

# Single Cell Li-ion 전지 충전 IC

이락현, 김준식, 박시홍  
단국대학교

## A Single Cell Li-ion Battery Charger

Rock-hyun Lee, Jun-sik Kim, Shihong Park  
Dankook University

**Abstract :** This paper suggests a autonomous linear Li-ion battery charger which can safely distribute power between an external power source(AC adapter, auto adapter, or USB source), battery, and the system load. Depending on an external power source's capability, the charger selects proper charging-mode automatically. The charger IC designed and fabricated on Dongbu HITEC's 0.35 $\mu$ m BCD process with layers of one poly and three metals.

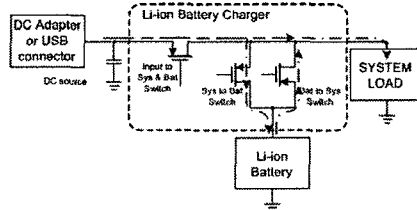
**Key Words :** Li-ion Battery, Battery charger

### 1. 서론

리튬이온 전지는 높은 에너지 밀도와 긴 수명 그리고 메모리 효과가 없는 장점[1]을 가지고 있기 때문에 휴대폰, PDA, 노트북과 같은 휴대용 전자장비에 널리 사용된다. 하지만 과충전 전압에 노출되면 충전 용량이 치명적으로 줄어드는 특성 때문에 리튬이온 전지충전 회로를 설계할 때 최적 충전 전압의 1% 이내의 안정도를 가지는 특성이 요구된다.[2] 또한 충전 회로는 전지와 시스템 및 외부 전원의 종류에 따라 에너지를 외부 전원과 시스템 및 전지로 적절히 분배해야 한다. 본 논문은 전원의 종류와 전지의 상태에 따라 자동으로 전력을 분배하는 Autonomous linear Li-ion Battery Charger IC를 설계하고 제작하였으며 제작된 IC를 실험으로 검증하였다.

### 2. 본론

#### 2-1. Li-ion 전지 충전 회로의 개념 및 동작

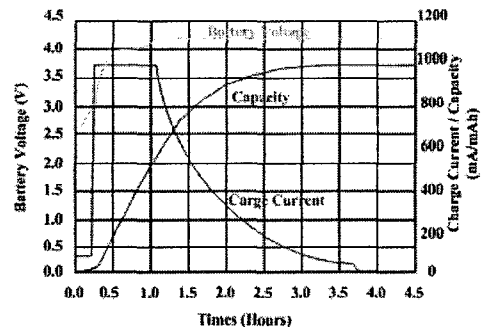


<그림 1. Li-ion 전지의 충전 회로 개념도>

그림 1은 전지 충전 회로의 블록 다이어그램이다. 전지 충전 회로는 외부 전원과 전지, 시스템에 전력을 분배한다. 외부 전원에 따라서 충전 전류량을 설정하며 공급 전력보다 부하가 작을 경우 잉여의 전력을 전지에 충전한다. 부하가 크게 걸렸을 경우 혹은 외부 전원이 없을 경우에는 전지에서 시스템으로 전력을 전달한다.[3] 충전 및 방전시에는 전지의 특성을 고려하여 정전류 및 정전압 충전모드가 필요하다.[2] 또 급격한 전류의 흐름을 막기 위하여 Soft starter회로로 충전시 목표 전류량까지 전류가 서서히 증가해야 한다. 따라서 각각의 경우에 따른 적절한 회로 설계가 필요하다.

