ISSN: 1226-7244 (Print)
ISSN: 2288-243X (Online)
논문번호 15-03-04

j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.19,No.3,304~310,September 2015
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2015.19.3.304
23

MOSFET를 이용한 고효율 SCALDO 레귤레이터 구현

Implementation of a High Efficiency SCALDO Regulator Using MOSFET

권 오 순*★, 손 준 배*, 김 태 림*, 송 종 규*

O-Soon Kwon*★, Joon-Bae Son*, Tea-Rim Kim*, Jong-Gyu Song*

Abstract

A SCALDO(Supercapacitor Assisted LDO) regulator is a new regulator having advantages of a SMPS(Switch Mode Power Supply) which has a good efficiency and a LDO(Low Drop-out) regulator which has stable output characteristics and good EMI(Electro Magnetic Interference) characteristics. However, a conventional SCALDO regulator needs a lot of power consumption to control its switches and it drops an efficiency of the circuit. In this paper, to reduce switching power consumption and improve an efficiency of the circuit, a new SCALDO regulator adopting MOSFETs as its switching parts is proposed and it is found out that the proposed SCALDO regulator has the maximum 9.5% higher efficiency than the conventional SCALDO regulator. We also try to simplify production process of the circuit by changing switching control method of the circuit from MCU(Micro-controller unit) based firmware control to hardware control using a comparator and a T-F/F(Flip Flop).

요 약

SCALDO(Supercapacitor Assisted LDO) 레귤레이터는 기존에 널리 사용되고 있는 SMPS(Switch Mode Power Supply)의 장점인 높은 효율과 LDO(Low Drop-out) 레귤레이터의 장점인 안정적인 출력 및 우수한 EMI(Electro Magnetic Interference)특성을 함께 가지는 레귤레이터로 현재 새롭게 연구되고 있는 전원회로이다. 하지만, 현재까지 연구된 SCALDO 레귤레이터의 경우 회로 내부의 스위치제어에 많은 전력이 소비되어 회로 전체의 효율이 감소되는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존 SCALDO 레귤레이터의 단점을 극복하고 저전력으로 구동이 가능한 MOSFET를 SCALDO 레귤레이터에 적용함으로써 스위치제어 소비전력을 최소화하여 회로 전체의 효율을 향상시킨 새로운 SCALDO 레귤레이터를 구현 하였으며, 기존 SCALDO 대비 효율이 최대 9.5% 상승됨을 확인하였다. 또한 기존의 MCU(Micro-controller unit)를 이용한 펌웨어제어를 비교기 및 T-F/F(Flip Flop)을 이용한 하드웨어 제어로 대체함으로써 회로의 제작과정을 단순화 하였다.

Key words : SCALDO, High Efficiency, EMI Free, Supercapacitor, MOSFET, LDO Regulator

* LIG Nex1 Co., Ltd

★ Corresponding author
Email: osoon.kwon@lignex1.com, Tel: 053-8026-4144

Manuscript received June. 17, 2015; revised July. 27, 2015 ; revised Aug, 8. 2015; accepted Aug, 12. 2015

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.

Ⅰ. 서론

현재의 전자제품들은 보다 다양하고 복잡한 기능을 수행하기 위해 수많은 IC소자들로 구성되며, 이들을 안정적으로 동작시키기 위한 다양한 전원회로들을 포함하고 있다. 즉, 하나의 전자제품을 완전히 구동하기 위해서는 여러 종류의 전원이 요구되며, 이를 충족시키기 위해 과거부터 현재까지 전원회로에 대한 연구가 활발히 수행되어 왔다.

현재 가장 널리 사용되고 있는 전원회로는 SMPS

와 LDO 레귤레이터로, SMPS는 효율이 우수하며, LDO 레귤레이터는 안정적인 출력과 우수한 EMI특성을 가진다.

EMI는 전자기기에서 방사 또는 전도되는 전자기적 노이즈로 인해 타 전자기기에 간섭을 주는 현상을 말한다. 따라서, 스위칭 동작이 없이 구동되는 LDO 레귤레이터는 회로 내 노이즈 발생원이 존재하지 않아 EMI특성이 매우 우수하며, 안정적인 출력전압을 가질 수 있다. 하지만, 입력전압과 출력전압의 차이가 클 경우 그 차이만큼 전력손실이 발생하여 효율이 매우 낮다는 단점이 있다[1-4].

이와는 반대로 SMPS는 회로 내 스위치조작을 이용하여 전력변환을 수행하는 회로로 높은 효율을 가지는 반면에 구동 시 필수적으로 요구되는 높은 주파수 스위칭으로 인해 EMI문제를 야기할 수 있고, 출력에 리플이 발생하는 단점을 가지고 있다[2-5].

최근 이러한 SMPS와 LDO 레귤레이터의 단점을 보완하고 두 회로의 장점인 높은 효율과 우수한 EMI 특성 및 안정적인 출력을 동시에 구현할 수 있는 SCALDO 레귤레이터가 연구되고 있다. SCALDO 레귤레이터는 LDO 레귤레이터에 슈퍼커패시터를 적용하여 효율을 높인 전원회로로, 전압강하 시 입력 전압과 출력 전압의 차이로 인해 LDO 레귤레이터 내부에서 불필요하게 소모되는 전력을 슈퍼커패시터에 저장하였다가 재사용함으로써 효율을 향상시키는 전원회로이다. 또한, '수 F(패럿)'의 높은 용량을 가지는 슈퍼커패시터를 사용함으로써 전력 재사용을 위한 스위칭 속도가 '수십 mHz(밀리헤르츠) ~ 수 Hz(헤르츠)'로 매우 낮아 EMI에서 주로 문제가 되는 고주파 노이즈의 발생을 억제할 수 있으며, 출력부의 LDO 레귤레이터로 인해 리플이 없는 매우 안정적인 전압을 출력할 수 있다[6-8].

