

# 에너지 수확을 이용한 Boost 컨버터가 내장된 MCU의 활용

김혁진, 정교범  
홍익대학교

## Applications of MCU with built-in Boost Converter using Energy Harvesting

HyeokJin Kim, Gyo-Bum Chung  
Hongik University

### ABSTRACT

본 논문에서는 MCU(ATtiny 43U)에 내장된 Boost 컨버터를 이용하여 열전에너지를 수확하고, 프로그램을 기동하는 방안을 제안한다. ATtiny 43U에 내장된 Boost 컨버터는 1~3[V] 입력 전압을 직류 3[V]로 승압하여 ATtiny 43U를 정상적으로 동작시킨다. ATtiny 43U의 Boost 컨버터와 열전소자를 활용하여 에너지 수확 시스템을 구성하고 배터리의 필요성을 제거하였으며, 지능형 에너지 수확 시스템을 구성하였다.

### 1. 서론

1[W] 미만의 저전력 에너지 수확분야에서 에너지 수확소자의 저전압 출력은 센서, MCU(Micro Controller Unit)를 동작 또는 배터리 충전에 적합하지 않기 때문에 Boost 컨버터를 필요로 한다. 이러한 에너지 수확을 위한 컨버터는 에너지 수확 소자로부터 최대 에너지를 수확하고 효율을 증가시키기 위하여 영/피크 전압/전류 측정을 위한 센서, 소프트 스위칭을 하기 위한 스위칭 IC 또는 MCU를 사용하고 있다.<sup>[1,2]</sup> 이러한 센서 또는 MCU에 의한 전력소모는 저전력 에너지 수확분야에서 무시할 수 없는 크기이며, 센서 또는 MCU를 동작시키기 위한 외부 전압원을 필요로 하기 때문에 에너지 수확분야에서는 MCU의 적용이 난해한 단점이 있다.

에너지 수확분야에서는 MCU 또는 센서에 의한 전력소모를 줄이고 외부 전압원을 제거하기 위해 Self-Switching 기법을 이용한 에너지 수확 컨버터가 연구개발 되었다.<sup>[3,4,5]</sup> 에너지 수확을 위한 Self-Switching 컨버터는 에너지 수확 소자로부터 최대 에너지를 수확하기 위해 MOSFET 또는 BJT를 이용하여 피크/영 전압을 감지하고 스위칭을 한다. 이러한 Self-Switching 컨버터는 스위칭 IC 또는 MCU 없이 에너지 수확이 가능하고 간단한 구조를 가지고 있으며 배터리 충전에 적합하지만 계측 또는 연산, 통신을 하기 위해서는 추가적인 장비가 필요하다.

이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 열전 에너지를 수확하여 Boost 컨버터가 내장된 Atmel사의 ATtiny 43U를 배터리 없이 구동하고, MCU 기능을 이용하여 측정, 데이터 연산을 수행하므로써 에너지 수확소자와 ATtiny 43U를 이용한 활용 방향을 제시하였다.

### 2. Atmel ATtiny 43U의 Boost Operation

그림 1은 ATtiny 43U의 Boost 회로 연결도이다.<sup>[6]</sup> MCU가 정상적으로 동작하기 위한 최소전압 3[V]를 공급하기 위해 ATtiny 43U는 1차 RC LPF(Low Pass Filter)를 통과한  $V_{Source}(V_{BAT})$ 를 측정하여 약 1[V] 이상일 경우,  $V_{Source}$ 를 인덕터 L과 LSW 포트를 이용하여 Boost 한 후, 다이오드 D를 이용하여 출력 캐패시터  $C_0$ 로 입력측 에너지를 전달한다.

표 1은 ATtiny 43U의 Boost 컨버터 운전 특성이다.  $V_{Source}$  전압이 약 1.2[V] 이상일 때 Boost 동작을 시작하며 0.7[V] 이하일 때는 Boost 동작을 멈추며, 히스테리시스 특성을 갖는다. Boost 컨버터는 MCU의 전력 소모량에 따라 스위칭 주파수 및 시비율이 가변한다. 그림 2는 15[ $\mu$ H]의 L을 사용한 Boost 동작 결과 파형이다. 입력 전압 0.9[V], 출력전압은 3[V]이며, 스위칭 주파수는 약 100kHz 이다.

