

드론용 배터리 보호를 위한 원칩 패키지 IC 구현

이주연¹, 유성구^{1*}¹전주비전대학교 전기공학과

Implementation of One-chip Package IC for Drone Battery Protection

Ju-Yeon Lee¹, Sung-Goo Yoo^{1*}¹Department of Electrical Engineering, Vision College of Jeonju

요약 드론은 최초 군사용으로 사용되었으나 최근들어 사용범위가 확대됨에 따라 농업, 서비스, 물류, 레저용 등 다양한 산업 분야에서 폭넓게 사용되어지고 있는 추세이다. 리튬폴리머 배터리는 경량이면서 효율이 우수하여 드론의 전원공급 장치로 주로 사용되고 있다. 이에따라 드론에 안정적인 전원공급을 위하여 경량이면서 에너지 밀도가 높은 리튬폴리머 배터리의 필요성이 커지게 되었다. 그러나 리튬폴리머 배터리는 과충전, 과방전, 단락 등의 이유로 발화 및 폭발로 이어질 수 있어 반드시 보호회로를 탑재하여 사용해야한다. 보호회로는 리튬폴리머 배터리의 전압을 모니터링하는 제어IC인 보호 IC와 과방전시 스위치 역할을 하는 듀얼 N-channel MOSFET 등으로 구성되어있다. 따라서 본 논문은 배터리 보호 IC와 스위치 역할을 하는 MOSFET의 반도체 Die Chip을 이용하여 원칩 패키지 IC형태로 구현하였다. 원칩 패키지 IC로 구현하면 기존 부품 대비 최소 67%의 절감효과를 갖게된다.

- 주제어 : 보호 회로, 리튬 폴리머 배터리, 과충전, 과방전, 원칩 패키지

Abstract Drone was first used for military purposes but as the range of use has recently expanded. It is being widely used in various industrial fields such as agriculture, service, logistics, and leisure. Lithium polymer batteries are lightweight and highly efficient, so they are mainly used as power supplies for drones. Accordingly, the need for lightweight and high energy density lithium polymer batteries has increased in order to supply stable power to drone. However, lithium polymer batteries can lead to ignition and explosion due to overcharging, short circuit, etc., so they must be used with a protective circuit installed. The protection circuit consists of a protection IC that monitors the voltage of the lithium polymer battery and a dual N-channel MOSFET that acts as a switch in case of overcharge and overdischarge. Therefore, this paper was implemented in one package form using a battery protection IC and a MOSFET semiconductor die chip serving as a switch. When implemented as a one chip package IC, at least 67% of savings compared to existing parts can be achieved.

- Key Words : Protection circuit, Lithium polymer batteery, Over_charge, Over_discharge, One chip package

Received 04 October 2023, Revised 25 March 2024, Accepted 30 March 2024

* Corresponding Author Sung-goo Yoo, Department of Electrical Engineering, VISION College of Jeonju, 235, Cheonjam-ro, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do. Republic of Korea. E-mail: yoosunggoo@gmail.com

I. 서론

드론은 최초 군사용으로 사용되었으나 최근들어 사용범위가 확대됨에 따라 농업용, 서비스용, 물류, 레저용 등으로 다양한 산업분야에서 폭넓게 사용되어지고 있는 추세이다. 또한 저렴한 비용으로 구매할 수 있는 쿼드와 레저용 드론 보급이 증가되면서 드론 배터리 폭발과 화재등의 안전사고가 증가하고 있다. 리튬폴리머 배터리는 경량이면서 효율이 우수하여 드론의 전원 공급 장치로 주로 사용되고 있다. 이에따라 드론에 안정적인 전원 공급을 위해 신뢰성 확보를 바탕으로 작고 가벼우면서 에너지 밀도가 높은 리튬폴리머 배터리의 필요성이 커지게 되었다[1]. 리튬이온 배터리 및 리튬폴리머 배터리의 장점으로는 고에너지밀도, 수명이 길고 메모리효과가 없으며, 단점으로는 과충전시 온도가 상승하여 폭발의 위험성과 과전류 혹은 단락으로 인하여 온도상승으로 폭발의 위험이 있다. 또한, 과방전 시 충전지로서의 기능이 상실되고 과방전 후 충전시 폭발 위험이 있다. 현재 드론에 사용되는 리튬폴리머 배터리는 유기 전해액을 사용함으로써 과충전 이 될 경우 온도가 급격히 상승하여 폭발·발화할 수 있으며, 단락 등의 이유로 동작시 발열현상이 일어나거나 발화 및 폭발로 이어질 수 있어 안전성 문제를 해결하기 위해서는 반드시 보호회로를 탑재하여 사용해야한다[2]. 그림1은 리튬폴리머 배터리 보호회로에 대하여 설치와 미설치를 나타내었다.

