



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0032395

(43) 공개일자 2016년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05F 1/67 (2006.01) H02N 2/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0122305

(22) 출원일자 2014년09월15일

심사청구일자 2014년09월15일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김철우

서울특별시 성북구 길음로16, 605-1301 (길음동, 삼성래미안3차아파트)

심민섭

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 미래융합기술관 516호 (안암동5가)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

심경식, 홍성욱

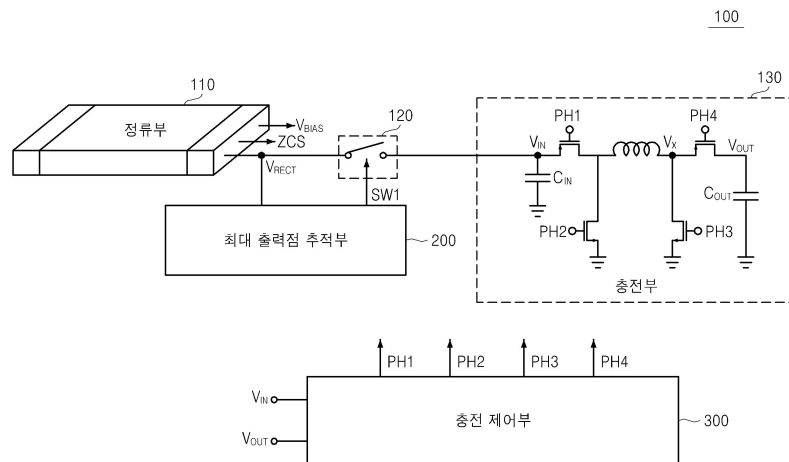
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법

(57) 요약

에너지 하베스팅 장치가 개시된다. 본 발명의 에너지 하베스팅 장치는 에너지원으로부터 공급되는 교류전압을 직류전압으로 정류하는 정류부; 상기 정류부의 출력전압을 저장하는 충전부; 및 상기 정류부와 상기 충전부 사이에 선택적으로 접속되며, 제1 접속상태에서 상기 정류부의 출력전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 상기 정류부의 출력전압을 제어하는 최대 전력점 추적부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

정준원

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 미래
융합기술관 516호 (안암동5가)

김정문

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 미래
융합기술관 516호 (안암동5가)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013070988

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원_도약연구(전략)

연구과제명 해상도, 전압 및 동작 속도 조절 가능한 자동차 센서용 아날로그 IP 연구

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2013.12.01 ~ 2014.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

에너지원으로부터 공급되는 교류전압을 직류전압으로 정류하는 정류부;

상기 정류부의 출력전압을 저장하는 충전부; 및

상기 정류부와 상기 충전부 사이에 선택적으로 접속되며, 제1 접속상태에서 상기 정류부의 출력전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 상기 정류부의 출력전압을 제어하는 최대 전력점 추적부를 포함하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 최대 전력점 추적부는

상기 정류부의 출력노드에 접속되는 제1 캐패시터;

상기 제1 캐패시터에 선택적으로 접속되며 상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 최대 전력점을 검출하고 검출결과에 상응하는 제어신호를 출력하는 전압 제어부; 및

상기 제어신호에 기초하여 상기 정류부의 출력노드의 전압을 저장하고 저장된 전압을 최대 전력점 전압으로서 분배하는 전하공유부를 포함하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1캐패시터는

그 용량이 나노 단위인 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 전압 제어부는

상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하고 미분결과를 출력하는 피크 감지부; 및

상기 피크 감지부의 출력신호에 기초하여 상기 제어신호를 발생하는 제어신호 발생부를 포함하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 에너지 하베스팅 장치는

상기 정류기의 출력전압과 상기 최대 전력점 전압을 비교하고 비교결과에 기초하여 상기 충전부의 동작을 제어하는 충전 제어부를 더 포함하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 에너지 하베스팅 장치는

상기 충전 제어부로 전원을 공급하는 전압 멀티플렉서(MUX)를 더 포함하되,

상기 전압 멀티플렉서는

S-R 래치 및 상승 엣지 검출기를 포함하여 상기 전압 멀티 플렉서의 출력 지연을 방지하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 장치.

청구항 7

에너지원으로부터 공급되는 교류 전압을 직류전압으로 정류하는 단계;

상기 정류된 전압을 미분하고 그 결과에 기초하여 상기 정류된 전압의 최대 전력점을 추적하는 단계; 및

상기 정류된 전압이 최대 전력점에 도달하면 이 값을 유지시키면서 충전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 최대 전력점 추적 단계는

상기 정류된 전압을 제1 캐패시터에 충전하는 단계;

상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하고 그 결과값에 기초하여 최대 전력점 전압을 검출하는 단계; 및

상기 최대 전력점이 검출되면 상기 제1 캐패시터에 충전된 전압을 제2 및 제3 캐패시터에 분배하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 최대 전력점 전압 검출 단계는

상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하는 단계;

상기 미분 결과와 바이어스 전압을 비교하는 단계; 및

상기 미분 결과가 바이어스 전압보다 낮아지는 순간의 상기 제1 캐패시터 전압을 최대 전력점 전압으로 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 제1캐패시터는

그 용량이 나노 단위인 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 충전 단계는

상기 정류된 전압과 상기 최대 전력점 전압을 비교하는 단계;

