

2차 전지 보호회로의 저전력 설계 기법

이중훈, 김상민, 김상호, 김대정, 김동명
국민대학교
전화 : 02-910-4704 / 핸드폰 : 016-501-9745

Design methodology of the rechargeable battery protection IC for low-power implementation

Jong-Hoon Lee, Sang Min Kim, Sang Ho Kim, Daejeong Kim, Dong Myong Kim
Kookmin University
E-mail : jingol61@hanmail.net

Abstract

A protection integrated circuit which enables the stable operation of the rechargeable battery should be designed with a low-power architecture because it consumes the power of the battery. This paper proposed a low-power scheme especially when the several series-connected batteries are provided. By adopting a time sharing control of the batteries, the chip size and power consumption could be reduced.

I. 서론

경보화 시대의 급성장에 따라 노트북, PDA, 휴대폰, 캠코더 등 휴대가 용이한 전자기기에 사용되는 리튬이온 전지, 리튬 폴리머 전지 등의 재충전 가능한 2차 전지들이 개발되었다. 이런 전지들은 타 전지에 비해 무게가 가볍고, 부피가 작으며, 긴 수명을 가지고 있지만 과충전, 과방전 시에 폭발의 위험요소를 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 2차 전지의 상태를 감지하여 제어하는 전지보호회로 (battery protection integrated circuit)가 개발되었다 [1]. 보호회로는 전지에 의해 구동되므로 보호회로에 의한 전력소모를 줄이기 위한 저전력 개념으로써 설계되어야 한다.

본 논문에서는 2차 전지의 정확한 전지 전압 검출과

안정된 동작을 위해서 보호회로 내에 가장 핵심이 되는 감지회로의 저전력 설계기법을 제안하였다. 기존 방식은 각각의 전지마다 전압상태 검출회로를 연결하여 전지의 상태를 검출하는데 반해, 제안된 방식은 하나의 전압상태 검출회로로써 각각의 전지를 순차적으로 감지하여 보호회로의 칩 면적과 전력소모를 줄였다. 또한, 제안된 방식은 전지의 전압이 정상상태에 있을 때는 전력소모가 작은 비교기와 레지터를 사용하고 배터리의 방전 특성을 이용하여 전력소모가 큰 아날로그 비교기를 off 시킴으로써, duty cycle을 줄여서 감지부에서의 전력소모를 최소화 하였다.

II. BPIC (battery protection IC)의 구조

2.1 2차 전지의 충, 방전

2차 전지가 안정된 동작과 최적의 성능을 유지하기 위해서는 보호회로가 과충전, 과방전 상태를 정확히 검출해야 한다. 2차 전지는 일정시간 이상 과충전 상태가 될 경우, 전해질이 분해되어서 가스가 발생하고, 전지에 압력을 가하게 되어 전해질이 누출된다. 즉, 폭발의 위험성을 유발하는 원인이 된다. 반면 2차 전지가 과방전 상태가 될 경우 음극이 파손되어 전지의 성능을 저하시킨다. 그림 1은 충전시 전류-전압 특성 곡

선으로서, 충전 초기에는 CC (constant current)로 충전을 하고 충전 말기에는 CV (constant voltage)로 충전한다 [2].

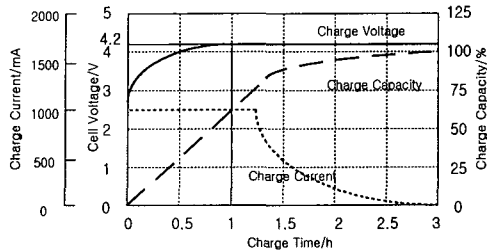


그림 3. 2차 전지 충전시 전류-전압 특성 곡선

그림 2는 일정한 전류로써 방전시, 시간에 따른 전압의 변화를 2차 전지의 상태별로 나타낸 그래프로서 과충전 및 과방전 상태에서는 전압의 변화가 급격한 반면에 정상상태에서는 일정한 전압을 유지하는 것을 알 수 있다 [2].

