



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0128773
(43) 공개일자 2016년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 2/18 (2006.01) G01H 11/06 (2006.01)
H02M 7/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 2/181 (2013.01)
G01H 11/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0060667
(22) 출원일자 2015년04월29일
심사청구일자 2015년04월29일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
유종근
인천광역시 연수구 인천타워대로 323, 씨동 3105
호 (송도동)
윤은정
경기도 시흥시 대은로 62, 308동 1205호 (은행동,
대우3차아파트)
(74) 대리인
특허법인충정

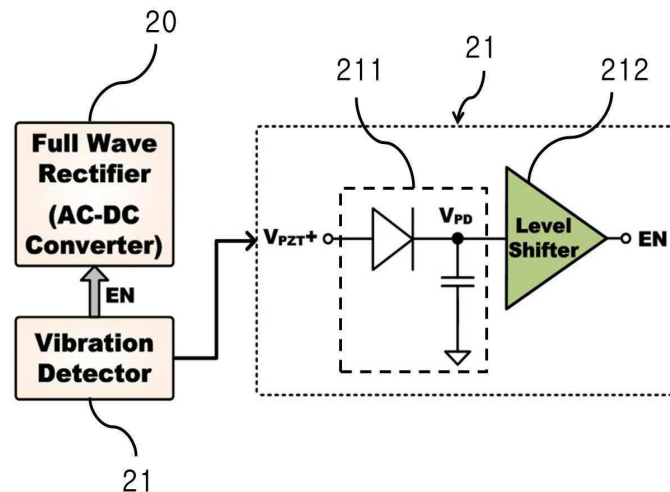
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기

(57) 요약

본 발명은 진동 에너지 하베스팅을 위한 진동 감지기를 포함한 전파 정류기에 관한 것으로, 진동 감지기를 적용하여 진동 에너지의 출력여부에 따라 비교기를 활성화/비활성(enable/disable)하도록 하는 전파 정류기에 관한 것으로, 본 발명은 진동 에너지를 전기에너지로 변환하는 압전변환기와 연결되어, 압전변환기에서 변환된 전기에너지의 교류 전압(AC)을 직류 전압(DC)으로 변환하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 상기 전파 정류기는 상기 압전변환기의 출력 신호로 진동 에너지를 감지하고, 진동 에너지의 출력 여부에 따라 비교기에 활성화/비활성(enable/disable) 신호를 전달하는 진동 감지기를 포함하는 것을 특징으로 하는 것을 기술적 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H02M 7/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014046387

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업(유형Ⅱ)

연구과제명 다중입력 마이크로 에너지 하베스터 및 에너지/전력 관리 SoC 개발을 통한 자가발전 무선
센서노드 구현

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교 산학협력단

연구기간 2010.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

진동에너지를 전기에너지로 변환하는 압전변환기와 연결되어, 압전변환기에서 변환된 전기에너지의 교류 전압(AC)을 직류 전압(DC)으로 변환하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서,

상기 전파 정류기는

상기 압전변환기의 출력 신호로 진동에너지를 감지하고, 진동에너지의 출력 여부에 따라 전파 정류기의 비교기에 활성화/비활성(enable/disable) 신호를 전달하는 진동 감지기를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 진동 감지기는,

상기 진동에너지의 교류 파형의 피크 값을 검출하는 피크 검출기 및

상기 피크 검출기에서 출력된 신호의 피크 값을 디지털 신호로 복원하는 레벨 시프터를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 피크 검출기는

상기 압전변환기의 출력과 연결된 다이오드 및 상기 다이오드와 병렬로 연결된 커패시터로 구성되고, 진동에너지가 없을 경우 '0'을 출력하고, 진동에너지가 있는 경우 '1'을 출력하는 것을 특징으로 하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 레벨 시프터는,