상기 비교 결과 상기 정류된 전압이 상기 최대 전력점 전압 보다 낮을 경우 충전을 일시 중단하여 상기 정류된 전압을 상승시키는 단계; 및

상기 비교 결과 상기 정류된 전압이 상기 최대 전력점 전압 보다 높을 경우 충전을 연속적으로 동작시켜 상기 정류된 전압을 하강시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 특히, 압전소자나 진동 에너지를 전력으로 전환하는 소자의 최대전력점을 빠르게 추적하는 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 저탄소 녹색 성장은 선진국가 들의 주요 정책기조로서, 이를 실현하기 위한 방안 중 하나로 저전력, 또는 무전원 반도체 설계가 큰 이슈가 되고 있다. 에너지 하베스팅 기술은 이러한 저전력, 또는 무전원 반도체 설계를 구현하는 데 있어 매우 중요한 요소로 각광받고 있으며, 빛, 진동, 열등의 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 여러 소자기술의 발달로 그 효용성 역시 크게 증대되고 있다. 또한, 다양한 모바일 기기와 무선 센서 노드들(wireless sensor nodes)의 등장으로 인하여, 에너지 하베스팅 기술에 대한 시장의 요구가 증가하고 있다. 한편, 이러한 에너지 하베스팅 기술에 의해 수확된 에너지를 효율적으로 기기에 전달함과 동시에 이를 제어하는 장치의 저전력화는 필수적이라 할 수 있다.

[0003] 일반적으로 에너지 하베스팅 회로는 전력을 생산하는 하베스터, 생성되는 에너지를 직류성분으로 변환하는 정류기, 그리고 정류기에서 출력되는 에너지를 배터리나 대용량 커패시터에 저장하는 충전회로로 구성된다. 한편, 상기 하베스터는 압전 소자나 진동 에너지를 전력으로 전환하는 소자를 포함하는데, 상기 소자는 최대 전력점이 존재하며, 이는 입력되는 진폭과 주파수에 의해 결정된다.

[0004] 따라서, 에너지 하베스팅 회로의 에너지 수확 효율을 높이기 위해서는 정류기의 출력과 충전회로의 입력단 사이의 전압과 전류를 상기 최대 전력점에 맞춰야 한다. 이 때, 최대 전력점은 개회로 전압의 절반 값을 가질 때이다.

[0005] 상기 최대 전력점을 찾기 위해, 종래에는 정류기의 출력단과 충전회로의 입력단 사이의 전압, 전류를 조금씩 바꾸면서 최대 전력점을 찾아가는 방식(예컨대, Perturb & observe 방식 또는 Hill-climbing 방식 등)이나 정류기의 출력단과 충전회로의 입력단 사이에 스위치를 두고 이를 연 다음 정류기의 출력단에서 생성되는 개회로 전압을 측정하는 하여 최대 전력점을 찾아가는 방식을 주로 사용한다.

[0006] 이러한 종래의 방식은 최대 전력점을 추적하는 데 수십~수백 주기의 시간이 소요된다. 따라서, 종래에는 최대 전력점을 추적하는 동안에 전력 손실이 발생하며, 하베스터가 수확하는 전력의 변동성이 큰 에너지 하베스팅 시스템에 적용하는데 한계가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명은 추가적인 외부 전압을 인가할 필요 없이 개회로 전압을 측정하고 이를 이용해 최대 전력점에 해당하는 전압 값을 빠르게 측정하는 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 전력 손실을 최소화하는 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 하베스터가 수확하는 전력의 변동성이 큰 에너지 하베스팅 시스템에 적용 가능한 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 외부 환경에 빠르게 대처함과 동시에 높은 변환 효율을 가지는 에너지 하베스팅 장치 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스팅 장치는 에너지원으로부터 공급되는 교류전압을 직류전압으로 정류하는 정류부; 상기 정류부의 출력전압을 저장하는 충전부; 및 상기 정류부와 상기 충전부 사이에 선택적으로 접속되며, 제1 접속상태에서 상기 정류부의 출력전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 상기 정류부의 출력전압을 제어하는 최대 전력점 추적부를 포함한다.

[0012] 바람직하게는, 상기 최대 전력점 추적부는 상기 정류부의 출력노드에 접속되는 제1 커패시터; 상기 제1 커패시터에 선택적으로 접속되며 상기 제1 커패시터의 전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 최대 전력점을 검출하고 검출결과에 상응하는 제어신호를 출력하는 전압 제어부; 및 상기 제어신호에 기초하여 상기 정류부의 출력노드

의 전압을 저장하고 저장된 전압을 최대 전력점 전압으로서 분배하는 전하공유부를 포함할 수 있다.

