 1 입력 단자와 상기 출력 단자로부터 상기 제 2 커패시터를 절연하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 31

제 17 항에 있어서,

상기 출력 단자에서 제공되는 평균 출력 전압은 상기 제 1 공급 전압의 1.33배와 실질적으로 동일한 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 32

제 17 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 및 제 3 동작 위상 동안 출력 커패시터를 상기 출력 단자에 연결하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

청구항 33

제 17 항에 있어서,

반복 시퀀스에서 상기 제 1 동작 위상, 상기 제 2 동작 위상, 및 상기 제 3 동작 위상을 순환하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전하 펌프를 작동하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자 회로 분야에 관한 것이고, 특히 효율적이고 낮은 노이즈의 분수 전하 펌프(fractional charge pump)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 백색 LED(white light emitting diodes)가 현대 전자 장치에서 점차 일반화 되어가고 있다. 예를 들어, 휴대폰, PDA, 및 게임 시스템과 같은 휴대용 전자 기기는 백색 LED에 의한 투과형 그래픽 디스플레이를 포함하는 경우가 많다. 그러나 그러한 장치에서 사용되는 배터리 파워는 일반적으로 백색 LED를 구동하는 데 필요한 전압(일반적으로 약 3.6V)이거나 그 이하인 공급 전압을 제공한다. 예를 들어, 현대 재충전 가능 리튬 이온 또는 리튬 중합체 배터리는 일반적으로 3.7V의 공칭 전압을 가지도록 평가되지만 실제로는 배터리 충전 상태에 따라 2.7V 내지 4.2V의 범위의 전압을 제공한다.

[0003] 배터리 공급 전압의 이 변화 가능성으로 인해 대부분의 백색 LED-베이스 휴대 기기는 전압 증폭 회로를 필요로 한다. 가장 일반적인 방법 중 하나는 전하 펌프를 사용하는 것이다. 전하 펌프는 공급 전압에 대하여 상승된 출력 전압을 생성하는 커패시터의 전하 저장 능력을 이용한다. 현대의 백색 LED-베이스 휴대 장치는 일반적으로 두 종류의 종래의 전하 펌프 중 하나를 이용한다.

[0004] 첫 번째 종류의 전하 펌프는 "2x" 전하 펌프로 알려져 있다(가끔은 "전압 이배기"로 불림). 도 1a 및 1b는 입력 전압 V_IN1을 수신하고 부하 D130(예를 들어 LED로 설명됨)으로 상승된 출력 전압 V_OUT1을 제공하는 종래의 2x 전하 펌프(100)를 도시한 개략도이다. 전하 펌프(100)는 입력 단자(101), 충전 커패시터(C110), 및 출력 단자(102)를 포함한다. 명확히 도시되지는 않았지만, 전하 펌프(100)는 도 1a 및 도 1b에 도시된 구성에서 커패시터 C110과 C120을 연결하는 접속 회로를 포함한다.

[0005] 전하 펌프(100)는 도 1a 및 1b에 도시된 두 가지 위상의 동작 사이를 스위칭하는 것으로 동작한다. 도 1a에는 커패시터(C120)가 그라운드와 출력단자(102) 사이에 연결되는 동안, 커패시터(C110)가 입력 단자(101)와 그라운드 사이에 연결되는 충전 위상이 도시된다(부하(D130)는 언제나 출력 단자(102)와 그라운드 사이에 연결됨). 이 충전 위상 동안, 커패시터(C110)는 입력 전압 V_IN1에 의해 전압 V11으로 충전된다. 이 커패시터(C110)의 충전 동안, 커패시터(C120)에 저장된 전압(V12)이 부하(D130)를 구동하는 출력 전압 V_OUT1으로 제공된다.

[0006] 그 다음, 도 1b에 도시된 방전 위상에서, 입력 단자(101)에 대하여 반전된 커패시터(C110)는 입력 단자(101)와 출력 단자(102) 사이에 연결된다. 다시 말해, 도 1a에 설명된 충전 위상 동안, 커패시터(C110)의 양극 플레이트(삼각형 표시로 마크됨)가 입력 단자(101)에 연결되고, 반면에 음극 플레이트(마크되지 않음)는 그라운드에 연결되고, 그에 의해, 입력 전압 V_IN1이 커패시터(C110)를 충전하는 것을 허용한다. 그 다음, 도 1b에 설명된 방전 위상 동안, 커패시터(C110)의 음극 플레이트는 입력 단자(101)에 연결된다. 커패시터(C110)를 가로지르는 전위(즉, 전압 V11)는 그러므로 입력 전압 V_IN1에 부가되고, 그에 의해 출력 단자(102)에서 전압 V_IN1과 V11의 합을 제공한다. 전압 V11이 충전 위상(도 1a) 동안 전압 V_IN1으로 상승하므로, 전압 V_IN1과 V11의 합은 단순히 입력 전압의 2배가 된다(즉, 2*V_IN1). 그러므로, 방전 위상(도 1b) 동안 입력 전압 V_IN1의 2배가 부하(D130)를 구동하도록 출력 단자(102)에 제공된다. 동시에, 커패시터(C120)는 입력 전압의 2배로 충전된다. 전하 펌프가 충전 위상으로 스위칭하면, 커패시터(C120)는 커패시터(C110)가 입력 전압 V_IN1에 의해 재충전되는 동안 부하(D130)를 재구동한다.

[0007] 이 방식에서, 2x 전하 펌프(100)는 백색 LED를 충분히 구동하는 것 이상의 레벨(예를 들어, 7.4V)로 배터리 전압(예를 들어, 3.7V)을 상승시킬 수 있다. 그러나, 2x 전하 펌프(100)에 의해 제공되는 2배 전압은 일반적으로 백색 LED 애플리케이션에 필요한 것보다 훨씬 더 큰 크기의 결과를 가져온다. 특히, 전술된 바와 같이, 백색 LED는 일반적으로 리튬 이온 배터리 소스가 2.7V~4.2V의 범위 중 임의의 전압을 제공하는 동안 3.5~4.0V 범위 내의 전압으로 나타내어진다. 그러므로 전하 펌프(100)와 결합하는 LED 구동 회로는 백색 LED에 의해 요구되는 레벨로 5.4~8.4V 전하 펌프 출력 전압을 강하하는 감쇄 회로를 필요로 한다. 그러한 감쇄 회로(예를 들어, LED와 직렬 연결된 레지스터)는 원하는 전압 감쇄를 제공하도록 상당한 양의 전력을 분산하게 되고, 그리하여 2x 전하 펌프(100)와 결합하는 LED 구동 회로의 전력 효율을 실질적으로 감소할 수 있다. 그러므로 전하 펌프-베이스 LED 구동 회로의 효율을 향상하기 위해, "3/2x" 전하 펌프가 일반적으로 사용된다.

[0008] 도 2a 및 2b는 입력 전압 V_IN2를 수신하고 부하(D240)(예를 들어 LED로 설명된)에 상승된 출력 전압 V_OUT2을 제공하는 종래의 3/2x 전하 펌프(200)를 도시한 개략도이다. 전하 펌프(200)는 입력 단자(201), 충전 커패시터(C210, C220), 저장 커패시터(C230), 및 출력 단자(202)를 포함한다. 명확히 도시되지는 않았지만, 전하 펌프(200)는 도 2a 및 2b에 도시된 구성에서 커패시터(C210, C220, C230) 연결을 위한 접속 회로를 포함한다.

[0009] 전하 펌프(200)는 도 2a 및 2b에 도시된 2단계의 동작 사이를 스위칭하는 것으로 동작한다. 도 2a에, 커패시터(C230)가 그라운드와 출력 단자(202) 사이에 연결되는 동안 커패시터(C210, C220)가 입력 단자(201)와 그라운드 사이에 직렬 연결되는(부하(D240)은 항상 출력 단자(202)와 그라운드 사이에 연결됨), 충전 위상이 도시된다. 이 충전 위상 동안, 커패시터(C120, C220)는 입력 전압 V_IN2로 전압(V21, V22)까지 충전된다. 안정 상태 조건에서, 커패시터(C210, C220)는 모두 이 충전 위상 동안 입력 전압 V_IN2의 1/2로 충전될 것이다. 반면에, 커패시터(C230)에 저장된 전압 V23이 부하(D240)를 구동하기 위한 출력 전압 V_OUT2로 제공된다.

[0010] 그 다음, 도 2b에 도시된 방전 위상에서, 커패시터(C210, C220)는 입력 단자(201)와 출력 단자(202) 사이에 병렬로 연결된다. 도 1b에 관해 설명된 바와 유사한 방식에서, 커패시터(C210, C220)는 입력 단자(201)에 대해 역전된다. 특히, 충전 위상 동안, 커패시터(C210)의 양극 플레이트(삼각형 표지로 마크됨)가 입력 단자(201)에 연결되는 것과 같이, 방전 위상 동안, 커패시터(C210)의 음극 플레이트(마크되지 않음)가 입력 단자(201)에 연결된다. 마찬가지로, 충전 위상 동안, 양극 플레이트(삼각형 표지로 마크됨)가 업스트림(upstream) 플레이트(즉, 입력 전압 V_IN2에 "더 가까운" 플레이트)인 것과 같이, 커패시터(C220)의 음극 플레이트(마크되지 않음)는 입력 단자(201)에 연결된다. 그러므로 방전 위상 동안, 커패시터(C220)의 음극 플레이트가 업스트림 플레이트에 연결된다.

