



등록특허 10-2425925



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월28일

(11) 등록번호 10-2425925

(24) 등록일자 2022년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05F 1/67 (2006.01) G05F 3/26 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G05F 1/67 (2013.01)
G05F 3/26 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0061623

(22) 출원일자 2021년05월12일

심사청구일자 2021년05월12일

(30) 우선권주장
1020210011770 2021년01월27일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌
Oscar Lopez-Lapena et al., "A New MPPT Method for Low-Power Solar Energy Harvesting", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57, Issue 9, September 2010.

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김용신

서울특별시 동작구 상도로 346-2, 201동 703호

임윤찬

서울특별시 성북구 지봉로24길 6-18, J&빌 502호

(74) 대리인

김홍석

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 이성현

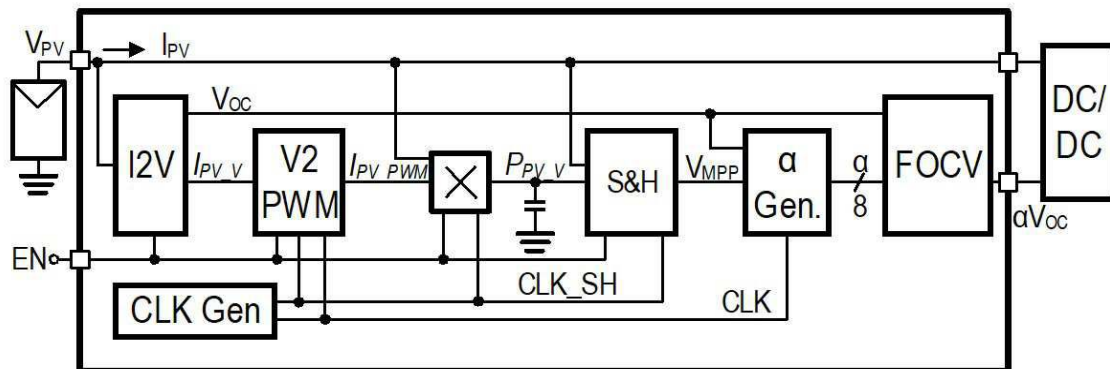
(54) 발명의 명칭 에너지 하베스터

(57) 요약

에너지 하베스터가 개시된다. 상기 에너지 하베스터는 태양 전지가 축전기에 전압을 충전하면서, 전류 미리 방식으로 태양 전지의 전류를 감지하고, 감지된 전류를 이용하여 출력 전압(V)을 계산하는 전류-전압 컨버터, 전류-전압 컨버터에서 계산된 출력 전압을 램프 전압과 비교하여 PWM(pulse width modulation) 전류를 생성하는 전압-

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



PWM 컨버터, 전류-전압 컨버터의 출력 전압(V)과 PWM 전류를 곱하여 태양 전지의 출력 전력(P)을 결정하는 아날로그 멀티플라이어(analog multiplier), 아날로그 멀티플라이어로부터 출력 전력(P)을 최대 전력 값과 비교하여 최대 출력 전력을 실시간으로 측정하고, 최대 출력 전력을 내는 태양 전지의 전압(V_{MPP})을 실시간으로 측정하는 샘플-홀드(sample-hold) 회로, 태양 전지의 개방 회로 전압과 샘플-홀드에서 구한 V_{MPP} 을 이용하여 n-bit의 디지털 비트로 생성하는 α -생성기, 및 복수의 축전기들을 포함하며, α -생성기의 n-bit의 디지털 비트와 개방 회로의 전압을 이용하여, 축전기들에 충전 및 전하 재분배하는 FOCV(fractional open-circuit voltage) 회로를 포함한다.

(52) CPC특허분류

Y02E 10/50 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415164127
과제번호	10073185
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	전자부품산업핵심기술개발(R&D)
연구과제명	Multi-Source 에너지 응집 하베스팅 및 초저전력 구동 Self-Powered IoT 디바이스
플랫폼 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	전자부품연구원
연구기간	2016.12.01 ~ 2019.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

태양 전지의 출력을 축전기에 충전하면서, 전류 미러 방식으로 상기 태양 전지의 전류를 감지하고, 상기 감지된 전류를 이용하여 출력 전압(V)을 계산하는 전류-전압 컨버터;

상기 전류-전압 컨버터에서 계산된 상기 출력 전압을 램프 전압과 비교하여 PWM(pulse width modulation) 단일 펄스를 생성하는 전압-PWM 컨버터;

상기 전류-전압 컨버터의 상기 출력 전압(V)과 상기 PWM 단일 펄스를 곱하여 상기 태양 전지의 출력 전력(P)을 결정하는 아날로그 멀티플라이어(analog multiplier);

상기 아날로그 멀티플라이어로부터 상기 출력 전력(P)을 최대 전력 값과 비교하여 최대 출력 전력을 실시간으로 측정하고, 상기 최대 출력 전력을 내는 상기 태양 전지의 전압(V_{MPP})를 실시간으로 측정하는 샘플-홀드(sample-hold) 회로;

상기 태양 전지의 개방 회로 전압과 상기 샘플-홀드에서 구한 상기 V_{MPP} 을 이용하여 n-bit의 디지털 비트로 생성하는 α -생성기; 및