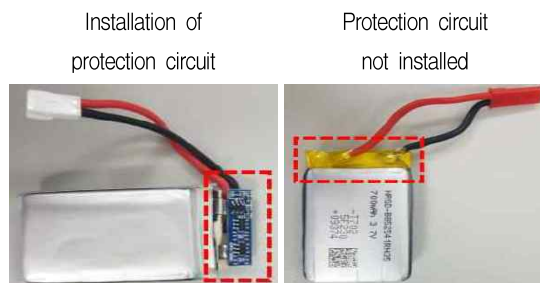


Fig. 1. Protection circuit installation comparison

보호회로는 리튬폴리머 배터리의 전압을 모니터링 하는 보호 IC와 과충전 및 과방전시 스위치 역할을 하는 듀얼 N-channel MOSFET 등으로 구성되어있다[3]. 보호 IC와 MOSFET를 PCB (Printed Circuit Board)에 실장하여 사용하는 PCM(Protection Circuit Module)은 좁

은 면적에 많은 부품들을 실장하기 위하여 전자부품의 소자를 작게 제작하거나 최소한의 부품만을 사용하여 배터리 보호 모듈(PCM)을 제작한다.

따라서 본 논문은 리튬폴리머 배터리를 보호하는 보호 IC와 전류의 흐름제어 스위치 역할을 하는 MOSFET의 반도체 Die Chip을 이용하여 하나의 패키지 형태로 구현하였다. 부품의 면적을 축소하기 위한 방법으로 하나의 패키지 안에 MOSFET를 Die 본딩을 하고 병렬 구조로 보호 IC를 배열하여 하나의 패키지로 몰딩하여 제작하고 리튬폴리머 배터리 보호 기능을 갖는 IC를 구현하고자 한다.

II. 본론

2.1 리튬폴리머 배터리 보호회로 개념 및 동작

리튬폴리머 배터리는 폴리머 전해질을 사용하는 배터리로서 리튬이온 배터리보다 얇고 폭발 위험이 적은 충전지이다. 리튬이온 배터리보다 더 안전적이며, 가볍고, 다양한 형상으로 제작할 수 있는 이유로 상대적으로 가격이 더 고가이지만, 점차 그 사용이 늘어나는 추세이다. 아울러 폭발 위험성, 전해질의 누액 현상, 자연방전, 메모리 효과가 거의 없어 편리하다는 장점도 있다. 리튬폴리머 배터리는 리튬이온 배터리에 비해 상대적으로 폭발 위험성이 적은 편이지만 리튬이온 배터리와 마찬가지로 과충전, 과방전, 과전류, 단락 시 리튬폴리머 배터리를 보호하는 기능을 가진 보호회로가 반드시 있어야만 한다. 표 1에는 리튬이온 배터리와 리튬폴리머 배터리의 특성을 나타내었으며, 표 2에는 배터리 보호를 위한 주요 기능에 대해 나타내었다[3].