2단의 인버터로 구성되어 있으며, 1단의 PMOS 트랜지스터에 저항을 추가하여 하이(high) 레벨 감지 범위를 전원 전압(V_{STO})의 1/2 이하로 낮추어 다이오드에 의해 전압강하된 피크검출기의 출력신호를 디지털 신호로 복원하는 것을 특징으로 하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전파 정류기의 상기 비교기는 두 개의 활성화/비활성 스위치를 포함하여, 상기 진동 감지기에서 전달되는 신호가 '0'일 때 비교기를 비활성화(disable)시켜 전파 정류기에 의한 전력 소모를 차단하는 것을 특징으로 하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 진동 에너지 하베스팅 기술에 관한 것으로, 더 상세하게는 진동 에너지 하베스팅을 위한 진동 감지기를 포함한 전파 정류기에 관한 것으로, 진동 에너지의 출력여부에 따라 비교기를 활성화/비활성(enable/disable)

하도록 하는 전파 정류기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 에너지 하베스팅이란 빛, 진동, 열 등 주변에서 발생되어 미활용되는 에너지를 재수확하여 사용 가능한 전기에너지로 변환하고 이를 저장하여 활용하는 기술을 말하며, 무선 센서노드의 배터리 대체 기술로써 기대되고 있다[1~5].
- [0003] 도 1은 종래 진동에너지 하베스팅 시스템을 도시한 것으로, 압전변환기(PZT-piezoelectric transducer)를 이용하여 진동에너지를 전기에너지(AC 전압)로 변환하고 이를 정류기(rectifier)를 통해 DC 전압으로 변환 후 저장하여 센서 노드와 같은 부하에 전력을 공급한다. 정류기는 진동에너지 하베스팅 시스템의 가장 앞 단계에 놓이며, 전체적인 효율에 큰 영향을 미치므로 효율적인 정류기의 설계가 필요하다. 종래 다이오드를 이용한 정류기는 집적화하기에 적합하지 않고, 다이오드 온 전압에 의한 전압 강하(voltage drop)가 커서 높은 효율을 기대하기 어려웠다. 이를 해결하기 위해 MOSFET 스위치를 이용한 정류기도 제안되었지만 누설 전류(leakage current)로 효율이 감소하는 문제가 있었다.
- [0004] 이러한 종래 정류기들의 문제점들을 해결하기 위해 도 2의 4개의 MOSFET스위치로 구성된 정류기와 액티브 다이오드(active diode)가 연결된 2단 전파 정류기(full-wave rectifier)[6]가 제안되었으며, 액티브 다이오드의 비교기 전원전압(V_{DD})은 정류기의 출력(V_{STO})과 연결되어 전력을 공급받는다. 그러나 진동에너지가 발생하지 않거나 부하가 동작하기에 작은 에너지를 출력할 경우, 정류기를 비활성(disable)시켜 저장된 에너지에서 추가적인 전력소모를 차단해야하지만, 종래기술 [6]은 비교기 전원이 저장 커패시터와 연결되어 있기 때문에 진동에너지가 없어도 저장된 에너지가 비교기에 의해 지속적으로 소모되는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 종래 기술 [7]은 도 2의 정류기의 구조에서 비교기 전원전압을 정류기의 입력(V_{FWR})과 연결하여 전력을 공급받도록 하는 방법을 제안하여 진동에너지가 없거나 크기가 작을 때 자동적으로 비교기가 동작하지 않도록 하여 저장된 에너지의 손실을 방지하였다. 그러나 비교기에 공급되는 전원 전압신호(V_{FWR})가 AC 신호이기 때문에 비교기의 구조가 제한적일 수밖에 없으며, 비교기의 성능 또한 저하되어 전파정류기 전체 효율이 감소하는 문제점을 가지고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0005] (비특허문헌 0001) [1] D. Dondi, et al., "A solar energy harvesting circuit for low power applications," IEEE ICSET, pp. 945-949, 2008.
- (비특허문헌 0002) [2] J. Colomer, et al., "Power-Conditioning Circuitry for a Self-Powered System Based on Micro PZT Generators in a 0.13 μ m Low-Voltage Low-Power Technology," IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 55, no. 9, pp. 3249-3257, September 2008.
- (비특허문헌 0003) [3] J. Colomer, et al., "Novel autonomous low power VLSI system powered by ambient mechanical vibrations and solar cells for portable applications in a 0.13 μ technology," PESC, pp. 2786-2791, 2007.
- (비특허문헌 0004) [4] J. Colomer, et al., "SiP Power Management Unit with Embedded Temperature Sensor Powered by Piezoelectric Vibration Energy Harvesting," IEEE MWSCAS, pp. 662-665, 2007.
- (비특허문헌 0005) [5] I. Doms, et al., "Capacitive Power Management Circuit for Micropower Thermoelectric Generators With a 1.4 uA Controller," IEEE JSSC, vol. 44, no. 10, pp. 2824-2833, 2009.
- (비특허문헌 0006) [6] C. Peters, et al., "CMOS Integrated Highly Efficient Full Wave Rectifier," IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, pp. 2415-2418, New Orleans, May 2007.
- (비특허문헌 0007) [7] Y. Rao and D.P. Arnold, "An Input-Powered Vibrational Energy Harvesting