- [0013] 바람직하게는, 상기 전압 제어부는 상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하고 미분결과를 출력하는 피크 감지부; 및 상기 피크 감지부의 출력신호에 기초하여 상기 제어신호를 발생하는 제어신호 발생부를 포함할 수 있다.
- [0014] 바람직하게는, 상기 에너지 하베스팅 장치는 상기 정류기의 출력전압과 상기 최대 전력점 전압을 비교하고 비교 결과에 기초하여 상기 충전부의 동작을 제어하는 충전 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 바람직하게는, 상기 에너지 하베스팅 장치는 상기 충전 제어부로 전원을 공급하는 전압 멀티플렉서(MUX)를 더 포함하되, 상기 전압 멀티플렉서는 S-R 래치 및 상승 엣지 검출기를 포함하여 상기 전압 멀티 플렉서의 출력 지연을 방지할 수 있다.
- [0016] 한편, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스팅 방법은 에너지원으로부터 공급되는 교류 전압을 직류전압으로 정류하는 단계; 상기 정류된 전압을 미분하고 그 결과에 기초하여 상기 정류된 전압의 최대 전력점을 추적하는 단계; 및 상기 정류된 전압이 최대 전력점에 도달하면 이 값을 유지시키면서 충전하는 단계를 포함한다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 최대 전력점 추적 단계는 상기 정류된 전압을 제1 캐패시터에 충전하는 단계; 상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하고 그 결과값에 기초하여 최대 전력점 전압을 검출하는 단계; 및 상기 최대 전력점이 검출되면 상기 제1 캐패시터에 충전된 전압을 제2 및 제3 캐패시터에 분배하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 바람직하게는, 상기 최대 전력점 전압 검출 단계는 상기 제1 캐패시터의 전압을 미분하는 단계; 상기 미분 결과와 바이어스 전압을 비교하는 단계; 및 상기 미분 결과가 바이어스 전압보다 낮아지는 순간의 상기 제1 캐패시터 전압을 최대 전력점 전압으로 검출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 충전 단계는 상기 정류된 전압과 상기 최대 전력점 전압을 비교하는 단계; 상기 비교 결과 상기 정류된 전압이 상기 최대 전력점 전압 보다 낮을 경우 충전을 일시 중단하여 상기 정류된 전압을 상승시키는 단계; 및 상기 비교 결과 상기 정류된 전압이 상기 최대 전력점 전압 보다 높을 경우 충전을 연속적으로 동작시켜 상기 정류된 전압을 하강시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 미분기를 이용한 피크 검출기를 적용함으로써, 추가적인 외부 전압을 인가할 필요 없이 개회로 전압을 측정하고 이를 이용해 최대 전력점에 해당하는 전압 값을 빠르게 측정할 수 있다. 이로 인해 본 발명은 전력 손실을 최소화할 수 있으며, 하베스터가 수확하는 전력의 변동성이 큰 에너지 하베스팅 시스템에 적용 가능한 효과가 있다. 또한, 본 발명은 외부 환경에 빠르게 대처함과 동시에 높은 변환 효율을 가지는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 장치에 대한 개략적인 블럭도이다.
- 도 2는 도 1에 예시된 최대 출력점 추적부의 동작을 설명하기 위한 개략적인 회로도이다.
- 도 3은 도 2에 예시된 제1 캐패시터의 동작 특성을 종래의 경우와 비교하여 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 도 2에 예시된 피크 감지부의 구성 및 동작 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 도 2에 예시된 전하 공유부의 동작 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 도 1에 예시된 충전 제어부에 대한 개략적인 블록도이다.
- 도 7은 도 6에 예시된 전압 멀티플렉서의 구성 및 동작 특성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도들이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 장치의 동작 성능을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어

야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

- [0023] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0024] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0025] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0027] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 장치에 대한 개략적인 블록도이다. 도 1을 참조하면 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 장치(100)는 정류부(110), 스위치(120), 충전부(130), 최대 출력점 추적부(200) 및 충전 제어부(300)를 포함한다.
- [0029] 정류부(110)는 에너지원으로부터 공급되는 교류전압을 직류전압으로 정류한다. 이를 위해, 정류부(110)는 에너지원(예컨대, 압전 변환기, 진동 소자 등)으로부터 에너지를 공급받는다.
- [0030] 제1 스위치(120)는 최대출력점 추적부(200)에서 출력되는 제어신호(SW1)에 의해 온/오프되어 정류부(110)와 충전부(130)의 연결을 제어한다.
- [0031] 충전부(130)는 제1 스위치(120)를 통해 정류부(110)와 연결되며, 정류부(110)의 출력 전압을 충전한다.
- [0032] 최대 전력점 추적부(200)는 정류부(110) 출력전압의 최대 전력점을 추적한다. 즉, 정류부(110)의 출력 전압이 최대일 때의 전압을 찾아낸다. 이를 위해, 최대 전력점 추적부(200)는 정류부(110)와 충전부(130) 사이에 선택적으로 접속되며, 제1 접속상태에서 상기 정류부의 출력전압(V_{RECT})을 미분하고 미분결과에 기초하여 상기 정류부의 출력전압을 제어한다. 이 때, 제1 접속상태는 제1 스위치(120)가 오픈되어, 정류부(110)와 충전부(130)가 단절되고, 최대 전력점 추적부(200) 내부의 스위치에 의해 최대 전력점 추적부(200)가 정류부(110)에 연결된 상태를 말한다. 이를 위한 최대 전력점 추적부(200)의 구성 및 구체적인 동작은 도 2 내지 도 5를 참조하여 보다 상세히 설명할 것이다.
- [0033] 충전 제어부(300)는 정류부(110)의 출력 전압과 최대 전력점 추적부(200)에서 추적된 최대 전력점 전압을 비교하고 그 결과에 기초하여 충전부(130)의 동작을 제어한다. 예를 들어, 상기 비교 결과 정류된 전압이 최대 전력점 전압 보다 낮을 경우 충전을 일시 중단하여 정류된 전압을 상승시키고, 반대의 경우 충전을 연속적으로 동작시켜 상기 정류된 전압을 하강시킨다. 이를 위해, 충전 제어부(300)는 충전부(130) 내에서 스위치 역할을 하는 트랜지스터들의 온/오프를 제어하기 위한 제어신호들(PH1, PH2, PH3, PH4)을 출력한다. 충전 제어부(300)의 구성 및 구체적인 동작은 도 6 및 도 7을 참조하여 보다 상세히 설명할 것이다.
- [0034] 도 2는 도 1에 예시된 최대 출력점 추적부(200)의 동작을 설명하기 위한 개략적인 회로도이다. 도 2를

참조하면, 최대 출력점 추적부(200)는 전압 제어부(210), 제2 스위치(220), 제1 캐패시터(C_2)(230), 전하 공유부(240)를 포함한다.

