

# 리튬-이온 배터리 충전 IC의 설계

이신우, 임신일  
서경대학교 컴퓨터공학과

## A Design of Charger IC for Li-Ion Battery

Shin-Woo Lee, Shin-Il Lim  
Dept. of Computer Engineering, Seokyeong University  
E-mail : s9627031@dreamwiz.com

### Abstract

본 논문에서는 휴대폰에 사용하는 리튬-이온 배터리(Li-Ion battery)를 충전하기 위한 충전 IC의 설계에 대해서 기술한다. 정전류(Constant Current)/정전압(Constant Voltage) 방식을 이용하여 리튬-이온 배터리를 충전을 하였다. 이 충전 과정을 제어하기 위해서 일반적으로 사용되는 ADC, DAC와 MICOM을 사용하지 않고, hardwired control logic을 이용하여 적은 면적을 가지고도 기존의 충전 과정을 수행하도록 하였다. 충전 IC 외부에 사용되는 저항들을 내부에 집적하여 사용하는 부품의 수를 현저히 줄였다. 충전기와 리튬-이온 배터리를 연결하는 선(wire)로 저항에 의한 전압강하(voltage drop)를 외부에서 보상할 수 있도록 하여 리튬-이온 배터리가 가장 안정적인 전압인 4.2 V로 충전될 수 있도록 하였다. 외부 온도 검사 블록에서 저항을 이용한 전압 분배를 사용하지 않고, 정전류원을 이용하여 외부 온도 변화를 측정할 수 있도록 하였다.

리튬-이온 배터리가 정전류와 정전압으로 4.2 V로 충전되었으며, 충전 IC의 소비 전력은 37 mW(analog part)이다. 충전 IC는 0.6  $\mu\text{m}$  standard CMOS 공정을 이용하여 설계하였다.

### I. 서론

휴대폰, 노트북, PDA, 디지털 카메라와 같은 휴대용 장치는 배터리 전원으로 사용한다. 휴대용 장치는 배터리 전원으로 장시간 사용을 하여야하기 때문에 많은 종류의 2차 배터리를 중에서도 높은 에너지 밀도와 저 중량 특성을 갖는 리튬-이온 배터리를 주로 사용하고 있다. 특히, 휴대용 장치의 하나인 휴대폰의 수요가 증가하고 있는 추세이므로, 휴대폰에 전원을 공급하는 리튬-이온 배터리를 충전시키기 위한 충전기 또한 수요가 증가하고 있다.

본 논문에서는 기존 충전 회로의 ADC나 DAC, MICOM 등을 사용하지 않고 적은 칩 면적을 가지면서 리튬-이온 배터리가 안정적으로 충전될 수 있도록 충전 IC를 설계하는 방법에 대해 기술하였다.

### II. 리튬-이온 배터리 충전 IC의 설계

#### 2.1 제안된 리튬-이온 배터리 충전 IC 구조

리튬-이온 배터리의 정전류/정전압 충전과정을 그림 1에 나타내었다. 배터리의 전압이 0.9 V 이하이면 Slow charge 모드로 동작을 하여 배터리가 정상 상태를 지를 검사 한다. Slow charge 모드에서 정해진 시간안에 배터리의 전압이 2.5 V 이상이 되거나, 배터리의 전압이

충전기에 삽입 초기부터 2.5 V 이상이 되면 Fast charge 모드로 동작하여 정전류로 충전하게 된다. Fast charge 모드에서 배터리의 전압이 4.2 V가 되면 정전압으로 동작하게 된다. 정전압으로 동작시에는 충전 전류가 감소하게 되며, 충전 전류가 1/10 이 되는 지점에서 모든 충전이 완료하게 된다.

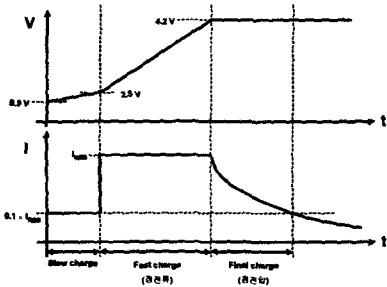


그림 1. 리튬-이온 배터리의 정전류/정전압 충전과정.