Interface Circuit With Zero Standby Power ", IEEE Trans. on Power Electronics, pp. 3524-3533, 2011.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기의 목적은 진동 감지기를 포함하고, 활성/비활성 기능을 포함한 전파 정류기를 제공하여, 진동에너지가 발생하지 않거나 부하가 동작하기에 작은 에너지를 출력할 경우, 전파 정류기를 비활성 시키는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기는 진동에너지를 전기에너지로 변환하는 압전변환기와 연결되어, 압전변환기에서 변환된 전기에너지의 교류 전압(AC)을 직류 전압(DC)으로 변환하는 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 상기 전파 정류기는 상기 압전변환기의 출력 신호로 진동에너지를 감지하여, 진동에너지의 출력 여부에 따라 전파 정류기의 비교기에 활성/비활성(enable/disable) 신호를 전달하는 진동 감지기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 진동 감지기는 상기 진동에너지의 교류 파형의 피크 값을 검출하는 피크 검출기 및 상기 피크 검출기에서 출력된 신호의 피크 값을 디지털 신호로 복원하는 레벨 시프터를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 피크 검출기는 상기 압전변환기의 출력과 연결된 다이오드 및 상기 다이오드와 병렬로 연결된 커패시터로 구성되고, 진동에너지가 없을 경우 '0'을 출력하고, 진동에너지가 있는 경우 '1'을 출력하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 레벨 시프터는 2단의 인버터로 구성되어 있으며, 1단의 PMOS 트랜지스터에 저항을 추가하여 하이(high) 레벨 감지 범위를 전원전압(V_{STO})의 1/2 이하로 낮추어 다이오드에 의해 전압강화된 피크검출기의 출력신호를 디지털 신호로 복원하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 전파 정류기의 상기 비교기는 두 개의 활성/비활성 스위치를 포함하여, 상기 진동 감지기에서 전달되는 신호가 '0'일 때 비교기를 비활성시켜 전파 정류기에 의한 전력 소모를 차단하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기는 진동 감지기를 포함하고, 활성/비활성 기능을 포함한 전파 정류기를 제공하여, 진동에너지가 발생하지 않거나 부하가 동작하기에 작은 에너지를 출력할 경우, 전파 정류기를 비활성시켜, 전파 정류기에 의한 전력소모를 차단할 수 있는 효과가 있다.

[0013] 나아가 본 발명에 따른 전파 정류기를 무선 센서노드의 배터리 충전 또는 대체용으로 이용된 진동에너지 하베스팅 시스템에 적용 시, 진동 하베스팅 시스템의 전력을 효율적으로 운용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 진동 에너지 하베스팅 시스템을 나타내는 구성도.

도 2는 종래 전파 정류기의 구성을 나타내는 회로도.

도 3은 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기의 구성을 나타내는 구성도.