[0035] 제1 캐패시터(C_2)(230)는 정류부(110)의 출력노드에 접속되어, 정류부(110)의 출력 전압(V_{RECT})을 충전한다. 이 때, 제1 캐패시터(C_2)(230)는 그 용량이 나노 단위인 것이 바람직하다. 즉, 일반적으로 사용되는 마이크로 단위의 캐패시터들 보다 용량 및 크기가 작은 것이 바람직하다. 이는 작은 캐패시터를 사용할 경우, 정류부 출력 전압(V_{RECT})이 큰 리플을 나타내고, 한 사이클에 최대 전력점에 도달하기 때문이다. 도 3은 이러한 제1 캐패시터(C_2)(230)의 동작 특성을 종래의 경우와 비교하여 설명하기 위한 도면으로서, 도 3의 (a)는 마이크로 단위의 일반 캐패시터(C_1)를 사용하여 최대 전력점(V_{oc})을 추적하는 종래의 경우의 예를 도시하고, 도 3의 (b)는 나노 단위의 작은 캐패시터(C_2)를 사용하여 최대 전력점(V_{oc})을 추적하는 본 발명의 예를 도시하고 있다. 도 3을 참조하면 나노 단위의 작은 캐패시터(C_2)를 사용하여 최대 전력점을 추적하는 본 발명의 경우에 최대 전력점을 감지하는(Sensing) 시간 및 추적하는(Tracking) 시간이 종래의 경우와 비교하여 현저하게 짧음을 알 수 있다. 이와 같이 본 발명은 종래에 비해 상대적으로 작은 캐패시터를 적용함으로써 최대 전력점에 해당하는 전압 값을 빠르게 측정할 수 있게 되는 것이다.

[0036] 전압 제어부(210)는 제1 캐패시터(C_2)(230)에 선택적으로 접속된다. 즉, 전압 제어부(210)는 제2 스위치(220)에 의해 제1 캐패시터(C_2)(230)에 선택적으로 접속되며, 제2 스위치(220)는 제1 스위치(120)의 온/오프를 제어하는 제어신호(SW1)의 반전 신호(/SW1)에 의해 온/오프가 제어된다. 따라서, 제2 스위치(220)는 제1 스위치(120)와 반대로 동작하며, 제1 스위치(120)가 오프 되어 정류부(110)와 충전부(130)의 연결이 끊어진 경우 전압 제어부(210)를 제1 캐패시터(230)에 접속시킨다.

[0037] 이와 같이 전압 제어부(210)가 제1 캐패시터(C_2)(230)에 접속된 경우 전압 제어부(210)는 제1 캐패시터(C_2)(230)의 전압을 미분하고 미분결과에 기초하여 최대 전력점을 검출한 후 검출결과에 상응하는 제어신호를 출력한다. 이를 위해, 전압 제어부(210)는 제1 캐패시터(C_2)(230)의 전압을 미분하고 미분결과를 출력하는 피크 감지부(211)와, 피크 감지부(211)의 출력신호에 기초하여 상기 제어신호를 발생하는 제어신호 발생부(212)를 포함할 수 있다.

[0038] 이 때, 피크 감지부(211)는 도 4에 예시된 바와 같이 미분기(11)와, 비교기(12)와, 상승 엣지 검출기(13)를 포함하는데, 이와 같이 피크 감지부(211)에 미분기(11)를 적용하는 이유는 정류부(110)의 출력 전압이 큰 리플을 나타내고 이 출력 전압의 피크 전압이 하베스팅 장치(100)내에서 가장 높은 값을 나타내므로 일반 피크 검출기로는 감지하기 어렵기 때문이다. 도 4를 참조하여, 피크 감지부(211)의 동작을 설명하면 다음과 같다. 먼저, 도 4의 (a)를 참조하면, 미분기(11)는 정류부(110) 출력 전압(V_{RECT})과 바이어스 전압(V_{BIAS})을 입력으로 받아 정류부(110) 출력 전압(V_{RECT})을 미분한다. 그러면, 비교기(12)에서는 미분기(11)의 출력 전압(V_p)과 바이어스 전압(V_{BIAS})을 비교하는데, 만약 정류부(110)의 출력 전압(V_{RECT})이 최대 전력점(V_{oc})에 도달한 경우 미분기(11)의 출력 전압(V_p)이 바이어스 전압(V_{BIAS}) 보다 작아진다. 이 때, 비교기(12)와 상승 엣지 검출기(13)는 신호 V_{PK} 를 출력한다. 도 4의 (b)는 이러한 피크 감지부(211) 내의 전압들에 대한 특성 곡선을 나타낸다. 도 4의 (b)를 참조하면, 정류부(110)의 출력 전압(V_{RECT})이 피크값(V_{PK})을 나타낼 때, 미분기(11)의 출력 전압(V_p)이 바이어스 전압(V_{BIAS}) 보다 작아지는 것을 알 수 있다.

