

Light-load에서 고효율을 가지는 PFM 전류모드 DC-DC Buck 변환기

안영국, 남현석, 노정진
 한양대학교 전자전기제어계측공학과

e-mail : hellooby@hanyang.ac.kr, namstein@naver.com, jroh@hanyang.ac.kr

A Current-Mode DC-DC Buck Converter with PFM to Improve the Light-Load Efficiency

Youngkook Ahn, Hyunseok Nam, Jeongjin Roh
 School of Electronic, Electrical, Control and Instrumentation Engineering
 Hanyang University

2. 본론

DC-DC 변환기에는 PWM (Pulse-width modulation) 방식과 PFM (Pulse-frequency modulation) 방식이 있는데 PWM 방식의 경우 medium-to-high 부하 조건에서는 높은 효율을 가질 수 있다. 하지만 light-load 조건에서는 스위칭 손실의 증가로 인해 효율이 급격히 감소하는 문제점이 있다. 반면에 PFM 동작은 스위칭 주파수가 PWM 동작보다 낮기 때문에 스위칭 손실에 의한 효율 저하를 막을 수 있다. 하지만 출력 ripple의 크기가 증가하는 단점이 있다 [2], [3].

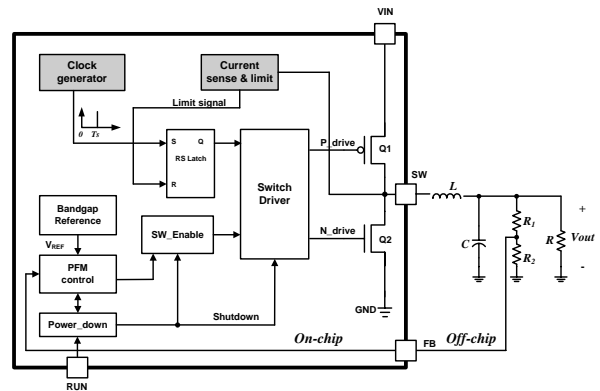
Abstract

This paper presents pulse-frequency modulation (PFM) to improve the light-load efficiency. The proposed circuit is designed by using the device parameter of standard 0.13 μ m CMOS process. The performance of proposed circuit is evaluated by HSPICE simulation. Measured efficiency in a light-load is measured 78-90 % for 0.1 to 100mA output current .

I. 서론

최근 휴대전화, TV, 캠코더 등과 같이 전자제품의 휴대용 제품화와 함께 PDA 등과 같은 모바일 멀티미디어 기기 시장의 발달로 인해 파워 매니지먼트 시스템의 중요성이 증가하고 있다. 이러한 모바일 멀티미디어 제품들은 배터리 전압으로부터 각각의 내부 시스템의 다양한 동작 전압을 공급 받아야 한다. 그러므로 한정된 배터리의 용량으로 보다 긴 사용시간을 얻기 위해서는 배터리 전압을 내부 시스템의 동작 전압으로 변환할 때의 전력 손실이 적어야 한다. 이러한 전력 손실을 줄이기 위하여 매우 높은 변환 효율을 필요로 하게 되었으며 이를 위해 다양한 파워 매니지먼트 회로의 개발이 이루어지고 있다[1].

그리고 오늘날 휴대용 제품의 경우 대부분 대기모드로 장시간 있기 때문에 light-load에서 효율 저하를 막기 위한 기술은 DC-DC 변환기 전체 성능을 결정하는데 있어 매우 중요하다.



[그림 1] PFM 전류모드 DC-DC buck 변환기 블록

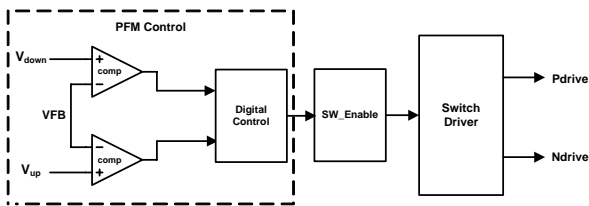
본 논문에서는 light-load에서의 저효율 문제점을 개선하기 위한 PFM 방식의 DC-DC buck 변환기를 제안한다.

그림1은 PFM 전류모드 DC-DC buck 변환기의 블록도를 나타낸 것이다. Light-load 조건에서의 PFM 방식은 스위칭 모드와 shut-down 모드로 나눌 수 있

다. 스위칭 모드에서는 모든 블록들이 동작을 하나 shut-down 모드에서는 주파수 발생기와 전류감지 블록은 off가 된다. 위 두 가지 모드 동작을 통해 light-load에서 불필요한 전력 소모를 줄여 효율을 개선시킨다.

