

# 과도응답을 향상시킨 피드백 구조를 갖는 LDO 레귤레이터

## LDO Regulator with Feedback Network Improved Transient Response

박 경 현\*, 권 민 주\*, 구 용 서\*, 류 석 원\*\*★

Kyeong-Hyeon Park\*, Min-Ju Kwon\*, Yong-Seo Koo\*, Seok-Won Yoo\*\*★

### Abstract

In this paper, we propose LDO regulator with improved transient using a simple feedback structure in conventional LDO regulator. This proposed circuit has the feedback structure which reduces the response time of overshoot appeared in the output of conventional LDO regulator. Therefore, this LDO regulator can be a more stable operation. Thus, the proposed feedback structure is to operate such as conventional LDO regulator without changing the area, it complements the disadvantage of LDO regulator with noise in the output. This circuit was designed to using a Dongbu Hitek 0.18um CMOS process.

### 요 약

본 논문에서는 기존 LDO 레귤레이터에서 간단한 피드백 구조를 이용하여 과도응답을 향상시킨 LDO 레귤레이터를 제안한다. 이 제안된 회로는 기존 LDO 레귤레이터에서 나타나는 오버슈트의 응답시간을 감소시켜 더 안정적인 동작을 하도록 하는 피드백 구조를 갖는다. 제안된 피드백 구조는 큰 면적의 변화 없이 기존 LDO 레귤레이터와 같은 동작을 하며, 출력에서의 노이즈를 갖는 LDO 레귤레이터의 단점을 보완한다. 설계한 회로는 동부 하이텍의 0.18um CMOS 공정을 이용하였다.

*Key words* : Feedback, NMOS, Overshoot, LDO Regulator, Transient response

\* Dept. of Electronics Engineering, DanKook University

\*\* Dept. of Computer Science, Seokyeong University

★ Corresponding author

031-8005-3625, parkkh1935@naver.com

※Acknowledgment

This work was supported by ETRI R&D Program("Development of SIC based Trench type next generation power device", "15ZB1600") funded By the Government of Korea and Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIP) (No.B0186-16-1001,Form factor-free Multi Input and output Power Module Technology for Wearable Devices)

Manuscript received Sep. 20, 2016; revised Sep. 23,2016

; accepted Sep 28. 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

최근 스마트폰과 같은 배터리를 기반으로 하는 휴대용 전자기기의 사용이 증가하면서 전력관리 집적회로인 PMIC(Power Management IC)의 중요성이 강조되고 있다. 또한 휴대용 전자기기를 사용함에 있어 안정적인 동작이 가능하도록 하는데 있어 문제되는 노이즈문제에 대한 연구와 개발이 이뤄지고 있다. PMIC는 선형 레귤레이터와 스위칭 레귤레이터로 나뉘며 그 중 LDO 레귤레이터는 선형 레귤레이터에 속한다.

이 논문에서 제안한 LDO 레귤레이터는 비교적 간단한 Feedback 구조를 통해 과도응답 특성을 향상시킨다. 출력 부분에서의 Overshoot를 억제시켜줌으로써 더 안정적인 동작을 얻도록 제안하

였다.[1]

### II. 본론

#### 1. 제안된 LDO 레귤레이터

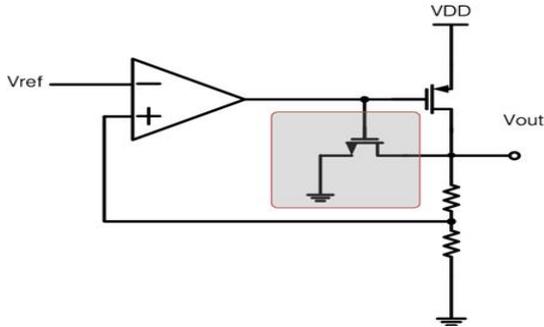


Fig. 1. LDO regulator with feedback network  
그림 1. 피드백 네트워크 구조를 갖는 LDO 레귤레이터

그림 1은 NMOS로 이루어진 피드백 구조를 갖는 LDO 레귤레이터이다. LDO 레귤레이터의 출력전압이 증가하면 패스 트랜지스터의 전압이 증가하게 된다. 그리고 드레인 전류가 증가하면서 피드백 NMOS의 게이트 전압이 증가하면서 출력단의 전류를 빼주는 역할을 하는데, 이는 패스 트랜지스터의 게이트 전압을 증가시키고 출력전압을 감소시키는 피드백 구조를 이루고 있다. 이를 통해 오버슈트를 억제시켜 과도응답 특성을 향상시킨다.[2]-[5]