[0039] 한편, 제어신호 발생부(212)는 제1 스위치(120), 제2 스위치(220) 및 전하 공유부(240) 내에 포함된 다수의 스위치들을 제어하기 위한 스위치 제어신호들(SW1, SW2, SW3)을 출력한다. 이 중 제어신호 SW1은 제1 스위치(120)를 한 사이클 동안 주기적으로 개방하기 위한 제어신호이다. 또한, 제어신호 발생부(212)는 피크 감지부(211)에서 출력되는 신호 V_{PK} 에 응답하여 제어신호 SW2 및 제어신호 SW3을 발생시켜 전하 공유부(240)로 전달한다.

[0040] 전하 공유부(240)는 상기 최대 전력점 전압이 분배 저장될 제2 및 제3 캐패시터들(C_{oc1} , C_{oc2}) 및 이들의 경로를 제어할 다수의 스위치들을 포함하며, 전압 제어부(210)에서 출력되는 제어신호 SW2 및 제어신호 SW3에 기초하여 정류부(110)의 출력 전압(V_{RECT})을 상기 복수의 캐패시터들(C_{oc1} , C_{oc2})에 분배한다.

[0041] 먼저, 제어신호 발생부(212)가 최대 전력점 전압(V_{oc})이 감지되었을 때 출력되는 신호 V_{PK} 에 응답하여 제어신호

SW2를 하이로 출력하면, 제1 캐패시터(C_2)(230)에 저장되어 있던 최대 전력점 전압(V_{oc})이 제2 캐패시터(C_{oc1})로 복사되고, 누적 충전을 방지하기 위해 제3 캐패시터(C_{oc2})는 방전된다. 이와 같이 최대 전력점 전압(V_{oc})이 제2 캐패시터(C_{oc1})로 복사되면, 제어신호 발생부(212)는 제어신호 SW3을 하이로 출력하여 제2 캐패시터(C_{oc1})와 제3 캐패시터(C_{oc2}) 사이에 연결된 스위치를 닫고, 이로 인해, 전하분배가 이루어져 제2 캐패시터(C_{oc1})와 제3 캐패시터(C_{oc2})에는 최대 전력점 전압(V_{oc})의 반이 저장된다. 도 5는 전하 공유부의 동작 특성을 설명하기 위한 도면으로서, 도 5의 (a)는 제어신호 SW3에 의해 전하 분배가 이루어지는 과정을 설명하고, 도 5의 (b)는 최대 전력점 전압(V_{oc})이 감지되었을 때, 순차적으로 출력되는 제어신호 SW2와 제어신호 SW3에 응답하여 $1/2V_{oc}$ 값이 얻어지는 과정을 전압 특성 곡선으로 나타내고 있다.

[0042] 도 6은 도 1에 예시된 충전 제어부(300)에 대한 개략적인 블록도이다. 도 6을 참조하면, 충전 제어부(300)는 전압 멀티플렉서(V_{DD} MUX)(310), 비교기(320) 및 벅-부스트 컨트롤러(buck-boost controller)(330)를 포함하며, 벅-부스트 컨트롤러(buck-boost controller)(330)는 내부에 역류 및 다이오드 바디 효과 방지부(331), SW 컨트롤러(332) 및 램프 발생기(333)를 포함한다. 이들은 시스템 컨트롤 블록들로서, DC-DC 컨버터의 입/출력 전압을 사용하는 자체전원(self-powered) 블록들이다. 이러한 자체전원(self-powered) 블록들에게 높은 전원을 공급하기 위해 적용된 것이 전압 멀티플렉서(V_{DD} MUX)(310)로서, 그 구체적인 구성 예가 도 7에 예시되어 있다.

[0043] 도 7은 도 6에 예시된 전압 멀티플렉서의 구성 및 동작 특성을 설명하기 위한 도면으로서, 도 7을 참조하면, 전압 멀티플렉서(V_{DD} MUX)(310)는 복수의 비교기들(311, 312), 복수의 상승 엣지 검출기들(313, 314), 복수의 SR 래치들(315, 316)을 포함한다.

[0044] 일반적으로 비교기들(311, 312)은 낮은 에너지를 소비하는 반면, 비교 결과를 지연시키며, 이러한 비교기 출력의 지연은 일반적인 멀티플렉서(MUX)를 사용할 때 전압이 급등하는 원인이 된다. 즉, 비교기들(311, 312)의 출력 값이 1에서 0으로 변하는 경우 긴 지연이 발생하고, 이는 비교되는 두 전압의 대소가 바뀔 때 지연되는 시간 동안 출력단의 스위치가 모두 닫히게 되어 정상적인 전압을 출력하지 못하게 된다. 따라서, 상승 엣지 검출기들(313, 314)은 급등하는 전압을 제거하고, SR 래치들(315, 316)은 비교기들(311, 312)의 출력 값이 0에서 1로 변할 때에 지연시간이 크지 않은 점을 활용하여 출력부의 스위치를 지연시간이 거의 없이 빠르게 열고 닫을 수 있도록 한다.

[0045] 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도들이다. 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도이고, 도 9는 도 8의 충전 과정에 대한 개략적인 처리 흐름도이다.

[0046] 도 2 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 방법은 다음과 같다.

[0047] 먼저, 단계 S110에서는, 정류부(110)가 에너지원으로부터 공급되는 교류 전압을 직류전압으로 정류한다. 이를 위해, 정류부(110)는 에너지원(예컨대, 압전 변환기, 진동 소자 등)으로부터 에너지를 공급받을 수 있다.