[0011] 커패시터(C210, C220)가 반전되고 입력 단자(201) 다음에 병렬로 연결되므로, 도 2b에 도시되는 방전 위상 동안 제공되는 출력 전압 V_OUT2는 입력 전압 V_IN2와 커패시터(C210, C220) 각각의 전압 V21 및 V22의 평균의 합과 동일하다. 도 2a에 관해 전술한 바와 같이, 양 커패시터(C210, C220)는 충전 위상 또한 입력 전압 V_IN2의 1/2로 충전된다. 그러므로 방전 위상 동안 제공되는 출력 전압 V_OUT2은 단순히 입력 전압 V_IN2의 1.5배와 동일하다(즉, 1.5*V_IN2).

[0012] 그러므로 입력 전압에서와 같이 리튬 이온 배터리 전압(즉, 2.7V~4.2V)이 제공되는 경우, 3/2x 전하 펌프(200)의 출력 전압 범위는 4.05V와 6.3V 사이이다. 3/2x 전하 펌프(200)로 제공되는 출력 전압 범위가 주어진 입력 전압 범위에 대하여 2x 전하 펌프(100)에 의해 제공되는 것보다 더 낮기 때문에, 3/2x 전하 펌프(200)와 결합하는 백색 LED 구동 회로는 2x 전하 펌프(100)와 결합하는 구동 회로보다 더 작은 전압 감쇄를 필요로 하므로, 3/2x 전하 펌프 베이스 구동회로가 더 큰 전력 효율을 나타내도록 한다.

[0013] 그러나 휴대용 장치가 크기가 줄어들면서 동시에 점차 발전하듯이, 전력 효율은 계속해서 개선되어야 한다. 3/2x 전하 펌프(200)가 2x 전하 펌프(100) 이상 백색 LED 구동 회로에 전력 소비를 감소할 수 있는 반면에, 3/2x 전하 펌프(200)는 그러한 애플리케이션을 위해 이상적으로 적절하지 않으므로, 백색 LED를 위해 전해진 전압(즉, 3.5~4.0V)은 3/2x 전하 펌프(200)에 의해 제공되는 가장 낮은 출력 전압(즉, 4.5V)보다 아직 상당히 더 낮다. 이 전압 차이가 전체 장치 배터리 수명을 궁극적으로 감소시킬 비효율을 나타낸다.

[0014] 그러므로 4/3x 전하 펌프가 입력 전압에 4/3x 곱셈 계수를 적용하도록 개발되었다(예를 들어, 2.7~4.2V 입력 전압 범위가 3.6~5.6V 출력 전압 범위로 변환됨). 이 출력 전압 범위는 아직 백색 LED를 충분히 구동하지만, 탑 단에서 더 작은 전압 감쇄를 필요로 한다. 그러므로 4/3x 전하 펌프는 3/2x 전하 펌프와 2x 전하 펌프보다 LED 구동 회로 효율을 개선할 수 있다.

[0015] 종래의 4/3x 전하 펌프는 필요한 4/3x 전압 곱셈(voltage multiplication)을 제공하는 3개의 충전 커패시터와

하나의 저장 커패시터를 포함한다. 도 3a 및 3b는 입력 전압 V_IN3을 수신하고 부하(D350)(대표적 목적을 위한 LED로 설명됨)으로 상승된 출력 전압 V_OUT3을 제공하는 종래의 4/3x 전하 펌프(300)를 도시하는 개략도이다. 전하 펌프(300)는 입력 단자(301), 충전 커패시터(C310, C320, C330). 저장 커패시터(C340) 및 출력 단자(302)를 포함한다. 명확히 도시되지는 않았지만, 전하 펌프(300)는 도 3a 및 3b에 도시된 구성에서 커패시터(310,320,330,340)를 연결하는 접속 회로를 또한 포함한다.

[0016] 전하 펌프(300)는 도 3a 및 3b에 도시된 두 위상의 동작 사이를 스위칭하는 것에 의해 동작한다. 도 3a에서, 커패시터(C340)는 그라운드와 출력 단자(302) 사이에 연결되는 동안(부하(D350)는 항상 출력 단자(302)와 그라운드 사이에 연결됨), 커패시터(C310, C320, C330)가 입력 단자(301)와 그라운드 사이에 직렬로 연결되는 입력 단계가 도시된다. 이 충전 위상 동안, 커패시터(C310, C320, C330)는 입력 전압 V_IN3에 의해 각각 전압 V31, V32, V33으로 충전된다. 안정 상태 조건 하에서, 커패시터(C310, C320, C330)는 충전 위상 동안 입력 전압 V_IN3의 1/3로 충전될 것이다. 반면에, 커패시터(C340) 상에 저장된 전압 V34는 부하(D350)를 구동하는 출력 전압 V_OUT4로 제공된다.

[0017] 그 다음, 도 3b에 도시된 방전 위상에서, 커패시터(C310, C320, C330)는 입력 단자(301)와 출력 단자(302) 사이에 병렬로 연결된다. 도 2b에 관하여 설명된 것과 유사한 방식으로, 커패시터(C310, C320, C330)는 입력 단자(301)에 대하여 변환된다. 그러므로 도 3b에 도시된 방전 위상 동안 제공된 출력 전압 V_OUT3은 입력 전압 V_IN3과 각 커패시터(C310, C320, C330) 상의 전압의 합과 동일하다. 도 3a에 관하여 전술한 바와 같이, C310, C320, C330은 모두 충전 위상 동안 입력 전압 V_IN3의 ⅓로 충전된다. 그러므로 방전 위상 동안 제공된 출력 전압 V_OUT3은 간단히 1⅓ 입력 전압 V_IN3과 동일하다(즉, 4/3*V_IN3).

[0018] 그러므로 4/3x 전하 펌프(300)의 출력 전압 범위는 입력 전압에서와 같이 리튬 이온 배터리 전압(즉, 2.7V~4.2V)으로 제공되는 경우 3.6V와 5.6V 사이이다. 4/3x 전하 펌프(300)로 제공되는 출력 전압 범위가 주어진 입력 전압 범위에 대하여 3/2x 전하 펌프(200)에 의해 제공되는 것보다 낮으므로, 4/3x 전하 펌프(300)와 결합하는 백색 LED 구동 회로는 3/2x 전하 펌프(200)와 결합하는 구동 회로보다 작은 전압 감쇄를 필요로 하므로, 더 큰 전력 효율을 나타내는 4/3x 전하 펌프-베이스 구동 회로를 허용한다.

[0019] 불행하게도, 4/3x 전하 펌프(300)에 의해 제공되는 이 개선된 전력 효율은 3/2x 전하 펌프(200)보다 추가 커패시터(C330)의 비용에서 나온다. 합당한 전하 펌프 전력 용량을 제공하기 위해 필요한 비교적 큰 커패시턴스 값(그리고 따라서 커패시터 크기)은 다이 크기 제한 때문에 추가 커패시터 "온 칩"의 포함을 방해할 수 있다. 커패시터 "오프 칩" 이동은 이 크기 부담은 감소시키지만 외부 커패시터와 통신하도록 칩 패키지 내에 추가 핀의 새로운 필요를 부가한다. 결과적으로, 칩 패키지 크기와 비용이 부정적인 영향을 미친다.

[0020] 따라서, 다이 영역 요구조건을 최소화시키고 전력 효율을 최대화하는 백색 LED 구동 시스템 및 방법의 제공이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

[0021] 종래의 전하 펌프는 여러 애플리케이션을 위해 필요한 것보다 더 높은 출력 전압을 생성할 수 있다. 초과 전압 게인은 그러면 감쇄되어야 하고, 낭비 전력이 된다(그리고 종래 전하 펌프와 결합하는 장치의 배터리 수명이 감소됨). 종래의 3/2x 또는 2x 배율보다 4/3x 전압 배율을 적용한 전하 펌프를 제공하는 것에 의해 더 낮은 출력 전압이 주어진 입력 전압에 대하여 달성될 수 있고, 종래의 전하 펌프가 초과 전압 곱셈을 제공하는 경우에 전력 효율을 이롭게 개선할 수 있다.

[0022] 일 실시예에서, 4/3x 전하 펌프는 전하 펌프의 입력 단자와 그라운드 사이에 제 1, 제 2, 및 제 3 커패시터를 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 커패시터는 4/3x 곱셈 기능을 제공하는 동작의 3가지 상이한 위상 동안 3가지 상이한 연결에서 전하 펌프의 입력 단자로 연결된다.

[0023] 충전 위상에서, 제 1 및 제 2 커패시터는 출력 단자가 제 3 커패시터에 저장된 전하에 의해 구동되도록 입력 단자와 그라운드 사이에 직렬로 연결된다. 제 1 방전 위상에서, 제 1 커패시터는 입력 단자와 출력 단자 사이에 연결되지만 출력 단자에서 제공된 전압이 입력 전압과 제 1 커패시터를 가로지르는 전압의 합이 되도록 입력 단자에 대하여 반전된다.

[0024] 마지막으로, 제 2 방전 위상에서, 제 1 및 제 2 커패시터는 입력 단자와 출력 단자 사이에 연결되고, 상기 제 2 커패시터는 상기 충전 위상 동안 그 정위상에 대하여 반전되고, 상기 제 1 커패시터는 그 충전 위상의 정위상으로 복귀된다. 그러므로 제 2 방전 위상 동안 공급된 출력 전압은 입력 전압과 상기 제 2 커패시터를 가로지르

는 전위의 합에서 제 1 커패시터를 가로지르는 전위를 뺀 것과 동일하다.