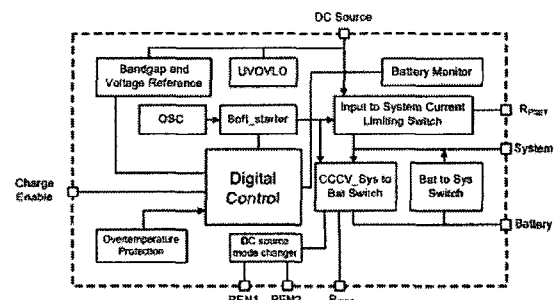
#### 2-2. Li-ion 전지의 충전 모드 및 동작

Li-ion 전지의 충전 회로를 구현하기 위해서는 4가지 모드의 충전 알고리즘이 필요하다.[4] 충전 전압이 3V미만인 경우, 즉 전하가 방전되어 고갈된 셀들을 회복시키는 전류가 필요하다. 이 전류량은 최대 충전 전류치의 10%정도로 설정해 주어야 한다.[2] 만약 충전 전압이 30분이 지나도 3V를 넘지 않을 경우 전지의 상태를 불량이라고 판단하고 충전을 중단한다. 최초 충전 후 전압이 3V를 넘어서게 되는 순간부터 충전 회로는 CC(Constant Current)모드로 들어가게 되며, 충전 가능한 설정된 최대의 일정한 전류값으로 전지를 충전한다. 충전 전압이 4.2V에 도달하게 되면 CV(Constant Voltage)모드로 들어가며 4.2V로 레귤레이션 된 일정한 전압으로 전지를 충전한다. CV모드로 충전을 하며 전류가 감소하는데 전류량이 최대 충전 전류의 7.5%가량으로 줄어든 순간부터 30분까지 4.2V의 전압을 유지하며 충전 전류가 7.5%이상 발생하지 않을 경우 충전을 중단한다.[3]



<그림 2. Li-ion 전지의 충전에 따른 4가지 동작모드에 대한 충전 프로파일 >

#### 2-3. 전지 충전 회로



<그림 3. 전지 충전 회로의 블록 다이어그램 >

제작된 IC는 크게 DC전원과 시스템, 전지를 연결하는 3개의 스위치 및 Charger로 구성된다. 또한 이를 입력 전압과 시스템 전압, 전지의 전압의 상태에 따라 컨트롤하는 Digital Control 블록과 보호회로인 Overtemperature Protection 블록, Soft starter 블록, UVOVLO 블록, 또 온도에 둔감한 정전압 및 기준 전압을 공급하는 Bandgap and Voltage Reference블록으로 구성된다.

**a) Input to System Current limiting switch**

Input to System Current limiting switch는 DC전원으로부터 시스템으로 전원을 공급하며 5.3V의 정전압을 출력하는 LDO로 구성되어 있다. 외부의 핀으로 저항을 연결하여 최대 공급 전류를 조절한다.

**b) CCCV\_Sys to Bat charger (Constant current and constant voltage system to battery charger)**

CCCV\_Sys to Bat charger는 4.2V의 정전압을 출력하는 LDO로 구성되어 있으며 SenseFET을 사용하여 전지의 전원이 낮을 때는 전류를 제한하여 정전류로 전지를 충전하다가 4.2V의 레귤레이션 전압에 도달하게 되면 정전압으로 전지를 충전한다. 외부의 핀으로 저항을 연결하여 최대 충전 전류를 조절한다.

**3) Bat to Sys Switch (Battery to System switch)**

Bat to Sys Switch는 전지의 전압이 3.9V 이하로 떨어졌을 경우 전지로부터 전원을 연결하여 전력을 공급한다.

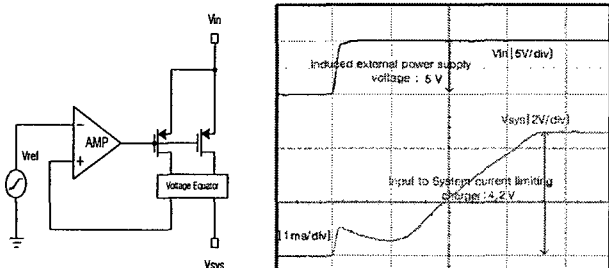
**4) Protection Blocks**

Surge Current를 방지하기 위하여 Input to System 과 CCCV\_Bat to Sys블록의 스위치는 서서히 전류를 증가시키는 디지털 기반의 Soft start회로를 사용하였으며 165℃ 이상 온도에 회로를 차단시키는 Overtemperature Protection 기능이 구현되어 있다. 또한 UVOVLO(Under Voltage and Over Voltage Lock Out)블록은 3.5V에 500mV의 히스테리시스 전압 이하의 낮은 입력 전압이나 6.9V에 100mV 히스테리시스 전압 이상의 높은 입력 전압이 입력될 경우 회로를 차단하는 기능을 가지고 있다.