[0048] 단계 S120에서는, 단계 S110에서 정류된 전압을 제1 캐패시터(C_2)(230)에 충전한다. 이 때, 제1 캐패시터(C_2)(230)는 그 용량이 나노 단위인 것이 바람직하다.

[0049] 단계 S130에서는, 피크 감지부(211)가 제1 캐패시터(C_2)(230)에 충전된 전압, 즉, 단계 S110에서 정류된 전압을 미분한다.

[0050] 단계 S140에서는, 피크 감지부(211)가 상기 미분 결과값에 기초하여 최대 전력점 전압을 검출한다. 즉, 상기 미분 결과와 바이어스 전압을 비교하여, 상기 미분 결과가 바이어스 전압 보다 낮아지는 순간에 제1 캐패시터(C_2)(230)에 충전된 전압을 최대 전력점 전압으로 검출한다.

[0051] 단계 S140에서 최대 전력점 전압이 검출되면, 단계 S150에서는, 전하 공유부(240)가 전하 분배에 의해 제1 캐패시터(C_2)(230)에 충전된 전압을 제2 및 제3 캐패시터(C_{oc1} , C_{oc2})에 분배한다. 결과적으로 제2 및 제3 캐패시터(C_{oc1} , C_{oc2})에는 최대 전력점 전압의 $1/2$ 값이 저장된다.

[0052] 단계 S160에서는, 충전부(130)가 최대 전력점 전압을 유지시키면서 충전한다.

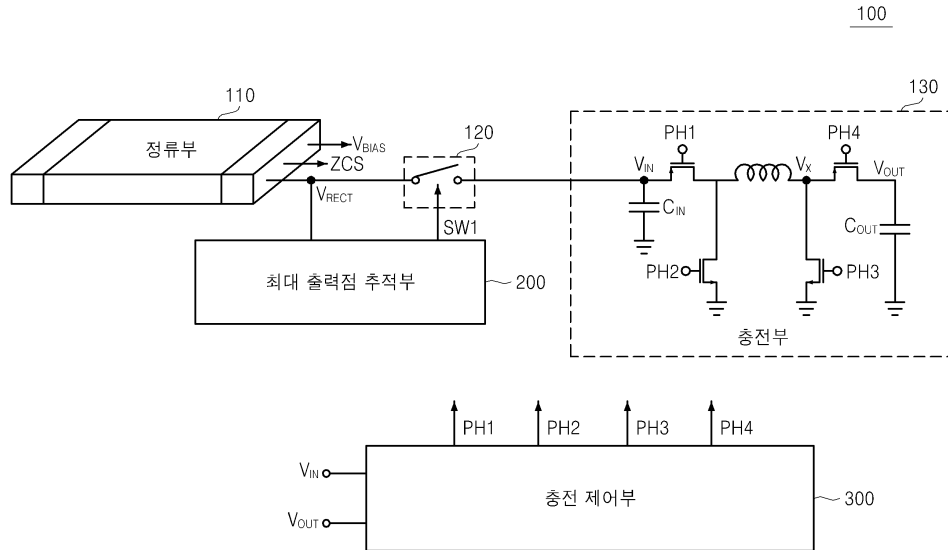
[0053] 도 1 및 도 9를 참조하면, 단계 S160을 실시하기 위해, 먼저, 단계 S161에서는, 충전 제어부(300)가 정류된 전

압(즉, 정류부(110)의 출력 전압)과 최대 전력점 전압을 비교한다.

