



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월10일
(11) 등록번호 10-1885296
(24) 등록일자 2018년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 21/06 (2006.01) G01R 21/133 (2006.01)
G05F 1/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01R 21/06 (2013.01)
G01R 21/133 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0114546
(22) 출원일자 2017년09월07일
심사청구일자 2017년09월07일
(56) 선행기술조사문헌
CN103677067 A
US20120087159 A1
US20110109346 A1

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김철우
서울특별시 강남구 선릉로 221, 401동 1003호
맹준영
서울특별시 성북구 인촌로12길 68, 601호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

전체 청구항 수 : 총 17 항

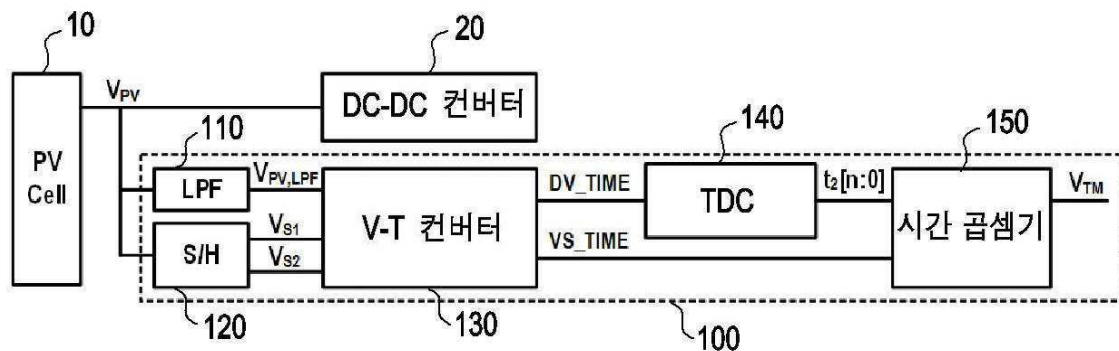
심사관 : 오용균

(54) 발명의 명칭 태양 전지의 최대 전력점 추적을 위한 전력 감지 회로 및 그 방법

(57) 요약

태양 전지의 최대 전력점 추적을 위한 전력 감지 회로를 제공한다. 본 발명은 전력 감지 회로에 있어서, 외부 에너지원으로부터 입력되는 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 평균전압 추출부; 상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출하는 리플전압 추출부; 일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성하고, 그 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하는 전압-시간 변환기; 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하는 시간-디지털 변환기; 및 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력하는 시간 곱셈기를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G05F 1/67 (2013.01)

(72) 발명자

심민섭

서울특별시 동대문구 안암로18길 8, 201호

정준원

서울특별시 성북구 안암로9가길 66, 502호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711044689

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인연구지원

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

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2016.12.01 ~ 2017.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

전력 감지 회로에 있어서,

외부 에너지원으로부터 입력되는 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 평균전압 추출부;

상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출하는 리플전압 추출부;

일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성하고, 그 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하는 전압-시간 변환기;

상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하는 시간-디지털 변환기; 및

상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력하는 시간 곱셈기를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 외부 에너지원은 태양 전지이고, 상기 외부전압(V_{PV})은 삼각 파형인 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 평균전압 추출부는

상기 외부전압(V_{PV})을 통과시켜 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)를 이용하여 구현하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 리플전압 추출부는

상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 추출하는 샘플 앤 홀드(Sample & Hold, S/H)회로로 구현하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 전압-시간 변환기는

상기 램프전압(V_{RAMP})을 생성하는 램프발생기;

상기 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하는 제1 비교기;

상기 제1 비교기의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , Δt_1)를 출력하는 제1 D 플립플롭;

상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})을 비교하는 제2 비교기;

상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교하는 제3 비교기; 및

상기 제2 및 제3 비교기의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , Δt_2)를 출력하는 제2 D 플립플롭을 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전압-시간 변환기는

상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제1 비교기로 전달되는 것을 제어하는 제1 스위치; 및

상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제2 및 제3 비교기로 전달되는 것을 제어하는 제2 스위치를 더 포함하고,

상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치는

상기 제1 비교기와, 상기 제2 및 제3 비교기를 선택적으로 동작시키기 위해 서로 상반되게 동작하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 전압-시간 변환기는

상기 제1 및 제2 스위치를 온/오프 시킬 때의 노이즈를 줄이기 위한 제1 및 제2 소용량 커패시터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 시간-디지털 변환기는

다단의 D 플립 플롭들로 구현된 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 시간 곱셈기는

기준전류;

상기 기준전류를 미러링하는 $n+1$ 개의 전류원들;

상기 $n+1$ 개의 전류원들 각각과 1:1로 대응되는 $n+1$ 개의 스위치들을 포함하고, 상기 $n+1$ 개의 스위치들 각각의 온/오프 여부에 따라 상기 시간 곱셈기 내에 흐르는 전류의 크기를 결정하는 스위치 그룹;

상기 스위치 그룹에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하는 제1 커패시터; 및

온/오프 여부에 따라 상기 스위치 그룹과 상기 제1 커패시터의 연결을 제어하는 제3 스위치를 포함하되,

상기 스위치 그룹에 포함된 $n+1$ 개의 스위치들은

상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 온/오프가 제어되고,

상기 제3 스위치는

상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 의해 온/오프가 제어되는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 시간 곱셈기는

상기 제1 커패시터와 번갈아 가며 선택되어 상기 스위치 그룹에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하는 제2 커패시터;

상기 제1 및 제2 커패시터가 특정 단위 시간 기준으로 번갈아가면서 선택되도록 제어하는 제4 및 제5 스위치; 및

상기 제1 커패시터에 충전된 전압과 상기 제2 커패시터에 충전된 전압을 비교하여 업-다운 신호를 출력하는 비교기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 회로.

청구항 11

외부 에너지원으로부터 입력되는 외부전압(V_{PV})의 최대 전력점 추적을 위한 전력 감지 회로의 전력 감지 방법에 있어서,

상기 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 평균전압 추출단계;

상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출하는 리플전압 추출단계;

일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성하는 램프전압 생성단계;

상기 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하는 전압-시간 변환단계;

상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하는 시간-디지털 변환단계; 및

상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력하는 시간 곱셈단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 외부 에너지원은 태양 전지이고, 상기 외부전압(V_{PV})은 삼각 파형인 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 평균전압 추출단계는

상기 외부전압(V_{PV})을 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)에 통과시켜 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 리플전압 추출단계는

상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 추출하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 전압-시간 변환단계는

상기 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하는 제1 비교단계;

상기 제1 비교단계의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , t_1)를 출력하는 제1 동기화단계;

상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})을 비교하는 제2 비교단계;

상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교하는 제3 비교단계; 및

상기 제2 및 제3 비교단계의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , t_2)를 출력하는 제2 동기화단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 16

제11항에 있어서, 상기 시간 곱셈단계는

상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 특정 전압값을 결정하기 위한 전류의 크기를 결정하는 단계;

상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 기초하여 충전 시간을 결정하는 단계; 및

상기 결정된 전류의 크기로 상기 결정된 시간동안 제1 커패시터에 충전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 시간 곱셈단계는

시간의 흐름에 따라 상기 제1 커패시터와 제2 커패시터를 번갈아가며 선택하여 상기 전류를 충전시키는 단계; 및

상기 제1 커패시터에 충전된 전압과 상기 제2 커패시터에 충전된 전압을 비교하여 업-다운 신호를 출력하는 비교단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 감지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전력 감지 회로 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 저전력 에너지 하베스팅 시스템에 적합한 태양 전지(Solar Cell)의 최대 전력점 추적(Maximum power point tracking, MPPT)을 위한 전력 감지 회로 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력 감지 회로는 에너지 하베스팅 시스템(energy harvesting system)에 사용되는 직류-직류 변환기(DC-DC Converter)에 주로 사용되는 회로로서, 특정한 환경에너지 조건에서 자연적인 에너지원(예컨대, 빛, 열, 진동 등)으로부터 최대 전력을 추출해내기 위해 필요한 회로이다.