복수의 축전기들을 포함하며, 상기 α -생성기의 상기 n-bit의 디지털 비트와 상기 개방 회로의 전압을 이용하여, 상기 축전기들에 충전 및 전하 재분배하는 FOCV(fractional open-circuit voltage) 회로를 포함하는 에너지 하베스터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전류-전압 컨버터에서,

상기 출력 전압(V)은 상기 태양 전지에서 감지된 전류에 저항을 곱하여 구하는 에너지 하베스터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전압-PWM 컨버터에서, 상기 전류가 클수록 단일 펄스의 폭이 넓고, 상기 전류가 작을수록 상기 단일 펄스의 폭이 좁은 에너지 하베스터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 샘플-홀드 회로는 복수의 축전기들을 포함하며,

상기 출력 전력이 상기 최대 전력 값보다 크면, 상기 출력 전력을 상기 축전기들 중 하나에 저장하는 에너지 하베스터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 α -생성기는 8-bit를 생성하고,

상기 V_{MPP} 을 상기 개방회로 전압으로 나눈 α 값을 만족하는 $\alpha < 7:0 >$ 을 생성하는 에너지 하베스터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양광 에너지 하베스터 시스템에 관한 것이며, 보다 상세하게는 배터리를 사용하는 저전력 환경에서 최적의 전력을 구동하게 하는 에너지 하베스터 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 저전력 IoT(Internet of Things) 디바이스에는 주위의 환경에서 버려지는 에너지를 모아 전기 에너지로 바꿔서 외부의 전력 없이 동작시키는 에너지 하베스팅 기술이 필요하다.

[0003] 태양광 에너지 하베스팅의 경우, 태양 전지가 뒷 단에 달린 부하의 저항에 따라 출력 전압과 출력 전류가 달라져 출력 전력도 변화하는 특성이 존재한다. 그리하여, 태양광 에너지 하베스팅 기술의 경우, 최대 출력 전력을 내는 출력 전압을 디텍팅하는 기술인 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 기술이 필요하다.

[0004] 태양광 에너지 하베스터에서 태양 전지는 빛의 조도 및 온도와 같은 외부 환경에 따라 최대 전력을 출력하는 지점이 달라진다. 그러므로, 주기적으로 최대 전력 출력 지점을 재추적해야 한다.

[0005] 기존의 태양광 에너지 하베스터의 최대 전력 지점 추적 시스템에 사용되는 알고리즘은 P&O(Perturb & Observe), FOCV(Fractional Open Circuit Voltage), Neural Network 등이 있다.

[0006] P&O 기술의 경우, 최대 전력을 가지는 지점이 두 개 이상인 태양광 셀의 경우 글로벌 MPP 지점이 아닌 로컬 MPP 지점을 찾을 가능성이 존재한다는 문제가 있다. 기존의 FOCV 기술의 경우 외부에서 최대 전력 출력 전압과 개회로(Open Circuit) 전압 간의 비율을 지정해 주어야 하는데 외부 환경이 변화할 경우 실제 최대 전력 출력 전압이 아닐 가능성이 있다. 또한, Neural Network 기술의 경우, 변화하는 환경에 따라 최대 전력 출력 지점을 추적하지만 추적하는 시간 동안 전력 소모량이 매우 높아서 저전력 환경에서는 적합하지 않다.

[0007] 결국, 저전력 환경에서는 FOCV 방식이 최선의 선택일 수 있다. 하지만 태양 전지는 외부 환경에 따라서도 자체의 특성이 바뀌어 최대 출력 전력을 내는 전압이 실시간으로 바뀔 염려가 있어 주기적으로 태양 전지의 현재 환경에서의 특성과 MPP(Maximum Power Point, 최대 전력 지점)를 찾는 방식이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본원 발명이 해결하고자 하는 과제는 광범위하게 MPP를 저전력으로 추적할 수 있는 에너지 하베스터를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 실시예들에 따른 전류-전압 컨버터는, 태양 전지가 축전기에 전압을 충전하면서, 전류 미러 방식으로 상기 태양 전지의 전류를 감지하고, 상기 감지된 전류를 이용하여 출력 전압(V)을 계산하는 전류-전압 컨버터; 상기 전류-전압 컨버터에서 계산된 상기 출력 전압을 램프 전압과 비교하여 PWM(pulse with modulation) 단일 펄스를 생성하는 전압-PWM 컨버터; 상기 전류-전압 컨버터의 상기 출력 전압(V)과 상기 PWM 단일 펄스를 곱하여 상기 태양 전지의 출력 전력(P)을 결정하는 아날로그 멀티플라이어(analog multiplier); 상기 아날로그 멀티플라이어로부터 상기 출력 전력(P)을 최대 전력 값과 비교하여 최대 출력 전력을 실시간을 측정하고, 상기 최대 출력 전력을 내는 상기 태양 전지의 전압(V_{MPP})을 실시간으로 측정하는 샘플-홀드(sample-hold) 회로; 상기 태양 전지의 개방 회로 전압과 상기 샘플-홀드에서 구한 상기 V_{MPP} 을 이용하여 n-bit의 디지털 비트로 생성하는 α -생성기; 및 복수의 축전기들을 포함하며, 상기 α -생성기의 상기 n-bit의 디지털 비트와 상기 개방 회로의 전압을 이용하여, 상기 축전기들에 충전 및 전하 재분배하는 FOCV(factional open-circuit voltage) 회로를 포함한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명의 실시예들에 따르면, 전류-전압 컨버터를 통하여, 태양 전지가 구동할 수 있는 전체 범위의 전압과 전류를 측정함으로써 광범위한 MPP 지점을 추적할 수 있다. 또한, 태양 전지의 전류를 전압형태로 그리고 PWM 형태로 전환시켜 공급하는 방식으로 아날로그 전력 계산 회로를 구현하여 저전력에서도 태양 전지의 전체 전력을 구