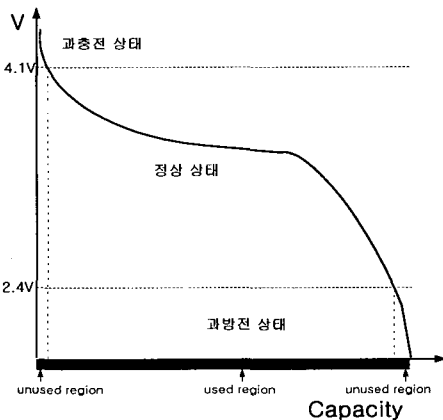


그림 4. 2차 전지 방전시 전압 특성

2.2 감지회로의 기본 구조

그림 3은 기존의 감지회로의 블록 다이어그램으로서 전압상태 검출회로, 상태변환기, 정전압 발생기 및 컨트롤 로직 회로로서 구성되며, 감지된 결과는 각 전지 셀 마다 전압상태 검출기를 연결하여 전지 상태를 검사한다. 2차 전지의 전압 상태를 감지한 결과는 상태변환기를 통해 보호회로를 제어하는 신호를 생성한다. 이 신호는 큰 전류를 흘릴 수 있는 전류 스위치를 조절하여 2차 전지의 상태가 과충전일 때는 충전 경로를 차단하고 방전 경로를 통해 배터리 전압을 정상 상태

로 되돌린다. 또한, 과방전일 때는 방전 경로를 차단하고 충전 경로를 통해 배터리 전압을 정상 상태로 되돌리도록 전류 스위치를 조절한다. 또한, 정상 상태에서는 충전과 방전 경로를 모두 열어놓도록 조절한다.

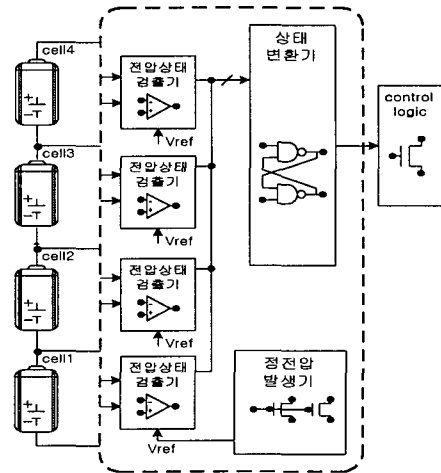


그림 5. 기존의 감지회로 블록도

III. 제안된 감지회로

3.1 제안된 감지회로의 구조

그림 2에서 보인 것처럼 정상상태에서는 전압의 변화가 완만하기 때문에 하나의 전압상태 검출기를 사용하여 각 전지의 상태를 순차적으로 검출하도록 할 수 있다. 그림 4는 이러한 개념을 이용하여 하나의 전압상태 검출기를 사용하는 구조를 제안한 것이다. 카운터에서 발생되는 신호에 의해 전지 선택기에서 각 전지 셀들을 순차적으로 선택하고, 공유된 전압 상태 검

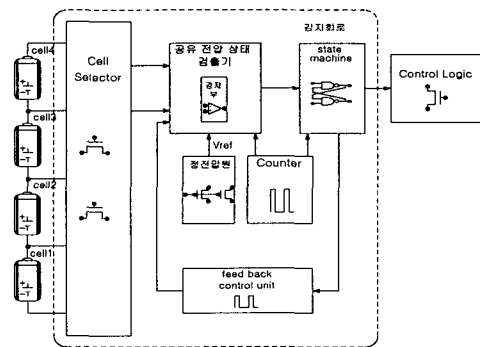


그림 6. 제안된 감지회로의 블록도

출기는 선택된 전지의 상태를 검출하여 상태 저장기에 저장한다. 이 때, 한 개의 전지라도 과충전, 과방전 상태라고 판단되면 나머지 전지들도 같이 과충전, 과방전 상태로 들어가서 충전 또는 방전 경로를 끊어버린다.

3.2 제안된 전압 상태 검출기의 동작원리

그림 5는 제안된 전압 상태 검출기의 회로로서 기존의 검출기에 두 개의 저전력 비교기를 추가하였다. 추가된 비교기들은 사전 증폭기가 없이 래치와 버퍼만을 사용하여 stand-by 전력의 소모를 제거한다.