[0003] 최근 들어, 사물끼리 인터넷으로 연결되어 정보를 주고받는 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 시장이 주목받고 있으며, 이로 인해, 에너지 하베스팅 기술을 이용한 전력 변환 기술에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다. 즉, 사물간 정보 교환의 매개체가 되는 초소형 센서 노드에 적용되는 자연적인 에너지(예컨대, 빛, 열, 진동)로부터 최대 전력을 추출하기 위한 전력 변환 기술에 대한 관심이 급증하고 있으며, 상기 전력 감지 회로도 이러한 배경에서 개발되었다.

[0004] 그런데, 이러한 전력 감지 회로는 매우 낮은 수준(예컨대, 수 μW 레벨)의 전력을 얻을 수 있으며, 비선형 소자를 포함한 모델링을 갖는 장치(예컨대, 태양 전지(solar cell) 등)로부터 전력을 감지하기 위해서는 보다 복잡한 회로가 필요하다는 단점이 있다. 또한, 전력 감지를 위해, 종래에는, 전압뿐만 아니라 전류의 감지도 필요한데, 전류 감지를 위한 회로(예컨대, 높은 정밀도를 갖는 연산 증폭기 및 아날로그 회로)는 높은 전력 소모를 유발하기 때문에 저전력 에너지 하베스팅 시스템에 적합하지 않다. 따라서, 보다 나은 시스템 효율을 위해 저전력 최대 전력점 추적을 위한 전력 감지 회로 설계가 필요하다.

[0005] 한편, 상기 전력 감지 회로의 전력 소모를 줄이기 위해, 시간-도메인(Time-Domain) 기법을 이용한 전력 모니터(Power Monitor)에 대한 연구가 진행되고 있으며, 현재까지 연구된 시간 도메인 기법을 이용한 전력 모니터는 직접 전력 감지 방법을 적용한 것과, 간접 전력 감지 방법을 적용한 것으로 나눌 수 있다. 이들 중 간접 전력 감지 방법이 적용된 시간-도메인 전력 모니터는 출력 전압의 값과 변환기의 유형에 의존적이어서, 다양한 환경 에너지 조건에서 정확한 전력감지가 힘들다는 단점이 있다. 반면, 직접 전력 감지의 경우는 환경 에너지 조건에 관계없이 정확하게 전력을 감지할 수 있다. 하지만, 종래의 직접 전력 감지 기법을 기반으로 하는 시간-도메인 전력 모니터 회로는 시간 정보를 얻기 위해 고정된 전압 히스테리시스 윈도우를 요구하며, 에너지-시간 표준화와 같은 추가적인 계산이 필요하기 때문에 복잡한 디지털 회로를 요구한다. 따라서, 이 경우 소모 전력이 크다는 단점이 있고, 전력소모를 줄이기 위해 시간-도메인 기법을 사용하였음에도 불구하고 초소형 센서노드와 같은 저전력 에너지 하베스팅 시스템에 적합하지 않게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 1. CN 103677067 B, Maximum power point tracking realizing method and device and photovoltaic power generation system, 2014.03.26. 공개
- (특허문헌 0002) 2. US 9270191 B2, Power condition units with MPPT, 2016.02.23. 등록
- (특허문헌 0003) 3. JP 2014-079047 A, DC/DC 컨버터, 2014.05.01. 공개

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 따라서 본 발명은 직접 전력 감지 방법이 적용된 전력 감지 회로에 있어서, 전류 감지를 위한 회로를 포함하지 않고, 전압 값만을 가지고 전력을 감지함으로써 전력소모를 최소화하는 전력 감지 회로 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 또한, 본 발명은 미소구간에 대한 리플 전압 값과 저역 통과 필터를 활용한 평균 전압 값을 이용해 전력을 감지함으로써 전력소모를 최소화하는 전력 감지 회로 및 그 방법을 제공하고자 한다.
- [0009] 또한, 본 발명은 삼각파형을 갖는 태양 전지 출력 전압의 샘플 앤 홀드를 통해 전압 및 전류 정보를 시간 정보로 변환하여 전압 정보만으로 최대 전력점을 추적할 수 있는 전력 감지 회로 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 전력 감지 회로는 외부 에너지원으로부터 입력되는 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 평균전압 추출부; 상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출하는 리플전압 추출부; 일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성하고, 그 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하는 전압-시간 변환기; 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하는 시간-디지털 변환기; 및 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력하는 시간 곱셈기를 포함한다.
- [0011] 이 때, 상기 평균전압 추출부는 상기 외부전압(V_{PV})을 통과시켜 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)를 이용하여 구현하는 것이 바람직하다.
- [0012] 또한, 상기 리플전압 추출부는 상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 추출하는 샘플 앤 홀드(Sample & Hold, S/H)회로로 구현하는 것이 바람직하다.
- [0013] 또한, 상기 전압-시간 변환기는 상기 램프전압(V_{RAMP})을 생성하는 램프발생기; 상기 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하는 제1 비교기; 상기 제1 비교기의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , Δt_1)를 출력하는 제1 D 플립플롭; 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})을 비교하는 제2 비교기; 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교하는 제3 비교기; 및 상기 제2 및 제3 비교기의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , Δt_2)를 출력하는 제2 D 플립플롭을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0014] 또한, 상기 전압-시간 변환기는 상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제1 비교기로 전달되는 것을 제어하는 제1 스위치; 및 상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제2 및 제3 비교기로 전달되는 것을 제어하는 제2 스위치를 더 포함하고, 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치는 상기 제1 비교기와, 상기 제2 및 제3 비교기를 선택적으로 동작시키기 위해 서로 상반되게 동작하는 것이 바람직하다.