할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터를 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 구동 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 전류-전압 컨버터를 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 4는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 전압-PWM 컨버터를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.
- 도 5는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 아날로그 멀티플라이어를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.
- 도 6은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 샘플-홀드 회로를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.
- 도 7은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 FOCV 회로를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.
- 도 8 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터의 전류-전압 컨버터의 I-V 커브 시뮬레이션 결과 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터의 아날로그 멀티플라이의 동작 과도 특성 시뮬레이션 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0013] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0014] '제1' 또는 '제2' 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0015] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 '연결되어' 있다거나 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 '직접 연결되어' 있다거나 '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 '~사이에'와 '바로 ~사이에' 또는 '~에 이웃하는'과 '~에 직접 이웃하는' 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0016] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 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 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0018] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터를 설명하기 위한 블록도이고, 도 2는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 구동 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0021] 도 1 및 도 2를 참조하면, 에너지 하베스터(실시예에 따라, 에너지 하베스팅 장치, 에너지 하베스터 시스템, 에너지 하베스터 장치, 최대 전력 지점 추적 장치 등으로 명명될 수도 있음)는 전류-전압 컨버터(I2V), 전압-PWM(pulse width modulation) 컨버터(V2PWM), 아날로그 멀티플라이어(analog multiplier), 샘플-홀드(sample-hold) 회로(S&H), α -생성기(α -Gen.), 및 FOCV(fractional open-circuit voltage) 회로를 포함할 수 있다. 에너지 하베스터는 태양 전지의 출력 전압(V_{PV}) 및/또는 출력 전류(I_{PV})를 수신하고 출력 전류(I_{PV}) 및/또는 최대 전력 지점의 전압(αV_{OC})을 출력할 수 있다.
- [0022] 실시예에 따라, 에너지 하베스터는 전압-PWM 컨버터, 아날로그 멀티플라이어, 샘플-홀드 회로, 및 α -생성기 중 적어도 하나의 동작을 위한 적어도 하나의 클록을 생성하여 출력하는 클록 생성기(CLK Gen)를 더 포함할 수 있다. 또한, 에너지 하베스터는 각 블록들 중 적어도 일부의 동작을 구동시키기 위한 구동 전압(V_{DD})을 외부로부터 공급받거나 이를 공급하는 전원부를 더 포함하거나 태양 전지로부터 공급받을 수 있다.
- [0023] 클록 생성기가 생성하는 적어도 하나의 클록은 전압-PWM 컨버터, 아날로그 멀티플라이어, 및 샘플-홀드 회로를 위한 제1 클록(CLK_SH)과 전압-PWM 컨버터와 α -생성기를 위한 제2 클록(CLK)을 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 에너지 하베스터의 각 블록들 중 적어도 일부, 예컨대 전류-전압 컨버터, 전압-PWM 컨버터, 아날로그 멀티플라이어, 및 샘플-홀드 회로는 외부로부터 입력되는 활성화 신호(EN)의 수신에 응답하여 미리 정해진 동작을 수행할 수 있다.
- [0025] 도 3은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 전류-전압 컨버터를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0026] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 전류-전압 컨버터는 태양 전지의 출력(전압)을 축전기(capacitor)에 충전하면서, 전류 미러(current mirror) 방식으로 태양 전지의 출력 전압(V_{PV}) 및/또는 태양 전지의 출력 전류(I_{PV})를 검출할 수 있다. 이때, 태양 전지의 출력 전압은 0V에서부터 태양 전지의 개방 회로(open circuit)일 때의 출력 전압(V_{OC})까지의 범위를 가질 수 있다. 태양 전지의 출력 전류는 태양 전지의 단락 회로(short circuit)일 때의 출력 전류(I_{SC})에서부터 0A까지의 범위를 가질 수 있다. 전류-전압 컨버터는 출력 전류(I_{PV})에 저항(R_1)을 곱하여 전압(I_{PV_V})으로 변환한 후 출력할 수 있다.
- [0027] 도 4는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 전압-PWM 컨버터를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.
- [0028] 도 1, 도 2, 및 도 4를 참조하면, 전압-PWM 컨버터는 I_{PV_V} 를 램프 전압 생성기의 출력 전압(V_{RAMP})과 비교하여 펄스의 폭으로 변환할 수 있다.
- [0029] 이때, V_{RAMP} 의 기울기는 하기 식 1과 같다.
- [0030] [식 1]
- $$\frac{\max(V_{RAMP})}{T} = \frac{I_{PV_V}(n)}{I_{PWM}(n)}$$
- [0031]
- [0032] 식 1에서, T는 V_{RAMP} 의 주기이며, n은 1이상의 정수이다.
- [0033] 또한, 식 1을 변형하면, 식 2를 얻을 수 있다.
- [0034] [식 2]
- $$\therefore I_{PWM}(n) = \frac{T \times I_{PV_V}(n)}{\max(V_{RAMP})}$$
- [0035]
- [0036] 식 2에 따르면, I_{PV_V} 와 단일 펄스의 폭은 비례한다. 즉, I_{PV_V} 가 클수록 단일 펄스의 폭이 넓고, I_{PV_V} 가 작을수록

단일 펄스의 폭이 좁아지게 된다.

