

실내조명을 이용한 모바일 기기의 충전에 관한 연구

양석원, 김경오, 강성묵, 김호성
 중앙대학교

Research on Charging of Mobile Devices under indoor fluorescent light

Seokwon Yang, Kyung-oh Kim, Sungmuk Kang, Hoseong Kim
 Chung-ang University

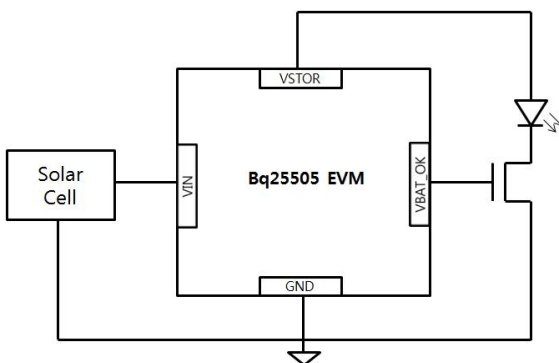
Abstract - 본 논문에서는 실내조명을 이용해 휴대폰 배터리 등의 충전기기를 효율적으로 충전하기 위한 방법을 연구하였다. 형광등 아래에서 태양전지의 저전압 출력을 에너지 하베스팅 용으로 개발된 초저전력 승압컨버터 칩으로 승압하여 저장커패시터를 충전하고 충전전압이 3.3V가 되면 자동적으로 LED가 켜지고 방전하여 2.8V가 되면 LED가 자동적으로 꺼지는 실험회로를 구성하여 실험하였다. 실험결과 형광등에 의한 350 lux 조도에서는 60 cm² 크기의 태양전지를 이용하여 일반적인 스마트폰 대기소모전류(≈ 10 mA)의 5.7% 정도를 얻을 수 있었으며, 직사광선이 닿지 않는 실내 창가 1000 lux 조도에서는 12% 정도의 전류를 얻을 수 있었다.

1. 서 론

약 10년 전부터, 주변의 버려지는 환경에너지, 즉 빛, 진동, 압력, 열, 전자파 등으로부터 전기에너지를 추출하여 무선센서모듈이나 모바일 기기 등을 구동하는 에너지 하베스팅 분야에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다 [1, 2]. 초기의 연구에서는 환경에너지를 전기에너지로 변환하는 재료 및 소자 즉 압전 또는 열전재료와 이들 재료를 이용한 MEMS소자에 대한 연구가 주를 이루었으나 최근 들어서는 이들 소자로부터 얻어진 저전력을 고효율로 저장하고 디바이스를 구동하기에 적당한 전압을 얻기 위해 승압 또는 강압하는 전력관리(power management)회로에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3, 4]. 본 연구진은 전력관리회로로서 MEMS/FET hybrid 스위치를 이용한 회로[5, 6, 7]를 연구, 개발하였다. 그러나 반도체소자를 이용한 회로는 누설전력이 크고 불안정하다는 단점이 있으며 MEMS/FET hybrid 스위치를 이용한 회로는 누설이 대단히 작아 효율이 높은 장점이 있으나 고가의 MEMS스위치를 사용해야 한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 2014년에 Texas Instrument사에서 개발한 에너지 하베스팅 전용 저가의 초저전력 승압컨버터가 내장되어 있는 평가보드 bq25505EVM[8]을 이용하여 실내 형광등으로부터 얻을 수 있는 에너지 및 전력을 실험적으로 측정하였다.

2. 본 론

2.1 상용 하베스팅 소자를 이용한 실내조명용 충전회로



<그림 1> Harvesting 회로 구성도

그림 1에 본 연구에서 사용한 하베스팅 회로의 구성도를 나타내었다. 위 그림에서 bq25505EVM은 Texas Instrument사에서 2014년부터 시판하고 있는 평가보드이며 에너지 하베스팅 전용으로 개발된 초저전력 승압컨버터인 bq25505칩 및 주변회로가 이미 장착되어 있어 최소한의 소자를 추가하여 사용하기가 대단히 편리한 보드이다. 회로에 사용한 태양