- [0015] 또한, 상기 전압-시간 변환기는 상기 제1 및 제2 스위치를 온/오프 시킬 때의 노이즈를 줄이기 위한 제1 및 제2 소용량 커패시터를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0016] 또한, 상기 시간 곱셈기는 기준전류; 상기 기준전류를 미러링하는 $n+1$ 개의 전류원들; 상기 $n+1$ 개의 전류원들 각각과 1:1로 대응되는 $n+1$ 개의 스위치들을 포함하고, 상기 $n+1$ 개의 스위치들 각각의 온/오프 여부에 따라 상기 시간 곱셈기 내에 흐르는 전류의 크기를 결정하는 스위치 그룹; 상기 스위치 그룹에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하는 제1 커패시터; 및 온/오프 여부에 따라 상기 스위치 그룹과 상기 제1 커패시터의 연결을 제어하는 제3 스위치를 포함하되, 상기 스위치 그룹에 포함된 $n+1$ 개의 스위치들은 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 온/오프가 제어되고, 상기 제3 스위치는 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 의해 온/오프가 제어되는 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 시간 곱셈기는 상기 제1 커패시터와 번갈아 가며 선택되어 상기 스위치 그룹에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하는 제2 커패시터; 상기 제1 및 제2 커패시터가 특정 단위 시간 기준으로 번갈아가면서 선택 되도록 제어하는 제4 및 제5 스위치; 및 상기 제1 커패시터에 충전된 전압과 상기 제2 커패시터에 충전된 전압을 비교하여 업-다운 신호를 출력하는 비교기를 더 포함하는 것이 바람직하다.
- [0018] 한편, 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에서 제공하는 전력 감지 방법은 외부 에너지원으로부터 입력되는 외부전압(V_{PV})의 최대 전력점 추적을 위한 전력 감지 회로의 전력 감지 방법에 있어서, 상기 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 평균전압 추출단계; 상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출하는 리플전압 추출단계; 일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성하는 램프전압 생성단계; 상기 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하는 전압-시간 변환단계; 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하는 시간-디지털 변환단계; 및 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력하는 시간 곱셈단계를 포함한다.
- [0019] 이 때, 상기 외부 에너지원은 태양 전지이고, 상기 외부전압(V_{PV})은 삼각 파형인 것이 바람직하다.
- [0020] 또한, 상기 평균전압 추출단계는 상기 외부전압(V_{PV})을 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)에 통과시켜 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출하는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 상기 리플전압 추출단계는 상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 추출하는 것이 바람직하다.
- [0022] 또한, 상기 전압-시간 변환단계는 상기 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하는 제1 비교단계; 상기 제1 비교단계의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , Δt_1)를 출력하는 제1 동기화단계; 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})을 비교하는 제2 비교단계; 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교하는 제3 비교단계; 및 상기 제2 및 제3 비교단계의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , Δt_2)를 출력하는 제2 동기화단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0023] 또한, 상기 시간 곱셈단계는 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 특정 전압값을 결정하기 위한 전류의 크기를 결정하는 단계; 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 기초하여 충전 시간을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 전류의 크기로 상기 결정된 시간동안 제1 커패시터에 충전하는 단계를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0024] 또한, 상기 시간 곱셈단계는 시간의 흐름에 따라 상기 제1 커패시터와 제2 커패시터를 번갈아가며 선택하여 상기 전류를 충전시키는 단계; 및 상기 제1 커패시터에 충전된 전압과 상기 제2 커패시터에 충전된 전압을 비교하여 업-다운 신호를 출력하는 비교단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 전력 감지 회로 및 그 방법은, 미소구간에 대한 리플 전압 값과 저역 통과 필터를 활용한 평균 전압

값을 이용해 전력을 감지함으로써, 전류 감지의 필요 없이 전압 감지만으로 전력 감지기를 구현할 수 있다. 또한, 본 발명은 삼각 파형을 갖는 태양 전지 출력 전압의 샘플 앤 홀드(sample and hold)를 통해 전압 및 전류 정보를 시간 정보로 변환하여 전압 정보만으로 최대 전력점을 추적할 수 있다. 따라서 본 발명은 시간-에너지 표준화나 고정된 전압 히스테리시스 윈도우의 요구 없이 간단한 회로만으로 소비전력이 적은 시간-도메인 전력 모니터를 구현할 수 있다. 이로 인해, 본 발명은 초소형 센서노드에 적합한 효율적인 에너지 하베스팅 시스템을 구성할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로에 대한 개략적인 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압-시간 변환기(V-T 컨버터)에 대한 회로도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간-디지털 변환기(T-D 컨버터)에 대한 회로도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간 곱셈기에 대한 회로도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 방법에 대한 처리 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압-시간 변화 과정에 대한 처리 흐름도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간 곱셈 과정에 대한 처리 흐름도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로 및 그 방법에 의해 최대 전력점을 추적할 수 있는 원리를 나타내는 수식들을 나타낸 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로 및 그 방법에 의해 최대 전력점을 추적하는 과정에서 생성되는 파형들을 나타낸 도면이다.
- 도 10은 태양 전지의 전력 그래프와 본 발명에 의해 추적된 전력값에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 11은 본 발명과 종래기술들의 성능을 비교하여 나타낸 성능비교표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 설명하되, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 한편 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한 상세한 설명을 생략하여도 본 기술 분야의 당업자가 쉽게 이해할 수 있는 부분의 설명은 생략하였다.
- [0028] 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.
- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로에 대한 개략적인 블록도이다. 도 1의 예에서, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로(100)는 직접 전력 감지 방법을 기반으로 하며, 외부 에너지원인 태양 전지(PV Cell)(10)로부터 입력되는 전압(V_{PV})에 응답하여 동작한다. 즉, 도 1에 예시된 전력 감지 회로(100)는 태양 전지(PV Cell)(10)로부터 입력되는 전압(V_{PV})의 전력을 감지하기 위해 동작한다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 전력 감지 회로(100)는 저역통과필터(Low Pass Filter, LPF)(110), 샘플앤홀드회로(Sample and Hold, S/H)(120), 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130), 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140), 시간곱셈기(150)를 포함한다.
- [0031] 저역통과필터(Low Pass Filter, LPF)(110)는 삼각파형을 가지는 외부전압(V_{PV})으로부터 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 획득한다.
- [0032] 샘플앤홀드회로(Sample and Hold, S/H)(120) 상기 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출한다. 즉, 본 발명의 전력 감지 회로(100)는 전압만을 감지하여 전력을 추적하기 때문에,

샘플앤홀드회로(Sample and Hold, S/H)(120)는 삼각파형을 가지는 외부전압(V_{PV})에 대하여 샘플링을 수행한 후 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 획득한다.

[0033] 한편, 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로 및 그 방법에 의해 최대 전력점을 추적하는 과정에서 생성되는 파형들을 나타낸 도면으로서, 도 9의 (a)에는 삼각파형을 가지는 외부전압(V_{PV})과, 상기 외부전압(V_{PV})을 저역통과필터(LPF)(110)에 통과시켜 획득한 평균 전압($V_{PV,LPF}$)값, 상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 획득한 외부전압(V_{PV})의 최대값(Peak Sample)(V_{S2}) 및 최소값(Under Peak Sample)(V_{S1})이 함께 표시되어 있다.

[0034] 다시 도 1을 참조하면, 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)는 시간 도메인의 전력 감지를 위해, 입력되는 전압값을 시간정보로 변환하여 출력한다. 예를 들어, 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)는 저역통과필터(Low Pass Filter, LPF)(110)에서 출력된 평균 전압($V_{PV,LPF}$)과, 샘플앤홀드회로(Sample and Hold, S/H)(120)에서 출력된 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}) 및 최소값(V_{S1})을 입력으로 받아 각각에 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환하여 출력한다. 이를 위해, 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)는 도 2에 예시된 바와 같이 구성되며, 독립적인 램프신호(V_{RAMP})를 생성하고 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)과, 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}) 및 최소값(V_{S1})을 상기 램프신호(V_{RAMP})와 각각 비교하는 과정을 수행한다. 이러한 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)의 구체적인 동작에 대하여는 도 2를 참조한 설명에서 다시 언급할 것이다. 도 9의 (b)에는 상기 램프신호(V_{RAMP})(A), 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$), 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}) 및 최소값(V_{S1})이 함께 예시되어 있고, 도 9의 (c) 및 (d)에는 상기 비교 결과에 의해 생성된 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)의 예가 도시되어 있다. 즉, 도 9의 (c)는 평균 전압에 대한 시간 정보(Δt_1)를 가지는 펄스파(VS_TIME)를 나타내고, 도 9의 (d)는 리플 전압에 대한 시간 정보(Δt_2)를 가지는 펄스파(DV_TIME)를 나타낸다.