[0025] 이 방식으로 전하 펌프를 작동하는 것에 의해, 제 1 및 제 2 전하 펌프 상의 평균 전압은 각각 입력 전압의 1/3 및 2/3이 되어 전하 펌프에 의해 제공되는 출력 전압이 입력 전압의 1.33배와 동일하게 된다. 일 실시예에서, 제 1, 제 2 및 제 3 커패시터 모두 동일한 용량과 권선을 가지고, 커패시터 사이의 스위치 저항이 실질적으로 동일하면, 전하 펌프는 제 1 방전 위상의 기간을 충전 위상과 제 2 방전 위상의 길이로 설정하는 것에 의해 낮은 입력 노이즈 전하 펌프로 실행될 수 있다.

[0026] 본 발명은 다음 설명과 도면의 관점에서 더욱 상세히 이해될 것이다.

실 시 예

[0034] 종래의 전하 펌프는 여러 애플리케이션에서 필요한 것보다 더 높은 출력 전압을 생성할 수 있다. 초과 전압 게인은 그러면 감쇄되어야 하고, 그것은 전력의 낭비를 가져온다(그리고, 종래의 전하 펌프와 결합하는 장치에 대하여 배터리 수명을 감소시킴). 종래의 3/2x 또는 2x 배율 대신 4/3x 전압 배율을 적용하는 전하 펌프를 제공하여, 더 낮은 출력 전압이 주어진 입력 전압에 대하여 달성될 수 있고, 이는 종래의 전하 펌프가 초과 전압 증가를 제공하는 상황에서 전력 효율을 유익하게 향상시킬 수 있다.

[0035] 도 4a,4b,4c는 입력 전압 V_IN4를 수신하고 부하(D440)(예를 들기 위해 LED로 설명됨)에 상승된 출력 전압 V_OUT4를 제공하기 위한 4/3x 전하 펌프(400)의 실시예를 나타낸 개략도이다. 전하 펌프(400)는 입력 단자(401), 충전 커패시터(C410, C420), 저장(출력) 커패시터(C430), 및 출력 단자(402)를 포함한다. 전하 펌프(400)는 도 4a,4b,4c에 도시된 구성에서 커패시터(C410, C420, C430)를 배선하기 위한 접속 회로(405)(예를 들어, 배선, 스위치, 제어 로직) 또한 포함한다. 접속 회로를 위한 스위칭 구성은 도 4d와 관련하여 이하에서 설명된다.

[0036] 전하 펌프(400)는 도 4a,4b,4c에 도시된 동작의 세 가지 위상 사이를 스위칭하는 것에 의해 작동한다. 도 4a에, 입력 단자(401)와 그라운드 사이에 직렬로 연결되는 커패시터(C410, C420)가 도시된다. 한편, 커패시터(C430)는 그라운드와 출력 단자(402) 사이에 연결된다(부하(D440)는 항상 출력 단자(402)와 그라운드 사이에 연결됨). 커패시터(C430) 및 부하(D440)가 출력 단자(402)와 더 낮은 전원 단자(명확히 도시되지 않음) 사이에 연결되도록, "그라운드"가 입력 전압 V_IN4보다 낮은 임의의 전원으로 일컬어질 수 있다.

[0037] 충전 위상 동안, 커패시터(C410, C420)는 입력 전압 V_IN4에 의해 전압 V41, V42로 충전되는 반면에, 커패시터(C430)에 저장된 전압 V43은 부하(D440)를 구동하기 위해 출력 전압 V_OUT4으로 제공된다. 커패시터(C410, C420, C430)는 항상 충전 또는 방전이기 때문에, 전압(V41, V42, V43)은 실제로 평균 전압이다. 그러나 상이한 동작 위상이 충분히 짧기만 하면, 전압 V41, V42, V43에서 실제 변화는 각 위상에서 비교적 작게 될 것이다. 그러므로 설명과 분석을 위해, 전압 V41, V42, V43은 실질적으로 일정하다고 여겨질 수 있다.

[0038] 도 4b에 도시된 제 1 방전 위상에서, 커패시터(C420)는 임의의 충전/방전 경로에서 연결이 해지되고, 커패시터(C410)는 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 연결되고, 입력 단자(401)에 대한 커패시터(C410)의 정위상은 그 충전 정위상에 대하여 반전된다. 다시 말해, 제 1 방전 위상 동안에는, 도 4a에 도시된 충전 위상 동안 입력 단자(401)에 연결되는 양극 플레이트(삼각형 표지로 마크됨)가 출력 단자(402)에 연결되는 반면에, 음극 플레이트(마크되지 않음)가 입력 단자(401)에 연결된다. 충전 위상 동안 생성된 커패시터(C410)를 가로지르는 전위는, 그러므로 도 4b에 도시된 제 1 방전 위상 동안 출력 전압 V_OUT4를 생성하도록 입력 전압 V_IN4에 부가된다. 그러므로 제 1 방전 위상 동안, 입력 전압 V_IN4와 커패시터(C410) 상의 전압 V41에 의해 출력 부하(D440)가 구동되고, 저장 커패시터(C430)가 충전된다. 커패시터(C420)는 이 제 1 방전 위상 동안 절연되고(즉, 충전 또는 방전 회로로부터 제거됨), 그리하여 충전 위상 동안 저장된 전하를 유지한다.

[0039] 그 다음, 도 4c에서 도시된 제 2 방전 위상에서, 커패시터(C410)와 커패시터(C420)는 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 직렬로 연결된다. 커패시터(C410)는 입력 단자(401)에 대해 충전 위상의 정위상으로 복귀되고, 입력 단자(401)에 대한 커패시터(C420)의 정위상은 충전 위상의 정위상에 비교되어 반전된다. 특히, 커패시터(C410)의 양극 플레이트(삼각형 표지로 마크됨)는 입력 단자(401)에 연결되는 반면에, 커패시터(C420)의 음극 플레이트는 커패시터(C430)의 음극 플레이트에 연결된다. 그러므로 도 4c에서 설명된 제 2 방전 위상 동안, 출력 전압 V_OUT4는 입력 전압 V_IN4와 커패시터(C420)에 걸리는 전압 V42의 합에서 커패시터(C410)를 가로지르는 전압 V41을 뺀 것으로 제공된다. 이 출력 전압 V_OUT4는 그 다음 부하(D440)를 구동하고 저장 커패시터(C430)를 충전한다. 프로세스는 그 다음 도 4a의 충전 위상로 복귀 스위칭하고 요구되는 전하 펌핑 작용을 제공하도

록 이 방식으로 순환을 계속한다.

[0040] 종래 전하 펌프와는 달리(예를 들어 도 1a~1b의 2x 전하 펌프(100) 및 도 2a~2b의 3/2x 전하 펌프), 4/3x 전하 펌프(400)는 세 가지 구분되는 동작 단계를 포함한다(도 4a~4c와 관련하여 설명된 바와 같이). 그러한 3가지 단계는 커패시터(410, C420)가 상이한 정상 전압 전위를 보이고 전압 레벨에서의 차이는 출력 전압 V_OUT4에 대한 공칭 값을 결정한다.

[0041] 전압 V41, V42에 대한 공칭 값을 계산하기 위하여, Kirchoff의 제 2 법칙(전압 보존)이 동작의 3가지 단계에 대한 전압 공식을 생성하는 데 사용될 수 있다. 그 공식은 그 다음 그 두 전압 사이의 관계를 결정하도록 전압 V41, V42에 대하여 풀릴 수 있다. 충전 위상에 대하여(도 4a), Kirchoff의 제 2 법칙은 다음과 같다.

수학식 1

[0042] V_IN4 = V41 + V42

[0043] 제 1 방전 위상에 대하여(도 4b), Kirchoff의 제 2 법칙은 다음과 같다.

수학식 2

[0044] V_OUT4 = V_IN4 + V41

[0045] 도 4b와 관련하여 전술된 바와 같이, 제 1 방전 위상 동안 입력 단자(401)에 대한 커패시터(C410)의 정위상은 충전 위상에서 제 1 방전 위상으로 반전된다. 그러므로 충전 위상 동안 커패시터(410)를 가로질러 저장된 전위는 제 1 방전 위상 동안 입력 전압 V_IN4에 부가된다.

[0046] 마지막으로, 제 2 방전 위상에 대하여(도 4c), Kirchoff의 제 2 법칙은 다음과 같다.

수학식 3

[0047] V_OUT4 = V_IN4 - V41 + V42

[0048] 도 4c와 관련하여 전술된 바와 같이, 커패시터(C410)는 제 2 충전 위상 동안 입력 단자(401)에 대하여 그 원(즉, 충전 위상) 정위상으로 복귀된다. 그러므로 커패시터(C410)를 가로지르는 전위(V41)는 입력 전압 V_IN4에서 추출된다. 그러나 제 2 방전 위상 동안, 입력 단자(401)에 대한 커패시터(C420)의 정위상이 반전된다(커패시터(C410)의 충전 위상 정위상에 비교되는 바와 같이). 그러므로, 커패시터(C420)를 가로지르는 전위(V42)는 제 2 방전 위상 동안 입력 전압 V_IN4에 부가된다.

[0049] 수학식 2를 수학식 3으로 치환하면:

수학식 4

[0050] V_IN4 + V41 = V_IN4 - V41 + V42

[0051] 이것은 다음과 같이 줄일 수 있다.