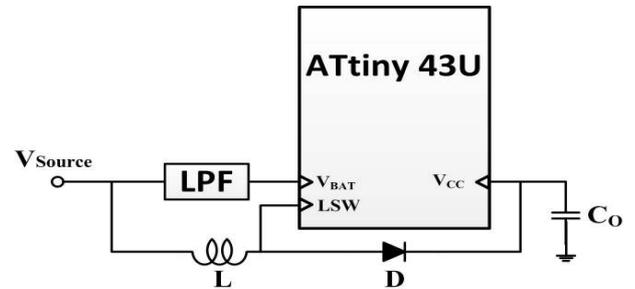


그림 1 ATtiny 43U Boost 회로 연결도<sup>[6]</sup>

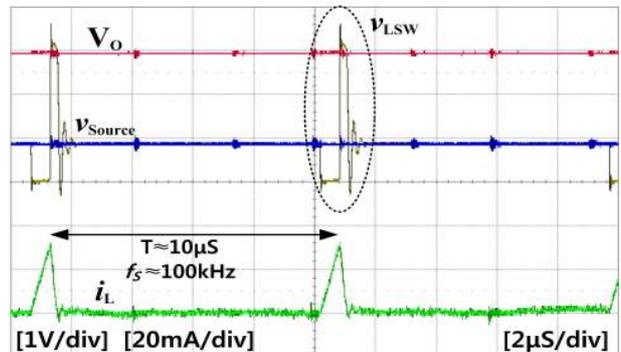


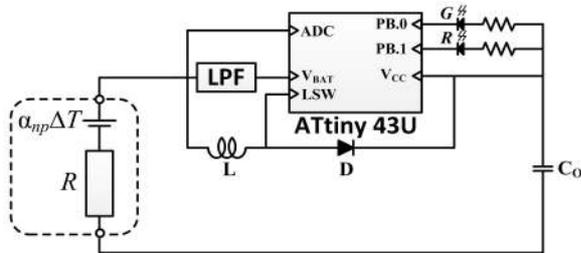
그림 2 ATtiny 43U의 Boost 동작 결과 파형

표 1 ATtiny 43U의 Boost 컨버터 운전 특성

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V <sub>START</sub>	Start Voltage	1.05	1.2	1.35	V
V <sub>BAT</sub>	Input Voltage	0.7		1.8	V
V <sub>STOP</sub>	Shutdown Voltage	0.45		0.7	V
V <sub>CC</sub>	Output Voltage	2.7	3.0	3.3	V
f <sub>S</sub>	Switching Frequency	75	100	125	kHz
D <sub>SW</sub>	Duty Cycle	3		72	%

### 3. 에너지 수확을 이용한 ATtiny 43U의 동작

그림 3은 ATtiny 43U에 내장된 Boost 컨버터를 이용하여 열전 에너지를 수확하는 회로이다. Seebeck 효과에 의해 열전 소자는 열에너지를 전기에너지로 변환한다. 열전소자의 전기적 등가 회로는 온도 차이에 의해 선형적으로 증가하는 내부 전압 원과 직렬 연결된 내부저항으로 등가 모델링 할 수 있다.