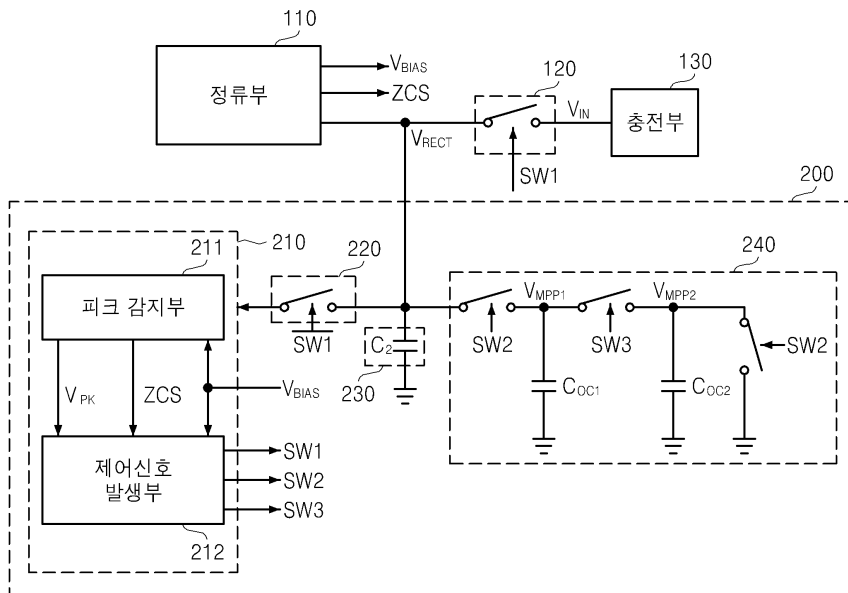
- [0054] 단계 S163에서는, 단계 S161의 비교 결과 정류된 전압(즉, 정류부(110)의 출력 전압)이 상기 최대 전력점 전압보다 낮을 경우 충전 제어부(300)가 충전을 일시 중단한다. 이는 정류된 전압(즉, 정류부(110)의 출력 전압)을 상승시키기 위함이다.
- [0055] 단계 S165에서는, 단계 S161의 비교 결과 정류된 전압(즉, 정류부(110)의 출력 전압)이 상기 최대 전력점 전압보다 높을 경우 충전 제어부(300)가 충전을 연속적으로 동작시킨다. 이는 정류된 전압(즉, 정류부(110)의 출력 전압)을 하강시키기 위함이다.
- [0056] 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 에너지 하베스팅 장치의 동작 성능을 설명하기 위한 도면이다. 도 10의 (a)는 도 6의 벡-부스트 컨트롤러(buck-boost controller)(330)의 파워 컨버전 효과를 측정한 결과를 나타내고, 도 10의 (b)는 본 발명을 다른 압전 에너지 하베스팅 시스템과의 비교 테이블을 나타낸다.
- [0057] 도 10 (a)를 참조하면, 벡-부스트 컨트롤러(buck-boost controller)(330)의 파워 컨버전 효과는 컨트롤러의 에너지 소비를 포함하여 80%이며($V_{IN} = 4.7V$ 이고, $7k$ 부하저항(load resistance)일 때), 최대 99.9%의 효과를 갖는다. 한편, 도 10 (b)를 참조하면, 기존의 하베스팅 시스템들(ISSCC 2013 : 2013 IEEE International Solid-State Circuits Conference, ISSCC 2013 / SESSION 4 / HARVESTING & WIRELESS POWER / 4.6 "Self-Biased 5-to-60V Input Voltage and 25-to-1600 μ W Integrated DC-DC Buck Converter with Fully Analog MPPT Algorithm"에 개시된 기술, TPEL 2012: Applied Power Electronics Conference (APEC 2010), "A Self-powered Power Management Circuit for Energy Harvested by a Piezoelectric Cantilever," February 21-25, 2010, pp. 2154 -2160 에 개시된 기술)과 본 발명(This work)의 각 항목별 비교 결과를 알 수 있는데, 특히, 최대 전력점 추적 시간(MPPT Time)이 ISSCC 2013의 경우 800ms(21.5V to 11.5V)이고, TPEL 2012의 경우 47s(17V to 11V)인 반면, 본 발명(This work)의 경우 20ms(3.4V to 1.2V)로 다른 시스템들에 비해 현저하게 빠름을 알 수 있다.
- [0058] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.
- [0059] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등)를 포함한다.
- [0060] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다.
- [0061] 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

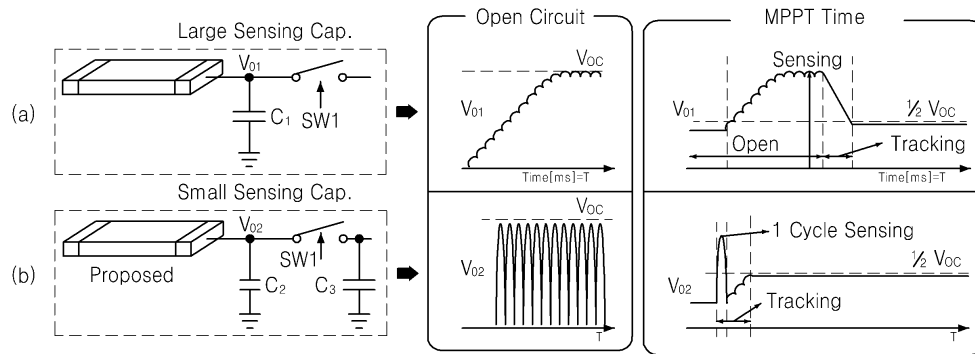
도면1



도면2

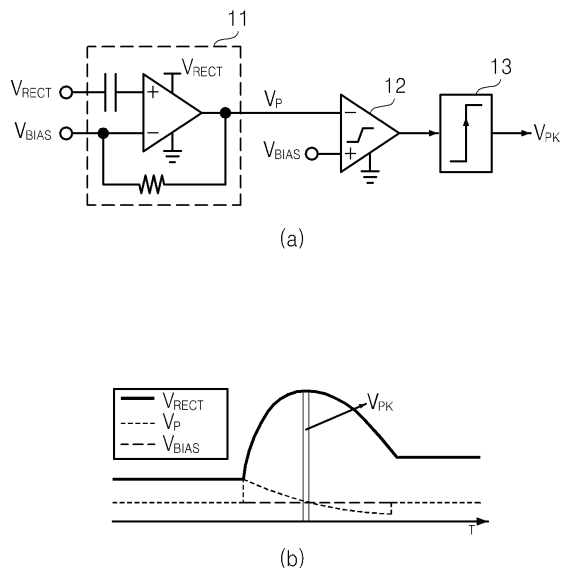


도면3

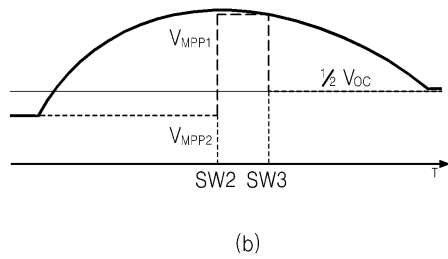
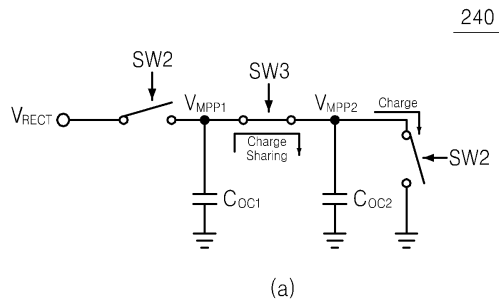