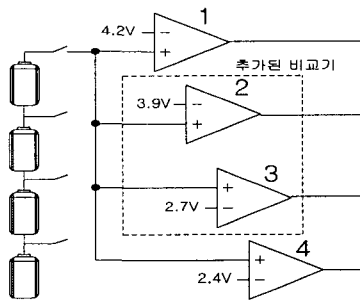


그림 5. 제안된 전압 상태 검출기의 기본 구조

기존에는 전지의 상태를 과충전, 정상, 과방전 3가지 상태로 구분하였는데, 제안된 감지회로는 그림 6과 같이 기존의 정상상태에 과충전 감지기 활성화 상태, 과방전 감지기 활성화 상태를 추가하여 총 5가지의 상태로 구분하였다.

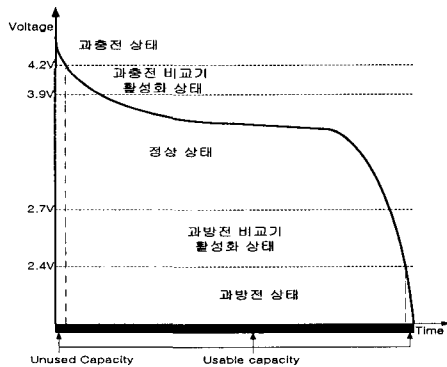


그림 6. 전지의 전압에 따른 제안하는 상태 구간의 정의

이렇게 늘어난 상태를 활용함으로써 저전력을 위한

표 1. 전지 상태에 따른 비교기의 출력

상태	비교기 출력			
	1	2	3	4
과충전 상태	High	High	Low	Low
과충전 비교기 활성화 상태	Low	High	Low	Low
정상 상태	Low	Low	Low	Low
과방전 비교기 활성화 상태	Low	Low	High	Low
과방전 상태	Low	Low	High	High

표 2. 전지 상태에 따른 비교기의 동작 유무표

상태	비교기 동작			
	1	2	3	4
과충전 상태	On	Off	Off	Off
과충전 비교기 활성화 상태	On	On	Off	Off
정상 상태	Off	On	On	Off
과방전 비교기 활성화 상태	Off	Off	On	On
과방전 상태	Off	Off	Off	On

다양한 동작들을 수행할 수 있다. 표 1은 전지의 상태에 따른 비교기의 출력을 나타내고, 이 출력은 피드백 회로를 거쳐서 표 2와 같이 비교기의 동작 여부를 결정한다. 개별 상태에 대한 비교기의 동작은 정상 상태에 있을 때는 과충전, 과방전의 위험 부담이 작은 구간이므로 전력소모가 큰 과충전, 과방전 비교기는 꺼두고, 대신 과방전 소모가 작은 저전력 비교기를 사용하여 정상상태에서 벗어나는지를 판단한다. 그리고 전지가 정상상태에서 빠져나와 과충전·과방전 비교기 활성화 상태가 되면, 과충전과 과방전에 대한 위험도가 커지므로 과충전, 과방전 비교기를 사용하여 과충전, 과방전 상태로 넘어가는 것을 감지하고, 저전력 비교기로는 정상상태로 다시 빠져나가는 것을 감지한다. 과충전 상태에서는 과충전 비교기만 켜지고, 과방전 상태에서는 과방전 비교기만을 켜서 과충전, 과방전 상태를 벗어나는지를 감지한다. 그림 1과 그림 6에서 처럼 전지의 충전, 방전 중의 대부분의 영역이 정상상태에 존재하므로 전력 소모가 큰 과충전, 과방전 비교기를 꺼두어서 전력 소모를 크게 줄일 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 해석

그림 4에서 제안한 회로를 0.6μm CMOS 공정으로 써 HSPICE tool을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시간에 따라 일정하게 증가하는 전지의 전압을 전압 상태

검출기에 인가하였을 때, 검출기 안의 각 비교기 출력전압은 그림 7과 같이 나타났고, 표 1의 예상 결과와 일치했다. 여기서 dc와 oc는 과방전, 과충전 비교기를 뜻하고, dcc와 occ는 과충전, 과방전 활성화 비교기를 뜻한다.