도 4은 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 레벨 시프터와 레벨 시프터의 동작을 나타내는 그래프.

도 5는 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 활성화/비활성 스위치를 포함한 비교기의 회로 구성을 나타내는 도면.

도 6은 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서, 진동 감지기를 이용한 전파 정류기의 출력 신호를 나타내는 모의실험 결과 그래프.

도 7은 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기에 있어서 서로 다른 진동 주파수 및 진폭에서 누설되는 전류의 양을 나타내는 모의실험 결과 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기를 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명하면 다음과 같다.
- [0016] 도 1은 진동 에너지 하베스팅 시스템을 나타내는 도면으로, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기(Full Wave Rectifier)는 진동에너지를 전기에너지로 변환하는 압전변환기(Piezoelectric Transducer)와 연결되어, 상기 압전변환기에서 변환된 전기에너지의 교류 전압(AC)을 직류 전압(DC)으로 변환하며, 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기는 도 3에 도시된 바와 같이, 진동 감지기(Vibration Detector)를 포함한다.
- [0017] 본 발명에 따른 진동 감지기는 압전변환기의 출력 신호로 진동에너지를 감지하고, 진동에너지의 출력 여부에 따라 비교기에 활성화/비활성(enable/disable) 신호를 전달하며, 피크 검출기와 레벨 시프터를 포함한다.
- [0018] 상기 피크 검출기는 상기 진동에너지의 교류 파형의 피크 값을 검출하며, 상기 압전변환기의 출력과 연결된 다이오드 및 상기 다이오드와 병렬로 연결된 커패시터로 구성되고, 진동에너지가 없을 경우 '0'을 출력하고, 진동에너지가 있는 경우 '1'을 출력한다.
- [0019] 상기 레벨 시프터는 상기 피크 검출기에서 출력된 신호의 피크 값이 다이오드 온(on) 전압만큼 전압 강하(voltage drop)된 것을 명확한 디지털 신호로 복원하는 역할을 하며, 본 발명의 실시예에서 상기 레벨 시프터는 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 2단의 인버터로 구성되며, 첫 단의 디지털 입력이 피크 검출기의 다이오드에 의해 훼손되었으므로 첫 단의 PMOS 트랜지스터와 연결된 저항을 추가하여 하이 레벨 감지 범위를 하이 레벨의 1/2 이하로 낮추어 훼손된 디지털 신호를 복원하도록 하였다.
- [0020] 도 4의 (b)는 레벨 시프터의 DC 특성을 나타낸 파형으로 685mV에서 트랜지션 포인트(transition point)를 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0021] 본 발명에 따른 비교기는 도 5에 도시된 바와 같이, 두 개의 활성화/비활성 스위치를 추가하여, 상기 진동 감지기에서 전달되는 신호(EN)가 '0'일 때 비교기를 비활성화(disable)시켜 전파 정류기에 의한 전력 소모를 차단하며, 이로 인해 전파 정류기에 의한 추가적인 전력소모를 방지할 수 있다.
- [0022] 모의실험을 실시한 결과 EN이 '1'이고, 3.3V의 전원 전압일 경우, 80dB의 이득과 2.7uA의 전력소모가 있음을 확인할 수 있었으며, EN이 '0'일 경우, 20pA의 전력소모가 있음을 확인할 수 있었다.
- [0023] 이처럼 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기는 진동 감지기를 포함하고, 활성화/비활성 기능을 포함한 전파 정류기를 제공함으로써 진동에너지가 발생하지 않거나 부하가 동작하기에 작은 에너지를 출력할 경우, 전파 정류기를 비활성시켜, 전파 정류기에 의한 전력소모를 차단할 수 있는 것이다.
- [0024] 이러한 본 발명에 따른 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기의 성능을 확인할 수 있는 모의실험을 다음과 같이 실시하였다.
- [0025] 본 발명에 따른 전파 정류기의 모의실험은 고유 커패시턴스가 $0.2\mu\text{F}$ 이고 최대 생성되는 가용 전력은 80Hz의 주파수와 7m/s^2 의 가속도에서 $125\mu\text{W}$ 의 전력을 출력하는 압전변환기(PZT)[2]를 등가모델링 하였고, 압전변환기의 주파수를 80Hz, 진폭은 3.3V로 설정하여 진동에너지를 공급하였다. 또한, 도 2의 C_{STO} 는 $47\mu\text{F}$ 으로 설정하였고, 진동 감지기의 다이오드는 0.35um CMOS 공정에서 제공하는 800nm $\times$ 800nm 크기의 p-type 다이오드를 이용하였으며 커패시터는 100fF로 설정하여 모의실험하였다.