수학식 5

[0052] V42 = 2*V41

[0053] 그러므로 커패시터(C420)를 가로지르는 전위(즉, 전압 V42)는 커패시터(C410)를 가로지르는 전위(즉, 전압 V41)의 크기의 2배이다. 수학식 5를 수학식 1으로 치환하면 다음과 같다:

수학식 6

[0054] V41 = (1/3)*V_IN4

[0055] 마지막으로, 수학식 6을 수학식 2로 치환하면 출력 전압 V_OUT4는 다음과 같다.

수학식 7

[0056] V_OUT4 = (4/3)* V_IN4

[0057] 동일 결과는 수학식 5와 6을 수학식 3으로 치환하는 것에 의해 유도될 수 있다. 둘 중 하나의 단계에서, 전하

펌프(400)는 4/3의 전압 곱셈 계수(multiplication factor)를 제공한다.

[0058] 도 4d는 스위치 S405(1), S405(2), S405(3),S405(4), S405(5), S405(6), S405(7)를 포함하는 접속 회로(405)의 실시예를 포함하는 4/3x 전하 펌프(400)를 도시한다. 스위치 S405(1), S405(2)는 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 연결되고, 커패시터(C410)의 양극 플레이트는 스위치 S405(1), S405(2) 사이의 접합부에 연결된다. 스위치 S405(3)은 입력 단자(401)와 커패시터(410)의 음극 플레이트 사이에 연결되지만, 스위치 S405(4)는 커패시터(C410)의 음극 플레이트와 커패시터(C420)의 음극 플레이트 사이에 연결된다. 스위치 S405(5)는 커패시터(C410)의 음극 플레이트와 커패시터(C420)의 양극 플레이트 사이에 연결되고, 스위치 S405(6)는 커패시터(C420)의 양극 플레이트와 출력 단자(402) 사이에 연결된다. 마지막으로, 스위치 S405(7)는 커패시터(C420)의 음극 플레이트와 그라운드 사이에 연결된다.

[0059] 그러므로 충전 위상 동안, 스위치 S405(1), S405(5), S405(7)은 폐쇄되고, 나머지 스위치 S405는 오픈되어, 도 4a에 도시된 바와 같이 커패시터(C410, C420)의 충전을 허용한다. 그 다음, 제 1 방전 위상 동안, 스위치 S405(3) 및 S405(2)는 폐쇄되고, 나머지 스위치 S405는 오픈되어, 도 4b에 도시된 바와 같이 커패시터를 변환하고 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 연결한다. 스위치 S405(7)은 이 위상이 커패시터(C420)에 저장된 전하에 영향이 없게 될 동안 커패시터(C420)의 음극 플레이트를 그라운딩하는 것과 같이, 제 1 방전 위상 동안 오픈 또는 폐쇄될 수 있다. 마지막으로, 제 2 방전 위상 동안, 스위치 S405(1), S405(4), S405(6)만 폐쇄되어, 도 4c에 도시된 바와 같이, 커패시터 C410(변환 않됨)와 C420(변환됨)을 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 연결한다.

[0060] 도 4d에서 설명된 특정 스위칭 구성은 단순히 스위치 S405의 오픈/폐쇄 패턴을 변경하는 것에 의해, 펌프(400)가 3/2x 전하 펌프로 동작하도록 할 수 있다. 예를 들어, 3/2x 전압 곱셈 계수를 제공하도록, 스위치 S405(1), S405(5), S405(7)은 충전 위상 동안 폐쇄될 수 있고, 스위치 S405(2), S405(3), S405(4), S405(6)는 방전 위상 동안 폐쇄될 수 있다(도 2b에 관하여 설명된 것과 유사한 커패시터 구성을 제공).

[0061] 여러 다른 스위칭 구성이 추가 전압 곱셈 계수를 제공하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 추가 스위치가 커패시터(C410)의 음극 플레이트와 스위치 S405(3)와 S405(4) 사이의 접합부의 사이에 제공되고, 그에 의해 2x 전압 곱셈 계수를 제공하도록 커패시터 C420, C410이 입력 단자(401)와 출력 단자(402) 사이에 직렬로 반전 및 연결되도록 할 수 있다(예를 들어, 새로운 스위치를 오픈하고 스위치 S405(2), S405(3), S405(4), S405(5)를 폐쇄하는 것에 의해). 여러 다른 스위칭 구성이 쉽게 명백할 것이다.

[0062] 전하 펌프(400) 내의 스위치 저항 때문에, 출력 전압 V_OUT은 정확히 입력 전압 V_IN의 4/3에 도달하지 않게 된다. 예를 들어, 전하 펌프(400)를 가로지르는 결합된 스위치 저항(오픈 루프)이 각 동작 단계 동안 1Ω이면, 100mA 부하(D440)와 3V 입력 전압 V_IN은 출력 전압이 3.9V가 된다(즉, 4.0V의 이상적인 출력 전압 값(즉, 4.0V = 4/3*3V) 대신, 3.9V = (4/3*3 V) - (1Ω * 1mA))). 그러므로, 전하 펌프(400) 내의 스위치 저항의 감소는 출력 전압 V_OUT이 이상적인 4/3 곱하기 입력 전압 V_IN에 더 가깝게 접근하도록 할 수 있다. 전하 펌프의 평가가 이상 조건 하의 작동에 따르므로(즉, 스위치 저항에 따른 손실 없음, 부하 없음 및 안정 상태 동작), 이는 전하 펌프(400)가 4/3 전하 펌프라는 사실을 변경하지는 않는다. 일반적으로, 전하 펌프(400)에 의해 제공된 출력 전압 V_OUT이 입력 전압 V_IN의 4/3배와 실질적으로 동일하기만 하면(예를 들어, 전압 V_OUT은 입력 전압 V_IN의 4/3배의 5% 이내임), 전하 펌프(400)와 결합하는 임의의 회로가 적절히 동작할 것이다.

[0063] 이상 조건 하에서, 모든 커패시터 C410, C420, C430 는 각각 완벽하게 안정적인 전압 V41, V42, V43 을 나타낼 것이다. 그러나 실제 동작 조건에서(즉, 이상적이지 않음), 커패시터와 관련된 시간 상수는 임의의 주어진 시간에서의 커패시터 전압 V41, V42, V43의 값을 결정할 것이다. 일 실시예에서, 여러 동작 단계의 기간(즉, 제 1 충전 위상, 제 2 충전 위상, 및 방전 위상의 기간)을 그러한 특정 단계 동안 부하 하의 커패시터 타임 상수보다 아주 작도록 설정하는 것에 의해, 전하 펌프(400)에 대한 입력 전류 리플(ripple) 및 출력 전압 리플이 최소화될 수 있다. 예를 들어, 부하 하에서 그러한 단계 동안, 각각의 동작 단계의 기간이 커패시터의 시간 상수의 5배 이하가 되도록 전하 펌프(400)를 구성하는 것에 의해, 전하 펌프(400)에 의해 생성되는 출력 전압 V_OUT은 입력 전압 V_IN의 4/3와 실질적으로 동일하게 될 것이다(예를 들어, 출력 전압 V_OUT4는 입력 전압 V_IN4의 5% 이내가 될 것임).

[0064] 4/3x 전압 곱셈 계수를 제공하는 것에 의해, 종래의 4/3x 전하 펌프 이상 커패시터 카운트를 감소시키는(그리하여 전체 회로 크기) 동안, 전하 펌프(400)는 유리하게 종래의 3/2x 전하 펌프(즉, 도 3a, 3b에 도시된 전하 펌프(300)) 위로 백색 LED 구동 회로 내의 증강된 전력 효율을 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 5는 배터리(510), 4/3x 전하 펌프(520), LED 구동 회로(530), 백색 LED(540)을 포함하는 배터리식 장치(500)의 블럭도를

도시한다. 장치(500)는, 예를 들어, 휴대전화, PDA, 휴대용 멀티미디어 장치, 디지털 카메라, 비디오 카메라, 또는 백색 LED가 조명으로 사용되는 임의의 다른 장치가 될 수 있다. 배터리(510)는 3.7V의 공칭 전압 VBATT를 제공하는 리튬 이온 또는 리튬 중합체 충전지와 같이, 실제 출력 전압 범위가 3.0V와 4.2V 사이인 임의 타입의 배터리가 될 수 있다(NiMH 충전 가능 또는 알카라인 또는 리튬 1차 전지, 다른 것들 중에서. 다른 타입의(그리고 임의 개수의) 배터리 또한 사용될 수 있음). 장치(500) 내의 구성 요소의 특정 배열(순서)은 단순히 예이고, 여러 다른 배열이 명백하게 된다. 예를 들어, 다른 실시예에서, LED 구동 회로(530)는 LED(540)와 그라운드 사이에 연결될 수 있다.

[0065] 전하 펌프(520)는 도 4a~4c에 관해 설명된 전하 펌프(400)와 실질적으로 유사하고, 배터리 전압 VBATT보다 4/3x 더 큰 상승된 전하 펌프 전압 V_CP로 배터리 전압 VBATT(도 4a~4c 내의 입력 전압 V_IN4에 상응)를 변환한다. LED 구동 회로(530)는 그러면 백색 LED(540)에 공급되는 적절한 LED 구동 전압 V_LED를 생성하도록 전하 펌프 전압 V_CP 상에 임의의 필요한 전압 감쇄를 제공한다. 배터리 전압 VBATT가 실제로 3.0V~4.2V 범위일 수 있으므로, 전하 펌프 전압 V_CP는 4.0V~5.6V가 될 수 있다. 그러므로 요구되는 LED 구동 전압 V_LED가 3.6V와 동일하면, LED 구동 회로(530)는 전하 펌프 전압 V _CP를 2.0V의 최대로 감쇄할 필요가 있게 된다.