Table 1. Properties of li-ion battery and li-polymer battery

Sortation	Li-ion	Li-polymer
Voltage	3.7V	3.7V
Electrolytes Type	Liquid	solid, polymers
Life	shorter than	longer than
Risks	higher than	less than
Manufacturing characteristics	More limited	More freedom
Usage	More limited	More freedom
Low temperature properties	Less than	higher than
Price	Less than	higher than

Table 2. Function of the main battery protection

Function	Li-polymer
Overcharge protection	stop charging when more than a specific voltage in order to protect cells from overheating or explosive due to overcharge
Overdischarge Protection	Stop discharging when certain voltage or less discharge to prevent cell damage caused by over discharging.
Overcurrent Protection	Stop discharging when there is an abnormal flow of power caused by device error
Shortcircuit Protection	Momentarily stop charging if a great deal of current flows because of external short of the battery pack

그림2는 리튬폴리머 배터리 보호회로의 블록 다이어그램을 나타내었다.

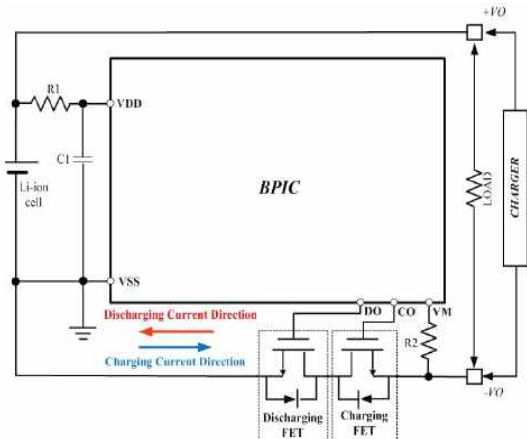


Fig. 2. Protection circuit for lithium polymer battery

리튬폴리머 배터리 보호회로는 배터리 전압과 과전류를 감지하여 스위칭 MOSFET에 제어 신호를 출력하는 보호 IC와 과충전, 과방전 및 과전류 상태에서 전류의 경로를 차단하여 배터리를 보호하는[4-6] 두 개의 N-channel MOSFET, 외란에 의해 보호 IC의 파손 및 오동작을 방지하기 위한 RC 필터, 과전류를 감지하기 위한 센싱저항 R2 등으로 구성되어있다. RC 필터를 통

하여 리튬이온 이차전지와 연결되고, +VO, -VO단을 통하여 부하 또는 충전기가 연결되어 충전과 방전이 이루어진다[7-9].

2.2 리튬폴리머 배터리 보호회로의 동작 원리

과충전 차단회로는 리튬폴리머 배터리의 충전기 이상 불량 및 고장과 비품 충전기를 사용하여 충전할 경우 정상 충전전압 4.5V 보다 높은 전압으로 충전이 이루어져 배터리 셀이 과충전될 수 있는데 이런 경우 충전을 차단하는 역할을 한다. 과충전 차단회로는 그림3에 나타내었으며 동작은 배터리 셀 전압을 모니터링하여 배터리의 셀 전압이 과충전 차단전압 이상인 경우 충전 FET(Cout)를 차단하여 배터리 셀을 보호한다.

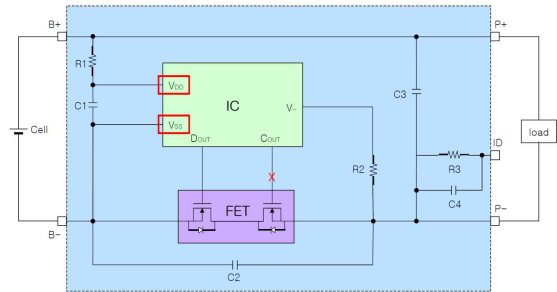


Fig. 3. Overcharge protection

과방전 차단은 드론 기체의 이상으로 인하여 사용중 배터리 셀이 완전방전될 수 있는데 이러한 경우 일정 전압 이하로 배터리 셀이 방전되지 않도록 방전을 차단하는 역할을 한다. 과방전 차단회로는 그림4에 나타내었으며 동작은 배터리 셀 전압을 모니터링하여 배터리의 셀 전압이 과방전 차단전압 이하인 경우 방전 FET(Dout)를 차단하여 배터리 셀을 보호한다.