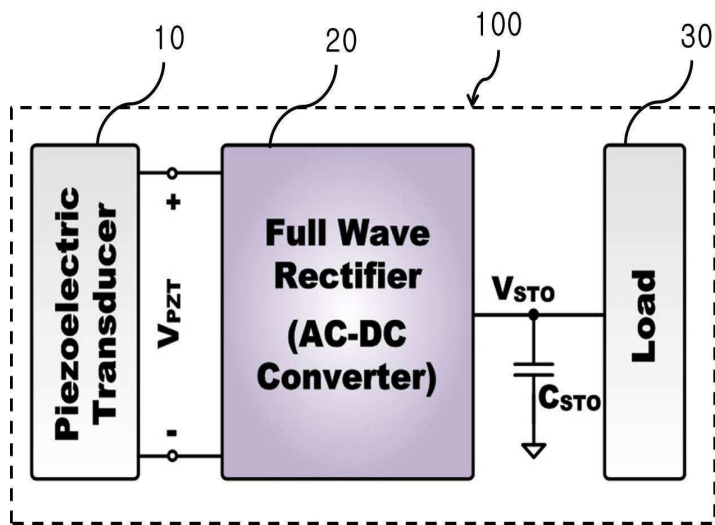
- [0026] 도 6은 0초에서 8초까지 진동에너지가 발생하고 이후에는 진동에너지가 발생하지 않은 경우에 대한 결과 그래프를 나타내며 첫 번째와 두 번째 파형은 전파 정류기의 +입력과 진동 감지기의 출력(EN)이고, 진동에너지가 있을 때에는 EN이 '1'을 출력하고, 8초 후 진동에너지가 없을 때에는 EN이 '0'을 출력하는 것을 확인할 수 있다.
- [0027] 비활성 신호의 지연 시간(DDT-Disable delay time)은 진동에너지가 발생되지 않는 순간부터 EN 신호가 '0'이 되는 시간까지로 정의하였으며, 도 6의 DDT는 150ms이다.
- [0028] 도 6의 3번째 파형은 진동 감지기의 유무에 따른 전파 정류기의 출력을 비교한 결과로, EN가 '1'일 때에는 정류기가 정상동작 하지만 EN가 '0'이 되면 진동감지기가 있는 전파 정류기는 진동에너지가 없을 경우에도 V_{ST0} 전압을 그대로 유지하지만, 진동 감지기가 없는 전파 정류기는 비교기를 비활성화하지 못하기 때문에 진동에너지가 없는 동안에 비교기의 전류소모로 인해 전파 정류기의 출력이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0029] 도 7은 도 6과 같이, 8초를 기준으로 진동에너지가 있다 없어질 때 진동에너지의 진폭과 주파수에 따른 누설 전류를 나타낸 그래프로, 진동 주파수(@진폭: 3.3V)에 따른 누설 전류는 진동에너지가 없을 경우에 진동 감지기가 없는 전파 정류기는 최대 2.5uA를 소모하였고, 진동 감지기가 있는 전파 정류기는 최대 36pA의 전류를 소모하여, 누설 전류가 대략 70,000배 차이가 났다. 진동 진폭(@주파수: 80Hz)에 따른 누설 전류는 진폭이 증가함에 따라 비교기의 전원전압이 증가하기 때문에 누설 전류가 같이 증가하는 양상을 보였고 그 크기는 진동 감지기가 없는 경우가 있는 경우보다 88,000배 정도 크게 발생하였다.
- [0030] 진동 감지기가 없는 전파 정류기는 진동 에너지가 없어지면 저장 커패시터에 저장된 에너지를 액티브 다이오드를 구성하는 비교기가 전류를 소모하기 때문에 누설 전류가 비교기 전류소모만큼 발생하였다.
- [0031] 반면 진동 감지기가 있는 전파 정류기의 경우는 40pA 이하의 누설 전류가 발생함으로써, 비교기로의 전류소모가 진동 감지기에 의해 차단되는 것을 확인할 수 있다. 그 밖에 공정 및 온도 변화에 따라서도 모의실험을 한 결과, 진동에너지가 없어지면 EN 신호가 '0'이 되어 액티브 다이오드의 비교기를 비활성화 시킴으로써 추가적인 전력소모를 차단하는 것을 확인하였다.
- [0032] 이러한 본 발명에 따른 진동 감지기를 갖는 전파 정류기는 에너지 저장이 중요한 무선 센서노드의 배터리 충전 또는 대체용으로 이용된 진동에너지 하베스팅 시스템에 활용할 수 있다.
- [0033] 이상 본 발명의 실시예로 설명하였으나 본 발명의 기술적 사상이 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범주에서 다양한 진동 에너지 하베스팅용 전파 정류기로 구현할 수 있다.