[0037] 도 5는 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 아날로그 멀티플라이어를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.

[0038] 도 1, 도 2, 및 도 5를 참조하면, 아날로그 멀티플라이어는 V_{PV} 를 저항(R_2)을 통해 전류($V_{PV,I}$)로 변환시킬 수 있다. 즉, $V_{PV,I} = R_2 \times V_{PV}$ 이다. 결국, 아날로그 멀티플라이어는 펄스의 폭으로 구현된 태양 전지의 전류와 $V_{PV,I}$ 의 곱을 축전기(C_1)에 충전하는 형태로 태양 전지의 출력 전력(P_{PV})을 구할 수 있다. 이는 하기의 식 3과 같다.

[0039] [식 3]

$$P_{PV}(n) = \frac{Q_1(n)}{C_1} = \frac{V_{PV}(n) \times I_{PWM}(n)}{C_1} = \frac{IR_2}{C_1 R_2 \max(V_{RAMP})} V_{PV}(n) I_{PV}(n)$$

[0041] 도 6은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 샘플-홀드 회로를 설명하기 위한 블록도 및 타이밍 다이어그램이다.

[0042] 도 1, 도 2, 및 도 6을 참조하면, 샘플-홀드 회로에서는 출력 전력($P_{PV}(n+1)$)을 현재 저장되어있는 최대 전력 값($P_{\max,V}(n)$)과 비교하여 최대 출력 전력을 실시간으로 측정하고, 최대 출력 전력을 측정하는 타이밍과 동일한 타이밍으로 최대 출력 전력을 내는 태양 전지의 전압(V_{MP})을 실시간으로 측정할 수 있다.

[0043] 이때, $P_{\max,V}(n)$ 보다 $P_{PV}(n+1)$ 이 큰 경우, $P_{\max,V}$ 를 새로 저장할 수 있다. 도 6에서, Q가 켜지면(즉, SW₁과 SW₂가 턴온(turn-on)된다. 즉, D 플립-플롭의 출력 Q는 SW₁과 SW₂의 개폐를 제어하는 제어 신호로 이해될 수 있다. 예컨대, '하이(high)' 값을 갖는 Q는 SW₁과 SW₂를 턴온시키기 위한 제어 신호이고, '로우(low)' 값을 갖는 Q는 SW₁과 SW₂를 턴오프시키기 위한 제어 신호로 이해될 수 있다. 이에 따라, C₂에 $P_{\max,V} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} P_{PV}$ 가 저장되고, C₃에 $V_{MP}(n)$ 이 저장될 수 있다.

[0044] 한편, $P_{\max,V}(n)$ 보다 $P_{PV}(n+1)$ 이 작거나 동일한 경우, Q가 꺼지면 SW₁과 SW₂가 턴오프(turn-off)된다.

[0045] 도 1 및 도 2를 참조하면, α-생성기는 8-bit의 SAR(successive-approximation-register) ADC(analog-to-digital converter) 방식을 이용할 수 있다. 일 실시예에 따르면, α-생성기는 태양 전지의 개방 회로 전압(V_{OC})과 샘플-홀드 회로의 출력인 V_{MP} 를 입력으로 받아 $\alpha = \frac{V_{MP}}{V_{OC}}$ 를 만족하는 k-bit(k는 2 이상의 자연수로서, 예시적으로 k는 8일 수 있음)의 α <(k-1):0>(일 예로 k가 8인 경우 α <7:0>)를 생성할 수 있다. 여기서, α는 샘플-홀드 회로의 출력(V_{MP})과 개방 회로 전압(V_{OC})의 비율인 전압 팩터(voltage factor)를 의미할 수 있다. 이에 따라, α-생성기는 전압 팩터 생성기로 명명될 수도 있다.

[0046] 도 7은 도 1에 도시된 에너지 하베스터의 FOCV 회로를 설명하기 위한 블록도이다.

[0047] 도 1, 도 2, 및 도 7를 참조하면, FOCV 회로는 2^k-1 (예컨대, 2^8-1) 개의 축전기들(C_0)을 포함할 수 있다. α

<7:0>와 V_{OC} 를 입력으로 받아, $\alpha V_{OC} = \frac{C_X}{C_X + C_Y} V_{OC} = \frac{C_X}{(2^8-1)C_0} V_C$ 를 만족하도록 축전기들 C_0 이 배열될 수 있다.

[0048] 우선, phase 1(제1 상, 제1 단계, 제1 모드 등으로 명명될 수도 있음)인 경우, 스위치 S₁과 S₃가 닫히고 S₂가 열리면, V_{OC} 를 C_X에 충전할 수 있다. phase 2(제2 상, 제2 단계, 제2 모드 등으로 명명될 수도 있음)인 경우, S₁과 S₃가 열리고 S₂가 닫히면, C_X에 저장된 V_{OC} 를 전하재분배를 통하여 α V_{OC} 생성할 수 있다.