[0035] 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)는 입력되는 시간정보를 디지털코드로 변환한다. 즉, 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)로부터 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 가지는 펄스파(DV_TIME)를 전달받아 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하여 출력한다. 이를 위해, 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)는 도 3에 예시된 바와 같이 다단의 D 플립플롭들로 구현하는 것이 바람직하다. 이 때, 도 3의 회로를 이용하여, 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 가지는 펄스파(DV_TIME)로부터 디지털 코드($t_2[n:0]$)를 생성하는 일련의 처리 과정은 공지된 기술을 이용할 수 있다. 한편, 도 1의 예에서는, 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)는 (n+1) 비트의 디지털 코드를 출력하는 경우를 예로 들어 설명하고 있다. 하지만, 본 발명은 (n+1)로 제한되는 것은 아니다. 즉, 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140) 경우에 따라 높은 n값과 낮은 n값이 적용될 수도 있는 것이다. 도 9의 (e)에는 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)에서 출력되는 디지털 코드($t_2[n:0]$)의 예가 도시되어 있다.

[0036] 시간 곱셈기(150)는 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)에서 디지털 코드로 변환되어 출력되는 값을 다시 아날로그 전압정보로 변환하여 출력한다. 그리고, 상기 생성된 아날로그 전압을 이전 상태의 아날로그 전압과 비교하여 전력 감지가 가능하도록 한다. 이를 위해, 시간 곱셈기(150)는 도 4에 예시된 바와 같이 구성되며, 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력한다. 이 때, 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)는 상기 특정 전압값을 결정하기 위한 전류의 크기를 결정하고, 상기 시간정보(Δt_1)는 충전시간을 결정한다. 이러한 시간 곱셈기(250)의 구체적인 동작에 대하여는 도 4를 참조한 설명에서 다시 언급할 것이다. 도 9의 (f)에는 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 시간정보(Δt_1)를 곱하여 얻어진 전압값($V_{TM, \Phi n}$)의 예가 도시되어 있다.

[0037] 한편, 도 1에 예시된 직류-직류 변환기(DC-DC Converter, DC-DC 컨버터)(20)는 태양전지(V_{PV})로부터 전력을 전달 받아 다른 전압 레벨을 가지는 회로에 전력을 공급하기 위한 것으로, 상기 전력 감지 회로(100)의 검증을 위해 필요하다.

[0038] 이와 같이 본 발명의 전력 감지 회로(100)는, 도 9의 (a)에 예시된 바와 같이 삼각 파형을 갖는 외부전압(V_{PV})이

입력되면, 그 외부전압(V_{PV})에 기초하여 미소구간에 대한 리플 전압 값과 평균 전압 값을 추출하고(도 9의 (b) 참조), 그 리플 전압 값과 평균 전압 값을 시간 정보로 변환한 후(도 9의 (c) 및 (d) 참조), 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140) 및 시간 곱셈기(150)를 통해 전력값(V_{TM})을 구할 수 있으며(도 9의 (f)참조) 이는 다양한 에너지 환경에서의 상대적 전력량을 나타낸다.

[0039] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압-시간 변환기(V-T 컨버터)에 대한 회로도로서, 도 1에 예시된 전압-시간 변환기(V-T 컨버터)(130)에 대한 세부 구성을 나타낸다.

[0040] 도 2를 참조하면, 상기 전압-시간 변환기(V-T 컨버터)(130)는 램프발생기, 제1 및 제2 스위치(131, 132), 제1 내지 제3 비교기(133 내지 135) 및 제1 및 제2 D 플립플롭(136, 137)을 포함한다.

[0041] 램프발생기는 전압을 시간으로 변환시키기 위한 기준이 되는 램프전압(V_{RAMP})을 생성시키기 위한 것으로서, 기준 전류(I_{bias}), RST 신호에 응답하여 온/오프가 제어되는 리셋 스위치, 커패시터(C_{RAMP})를 포함한다. 한편, 상기 램프발생기의 동작 원리는, 상기 리셋 스위치가 오프(off)되었을 때, 기준 전류(I_{bias})를 커패시터(C_{RAMP})에 일정시간 충전시키고, 주기적인 RST(리셋) 신호를 통해 커패시터(C_{RAMP})의 전압을 방전시킴으로써, 램프전압(V_{RAMP})을 생성시킨다. 이 때 생성된 램프전압(V_{RAMP})은 도 9의 (b)에 예시된 바와 같이, 삼각파형(A)의 형태를 가진다.

[0042] 제1 비교기(133)는 상기 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하여, 그 결과를 제1 D 플립플롭(136)으로 전달한다. 그러면, 제1 D 플립플롭(136)은 상기 제1 비교기(133)의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , Δt_1)를 출력한다.

[0043] 제2 비교기(134) 및 제3 비교기(135)는 각각 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}), 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교하고, 그 결과를 D 플립플롭(137)으로 전달한다. 그러면, 제2 D 플립플롭(137)은 상기 제2 비교기(134) 및 제3 비교기(135)의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , Δt_2)를 출력한다.

[0044] 한편, 제1 스위치(131)는 상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제1 비교기(133)로 전달되는 것을 제어하고, 제2 스위치(132)는 상기 램프전압(V_{RAMP})이 상기 제2 및 제3 비교기(134, 135)로 전달되는 것을 제어한다. 이 때, 제1 스위치(131)와 제2 스위치(132)는 제1 비교기(133)와, 제2 및 제3 비교기(134 및 135)를 선택적으로 동작시키기 위해 서로 상반되게 동작한다. 즉, 각각의 비교기들(133 내지 135)이 동작을 할 때만 상기 램프전압(V_{RAMP})이 해당 비교기에 인가되도록 한다. 이는 높은 스피드로 동작하는 비교기들이 계속해서 켜져 있음으로써 전력이 낭비되는 것을 방지하기 위함으로, 제1 내지 제3 비교기(133 내지 135)들은 제1 스위치(131)와 제2 스위치(132)에 동기화되어 파워게이팅을 실시한다.

[0045] 또한, 상기 제1 및 제2 스위치(131 및 132)와 덧단의 비교기들(133 내지 135)과의 연결라인 각각에 소용량의 커패시터(C_1 , C_2)를 위치시켰다. 이는 상기 제1 및 제2 스위치(131 및 132)를 온/오프 시킬 때의 노이즈를 줄이기 위함이다

[0046] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간 곱셈기에 대한 회로도로서, 도 1에 예시된 시간 곱셈기(150)에 대한 세부 구성을 나타낸다.

[0047] 도 4를 참조하면, 시간 곱셈기(150)는 기준전류(I_{UNIT})와, 제3 스위치(151)와, n+1개의 전류원들(152)과, n+1개의 스위치들을 포함하는 스위치 그룹(153)과, 전압값 저장 및 비교부(154)를 포함한다.