부호의 설명

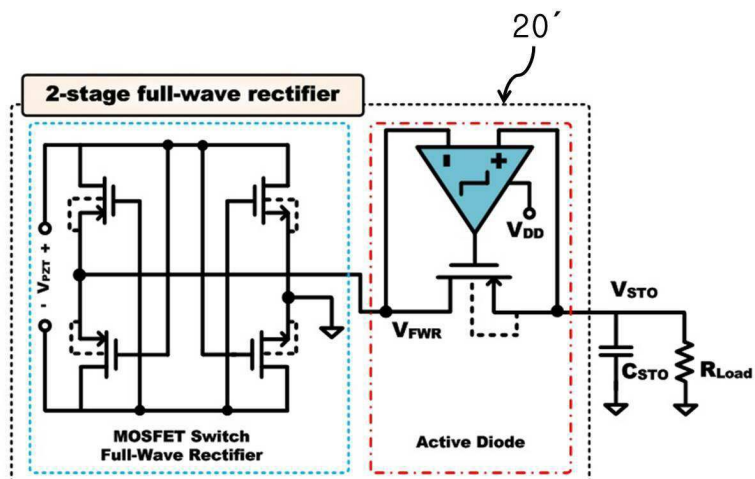
- [0034] 10 : 압전변환기(PZT-piezoelectric transducer)
- 20 : 전파 정류기(full-wave rectifier)
- 20' : 종래 전파 정류기
- 21 : 진동 감지기(vibration detector)
- 22 : 비교기(Comparator)
- 30 : 부하(Load)
- 100 : 진동에너지 하베스팅 시스템
- 211 : 피크 검출기(peak detector)
- 212 : 레벨 시프터(level shifter)