[0066] 반대로, 종래의 3/2x 전하 펌프(예를 들어, 도 2a, 2b에 관해 설명된 전하 펌프(200))는 6.3V(즉. 4.2V의 1.5배)의 최대 출력 전압을 생성하고, 그에 의해, 2.7V(즉, 6.3V-3.6V)의 최대 전압 감쇄를 제공하는 LED 구동 회로를 요구한다. 그러므로 4/3x 전하 펌프(520)는 3/2x 전하 펌프 이상 낭비 전압(즉, 전압 감쇄 동안 발생하는 소산 전력)의 약 25%의 감소를 제공할 수 있으므로, 배터리식 장치(500)가 3/2x 전하 펌프로 가능한 것보다 실질적으로 더 오랜 시간 동작하도록 한다.

[0067] 도 4a~4c에 관하여 설명된 전하 펌프(400)의 실제 동작 동안, 커패시터 C410, C420, C430상의 전압 V41, V42, V43 각각에 대한 실제 값은 약간 시간을 초과하는 동안 변화하게 될 것이다. 예를 들어, 충전 위상 동안(도 4a), 입력 전압 V_IN4이 커패시터 C410, C420 각각을 충전하는 것과 같이, 양 전압 V41와 V42가 증가할 것이다. 한편, 커패시터 C430이 부하(D440)를 구동하므로 전압 V43이 감소할 것이다. 그 다음, 제 1 방전 위상 동안(도 4b), 커패시터(C410)가 부하(D440)의 구동과 커패시터(C430)의 충전을 돕도록 반전되므로, 전압 V41은 전압 V43이 증가하는 만큼 감소될 것이다. 마지막으로, 제 2 방전 위상 동안(도 4c), 전압 V42가 감소하는 동안 전압 V41이 증가하도록, 커패시터 C420이 반전되는 동안 커패시터 C410은 그 충전 정위상으로 복귀된다(커패시터 C430이 추가로 충전되므로 전압 V43이 증가를 계속함). 그러나, 전술된 바와 같이, 각 위상의 기간 제한에 의해, 임의의 주어진 위상 동안, 커패시터 C410, C420, C430를 가로지르는 실제 전압의 변화는 비교적 작게 되고, 4/3x 전하 펌프(400)의 출력에 실질적으로 영향을 미치지 않게 될 것이다. 예를 들어, 커패시터(C410, C420, C430) 각각에 대하여 1㎌의 커패시턴스 값을 사용하여, 200mA까지의 부하에 대해 1000ns의 전체 위상 기간(즉, 1MHz)은 공칭 3V 입력 전압 V_IN에 대하여 60mV 또는 이하의 출력 리플을 제공할 것이고, 이는 용이하게 요구되는 ±5% 출력 편차 이내가 된다. 일반적으로 이들 출력 전압 영향은 내부 스위칭 저항(전술한 바와 같은)의 영향보다 훨씬 작을 것이다.

[0068] 바람직하지 않은 전기 경로의 형성을 방지하도록 전하 펌프(520)의 접속회로가 위상 사이에 재설정되듯이, 각각의 커패시터(C410, C420, C430)는 각 위상 변환 동안 전하 펌프(520)의 회로에서 접속 해제될 수 있다(즉, 전기적으로 절연됨). 예를 들어, 도 6 은 전하 펌프(400)(도 4a~4c와 관련하여 설명됨)를 작동하는 방법의 실시예를 나타낸 흐름도이다. "그라운드로 커패시터를 직렬로 연결" 단계 610에서 커패시터(C410, C420)는 도 4a에 도시된 바와 같이 입력 단자(401)와 그라운드 사이에 연결되고, "커패시터를 충전" 단계 620에서 충전된다. 단계 610, 620은 그러므로 트랜지스터(400)의 충전 위상을 한정한다. 다음 변환 단계 620에서 충전 위상에 긴 시간을 사용하면, 도 4a의 커패시터(C430)는 3.5V로 방전 하강한다(3.0V의 배터리 입력 전압 V_IN4에 따른 4.0V의 공칭 전압에서). 그 다음, 단계 640에서 전하 펌프(400)가 제 1 방전 위상을 위해 재설정되면, 입력 전압 V_IN4(3.0V)와 커패시터(C410)를 가로지르는 전압의 합은 커패시터(C430)의 전압과 비교적 크게 매치하지 않는다는 것을(즉, 4.0V 대3.5V) 나타낼 것이다. 이 매치하지 않는 전압은 입력 단자(401)를 통해 바람직하지 않은 회선 노이즈(즉, 과도 전류)를 보낼 수 있고, 차례로 입력 단자(401)에 연결된 다른 회로로(예를 들어, 도 5의 배터리) 간섭을 가져올 수 있다. 그러므로 이 회선 노이즈를 최소화하도록, 적절한 위상 타이밍 계획이 개발될 수 있다.

[0069] 일반적으로, 회선 노이즈는 전하 펌프 출력 전압 V_OUT4와 저장 커패시터(C430)의 전압 V43 사이의 전압이 매치하지 않는 것은 각 위상 전환 동안 실질적으로 동일한 경우 최소화될 것이다. 그러한 결과를 달성하는 위상 타이밍은 다음과 같이 유도될 수 있다. 이 관계는 다음에 의해 나타내어질 수 있다.

수학식 8

[0070] $P_{IN} = P_{OUT}$

[0071] P_{IN} 은 입력 전력이고 P_{OUT} 은 출력 전력이다. 전력이 전압 곱하기 전류와 동일하므로 수학식 8은 다음과 같이 작성될 수 있다.

수학식 9

[0072] $V_IN4 * I_{IN} = V_OUT4 * I_{OUT}$

[0073] I_{IN} 은 입력 단자(401)에 공급되는 입력 전류이고, I_{OUT} 은 출력 단자(402)에 제공되는 출력(부하) 전류이다. 실험식 7을 실험식 9로 치환하면:

수학식 10

[0074] $I_{OUT} = (3/4)*I_{IN}$

[0075] 그러므로 전하 펌프(400)에 의해 출력 단자(402)에 제공되는 출력 전류는 입력 단자(401)에 수신된 입력 전류의 3/4과 동일하다. 단일 동작 사이클 동안(즉, 3개의 동작 위상의 단일 시퀀스) 입력 단자(401)에 제공된 전체 전하는 다음과 같이 나타내어질 수 있다:

수학식 12

[0076] $Q_{IN} = \Delta t_1 I_{IN1} + \Delta t_2 I_{IN2} + \Delta t_3 I_{IN3}$

[0077] Q_{IN} 은 전하 펌프(400)에 대한 세 위상 동작 동안 전체 입력 전하와 동일하고, Δt_1, Δt_2, Δt_3은 각각 전하 펌프(400)에 대한 충전 위상(도 4a), 제 1 방전 위상(도 4b), 제 2 방전 위상(도 4c)에 대한 기간이고, I_{IN1}, I_{IN2}, I_{IN3}은 각각 충전 위상, 제 1 방전 위상, 제 2 방전 위상 동안 공급되는 입력 전류이다. 낮은 입력 노이즈를 달성하도록, 각 위상 동안 평균 입력 전류는 동일해야 하므로, 수학식 12는 다음과 같이 감소될 수 있다.

수학식 13

[0078] $Q_{IN} = I_{IN}*(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)$

[0079] 유사하게, 출력 단자(402)에서 단일 작동 사이클 동안 전체 전하 출력은 다음에 의해 주어질 수 있다.

수학식 14

[0080] $Q_{out} = I_{out}*(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)$

[0081] Q_{out} 은 전하 펌프(400)에 관한 동작의 세 위상 동안 전체 출력 전하와 동일하다. 그러나 출력 단자(402)가 충전 위상 동안(도 4에 관련하여 설명한 바와 같이) 커패시터(C410, C420)에서 연결이 차단되므로, 다음에 나타내어진 바와 같이, 전하의 보존은 제 1 방전 위상과 제 2 방전 위상 동안 저장 커패시터(C430)에 제공된 전하가 전체 출력 전하와 동일하도록 한다:

수학식 15

[0082] $Q_{out} = I_{IN}*(\Delta t_2 + \Delta t_3)$

[0083] 수학식 14와 15를 결합하면 다음과 같다:

수학식 16

[0084] $I_{out}*(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) = I_{IN}*(\Delta t_2 + \Delta t_3)$

[0085] 그리고 수학식 10을 수학 식 16으로 치환하여 다음으로 분해한다:

수학식 17

[0086] $(3/4)*(\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) = \Delta t_2 + \Delta t_3$

[0087] Δt_1에 대하여 풀도록, 수학식을 표준화하는 것은 다음에 도시된 바와 같이 Δt_1, Δt_2, Δt_3 기간에 대하여 한정할 수 있다:

수학식 18

[0088] $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = 1$

[0089] 수학식 18을 수학식 17로 치환하면 다음과 같다.

수학식 20

[0090] $\Delta t_1 = 1/4$

[0091] 그러므로 전하 펌프(400)가 저-노이즈 전하 펌프로 실행하도록, 충전 기간(즉, 기간 Δt_1)은 전체 사이클(즉, $\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$)의 1/4 기간이 되어야 한다.