그림 2에 제안된 충전 IC의 전체 블록 다이어그램을 나타내었다.

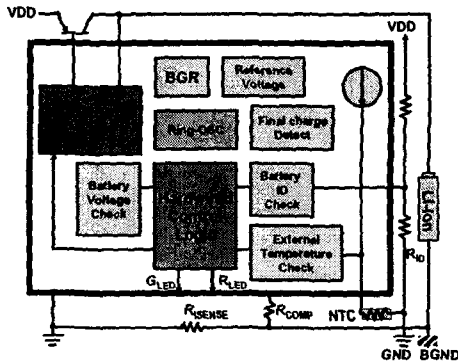


그림 2. 제안된 충전 IC의 전체 블록 다이어그램.

그림 2에서 설계된 충전 IC는 일반적인 충전 IC에서 사용하는 ADC, DAC와 MICOM을 사용하지 않고, hardwired control logic을 이용하여 전체적인 배터리의 충전 동작을 제어하고 있다. 짧은 선 안의 부분이 설계된 충전 IC이며, 그 외의 것은 외부 소자들이다. 배터리 ID 검사 블록에서는 배터리 내부의 저항  $R_{ISEL}$  값을 검사하여 충전기에 배터리가 삽입되었는지를 검사하게 되고, 배터리의 충전 전류를 선택하게 된다. 외부 온도 검사 블록에서는 외부의 온도가 배터리 충전에 만족하

는 온도인지를 검사한다. 배터리 전압 검사 블록은 배터리가 삽입된 이후로 항상 배터리의 전압을 검사하게 된다. 기준 전압 발생기는 검사 블록들에게 항상 일정한 기준 전압을 제공하여 준다. 모든 조건들이 배터리 충전 조건에 만족하게 되면 제어 블록은 정전류/정전압(CC/CV) 블록을 제어 하여 배터리가 충전 될 수 있도록 한다. 내부의 클럭 발생기는 제어 블록에 배터리가 충전되는 시간을 검사할 수 있도록 클럭을 제공한다.

## 2.2 정전류/정전압(CC/CV) 회로

리튬-이온 배터리를 충전하기 위한 정전류/정전압 회로의 원리를 그림 3에 나타내었다.

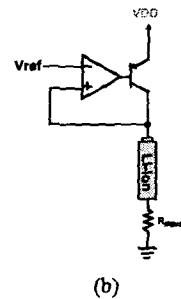
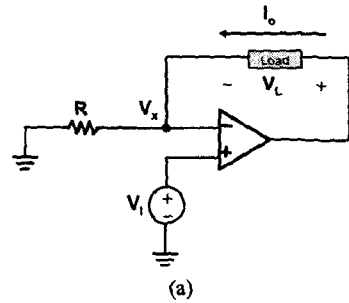


그림 3. (a)정전류와 (b)정전압 회로의 원리.

정전류 회로는 그림 3(a)의 Floating-load V-I 변환기를 응용하여 설계하였다.  $V_x = V_1$ 가 되며, 로드(load)에 흐르는 전류는 식 1과 같이 되어 전압  $V_1$ 에 의해서 일정하게 흐르게 된다.

$$I_o = \frac{V_1}{R} \quad (1)$$

정전압 회로는 그림 3(b)의 일반적인 Voltage regulator를

응용하여 설계하였다. 정전류 회로의 앰프(AMP)의 출력과 정전압 회로의 앰프의 출력이 배터리 전압에 따라서 정전류/정전압으로 배터리가 충전 될 수 있도록 외부의 PNP 트랜지스터를 자동적으로 제어 할 수 있게 하였다.

### 2.3 선(wire)에 의한 전압 강하 보상

그림 4 에 선(wire)에 의한 전압 강하를 나타내었다. 충전기와 배터리를 연결하는 선에 의해서 전압 강하가 일어나게 되어 A 와 B 의 전압이 다르게 된다. 그렇게 되면 충전 IC 는 A 의 전압이 4.2 V 가 된 것을 배터리가 정상적인 전압으로 충전 된 것으로 생각하여 충전을 완료하게 된다.