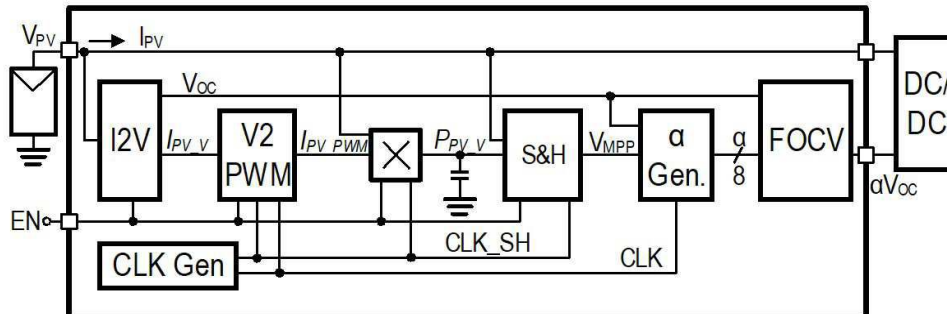
[0049] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터를 시뮬레이션한 결과를 설명하기로 한다.

[0050] 도 8 내지 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터의 전류-전압 컨버터의 I-V 커브 시뮬레이션 결과 그래프이다.

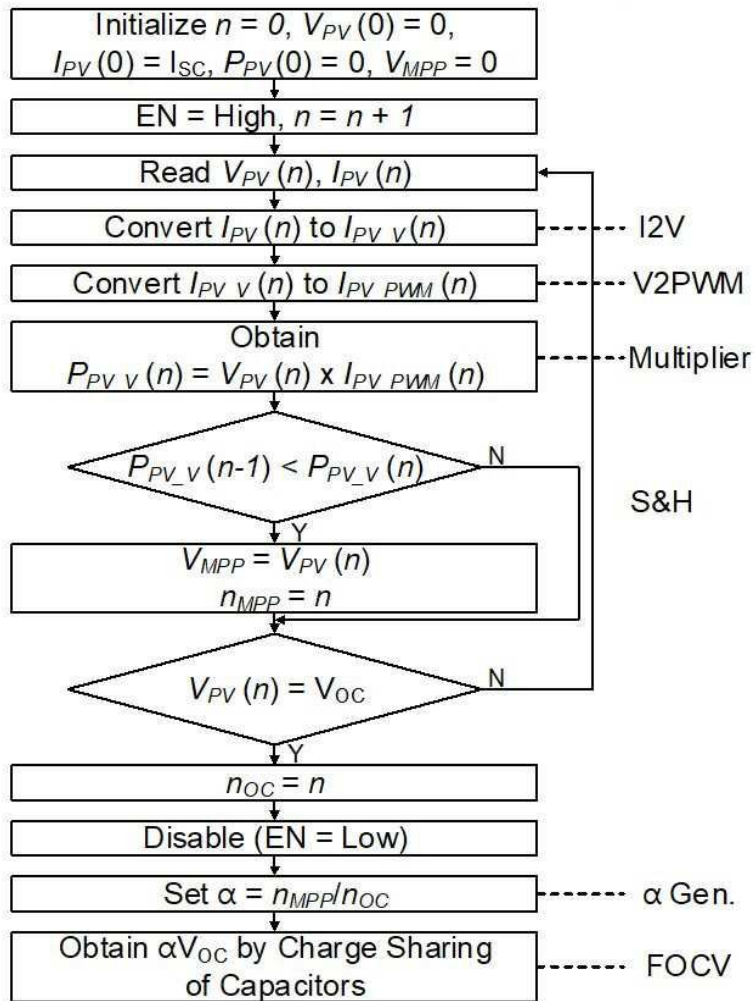
- [0051] 도 8은 과도 특성(transient) 시뮬레이션 결과를 나타내고, 도 9는 IV 커브 시뮬레이션 그래프이고, 도 10은 전압-전력 시뮬레이션 그래프이다.
- [0052] 상세하게는, 도 8은 전류-전압 컨버터에 EN 신호가 인가될 때, 태양 전지의 전압과 전류를 정상적으로 스위프(sweep)하여 검출하는지 측정하기 위한 시뮬레이션이다.
- [0053] 도 8 내지 도 10을 참조하면, 실제 태양 전지의 최대 전력과 전류-전압 컨버터를 거친 후 전류가 전압형태로 바뀐 후 측정한 최대 전력간의 오차를 비교할 수 있다. 실제 태양 전지의 최대 전력은 250.892 μ W이고 전류-전압 컨버터를 거친 후 계산한 최대 전력은 249.85 μ W으로써, 계산된 오차가 0.415%이다.
- [0054] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터의 아날로그 멀티플라이어의 동작 과도 특성 시뮬레이션 결과를 나타내는 그래프이다.
- [0055] 도 11을 참조하면, 트래킹 시간이 6.96 ms인 것을 알 수 있다.
- [0056] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 하베스터에서 전류-전압 컨버터를 통하여, 태양 전지가 구동할 수 있는 전체 범위의 전압과 전류를 측정함으로써 광범위한 MPP 지점을 추적할 수 있다. 또한, 태양 전지의 전류를 전압 형태로 그리고 PWM 형태로 전환시켜 공급하는 방식으로 아날로그 전력 계산 회로를 구현하여 저전력에 서도 태양 전지의 전체 전력을 구할 수 있다.
- [0057] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