[0092] 다음, 기간 Δt_2, $\Delta t3$의 값을 결정하기 위하여, 저-노이즈 전하 펌프에 대하여, 입력 단자(401)에서 전압 변화는 각각의 작동 위상 동안 동일하고 할 수 있다. 그러므로 충전 위상 동안 커패시터(C410, C420)를 가로지르는 전압에서 변화는 제 1 방전 위상 동안 커패시터(C410)를 가로지르는 전압의 변화와 동일해야 한다. 이 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 21

[0093] $\Delta V_1 = \Delta V_2$

[0094] ΔV_1은 충전 위상 동안 커패시터(C410, C420)를 가로지르는 전압 변화이고, ΔV_2는 제 1 방전 위상 동안 커패시터(C410)를 가로지르는 전압의 변화이다. 그러므로 $\Delta V2$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 22

[0095] $\Delta V_1 = I_{IN} * \Delta t_1/C_1 + I_{IN} * \Delta t_1/C_2$

[0096] 여기서 C_1 및 C_2는 각각 커패시터(C410) 및 (C420)의 커패시턴스이다.

수학식 23

[0097] $\Delta V_1 = 2I_{IN} * \Delta t_1/C$

[0098] 마찬가지로 ΔV_2는 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 24

[0099] $\Delta V_2 = I_{IN} * \Delta t_2/C$

[0100] 수학식 23과 24를 수학식 21에 대입하면 다음과 같다.

수학식 25

[0101] $2I_{IN} * \Delta t_1/C = I_{IN} * \Delta t_2/C$

[0102] 이것은 다음과 같이 줄일 수 있다.

수학식 26

[0103] $2\Delta t_1 = \Delta t_2$

[0104] 다음과 같이 기간 Δt_2를 얻도록 수학식 20이 수학식 26에 대입될 수 있다.

수학식 27

[0105] $\Delta t_2 = 1/2$

[0106] 마지막으로 수학식 19, 20 및 27에 따라, Δt_2는 다음과 같이 주어질 수 있다.

수학식 28

[0107] $\Delta t_3 = 1/4$

[0108] 그러므로 전하 펌프(400)가 저 입력 노이즈 전하 펌프로 실행되도록, 충전 위상과 제 2 방전 위상은 제 1 방전 위상의 길이의 반이 되어야 한다.

[0109] 여러 위상의 관련 타임 구간에 대한 위의 분석은 전하 펌프(400) 내의 모든 커패시터(및 입력/출력 단자) 사이의 저항) 사이의 스위칭 저항과 전체 배선은 실질적으로 동일하다. 당업자에게 명백하듯이, 동작의 상이한 위상에 대한 기간의 관련 길이는 배선/스위칭 저항이 명백히 상이하다는 것을 보여주면 위에 도출된 값(즉, $\Delta t_1 = 1/4$, $\Delta t_2 = 1/2$, $\Delta t_3 = 1/4$)에서 조절될 필요가 있다.

[0110] 본 발명은 몇 가지 실시예와 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 실시예에 제한되지 않으며 당업자에게 명백한 여러 변경이 가능하다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 전하 펌프(400)는 3/2x 전하 펌프 모드(도 2a, 2b와 관련하여 설명된 바와 같이)에서 커패시터(C410, C420)의 구성과 동작을 허용하도록 하는 제어 로직을 포함할 수 있고, 그에 의해 상이한 레벨의 전압 증가를 제공하는 전하 펌프(400)를 허용하게 된다. 또한, 전하 펌프(400)의 동작이 두 충전 커패시터(즉, C410, C420)에 관해 설명되었지만, 여러 다른 실시예에서, 임의 개수의 충전 커패시터가 결합될 수 있고(예를 들어, 직렬로 충전되는 3개의 충전 커패시터), 그러면 충전과 방전 동작의 여러 배열에서 출력 전압을 도출하는데 사용될 수 있다. 그러므로 본 발명은 다음 청구항에 의해서만 제한된다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1a 및 1b는 종래의 2x 전하 펌프의 동작을 개략적으로 나타낸 도면,

[0028] 도 2a 및 2b는 종래의 3/2x 전하 펌프의 동작을 개략적으로 나타낸 도면,

[0029] 도 3a 및 3b는 종래의 4/3x 전하 펌프의 동작을 개략적으로 나타낸 도면,

[0030] 도 4a, 4b, 4c는 본 발명에 따른 감소된 영역 4/3x 전하 펌프의 동작을 개략적으로 나타낸 도면,

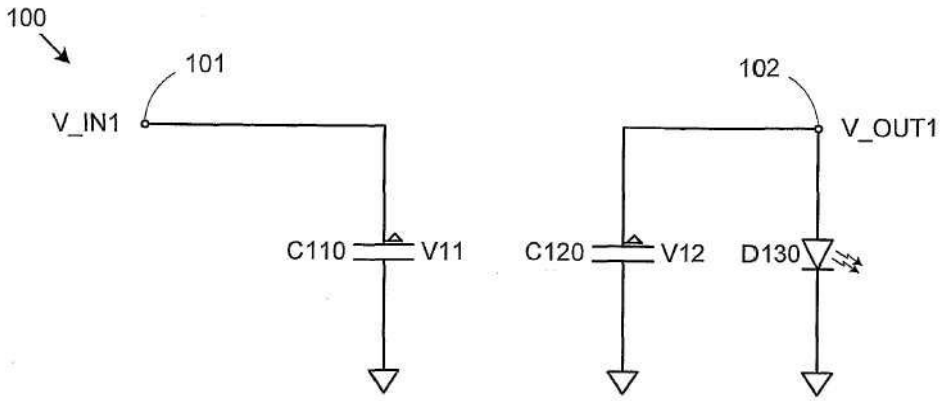
[0031] 도 4d는 도 4a~4c의 전하 펌프를 위한 스위치 구성의 실시예를 개략적으로 나타낸 도면,

[0032] 도 5는 도 4a~4c의 전하 펌프와 결합하는 전자 장치의 블럭도, 및

[0033] 도 6은 도 4a~4c의 동작을 나타낸 흐름도이다.

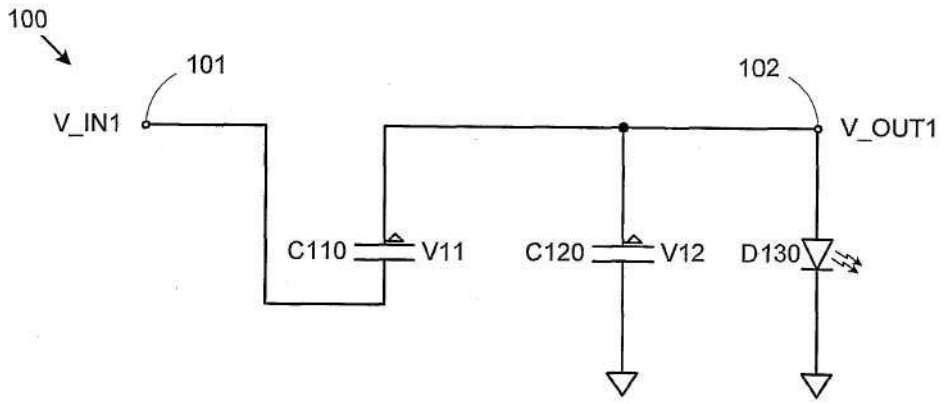
도면

도면1a



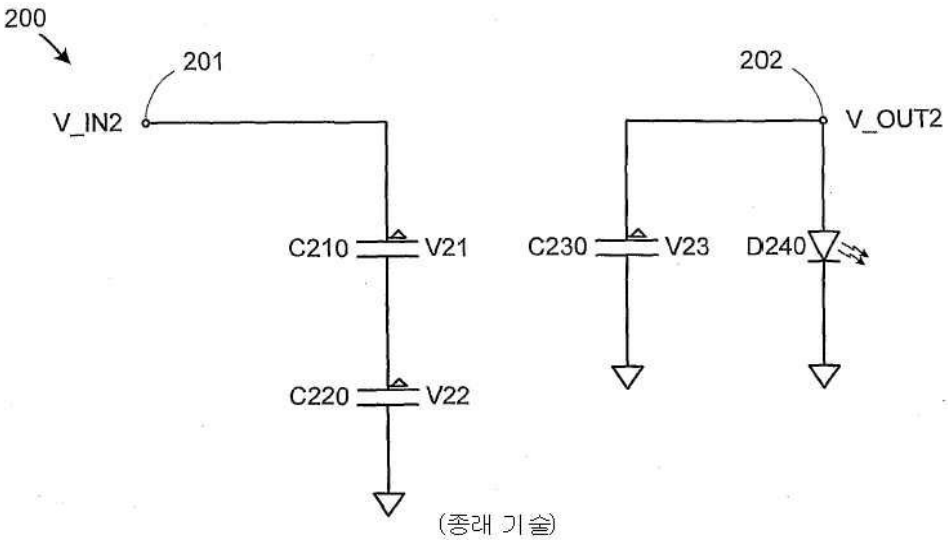
(종래 기술)