[0048] 제3 스위치(151)는 온/오프(on/off) 여부에 따라 스위치 그룹(153)과 전압값 저장 및 비교부(154)의 연결을 제어한다. 특히, 제3 스위치(151)는, 전압값 저장 및 비교부(154)내에, 전압값 저장을 위해 포함된, 제1 또는 제2 커패시터($C_{\phi 1}$ 및 $C_{\phi 2}$)와 스위치 그룹(153)의 연결을 제어한다. 따라서, 제3 스위치(151)의 온/오프(on/off)에 따라 충전여부를 결정할 수 있다. 그런데, 제3 스위치(151)의 온-타임(on-time)은 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 의해 결정됨으로써, 결과적으로, 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)가 충전 시간을 결정하게 된다.

- [0049] $n+1$ 개의 전류원들(152)은 상기 기준전류(I_{UNIT})를 미리링한다.
- [0050] 스위치 그룹(153)은 $n+1$ 개의 전류원들(152) 각각과 1:1로 대응되는 $n+1$ 개의 스위치들을 포함하며, 상기 스위치들의 온/오프(on/off) 여부에 따라 시간 곱셈기(150)내의 전류량을 결정한다. 즉, 스위치 그룹(153)은 온(on)된 스위치의 개수에 따라 상기 제1 또는 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)로 전달되는 전류의 크기를 결정한다. 예를 들어, 5개의 스위치가 온(on)되면 상기 제1 또는 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)로 전달되는 전류의 크기는 $I_{UNIT} \times 5$ 가 된다.
- [0051] 이 때, 상기 스위치 그룹(153)에 포함된 $n+1$ 개의 스위치들은 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 온/오프가 제어되므로, 결과적으로, 상기 시간 곱셈기(150) 내의 전류량은 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 결정되어진다.
- [0052] 전압값 저장 및 비교부(154)는 제1 및 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)와, 제4 및 제5 스위치와, 비교부를 포함한다. 제1 및 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)는 특정 단위 시간 기준으로 번갈아가면서 선택되어 스위치 그룹(153)에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하고, 제4 및 제5 스위치는 상기 제1 및 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)가 특정 단위 시간 기준으로 번갈아가며 선택되도록 제어한다. 또한, 비교부는 상기 제1 및 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)에 충전된 전압을 비교하여 현재의 전력값과 이전의 전력값을 비교한 후 업-다운 신호(UP_DN)를 출력한다.
- [0053] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 방법에 대한 처리 흐름도이다. 도 1 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 전력 감지 회로(100)의 전력 감지 방법은 다음과 같다.
- [0054] 먼저, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로(100)는 직접 전력 감지 방법을 기반으로 하며, 외부 에너지 원인 태양 전지(PV Cell)(10)로부터 입력되는 외부 전압(V_{PV})에 응답하여 동작한다. 즉, 도 1에 예시된 전력 감지 회로(100)는 태양 전지(PV Cell)(10)로부터 입력되는 외부 전압(V_{PV})의 전력을 감지하기 위해 동작한다.
- [0055] 이를 위해, 단계 S100에서는, LPF(110)가 삼각파형을 가지는 외부전압(V_{PV})을 통과시켜 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 추출한다. 그리고, 단계 S200에서는, S/H(120)가 외부전압(V_{PV})으로부터 상기 외부전압(V_{PV})의 전류정보를 포함하는 리플 전압을 추출한다. 즉, S/H(120)가 상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})과 최소값(V_{S1})을 각각 추출한다. 도 9의 (a)에는 삼각파형을 가지는 외부전압(V_{PV})과, 상기 외부전압(V_{PV})을 저역통과 필터(LPF)(110)에 통과시켜 획득한 평균 전압($V_{PV,LPF}$)값, 상기 외부전압(V_{PV})을 샘플링하여 획득한 외부전압(V_{PV})의 최대값(Peak Sample)(V_{S2}) 및 최소값(Under Peak Sample)(V_{S1})이 함께 표시되어 있다.
- [0056] 단계 S300에서는, V-T 컨버터(130)가 일정한 비율로 변화하는 램프전압(V_{RAMP})을 생성한다. 이 때, 램프전압(V_{RAMP})은 전압을 시간으로 변환시키기 위한 기준이 되는 신호로서, 도 9의 (b)에 예시된 바와 같이, 삼각파형(A)의 형태를 가진다.
- [0057] 이와 같이 램프전압(V_{RAMP})을 생성하였으면, 단계 S400에서, V-T 컨버터(130)가 상기 램프전압(V_{RAMP})에 기초하여 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$) 및 상기 리플 전압 각각을 대응되는 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)로 변환한다. 이를 위해, V-T 컨버터(130)는 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)과, 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}) 및 최소값(V_{S1})을 상기 램프신호(V_{RAMP})와 각각 비교하는 과정을 수행한다. 단계 S400에서, V-T 컨버터(130)가 전압-시간 변환을 수행하기 위한 보다 구체적인 처리 과정에 대해서는 도 6을 참조하여 다시 언급할 것이다. 도 9의 (b)에는 상기 램프신호(V_{RAMP})(A), 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$), 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2}) 및 최소값(V_{S1})이 함께 예시되어 있고, 도 9의 (c) 및 (d)에는 상기 비교 결과에 의해 생성된 시간정보(Δt_1 및 Δt_2)의 예가 도시되어 있다. 즉, 도 9의 (c)는 평균 전압에 대한 시간 정보(Δt_1)를 가지는 펄스파(VS_TIME)를 나타내고, 도 9의 (d)는 리플 전압에 대한 시간 정보(Δt_2)를 가지는 펄스파(DV_TIME)를 나타낸다.
- [0058] 단계 S500에서는, T-D 컨버터(140)가 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환한다. 즉, T-D 컨버터(140)는 입력되는 시간정보를 디지털코드로 변환한다. 즉, 전압-시간 변환기(Voltage-Time Converter, V-T 컨버터)(130)로부터 상기 리플 전압에 대한 시간정보(Δt_2)를 가지는 펄스파(DV_TIME)를 전달받

아 디지털 코드($t_2[n:0]$)로 변환하여 출력한다. 도 9의 (e)에는 시간-디지털 변환기(Time-Digital Converter, T-D 컨버터)(140)에서 출력되는 디지털 코드($t_2[n:0]$)의 예가 도시되어 있다.

[0059] 단계 S600에서는, 시간 곱셈기(150)가 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)를 곱하여 특정 전압값을 출력한다. 이 때, 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)는 상기 특정 전압값을 결정하기 위한 전류의 크기를 결정하고, 상기 시간정보(Δt_1)는 충전시간을 결정한다. 이러한 시간 곱셈기(250)의 구체적인 동작에 대하여는 도 7를 참조한 설명에서 다시 언급할 것이다. 도 9의 (f)에는 상기 디지털 코드($t_2[n:0]$)와 상기 시간정보(Δt_1)를 곱하여 얻어진 전압값($V_{TM, \Phi n}$)의 예가 도시되어 있다.

[0060] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압-시간 변화 과정에 대한 처리 흐름도이다. 도 2 및 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압-시간 변환 과정(S400)은 다음과 같다.

[0061] 먼저, 단계 S410에서는, 제1 비교기(133)가 램프전압(V_{RAMP})과 평균 전압($V_{PV,LPF}$)을 비교하고 그 결과를 출력한다. 그러면, 단계 S420에서는, 제1 D 플립플롭(136)이 상기 제1 비교기(133)의 결과신호를 시스템 클락에 동기화시켜 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보를 가진 제1 펄스파(VS_TIME , Δt_1)를 출력한다.