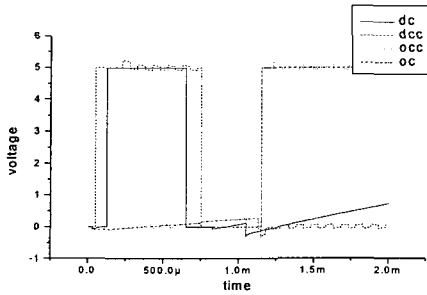


그림 7. 전압 상태 검출기의 출력

비교기의 출력 전압은 상태 변환기에 저장되고, 피드백 회로를 거쳐서 비교기의 바이어스에 인가되어 표 2와 같이 비교기의 동작 유무를 결정한다. 그림 8과 그림 9는 표 2의 동작에 따라 비교기에서 소모되는 전류의 양을 나타내었다.

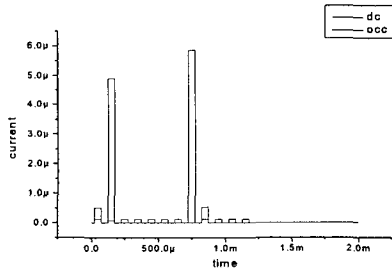


그림 8. dc, dcc 비교기의 전류소모

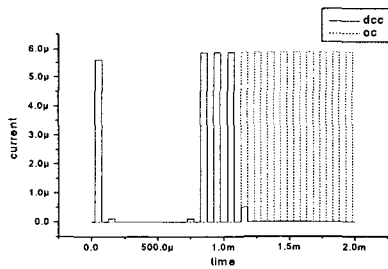


그림 9. oc, dcc 비교기의 전류소모

그림 10에서는 기존의 비교기와 제안된 비교기의 누적된 전류의 소비량을 비교하였는데, 제안된 회로는

기존의 회로의 전류 소비량의 약 20%만 소모하였다. 그리고, 전지의 전압특성은 그림 6처럼 전압이 일정하게 증가하지 않고, 정상상태에서 일정한 전압으로 오래 머물러 있으므로, 제안된 전압 상태 검출기는 더욱더 감소된 전력을 소모한다. 또한, 직렬로 연결된 4개의 전지를 측정하기 위해서 기존의 감지회로는 총 4개의 검출기가 필요한 반면 제안된 감지회로는 1개의 검출기만 필요하게 되므로 전류소모와 칩 면적을 줄일 수 있다.

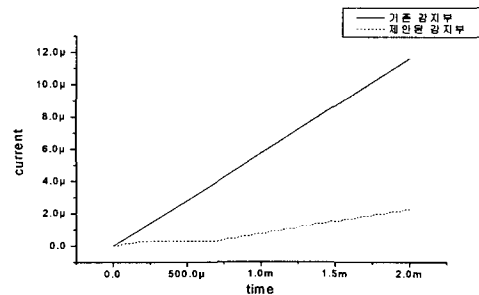


그림 10. 기존 검출기와 제안된 검출기의 누적 전류량

V. 결론

2차 전지의 안정된 동작을 보장하기 위하여 사용되는 보호회로는 전지의 전력을 소모하게 되므로 저전력으로 설계되어야 한다. 본 논문은 여러개의 전지 셀이 직렬 연결된 시스템에서 전력 소모가 가장 큰 전압 상태 검출기를 공유하여 전지셀을 감지하고, 배터리의 정상상태의 특성곡선을 활용하여 안정한 영역에서는 저전력 비교기를 대신 사용하고 전력소모가 큰 비교기를 끄므로 해서 감지회로의 전력소모와 칩 면적을 줄이는 구조를 제안하여 그 유용성을 입증하였다.

Acknowledgments

본 논문은 Brain Korea 21 프로젝트의 지원과 IDEC (IC design education center)의 디자인 소프트웨어의 지원에 의한 것이며, 이에 깊이 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 김상민, 조상준, 채정석, 김상호, 박영진, 손영철, 김동명, 김대경, "2차 전지 보호회로를 위한 충·방전 스위치 구조의 설계," 전자공학회 논문지 제 24권, 제 1호, pp. 85-88, 2001.
- [2] Carlos Martinez, Yossi Drori and Joe Ciancio, "Smart Battery Primer," XICOR, 1999.