도면1b



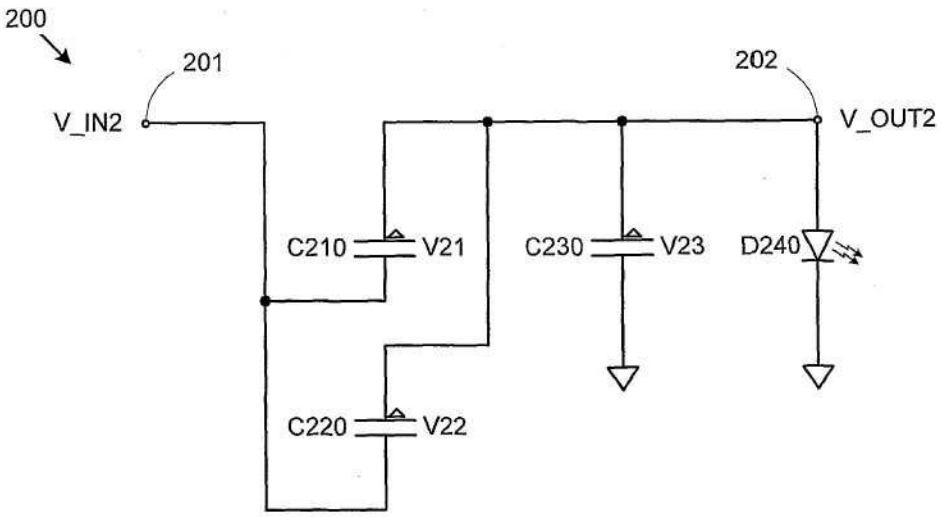
(종래 기술)

도면2a



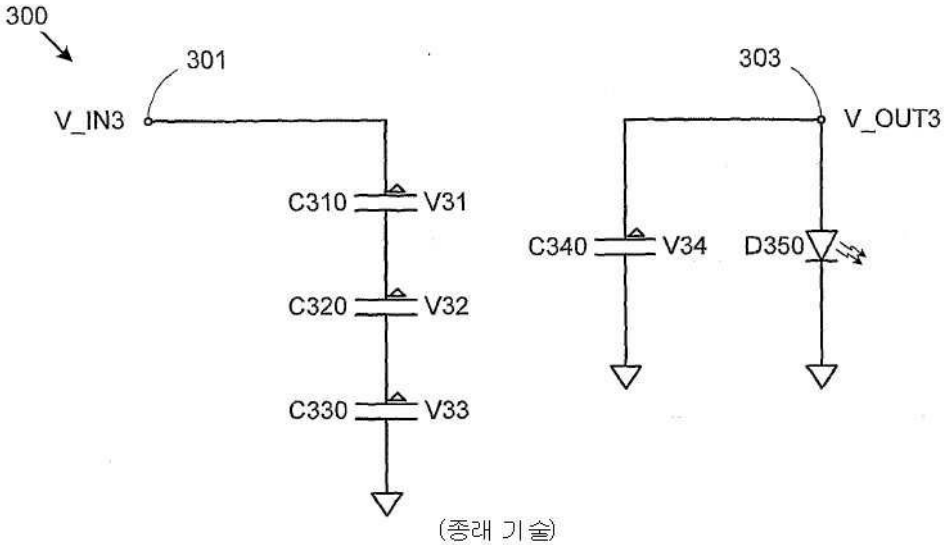
(종래 기술)

도면2b



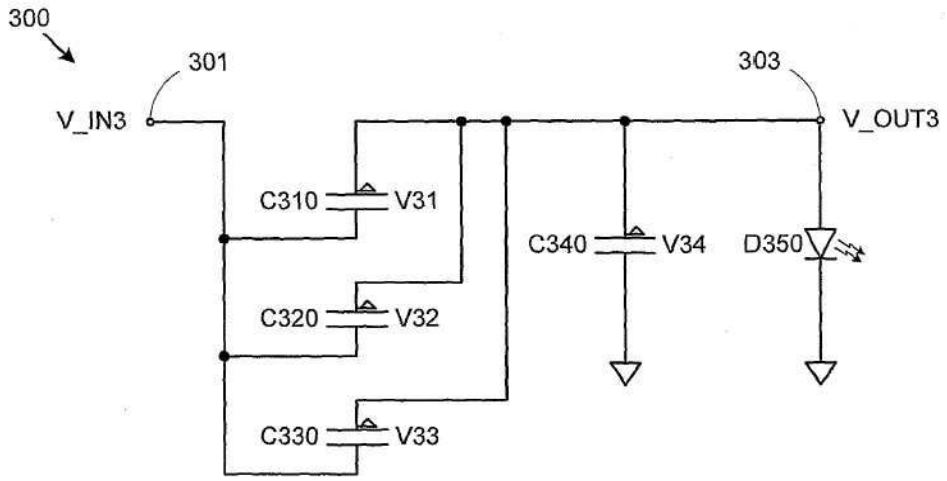
(종래 기술)

도면3a



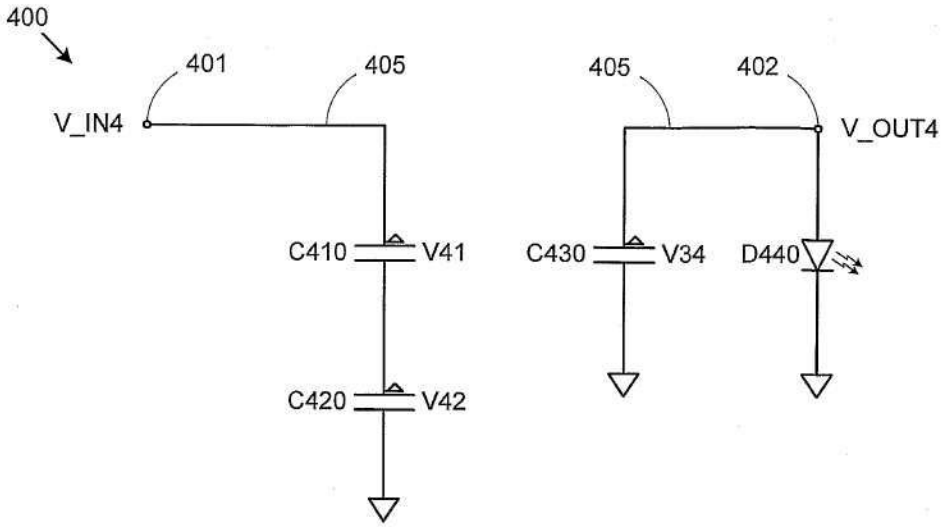
(종래 기술)

도면3b

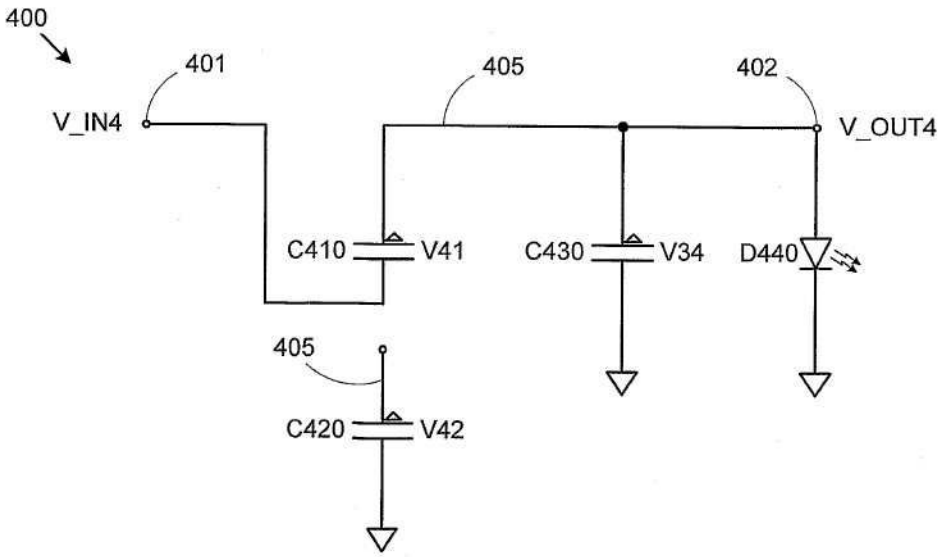


(종래 기술)