[0062] 단계 S430에서는, 상기 램프전압(V_{RAMP})과 리플전압을 비교한다. 즉, 제2 비교기(134)가 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최대값(V_{S2})을 비교하고, 제3 비교기(135)가 상기 램프전압(V_{RAMP})과 상기 외부전압(V_{PV})의 최소값(V_{S1})을 비교한다.

[0063] 단계 S440에서는, 상기 제2 D 플립플롭이 상기 제2 및 제3 비교기(134 및 135)의 비교 결과신호를 시스템 클락에 동기화 시켜 상기 리플전압에 대한 시간정보를 가진 제2 펄스파(DV_TIME , Δt_2)를 출력한다.

[0064] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간 곱셈 과정에 대한 처리 흐름도이다. 도 4 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 시간 곱셈 과정(S600)은 다음과 같다.

[0065] 먼저, 단계 S610에서는, 스위치 그룹(153)이 상기 단계S500에서 변환된 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 의해 시간 곱셈기(150)내의 전류량을 결정한다. 즉, 스위치 그룹(153)은 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 포함된 1의 개수와 동일한 수의 스위치들을 온시킴으로써 시간 곱셈기(150)내의 전류량을 결정한다. 즉, 스위치 그룹(153)은 온(on)된 스위치의 개수에 따라 상기 제1 또는 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)로 전달되는 전류의 크기를 결정한다. 예를 들어, 디지털 코드($t_2[n:0]$)에 포함된 1의 개수에 기초하여 5개의 스위치가 온(on)되면 상기 제1 또는 제2 커패시터($C_{\Phi 1}$ 및 $C_{\Phi 2}$)로 전달되는 전류의 크기는 $I_{UNIT} \times 5$ 가 된다.

[0066] 또한 단계 S620에서는, 제3 스위치(151)가 상기 평균 전압($V_{PV,LPF}$)에 대한 시간정보(Δt_1)에 기초하여 충전 시간을 결정한다. 즉, 시간정보(Δt_1)에 의해 제3 스위치(151)의 온-타임을 결정함으로써 충전 시간을 결정하게 된다.

[0067] 그리고 단계 S630에서, 전압값 저장 및 비교부(154)는 커패시터 선택정보를 결정하고, 단계 S640 또는 단계 S650에서는 그 선택정보에 의거하여 해당 커패시터를 충전한다. 예를 들어, 단계 S630에서 제1 커패시터($C_{\Phi 1}$)가 선택되면 단계 S640에서 제1 커패시터($C_{\Phi 1}$)를 충전하고, 단계 S630에서 제2 커패시터($C_{\Phi 2}$)가 선택되면 단계 S650에서 제2 커패시터($C_{\Phi 2}$)를 충전한다. 이 때, 단계 640 또는 단계 650에서는, 단계 S610에서 결정된 전류의 크기로 전압을 충전하되, 단계 S620에서 결정된 시간 동안 충전한다. 한편, 단계 S630에서, 전압값 저장 및 비교부(154)는 제1 커패시터($C_{\Phi 1}$)와 제2 커패시터($C_{\Phi 2}$)를 번갈아가면서 선택한다. 이는 현재와 과거의 충전값을 비교하기 위함이다. 또한, 단계 S660에서, 전압값 저장 및 비교부(154)는 제1 커패시터값과 제2 커패시터 값을 비교하고, 그 결과에 의거하여 단계 S670에서, 업-다운(UP_DOWN) 신호를 출력한다.

[0068] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전력 감지 회로 및 그 방법에 의해 최대 전력점을 추적할 수 있는 원리를 나타내는 수식들을 나타낸 도면이다.

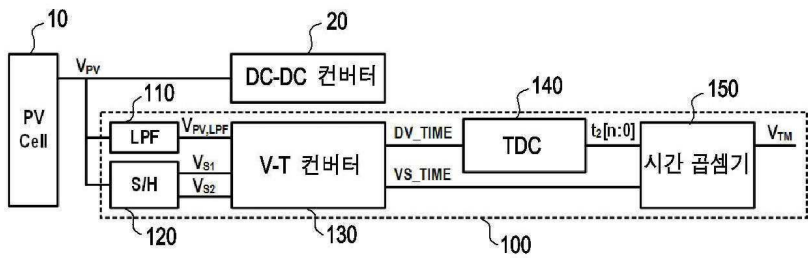
[0069] 먼저, 도 8(a)는 태양전지의 전력 공식(Power Equation of PV Cell)을 나타낸다. 도 8(a)를 참조하면, 태양 전

지의 전력(P_{PV})은 평균 전압($V_{PV,LPF}$)과 리플 전압($V_{S2}-V_{S1}$)의 곱으로 표현 되는 것을 알 수 있다.