**3. 실험 결과 및 검토**

제작된 Charger IC를 검증하기 위하여 IC가 자동적으로 전지의 전압에 따라 설정된 모드에서 적절하게 전류 및 전압을 공급하는지 측정 및 확인하였다.

**3-1. Input to System Current Limiting Switch**

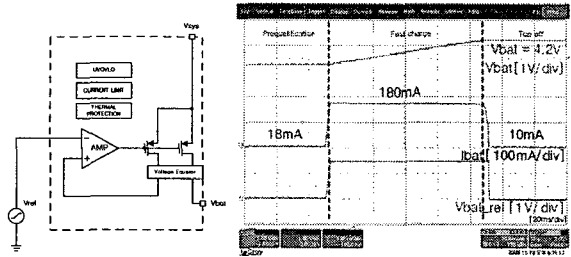


<그림 4. Input Switch의 개념도 및 실험 결과>

시스템에 전원이 들어오자 Softstart기능이 동작하면서 4ms의 시간동안 서서히 목표 전압인 4.2V까지 상승하며 급격

한 전류의 유입을 방지한다.

**3-2. CCCV\_Sys to Bat Charger**



<그림 5. CCCV\_Sys to Bat Charger의 개념도 및 실험 결과>

실험시 빠른 테스트 결과를 위해서 4개의 470uF 전해커패시터를 Li-ion 전지로 등가화 시켜서 측정하였으며 적절한 시간내에 충전변화량을 측정하기 위하여 최대 충전 전류를 180mA로 제한하여 전압 상승폭을 제한하였다.

전지가 3V 이하일 경우 최대 충전 전류의 10%인 18mA로 커패시터를 충전하였으며 3V 이상일 때는 CC모드로 동작하여 설정된 충전 전류 최대치인 180mA로 커패시터를 충전하고 4.2V에 도달하자 최대 충전 전류의 7.5%인 10mA로 전류치가 줄어들며 CV모드로 동작하여 정전압으로 충전 동작을 하는 것을 확인하였다.

**4. 결론**

본 논문은 Cadence사의 Spectre tool을 사용하고 동부하이텍사의 0.35um의 BCD 공정을 통해 Autonomous linear Li-ion battery charger를 제작하였다. PCB실험 결과 시뮬레이션에서 예상했던 것과 같이 Li-ion 전지의 전압에 따라서 CC(Constant Current)/CV(Constant Voltage) 충전 모드 전환 동작이 양호하였으며 입력된 전원의 형태에 따라서 충전 전류량 및 충전 모드를 전환하는 동작이 양호하였다.

**감사의 글**

본 연구는 지식경제부 산하 SYSTEM IC 2010 사업으로부터 지원받아 수행되었습니다.

**참고 문헌**

[1] D. Linden and T. B. Reddy, *Handbook of Batteries* New York " McGraw-Hill, 2002, ch. 35.  
 [2] S. Deanborn, " Charging Li-ion batteries for maximum run times," *Power Electron. Technol. Mag.*, pp.40-49, Apr. 2005  
 [3] "Application Note : Power-Management ICs for Single-Cell, Li+ Battery-Operated Devices" Maxim, Feb. 2007  
 [4] Min Chen and Gabriel A. Rincon-Mora, "Accurate, Compact, and Power-Efficient Li-Ion Battery Charger Circuit" *IEEE Circuits And Systems II:Express Briefs. Vol 53, No. 11*, Nov. 2006