3. 구현

그림1에서 PFM DC-DC 변환기의 동작을 살펴보면 클럭 발생기에 의해 생성되는 set 신호에 의해 스위칭 모드에서의 동작이 이루어지고 reset신호는 전류감지회로의 limit 신호에 의해 제어가 이루어진다. 그림2는 PFM 컨트롤 블록을 나타낸 것이다. 전체 스위칭 구간과 shut-down 구간의 동작은 경계전압 V_{up} , V_{down} 와 피드백 전압 VFB를 입력으로 하는 비교기에 의해 제어가 이루어진다. 만약 VFB가 V_{up} 를 넘을 경우 스위치 드라이버는 off가 되어 shut-down 모드로 동작하게 되고, VFB가 V_{down} 이하로 떨어지게 되면 스위치 드라이버를 on 시켜 스위칭 모드로 동작한다.



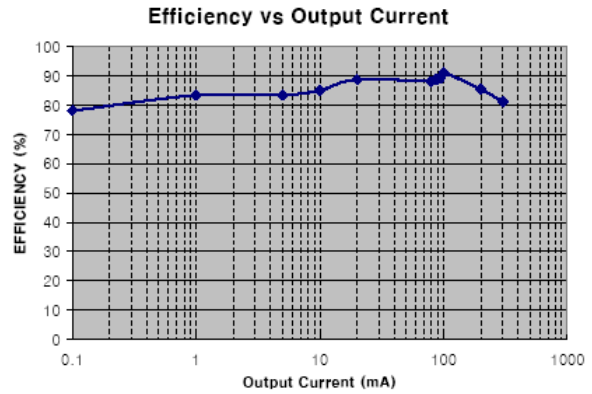
[그림 2] PFM 컨트롤 블록

4. 시뮬레이션 결과

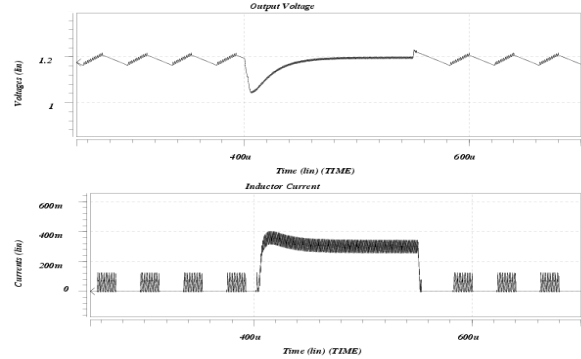
본 논문의 DC-DC 변환기는 0.13 μ m 공정 라이브러리를 이용하였고 HSPICE 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 시뮬레이션 동작 조건은 입력 전압 2.5V~3.3V, 출력전압 1.2~1.8V, 스위칭 주파수 1.25~1.5MHz이다. 그림3은 부하전류 변화에 따른 출력전압과 인덕터 전류파형을 나타낸 것이다. 부하전류의 조건은 20mA->300mA->20mA로 변화를 주었다. 그림4는 부하전류가 0.1mA ~300mA로 변화시켰을 때의 효율을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 100mA이하의 light-load 조건에서 효율이 80% 이상으로 나타났다.

5. 결론

본 논문에서는 light-load에서의 저효율 문제점을 해결하기 위해 PFM DC-DC buck 변환기를 설계하였다. 설계된 DC-DC 변환기는 standard 0.13 μ m 공정으로 설계되었고 시뮬레이션 결과 light-load에서 80% 이상의 효율을 보였다.



[그림 4] 부하전류 변화에 따른 효율



[그림 3] 부하전류 변화에 따른 출력전압과 인덕터 전류

감사의 글

본 연구는 ETRI IT-SOC 사업단의 지원을 받았습니다. Chip 제작은 반도체 설계 교육 센터(IDEC)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1]. Nathan Andrews, "The global market for power supply and power management integrated circuits", Power Electronics Conference and Exposition, March 2002 Page(s):126 - 131 vol.1
- [2]. Feng-Fei Ma, Wei-Zen Chen, and Jiin-Chuan Wu, "A Monolithic Current-Mode Buck Converter With Advanced Control and Protection Circuits," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 5, Sept. 2007.
- [3]. B. Sahu and G. A. Ricon-Mora, "An Accurate, Low-Voltage, CMOS Switching Power Supply With Adaptive On-Time Pulse-Frequency Modulation (PFM) Control," *IEEE Trans. Circuit and Systems*, vol. 54, no. 2, Feb. 2007.