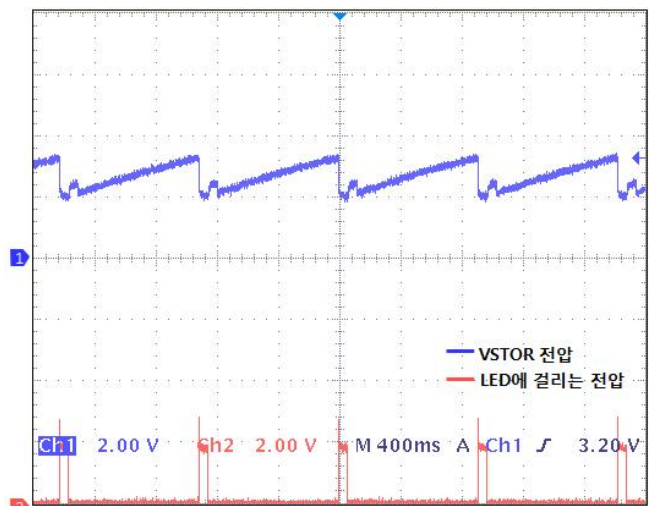
전지는 SSM20이며 크기는 88.7×67.2 mm²이다. 태양전지의 출력은 VIN단자로 입력된 후 승압되어 보드에 장착된 저장커패시터에 충전된다. 충전되는 동안에는 VBAT_OK단자의 전압이 0 V이며 따라서 MOSFET가 OFF되어 LED에 전력이 공급되지 않아 저장커패시터는 방전되지 않고 계속 충전된다. 저장커패시터의 전압이 보드에 장착된 저항들에 의해 결정된 전압까지 충전이 되면 자동적으로 VBAT_OK단자의 전압이 2 V가 되어 MOSFET가 ON되며 저장커패시터로부터 LED (BL-B2431)에 전력이 공급되어 LED가 켜지게 된다. LED가 ON되어 있는 동안 저장커패시터는 방전되며 전압이 보드에 장착된 저항들에 의해 결정된 전압까지 낮아지면 자동적으로 VBAT_OK단자의 전압이 0 V가 되어 MOSFET가 OFF되어 LED에 전력이 공급되지 않아 저장커패시터는 더 이상 방전되지 않고 다시 충전된다. 이러한 동작이 반복되어 LED는 점멸되며 점멸주기는 조도의 함수가 된다.

2.2 조도에 따른 충전 효율과 에너지 분석

그림 1의 구성도를 그림 2와 같이 구현하여 충전회로의 구동 실험을 하였다. 태양전지에 실내조명만 유입될 수 있도록 조도 센서와 태양전지를 따로 박스에 넣었다.



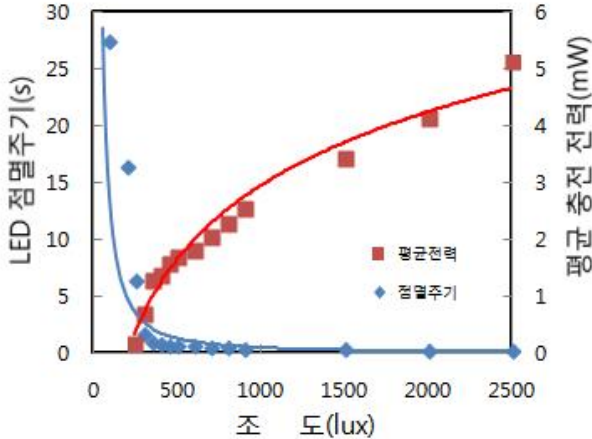
<그림 2> 실험 회로 및 환경



<그림 3> 350 lux에서 VSTOR의 전압과 LED에 걸리는 전압

350 lux 조도에서 측정된 저장커패시터의 전압파형(위)과 LED에 걸리는 전압파형(아래)을 그림 3에 도시하였다. 저장커패시터 파형에서 불

수 있듯이 충전전압이 3.3 V가 되면 60 ms동안 LED에 전압이 걸려 켜져 있게 된다. 조도에 따라 LED의 점멸 주기는 변하지만 켜져 있는 시간은 항상 60 ms이다. 이는 항상 저장커패시터의 전압이 3.3 V일 때 LED가 켜지기 때문이다. LED가 켜지는 순간 LED에 2.2 V의 전압이 걸리고 9.5 mA가 흐르는 것으로 측정되었다. 이를 통해 계산한 결과 LED가 한번 점멸할 때 소모하는 에너지는 1.254 mJ 이었다. 이는 350 lux 조도에서 초당 약 0.57 mA가 흐르는 것과 같으며 일반적인 스마트폰의 대기소모전류인 10 mA의 5.7%의 해당하는 양이었다. 또한 직사광선이 닿지 않는 실내 창가 조도 약 1000 lux에서의 LED 점멸주기는 0.48초로서 약 두 배의 해당하는 에너지와 전류를 얻을 수 있는 것을 확인하였다.