도면4

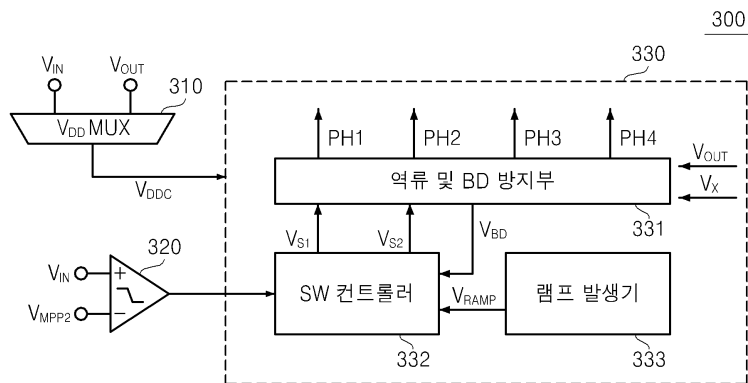
211



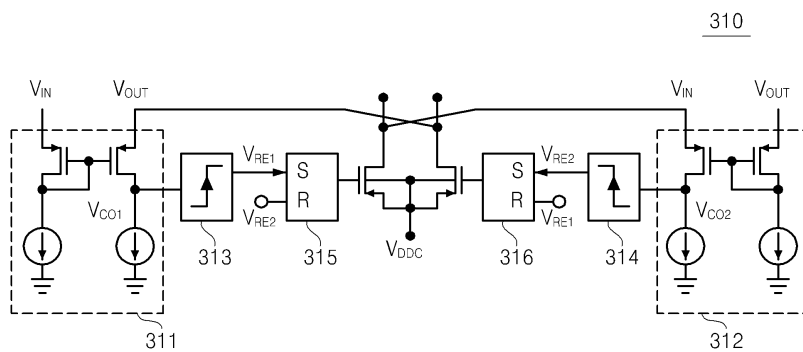
도면5



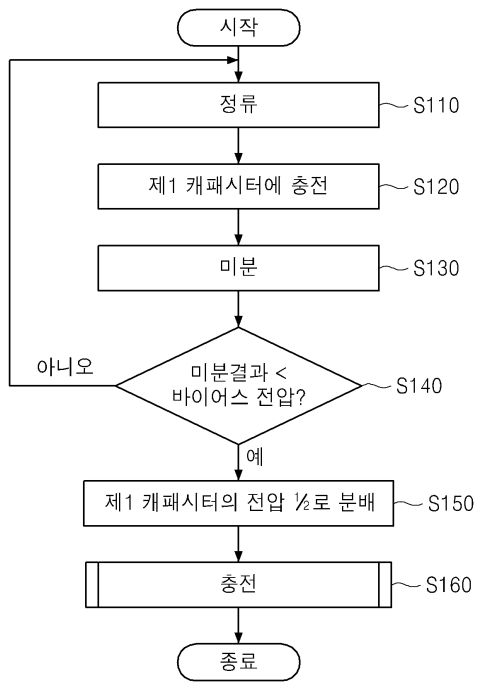
도면6



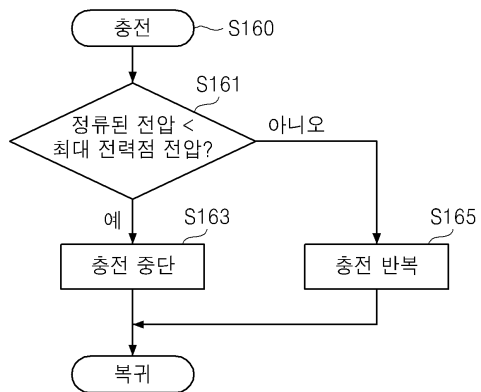
도면7



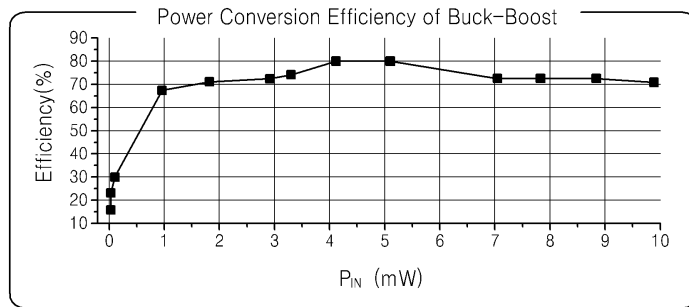
도면8



도면9



도면10



(a)

Parameters	ISSCC 2013 [3]	TPEL 2012 [4]	This work
Process	0.25 μ m BCD	Off-chip	0.35 μ m BCD
Input voltage	5~60V	3~25V	1~7V
Output voltage	2~5V	3V~	1~8V
Input power	25 μ W~1.6mW	N.A	33 μ W~10mW
Type of converter	Buck	Buck-Boost	Buck-Boost
Maximum converter efficiency	88.9%	76%	80%
MPPT algorithm	Variable Step-size P&O	P&O	Fractional V
Maximum MPPT efficiency	99.9%	97.8%	99.9%
MPPT Time	800ms(21.5V to 11.5V)	47s(17V to 11V)	20ms(3.4V to 1.2V)

(b)