도면

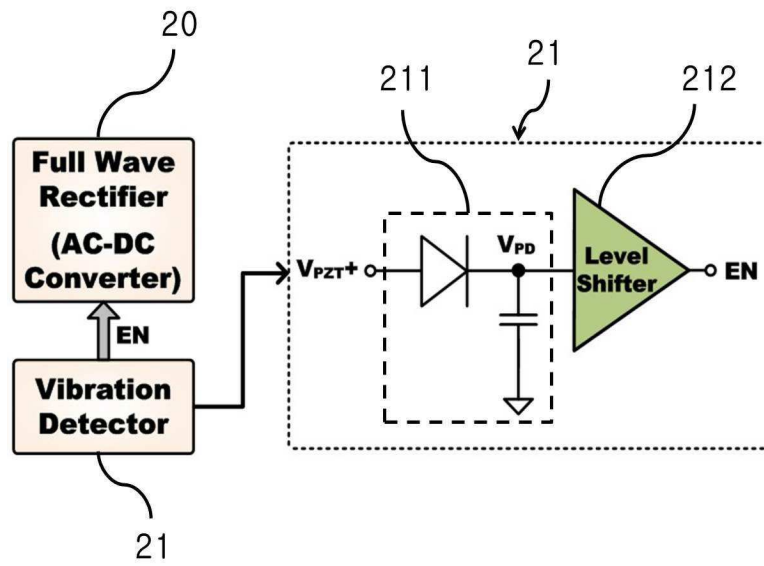
도면1



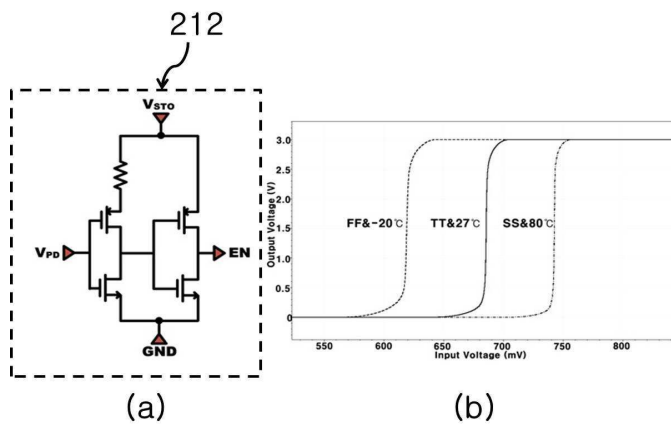
도면2



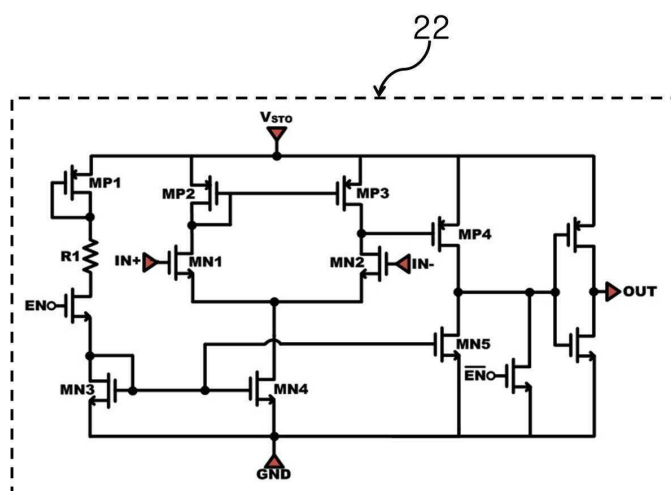
도면3



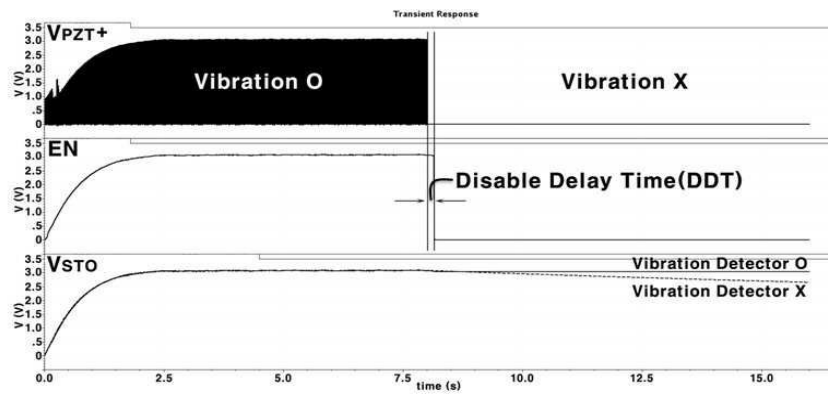
도면4



도면5



도면6



도면7