〈그림 4〉 조도변화에 따른 LED점멸 주기와 충전 전력 그래프

그림 4는 조도의 변화에 따른 LED 점멸주기와 그를 통해 계산한 평균 전력을 하나의 그래프에 나타낸 것이다. 점멸주기는 350 lux에서 0.975 초로서 약 1 초이고 조도가 300 lux 이하로 내려갈 때부터 점멸주기가 급격히 증가하였고 전체적인 점멸주기 그래프는 거둬 제곱식 형태로 나타나는 것을 확인하였다. LED의 1 회 점멸 에너지를 조도별 충전주기로 나누면 회로의 평균 충전 전력을 알 수 있다. 이를 나타낸 그래프를 y축 우측에 나타내었다. 일반적으로 사무실의 적정조도인 300~400 lux에서 1.254 mW의 출력이 나오는 것을 확인하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 시판되고 있는 하베스팅 칩을 사용한 EVM 보드와 60 cm² 크기의 태양전지를 사용하여 실내조명에서 모바일 기기를 충전하기 위한 하베스팅 회로를 제작하고 그 성능을 확인하였다. 형광등에 의한 350 lux 조도에서 초당 1.254 mW의 파워가 공급되었고 이는 일반적인 스마트폰의 대기소모전력의 5.7%를 충당 할 수 있는 양이었다. 또한 직사광선이 닿지 않는 실내의 창가의 조도인 1000 lux에서는 그 두 배의 해당하는 전류가 공급되어 스마트폰 대기소모전력의 12%를 얻을 수 있다. 향후 본 논문에서 사용한 회로를 통해 모바일 기기의 충전 간격을 획기적으로 늘릴 수 있는 연구와 표유전계 에너지를 이용한 하베스팅을 통한 충전에 관한 연구를 하고자 한다.

[감사의 글]

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1A2A2A01003357)

[참 고 문 헌]

[1] S P Beeby, M J Tudor, N M White, "Energy harvesting vibration sources for microsystems applications", Measurement Science and Technology, Vol.14, No.12, 2006
 [2] H. A. Sodano, G. Park, D. J. Inman, "Estimation of Electric Charge Output for Piezoelectric Energy harvestings", Vol.40, Issue 2, pp.49-58, 2004
 [3] 최동길, 박경진, 공성민, 강성목, 김호성, 에너지 하베스팅을 위한 Multi-source Coupling 충전회로의 최적화 실험, 대한전기학회 논문집 Vol.2013, NO.7, 10-12, 2013
 [4] Shenck, N.S. ; Media Lab., MIT, Cambridge, MA, USA ; Paradiso, J.A., "Energy scavenging with shoe-mounted piezoelectrics", Micro, Vol.21, Issue3, pp.30-42, 2002

[5] H.S. Kim, S.-M. Kang, K.-J. Park, C.-W. Baek and J.-S. Park, "Power management circuit for wireless ubiquitous sensor nodes powered by scavenged energy", Electronics letters, Vol.45 No7, pp.373-374, 2009
 [6] Hoseong Kim, Dongkil Choi, Sungmin Gong, Kyungjin Park "Stray electric field energy harvesting technology using MEMS switch from insulated AC power lines", Electronics letters, Vol.50, Issue17, pp.1236-1238, 2014
 [7] K.-J. Park, S.-M. Kang, H.S. Kim, C.-W. Baek, T.K. Chung, "Energy scavenging system utilising MEMS switch for power management", Electronics letter, Vol.48, Issue5, pp.948-949, 2012
 [8] <http://www.ti.com/tool/bq25505evm-218>