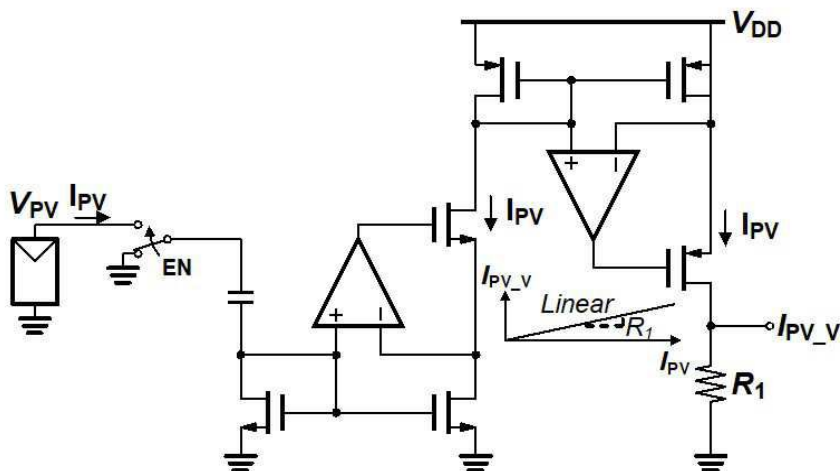
도면1



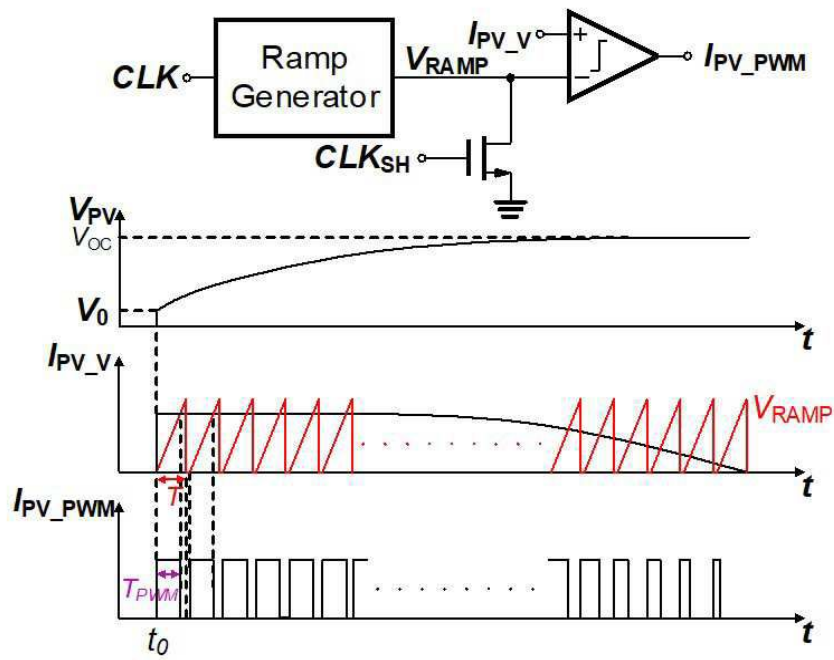
도면2



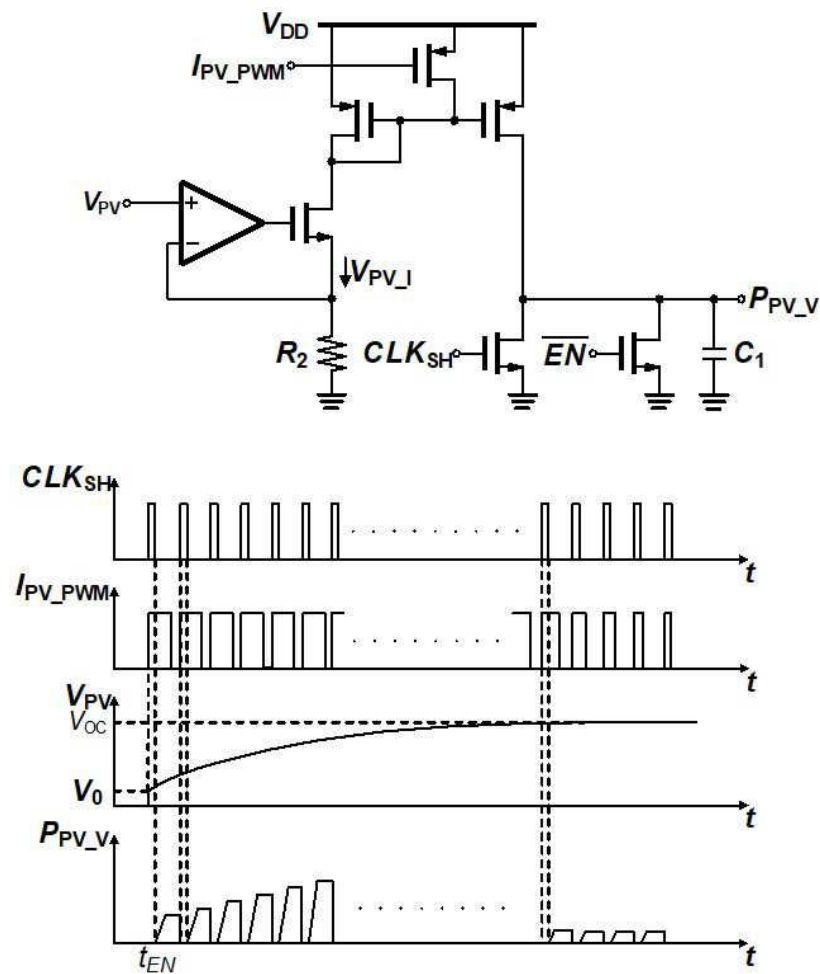