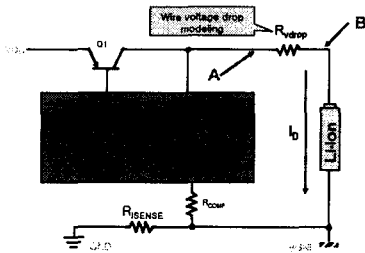


그림 4. 선에 의한 전압 강하.

전압 강하를 보상하기 위해서 저항  $R_{COMP}$  을 배터리 그라운드(BGND)와 정전압 회로에 기준 전압을 제공하는 기준 전압 발생기 사이에 연결하게 된다. 선에 의한 전압 강하는 충전 전류에 의해 발생하는 것이기 때문에  $R_{ISENSE}$  에 의해서 자동적으로 보상이 되며 나머지 부분을  $R_{COMP}$  에 의해 보상하게 된다.

### 2.4 외부온도 검사 및 배터리 ID 검사 블록

리튬-이온 배터리는  $-5^{\circ}C \sim 45^{\circ}C$  사이에서 정상적으로 충전을 수행한다. 그렇기 때문에 외부의 온도 변화를 검사하여 배터리를 충전 될 수 있는 온도인지를 검사하여야만 한다. 그림 5 에 설계된 회로에서 사용한 외부 온도 검사 블록을 나타내었다. 외부 온도 검사는 충전 IC 내부의 정전류원과 충전 IC 외부에 NTC(Negative Temperature coefficient) 써미스터(thermistor)를 이용하여 외부 온도 검사를 하였다. NTC 써미스터는 온도가 증가할수록 저항 값이 작아지게 되어있다. 칩

내부의 정전류원에서 전류를 흘려주어 NTC 써미스터에서 발생하는 전압을 비교기를 이용하여 검사하게 된다.

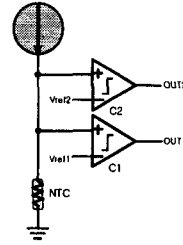


그림 5. 외부 온도 검사 블록.

배터리를 충전 할 때 배터리의 용량에 따라 충전 전류를 달리 해 주어야 하기 때문에 휴대폰의 배터리 내부에는 이런 정보를 알려주는 저항  $R_{ISEL}$  을 가지고 있게 된다. 이것은 칩 외부에 하나의 고정된 저항을 연결하여 배터리가 충전기 내부에 삽입이 되면 분배된 전압을 이용하여 비교기를 통하여 검사하게 된다.  $R_{ISEL}$  을 검사함으로써 충전기 내부에 배터리가 삽입된 것으로 인지한다.

### 2.5 기준 전압 발생회로

모든 검사 블록에서 비교기를 사용하기 때문에 기준 전압이 필요하다. 이 기준 전압은 항상 일정한 전압을 유지 해야하기 때문에 Bandgap 참조 회로를 사용하였다. 그림 6 에 Bandgap 참조 회로를 나타내었다.

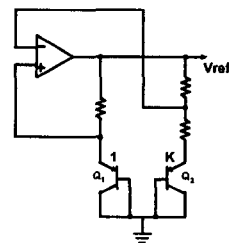


그림 6. Bandgap 참조 회로.

Bandgap 참조 회로는 열 전압(thermal voltage)이 양(positive)의 온도 계수(Temperature Coefficient : TC)를 가지고 다이오드 전압(Diode voltage)이

음(negative)의 온도 계수를 가지는 것을 함하여 온도 계수를 제로(0)로 만든다. 따라서 온도에 무관한 기준 전압을 얻을 수 있게 된다. 뿐만 아니라 출력 전압은 다이오드 전압과 열 전압, 바이폴라 트랜지스터의 크기에 의해 결정 되므로 VDD 전압(supply voltage)에 무관(Supply Independent)하게 출력 전압이 유지된다. Bandgap 참조 회로는 일반적인 연산 증폭기와 저항과 바이폴라 트랜지스터로 구성되어있다.