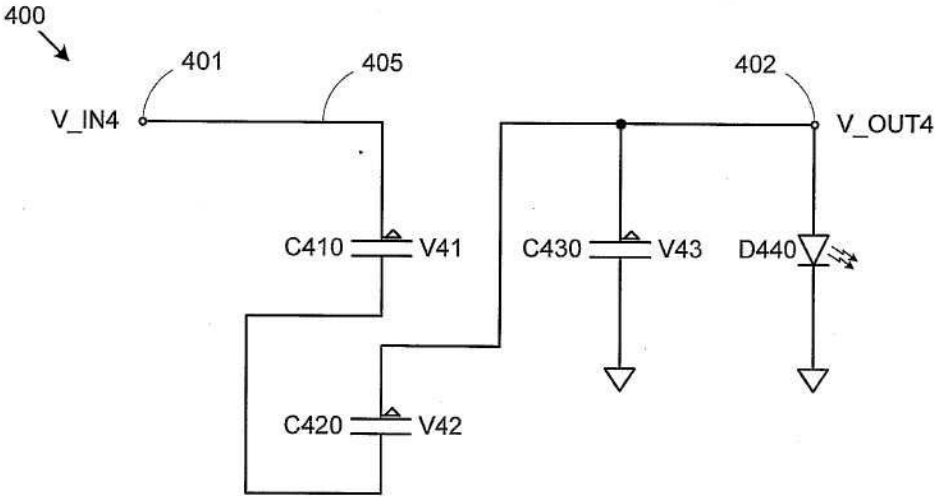
도면4a


400
401
405
405
402
V_IN4
V_OUT4
C410
V41
C430
V34
D440
C420
V42

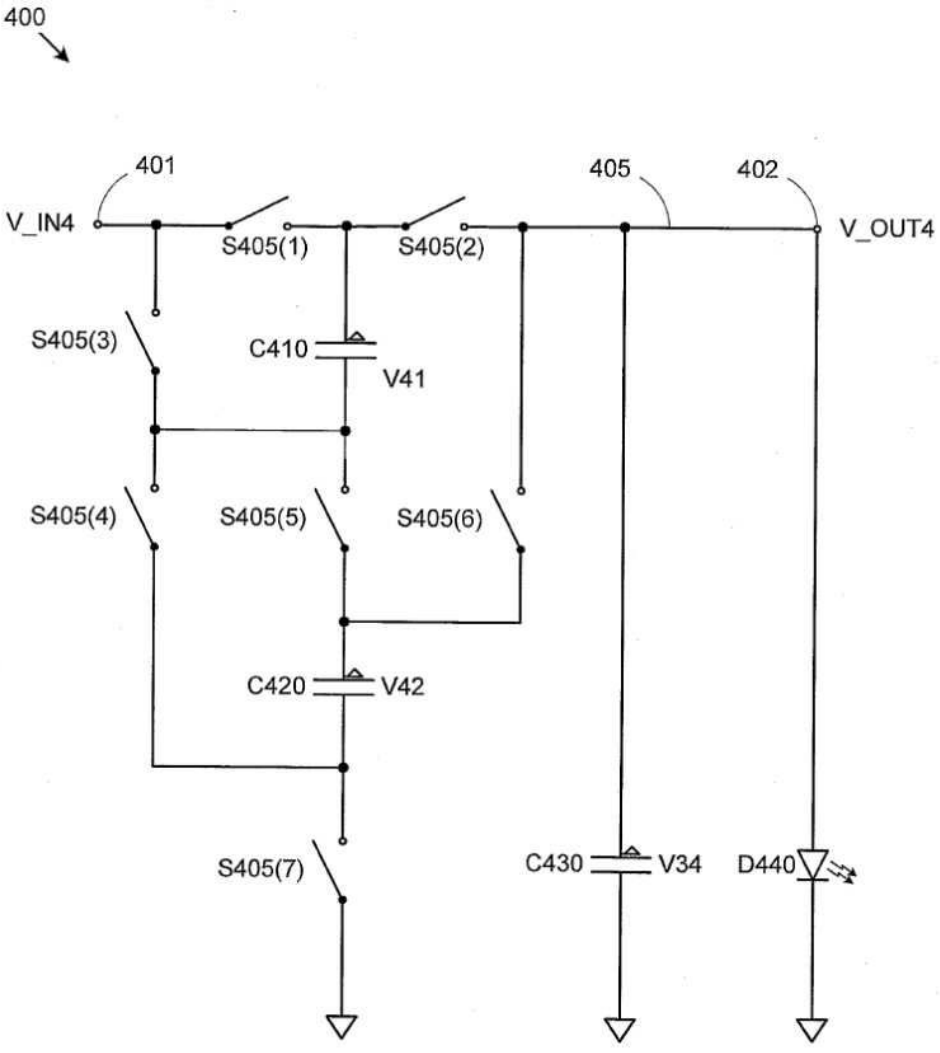
도면4b


400
401
405
402
V_IN4
V_OUT4
C410
V41
C430
V34
D440
405
C420
V42

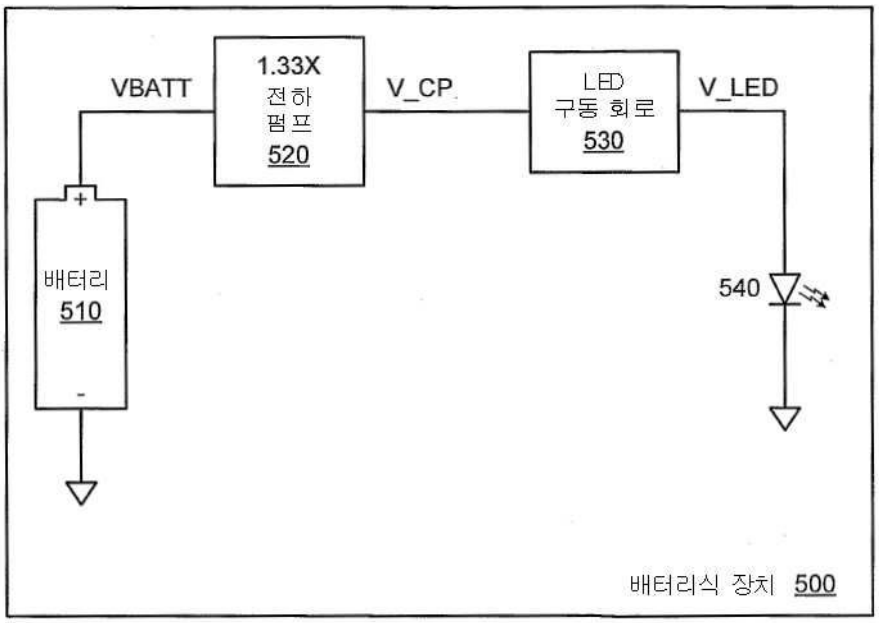
도면4c


400
401
405
402
V_IN4
V_OUT4
C410
V41
C430
V43
D440
C420
V42

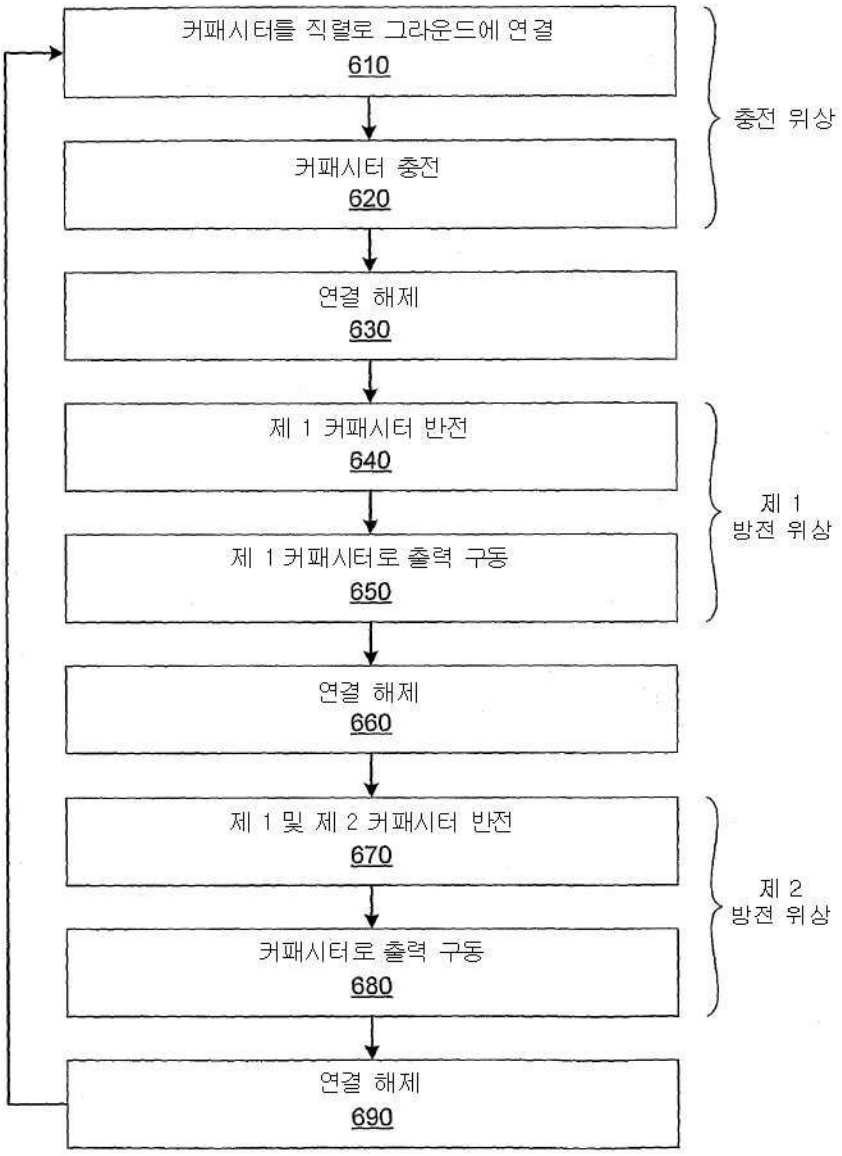
도면4d


400
401
405
402
V_IN4
V_OUT4
S405(1)
S405(2)
S405(3)
C410
V41
S405(4)
S405(5)
S405(6)
C420
V42
S405(7)
C430
V34
D440

도면5


VBATT
1.33X
전하
펌프
520
V_CP
LED
구동 회로
530
V_LED
+
배터리
510
-
540
배터리식 장치 500

도면6


커패시터를 직렬로 그라운드에 연결
610
커패시터 충전
620
충전 위상
연결 해제
630
제 1 커패시터 반전
640
제 1 커패시터로 출력 구동
650
제 1
방전 위상
연결 해제
660
제 1 및 제 2 커패시터 반전
670
커패시터로 출력 구동
680
제 2
방전 위상
연결 해제
690