#### 2. Simulation

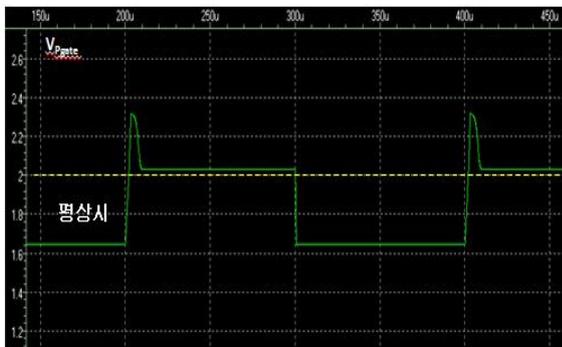


Fig. 2. MOSFET simulation results  
그림 2. MOSFET 시뮬레이션 결과

그림 2는 NMOS의 시뮬레이션 결과로 정상시에는 MOSFET을 Linear 영역에서 동작시켜 전

류소모를 최소화 시켰으며, Pgate 전압이 상승 시에는 Saturation 모드로 전환되어 출력단의 전류를 빠르게 빼주는 역할을 하도록 하였다. 또한, MOSFET의 전류소모를 완화시키기 위해 문턱전압을 상승시켰다.

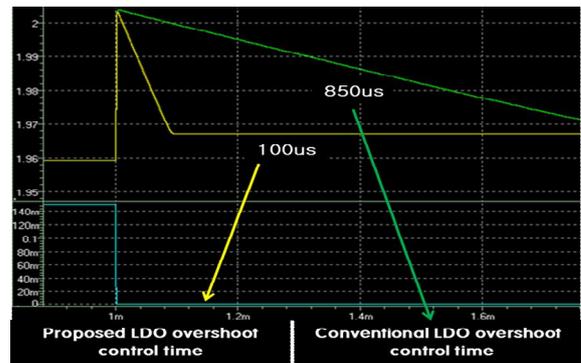


Fig. 3. Overshoot simulation results  
그림 3. 오버슈트 시뮬레이션 결과

그림 3은 제안한 LDO 레귤레이터의 과도응답 시뮬레이션 결과이다. 그림에 나와 있는 것처럼 기존 LDO 레귤레이터의 과도응답 특성 중 오버슈트의 제어 시간은 850us이다. 제안된 추가적인 피드백 구조를 갖는 LDO 레귤레이터의 오버슈트 제어시간은 100us로 측정되었다. 이를 통해 제안된 LDO 레귤레이터는 기존의 LDO 레귤레이터보다 약 8.5배 정도 오버슈트에서 기존전압으로 돌아오는 시간이 빠른 것을 알 수 있었다.

### III 결론

본 논문은 기존 LDO 레귤레이터의 앰프 출력단과 Pass TR 사이에 PMOS를 연결시킨 Feedback 구조로 맞춰 설계한 LDO 레귤레이터를 제안한다. PMOS를 사용하여 면적의 큰 변화 없이 패스 트랜지스터의 게이트 전압을 증가시켜 LDO 레귤레이터 출력단에서 발생하는 노이즈인 오버슈트의 응답시간을 단축시켜 안정도를 잡아주도록 제안하였다. 기존 LDO 레귤레이터와 비교하였을 때, Amp의 이득과 Phase margin은 거의 동일하였으며, 기존 LDO 레귤레이터의 성능과 거의 동일하게 나왔다. 또한, 면적 문제없이 LDO 레귤레이터의 안정성을 확보하였다.

## References

- [1] Texas Instruments, "Understanding the terms and definitions of LDO voltage regulators"
- [2] Jae-Jin Yeo and Jeong-Jin Roh, "Low-Dropout Regulator with enhanced response time," *j.inst. Korean.electr.electron.eng.* Vol.19, No. 4, 506~513, December 2015
- [3] Socheat HENG and Cong-Kha PHAM, "Quick Response Circuit for Low-power LDO Voltage Regulator to improve Load transient response, *2007 International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2007)*"
- [4] Behnam Samadpoor Rikan "A High Current Efficiency CMOS LDO Regulator with Low Power Consumption and Small Output Voltage Variation," *j.inst. Korean.electr.electron.eng.* Vol.18, No.1, 37~44, March 2014
- [5] Jianping Guo(2010) "A Capacitorless LDO Regulator With Fast Feedback Technique and Low-Quiescent Current Error Amplifier," *Circuit and Systems, IEEE Transactions on*, vol. 60, pp.326-330.