### 2.6 충전 IC의 제어(Control) 회로

충전 IC의 제어 회로는 MICOM을 사용하지 않고 hardwired logic을 사용하였다. 사용된 제어 회로의 상태를 그림 7에 나타내었다. MICOM을 사용하지 않아 제어 회로의 면적을 약 50%정도 줄일 수가 있었다.

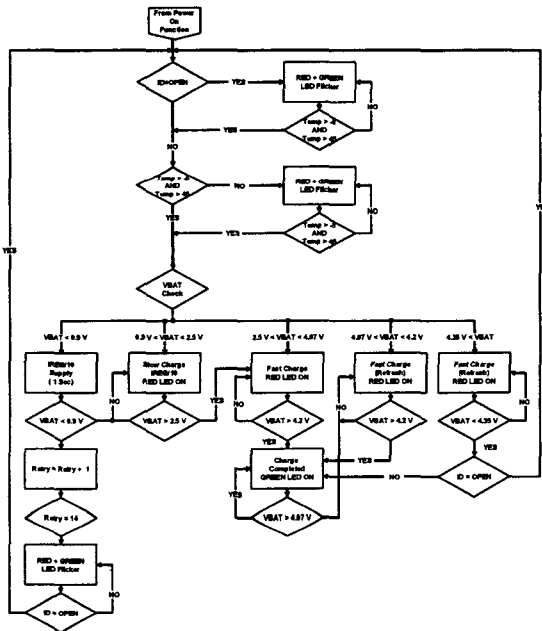


그림 7. 충전 IC 제어 회로의 상태도.

### III. 결과

그림 8에 설계된 리튬-이온 배터리 충전 IC의 모의 실험 결과를 나타내었다. 모의 실험을 통하여 배터리의 전압이 4.2V로 충전되는 것을 확인 할 수 있었다. 선에 의한 전압 강하를 보상하여 4.2V에서부터 전류가

감소하면서 정전류 모드로 동작하는 것을 볼 수가 있다. 표 1에 충전 IC의 특성에 대해 기술 하였다.

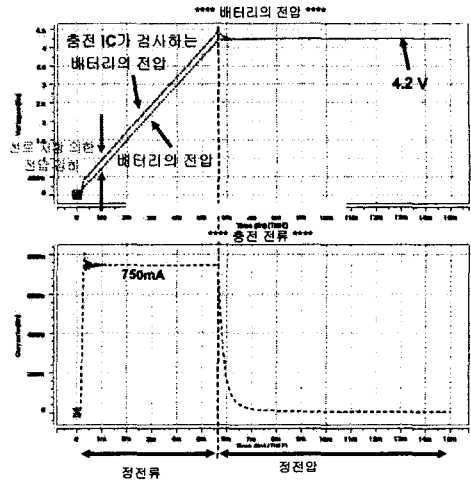


그림 8. 모의 실험 결과.

표 1. 충전 IC의 특성.

Input supply voltage (VDD)	5 V
Operation Temperature	-5 ° C ~ 45° C
Fast charge current	900 mA, 750 mA, 450 mA
Final charge current	75 mA
Slow charge threshold voltage	2.5 V
Recharge threshold voltage	4.07 V
Regulated output voltage	4.2 V
Over voltage lockout	4.35 V

### IV. 결론

TTA 규격에 맞는 리튬-이온 배터리 충전 IC를 설계 하였다. 일반적으로 사용하는 ADC, DAC와 MICOM을 사용하지 않고, hardwired control logic을 이용하여 적은 면적을 가지고, 리튬-이온 배터리를 정상적으로 충전되도록 설계하였다. 0.6 μm standard CMOS 공정을 사용하였다. 소비 전력은 아날로그 부분에서 37 mW이다. 앞으로 레이아웃을 하여 칩으로 제작을 할 계획이다.

### 참고문헌

[1] S. Franco, "Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits," McGraw-Hill, pp62-70, 1998.  
 [2] R. J. Baker, H. W. Li and D. E. Boyce, "CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation," IEEE Press, 1997.