도면3



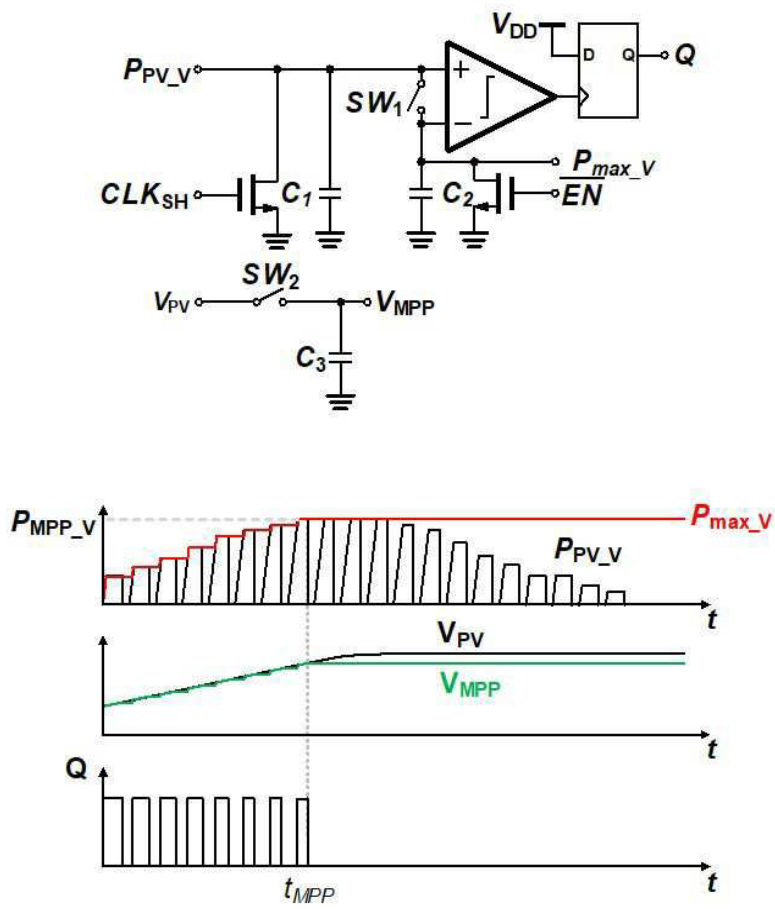
도면4



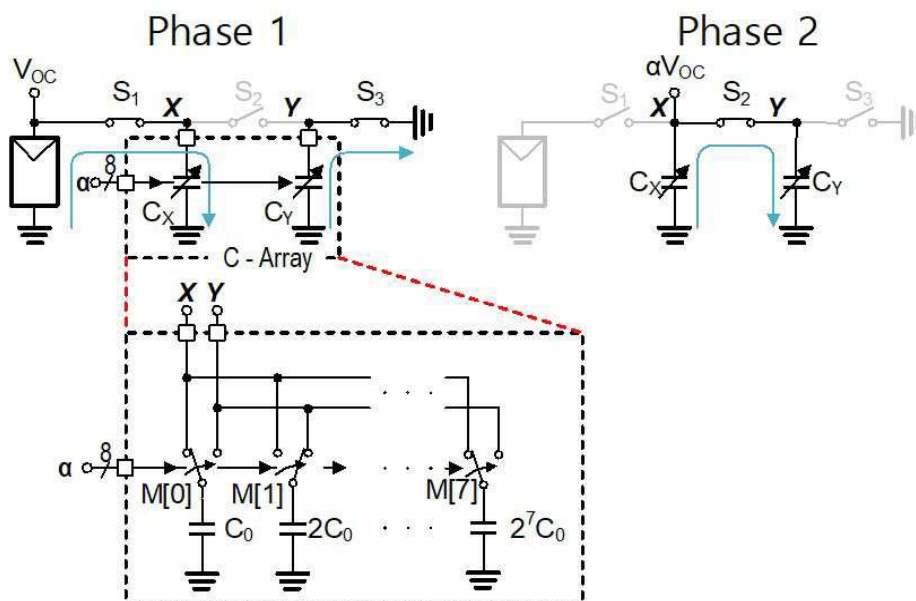
도면5



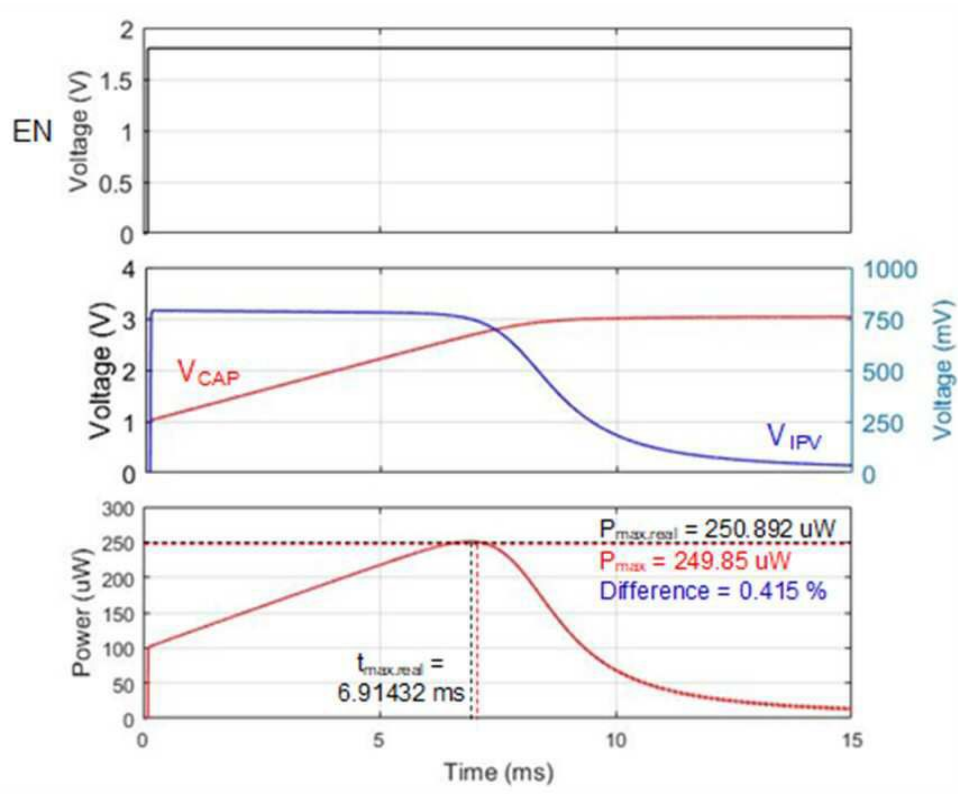