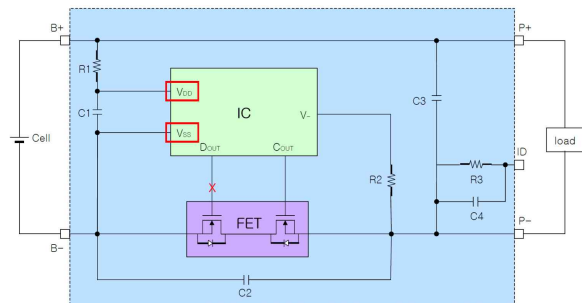


Fig. 4. Overdischarge protection

과전류 또는 단락 차단은 드론 이상 혹은 보호회로의 외부단자가 단락될 경우 높은 전류로 방전되는 경우가 있는데 이러한 경우 일정전류 이상으로 방전되지 않도록 방전전류를 차단하는 역할을 한다. 과전류 또는 단락 차단회로는 그림5에 나타내었으며 동작은 IC의 Vss와 V- 전압을 모니터링하여 전압차가 과전류 검출전압 이상일 경우 과전류차단 그리고 전압차가 단락 전류 검출 전압 이상이 경우 단락 차단으로 방전 FET(Dout)를 차단하여 배터리 셀을 보호한다.

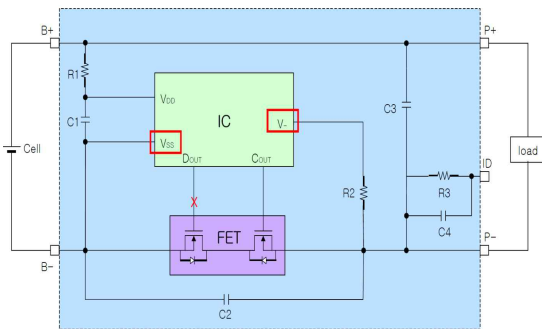


Fig. 5. Overcurrent and short protection

기타 부품으로는 R1과 C1은 IC의 인가 전압을 안정시키고 R2는 역전압 인가시 IC를 보호하며, C2와 C3은 정전기 발생시 FET와 PCM을 보호하는 역할을 한다.

III. 리튬폴리머 배터리 보호 IC 구현

본 논문에서 제시한 원칩 패키지 IC 구현은 하나의 리드 프레임위에 본 논문에서 제시한 구조는 하나의 리드 프레임위에 듀얼 N-channel MOSFET과 제어 IC를 병렬로 배치하였으며 각각의 Pad에 와이어 본딩을 하고 Die chip 보호를 위하여 EMC(Epoxy Molding Compound)로 몰딩하여 하나의 패키지 형태의 IC로 제작하였으며 그림6에 나타내었다. 하나의 패키지 형태의 리튬배터리 배터리 보호 IC의 크기는 가로 2.8mm * 세로 2.1mm로 5.88mm²의 크기로 제작하였다.

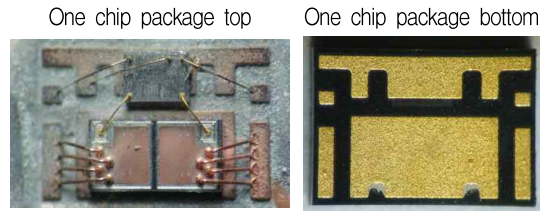


Fig. 6. One chip package IC

IV. 성능평가

본 논문에서 제안하여 제작한 원칩 패키지 리튬폴리머 배터리 보호 IC의 크기는 기존에 사용되고 있는 제어 IC는 일반적으로 SOT23 (Small Outline Transistor) 패키지를 사용하고 있는데 일반적으로 배터리 보호 IC의 SOT23-6 패키지는 6핀으로 크기는 3.0mm * 3.0mm의 일반적인 소형 패키지로 사용되고 있다. 또한, MOSFET는 SOT26 또는 TSSOP8 패키지의 형태를 사용하고 있으며 일반적으로 SOT26 패키지 크기는 SOT23-6 패키지와 유사하고 TSSOP8 (Thin Shrink Small Outline Package) 패키지는 8핀으로 크기는 3.1mm * 6.5mm의 일반적인 소형 패키지로 사용되고 있다. 이때 MOSFET는 일반적으로 1개를 사용하는 경우도 있으나 전류 용량과 발열의 문제로 2개를 사용하는 경우가 대부분이다. 기존의 리튬폴리머 배터리 제어 IC와 하나의 MOSFET를 사용하였을 때 면적은 18mm²에 해당하고 두 개의 MOSFET를 사용하였을 때 면적은 27mm²에 해당하는 반면 본 논문에서 제안한 하나의 구조를 갖는 패키지 형태인 리튬폴리머 배터리 보호 IC는 5.88mm²에 해당하여 67% ~ 78%의 부품 면적을 줄일 수 효과가 있다.