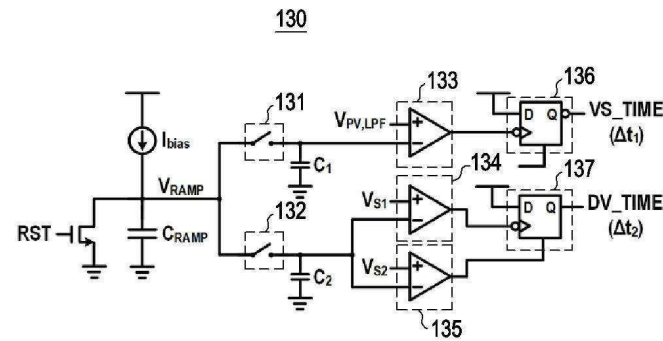
- [0070] 도 8(b)는 전압-시간 변환기(V-T Conversion)에 의해 평균 전압과 리플 전압을 시간 정보로 변환하여 표현한 식들((2), (3))을 나타낸다.
- [0071] 도 8(c)는 식들((2), (3))을 곱한 식(4)를 나타내는데, 이 값은 태양 전지의 전력을 나타내는 식 (1)과 비례하고 이는 커패시터 값과 주기 T가 변하지 않는 경우에 성립한다. 따라서, 시간 정보를 곱함으로써 전력 정보를 대신할 수 있음을 알게되었다.
- [0072] 도 8(d)는 시간 정보를 곱하기에 앞서 리플전압의 시간정보를 디지털로 변환시키기 위한 식이다. 즉, 디지털 변환기(Digital Converter)의 타임 스테이지 수(Number of Stage of Time)를 산출하기 위한 식이다. 도 8(d)에서 N은 시간 디지털 변환기 내의 지연 셀의 수이고, t_d 는 단위 지연 셀의 지연 시간, 입실론(ϵ)은 양자화 에러를 나타낸다.
- [0073] 도 8(e)는 본 발명의 시간 곱셈기를 통해 얻어진 식이다. 도 8(e)의 식을 보면 Δt_1 과 Δt_2 의 곱셈 기능을 성공적으로 수행함을 확인할 수 있다. 따라서 제안된 회로는 전압만을 감지하여 전력의 상대적 크기를 알 수 있고 V_{TM} 전압을 통해 이를 출력할 수 있다.
- [0074] 도 10은 조도가 200Lux 일 때, 태양 전지의 전력 그래프와 본 발명에 의해 추적된 전력값에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내는 도면이다. 도 10에서 검은색 실선이 나타내는 것은 솔라셀의 전력 그래프이고, 파란색 실선이 나타내는 것은 시간 곱셈기의 출력이다. 도 10을 참조하면, 태양 전지의 전력 그래프와 본 발명의 일실시예에 따른 전력 감지 회로의 V_{TM} 전압이 같은 경향성을 나타냄을 알 수 있다. 따라서, 본 발명의 경우 전압만을 감지하여 전력량을 예측할 수 있음을 알 수 있다.
- [0075] 도 11은 본 발명과 종래기술들의 성능을 비교하여 나타낸 성능비교표로서, VLSI 2013(a), ISSCC 2015(b), TCAS-I 2017(c)와 본 발명의 전압 감지 회로(d)를 8가지 기준(Technology, Converter type, MPPT type, Output dependednce, Input range, Throughput power, Tracking efficiency, $P_{MPP,CONT}$)에 의해 비교한 성능비교표이다.
- [0076] 도 11을 참조하면, VLSI2013(a)과 ISSCC 2015(b)의 경우, capacitive로 구현 하였고, 출력전압의 variation에 대해서 의존적인 특성을 가지므로, 정확한 전력 추적이 힘들 수 있다는 문제가 있다.
- [0077] 한편, TCAS-I 2017(d)의 경우, 인덕터 타입의 컨버터를 적용하였고, MPPT를 dc-dc converter의 출력단이 아닌 입력단에서 진행하기 때문에 출력 전압의 variation에 대해 비의존적인 특성을 갖기 때문에 보다 정확한 전력 추적 및 감지를 이룰 수 있는 장점이 있다. 하지만, 작은 빛의 세기(200lux.)에서 낮은 전력 추적 효율을 가지며, 전력 감지를 위한 회로의 전력 소모가 크다는 단점이 있다.
- [0078] 반면, 본 발명의 경우, 출력과의 비의존적 특성을 갖는 forward type의 최대전력점 추적 방식을 구현하였고, 높은 추적 효율을 가지며, 전력 감지를 위한 회로의 전력 소모가 적은 특징이 있다. 또한 본 발명은 동일한 컨버터 타입과 비의존적인 특성을 가지는 TCAS-I 2017의 논문과 대비해봤을 때, 전력 감지를 위한 전력 소모의 관점에서 전력을 획기적으로 줄였음(0.9uW)을 알 수 있고, 전력 소모가 작고 높은 전력 감지 정확성 때문에 낮은 조도에서 (200lux) 높은 추적 효율(tracking efficiency)(97.9%)을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0079] 상술한 예시적인 시스템에서, 방법들은 일련의 단계 또는 블록으로써 순서도를 기초로 설명되고 있지만, 본 발명은 단계들의 순서에 한정되는 것은 아니며, 어떤 단계는 상술한 바와 다른 단계와 다른 순서로 또는 동시에 발생할 수 있다.
- [0080] 또한, 당업자라면 순서도에 나타난 단계들이 배타적이지 않고, 다른 단계가 포함되거나 순서도의 하나 또는 그 이상의 단계가 본 발명의 범위에 영향을 미치지 않고 삭제될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