도면6



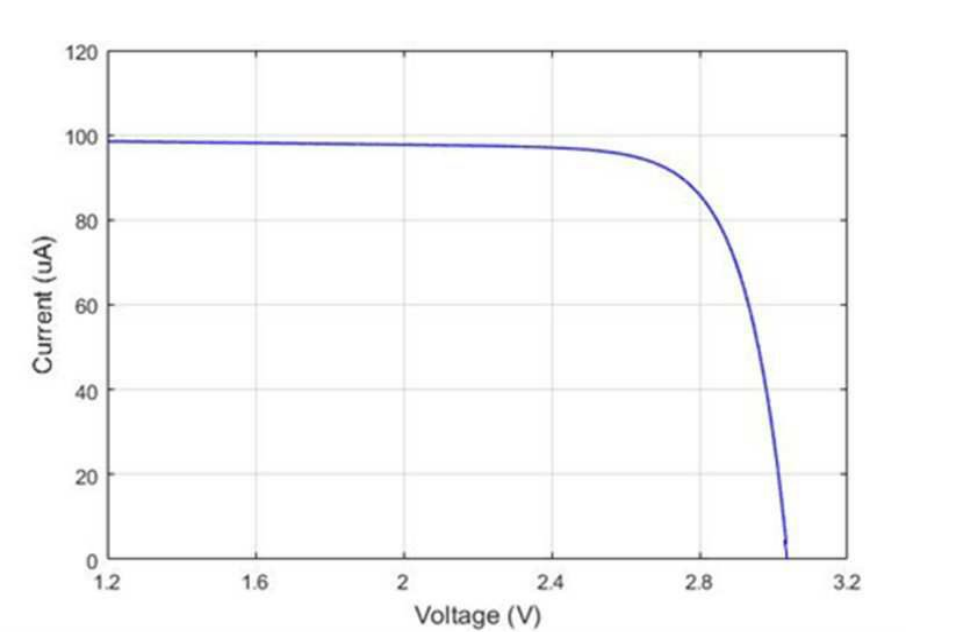
도면7



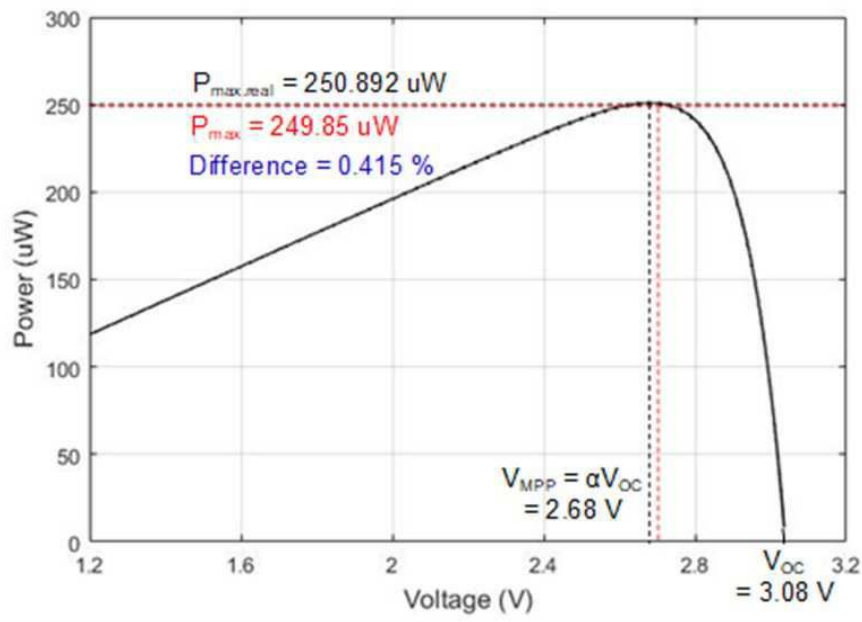
도면8



도면9



도면10



도면11