Table 3. Lithium polymer battery protection IC - Old package

	Package size	Note
Control IC	3mm*3mm =9mm ²	
MOSFET	3mm*3mm =9mm ²	One MOSFET
	9mm*9mm =18mm ²	Two MOSFET

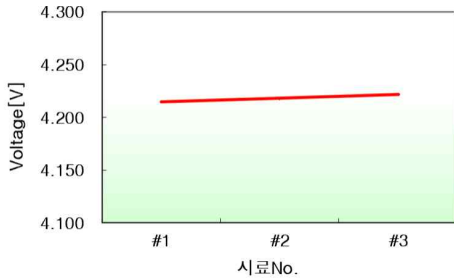
Table 4. Lithium polymer battery protection IC - One chip package

	Package size	Note
Control IC + MOSFET	2.8mm*2.1mm =10mm ²	

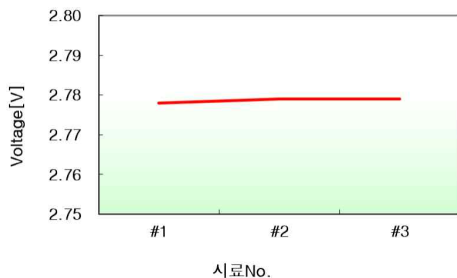
Table 5. Lithium polymer battery protection IC comparison

	Stack structure	Old package	Note
Comparison	5.88mm ²	18mm ² (67%)	One MOSFET
		27mm ² (78%)	Two MOSFET

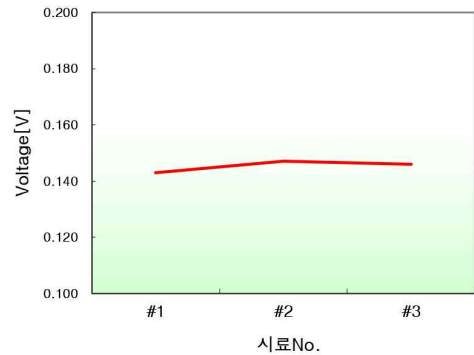
리튬폴리머 배터리 보호 IC의 전기적 특성 검토에 사용된 시료는 3개의 시료를 통하여 검증하였으며 검증을 위한 장비로는 Semiconductor parameter analyzer(4155B)와 Curve Tracer(370A)를 통하여 검증하였다. 3개의 시료를 통하여 과충전 보호 전압은 그림7의 (a)에 해당하고 평균 4.218V로 검토되었으며, 과방전 보호 전압은 그림7의 (b)에 평균 2.779V로 검토되었다. 또한, 방전 과전류 검출 전압은 그림7의 (c)에 평균 0.145V로 검토되었으며, 단락 검출 전압은 그림7의 (d)에 평균 0.583V로 검토되어 리튬폴리머 배터리를 보호하는 전압들을 만족하는 결과값을 얻었으며 해당하는 동작 특성은 그림 7에 나타내었다.