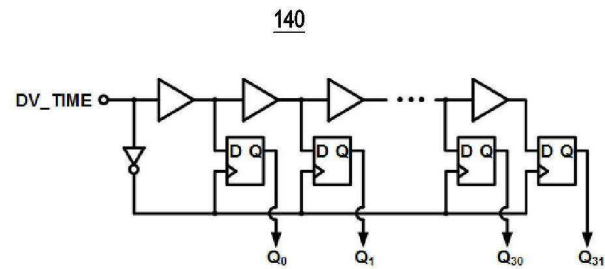
도면1



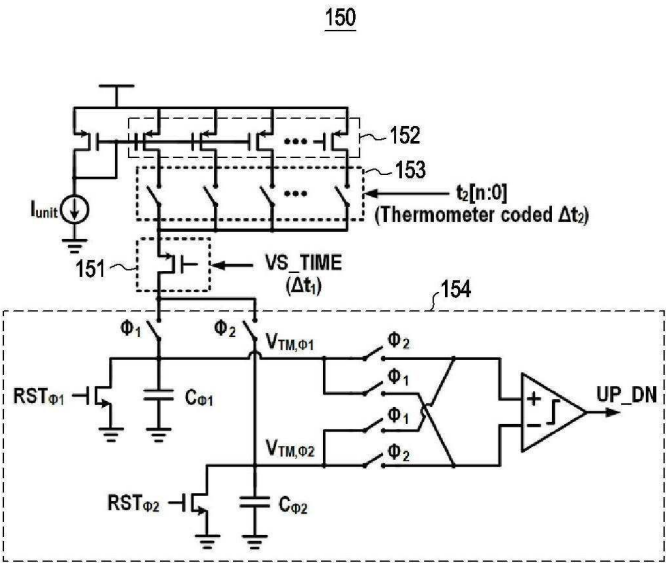
도면2



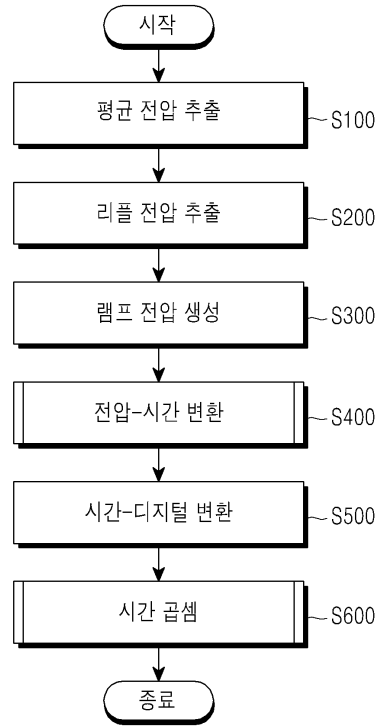
도면3



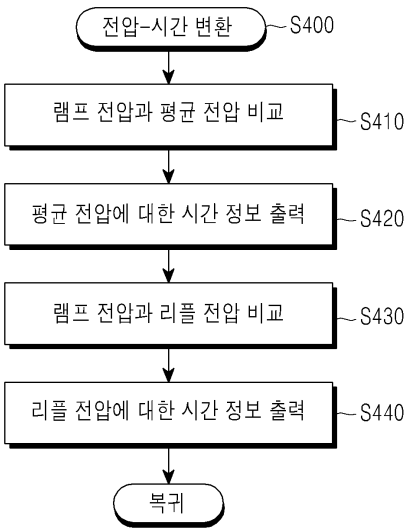
도면4



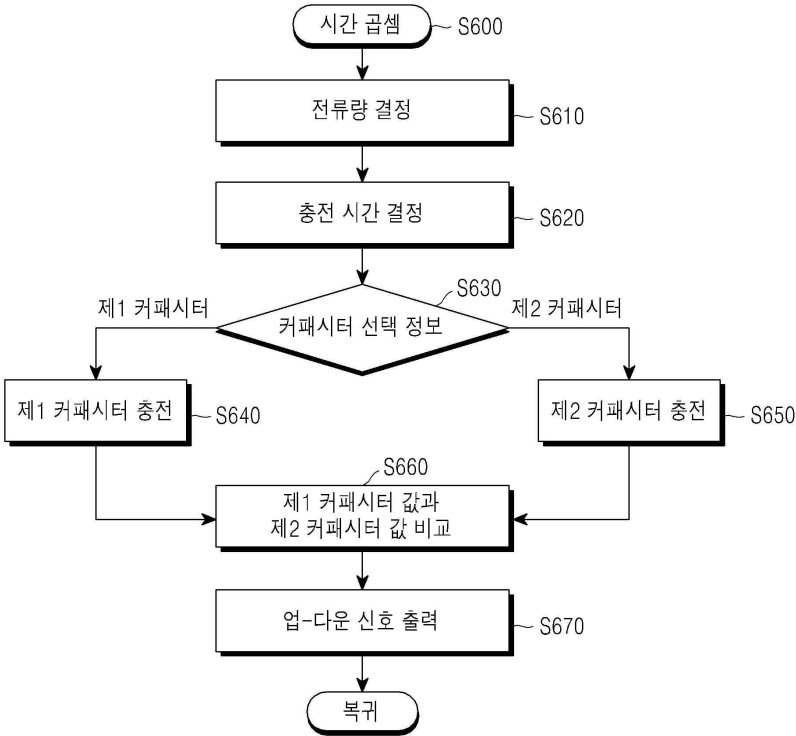
도면5



도면6



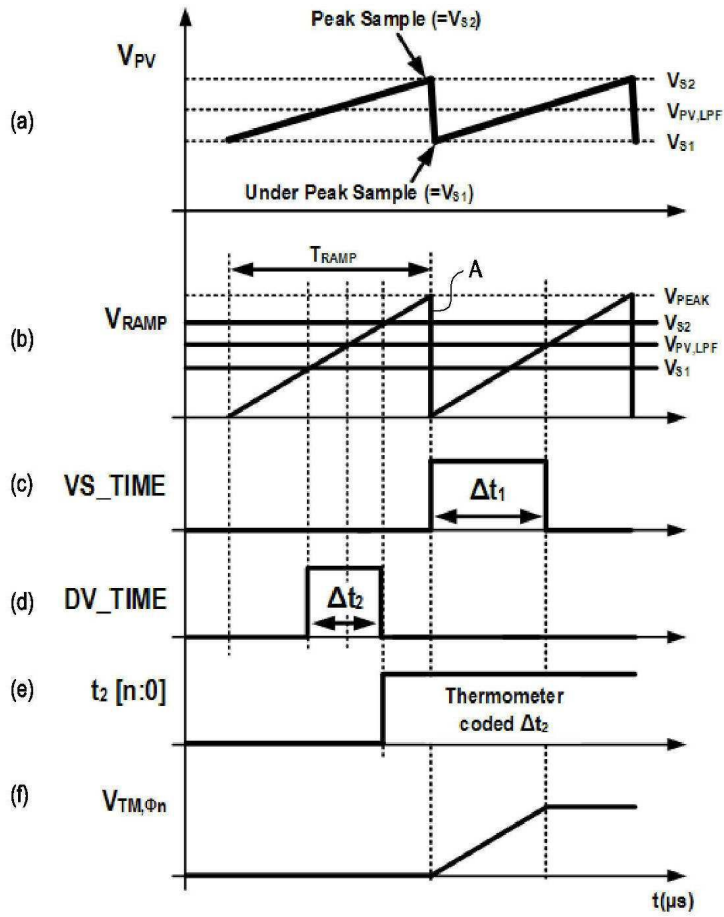
도면7



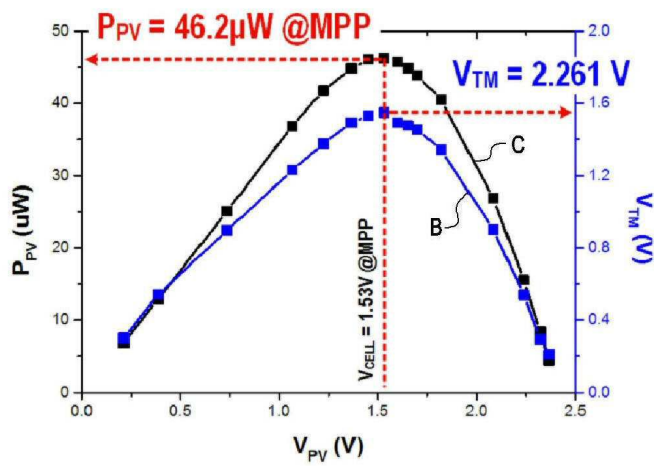
도면8

Power Equation of PV Cell $ \begin{aligned} P_{PV} &= V_{PV,AVG} \cdot I_{PV,AVG} \\ &= V_{PV,LPF} \cdot C \cdot \frac{dV}{dT} \\ &= V_{PV,LPF} \cdot (V_{S2} - V_{S1}) \cdot \frac{C}{T} \quad (1) \end{aligned} $ (a)	V-T Conversion $ \Delta t_1 = \frac{V_{PV,LPF}}{V_{PEAK}} \cdot T_{RAMP} \quad (2) $ $ \Delta t_2 = \frac{V_{S2} - V_{S1}}{V_{PEAK}} \cdot T_{RAMP} \quad (3) $ (b)
Time Multiplication Value $\propto P_{PV}$ $ \Delta t_1 \cdot \Delta t_2 = V_{PV,LPF} \cdot (V_{S2} - V_{S1}) \cdot \left(\frac{T_{RAMP}}{V_{PEAK}}\right)^2 \quad (4) $ (c)	
Number of Stage of Time to Digital Converter $ \Delta t_2 = N \cdot t_d + \varepsilon \quad N = \frac{\Delta t_2 - \varepsilon}{t_d} \quad (5) $ (d)	
Time Multiplication (T-V Conversion) $ \begin{aligned} V_{TM} &= \frac{N \cdot I_{unit}}{C_{\Phi n}} \cdot \Delta t_1 = \frac{I_{unit}}{C_{\Phi n}} \cdot \Delta t_1 \cdot \left(\frac{\Delta t_2 - \varepsilon}{t_d}\right) \\ &\approx \frac{I_{unit}}{C_{\Phi n} \cdot t_d} \cdot \Delta t_1 \cdot \Delta t_2 = \frac{I_{unit}}{C_{\Phi n} \cdot t_d} \cdot \left(\frac{T_{RAMP}}{V_{PEAK}}\right)^2 \cdot V_{PV,LPF} \cdot (V_{S2} - V_{S1}) \quad (6) \end{aligned} $ (e)	

도면9



도면10



도면11

	VLSI 2013(a)	ISSCC 2015(b)	TCAS-I 2017(c)	본 발명 (d)
Technology	0.18um	0.18um	0.18um	0.18um
Converter type	Capacitive	Capacitive	Inductive	Inductive
MPPT type	Backward	Backward	Forward	Forward
Output dependence	Dependent	Dependent	Independent	Independent
Input range	0.3 - 0.6	0.45 - 3	0.4 - 1.7	1 - 2.4
Throughput power	< 5uW	< 50uW	< 670uW	< 47uW
Tracking efficiency	94.6%	N/A	83% @ 200lux.	97.9%
P _{MPP,CONT}	35nW	0.4uW	5.1uW	0.9uW

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구범위 제12항

【변경전】

특징으로 전력 감지 방법.

【변경후】

특징으로 하는 전력 감지 방법.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구범위 제2항

【변경전】

특징으로 전력 감지 회로.

【변경후】

특징으로 하는 전력 감지 회로.