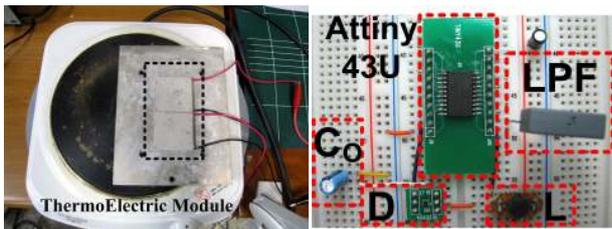
Thermoelectric device

그림 3 ATtiny 43U를 이용한 열전 에너지 수확 회로

그림 4는 실험에 사용된 열전에너지 발생 장치 및 ATtiny 43U의 Boost 컨버터 회로이며, 그림 5는 결과 파형이다. 표 2는 실험에 사용된 소자 파라미터이다. 열전소자의 전압이 약 1.1[V] 일 때, ATtiny 43U는 Boost 기능을 수행하고 내부 프로그램에 의해서 녹색 LED를 점등하고, 열전소자의 출력전압이 3[V] 이상일 때는 적색 LED를 점등시킨다. 녹색 LED가 동작할 때, Boost 컨버터의 Duty는 약 8%이며 불연속 전류 모드이다.

표 2 ATtiny 43U를 이용한 에너지 수확 실험의 소자 파라미터

Symbol	Value	Unit
L	15	μH
C <sub>o</sub>	20	μF
LPF(f <sub>c</sub> [kHz])	C	0.1
	R	680



(a) 열전소자 및 가열기 (b) ATtiny 43U 및 Boost 컨버터  
그림 4 열전 에너지 발생 장치

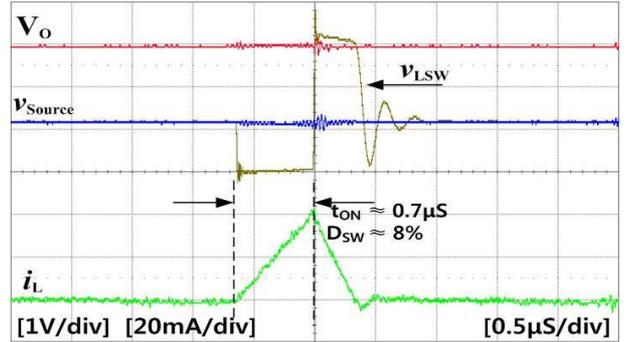


그림 5 ATtiny 43U의 Boost 동작을 확대한 파형

### 4. 결론

본 논문에서는 ATtiny 43U에 내장된 Boost 동작 기능을 이용한 열전 에너지 수확 시스템을 구성하여, 에너지 수확 개념의 활용방안을 제시하였다.

기존의 단순 에너지 수확 시스템과는 다르게, ATtiny 43U의 MCU로서의 연산기능과 논리기능을 활용한 지능형 에너지 수확 시스템의 가능성을 제시하였다.

본 논문에서 제시한 회로는 AC 전압 출력을 가지는 압전소자 또는 DC 전압 출력을 가지는 태양광소자를 활용한 에너지 수확시스템에도 적용할 수 있다.

"본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2009-(C1090-0904-0007))

### 참고 문헌

- [1] Shengwen Xu, Khai Ngo, Toshikazu Nishida, Gyo-Bum Chung, Attma Sharma "Converter and Controller for Micro-Power Energy Harvesting" *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*, Vol. 1, pp. 226-230, 2005
- [2] Lefeuvre E, Audigier D, Richard C, Guyomar D "Buck-boost converter for sensorless power optimization of piezoelectric energy harvester" *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 22, No. 5, pp. 2018-2025, 2007, Sept.
- [3] M. Lallart, D. Guyomar, "An Optimized self-powered switching circuit for non-linear energy harvesting with low voltage output" *IOP Smart Mater. Struct.*, Vol. 17, (2008) 035030 (8pp)
- [4] 김혁진, 정교범 "압전에너지 수확을 위한 AC/DC 공진형 자력 부스트 컨버터" 전력전자학회 논문지, 제 14권 제6호, pp. 488-495, 2009. 12
- [5] 김혁진, 정교범, 조관열, 최재호 "열전에너지 수확이 가능한 공진형 DC/DC 컨버터의 동작 해석" 전력전자학회 논문지, 제 15권 제2호, pp. 151-159, 2010. 4
- [6] Datasheet, "ATtiny 43U", Atmel Corporation, <http://www.atmel.com/>