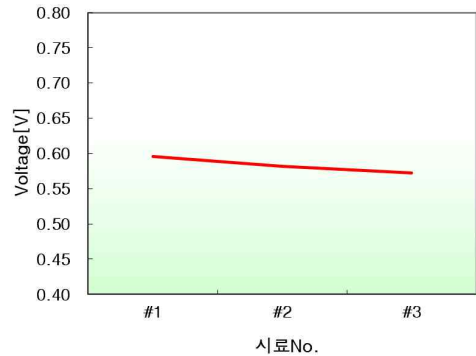
(a) Overcharge detection voltage



(b) Overdischarge detection voltage



(c) Discharge overcurrent detection voltage



(d) Short detection voltage

Fig. 7. Electrical characteristics of lithium polymer battery protection IC

V. 결론

본 논문에서는 리튬폴리머 배터리 제어 IC와 스위치 역할을 하는 MOSFET를 하나의 패키지 구조로 제안함으로 기존 부품 대비 하나의 FET 구조를 갖는 경우에는 67% 작게 제작할 수 있다. 또한, 리튬폴리머 배터리를 보호하는 전기적인 특성에서 과충전 전압은 평균 4.215~4.222V에서 차단되고 과방전 전압에서는 평균 2.778~2.779V에서 차단되었다. 또한, 단락 검출 전압은 0.572~0.596V으로 검토되었다. 그 이외의 특성들에서 리튬폴리머 배터리를 보호하기 위한 항목들에 대하여 전기적인 특성에 우수한 특성으로 검토되어 향후 휴대용 IT기기들을 비롯한 드론용 리튬폴리머전지의 보호 IC 분야에 소형화 경량화에 적합할 것으로 예상된다.

REFERENCES

- [1] K. I. Woo, Y. H. Jang, Y. S. Choi, "Study on Designing Battery Energy Storage System(BESS) Related to Renewable Energy and Power Efficiency According to Charging-Discharging", Journal of next-generation convergence technology association, vol.4, no.1, pp. 61-69, 2020.
- [2] B. J. Lee, G. J. Choi, S. H. Lee, Y. M. Jeong, Y. Park, D. U. Cho, "A Study on Explosion and Fire Risk of Lithium-Ion and Lithium-Polymer Battery," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol.42, no.4. pp. 855-863, 2017.
- [3] S. J. Kim, J. S. Kim, S. H. Park, "Design of 2-4 Cell Li-ion Multi Battery Protection Analog Front End(AFE) IC," Journal of IKEEE, vol.15, no. 4, pp. 324-329, 2011.
- [4] L. Hu, M. L. Zhao, X. B. Wu, J. N. Lou, "Cell balancing management for battery pack," 2010 10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology, Shanghai, China, pp. 339-341, 2010.
- [5] D. V. Cadar, D. M. Petreus, T. M. Patarau, "An energy converter method for battery cell balancing," 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology, ISSE 2010, Warsaw, Poland, pp. 290-293, 2010.
- [6] Y. C. Hsieh, C. S. Moo, I. S. Tsai, "Balance charging circuit for charge equalization," Proceedings of the Power Conversion Conference-Osaka, Osaka, Japan, vol.3, pp. 1138-1143, 2002.
- [7] R. Xiong, L. Li, J. Tian. "Towards a smarter battery management system: A critical review on battery state of health monitoring methods." Journal of Power Sources. vol.405, pp.18-29, 2018.
- [8] X. Zhang, P. Liu, D. Wang. "The design and implementation of smart battery management system balance technology." Journal of Convergence Information Technology. vol.6, no.5, pp.108-116, 2011.
- [9] W. Y. Chang, "The state of charge estimating methods for battery: A review." ISRN Applied Mathematics. 2013.

저자소개

이 주 연 (Ju-Yeon Lee)



2010년 2월 : 전북대학교
전자정보공학부(공학석사)

2018년 2월 : 전북대학교
전자정보공학부(공학박사)

· 2018년 3월 ~ 현재 :
전주비전대학교

전자과/전기공학과 교수

관심분야 : 임베디드시스템, OLED, 마이크로 LED,
이차전지, 드론 FC 컨트롤러

유 성 구 (Sung-Goo Yoo)



2003년 2월 : 전북대학교
제어계측공학과(공학석사)

2010년 8월 : 전북대학교
제어계측공학과(공학박사)

2011년 3월 ~ 2018. 2월 :
서남대학교 전기전자공학과 교수

· 2022년 3월 ~ 현재 :
전주비전대학교 전기공학과 교수

관심분야 : 지능제어, 센서계측, 로봇시스템,
인공지능시스템