하지만, 현재까지 연구된 SCALDO 레귤레이터는 스위치제어 시 소비전력이 매우 커 실제 효율이 높지 않다는 문제점을 가지고 있다. 이는 MOSFET 내부의 바디다이오드로 인한 슈퍼커패시터의 방전문제로 인해 저전력으로 구동할 수 있는 MOSFET 대신 사용 시 소비전력이 큰 광 릴레이를 스위칭소자로 사용함으로써 발생하는 문제이다[8].

도통시작 시 게이트 커패시터를 충전시키기 위해 순간적으로 매우 짧은 시간 동안만 전력을 소모하는 MOSFET와는 달리 광 릴레이는 도통을 위해 내부 광원의 발광을 계속 유지해야하고 이를 위해 지속적으로 전력을 사용해야하기 때문에 스위칭 시 많은 전력을 소모한다[9].

본 논문에서는 현재까지 연구된 SCALDO 레귤레이터에 사용되고 있는 광 릴레이를 MOSFET로 대체할 때 발생되는 슈퍼커패시터의 방전문제를 극복하고, MOSFET를 스위칭 소자로 사용함으로써 스위칭 시 발생되는 소비전력을 최소화 하였다. 또한, 기존 SCALDO 레귤레이터의 MCU를 이용한 펌웨어제어 방식을 비교기와 T-F/F을 이용한 하드웨어제어방식으로 대체함으로써 회로의 제작과정을 단순화 하였다.

II. 본론

2.1. 기존 SCALDO 레귤레이터의 구성 및 구동원리

기존 SCALDO 레귤레이터는 그림 1과 같이 슈퍼커패시터, LDO 레귤레이터, LDO 입력 커패시터, 스위칭 소자 4개, 그리고 스위치제어용 MCU로 구성되며, 회로 내 슈퍼커패시터의 동작상태에 따라 충전과 방전 2가지 모드로 동작한다[6-7].

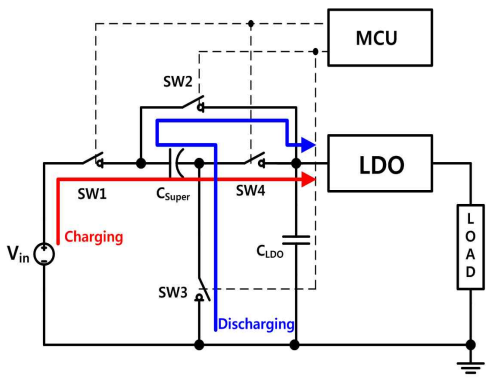

Fig. 1. A conventional SCALDO regulator
그림 1. 기존 SCALDO 레귤레이터

먼저 충전모드는 그림 1의 적색라인과 같이 SW1과 SW4가 On되고 SW2와 SW3이 Off됨으로써 수행되며, 입력전원과 슈퍼커패시터, LDO 레귤레이터가 직렬로 연결되어 LDO 레귤레이터로의 전력전달과 슈퍼커패시터의 충전이 동시에 이루어진다. 이때, 직렬연결로 인해 LDO 레귤레이터의 입력전압 V_{LDO}는 슈퍼커패시터의 양단전압 $V_{C\text{-}Super}$가 상승되는 만큼 감소하며, 그 값이 LDO 레귤레이터의 최소구동전압 V_{LDO_min}까지 감소하면 MCU에 의해 회로가 방전모드로 동작하게 된다[6-7].

방전모드는 그림 1의 청색라인과 같이 SW2와 SW3이 On되고 SW1과 SW4가 Off됨으로써 수행되며, 입력전원으로부터의 전력공급이 차단되고 슈퍼커

패시터와 LDO 레귤레이터가 병렬로 연결되어 슈퍼커패시터에 충전된 에너지가 LDO 레귤레이터로 전달된다. 이때, 슈퍼커패시터가 LDO 레귤레이터로 전력을 전달하기 때문에 $V_{C\text{-}Super}$는 시간이 지남에 따라 감소하게 되며, V_{LDO_min}까지 감소하면 MCU에 의해 다시 충전모드로 동작하게 한다[6-7].

즉, SCALDO 레귤레이터는 충전모드와 방전모드를 반복적으로 수행함으로써 LDO 레귤레이터의 전압강하 시 불필요하게 소모되는 전력을 저장 및 재사용하며, 이를 통해 LDO 레귤레이터의 효율을 향상 시킬 수 있다. 또한, SCALDO 레귤레이터는 '수 Hz(헤르츠)'의 큰 용량을 가지는 슈퍼커패시터를 사용함으로써 충/방전을 위한 스위칭 주파수가 '수십 mHz(밀리헤르츠) ~ 수 Hz(헤르츠)'로 매우 낮아 우수한 EMI특성을 가지며, 출력 단에 연결된 LDO 레귤레이터에 의해 리플이 없는 매우 안정적인 출력을 발생시킬 수 있다[6-7].

2.2. 기존 SCALDO 레귤레이터 취약점 및 원인분석

현재까지 연구된 SCALDO 레귤레이터의 효율은 전압강하 5V to 2V, 출력전류 100mA ~ 500mA의 조건에서 76.9 ~ 79.2%로 발표되었다. 하지만, 이는 회로구동을 위해 필수적으로 수행되어야 하는 스위치제어에 대한 전력소비량을 배제하고 계산된 수치로 이를 포함하여 계산하면 그 값은 현저히 낮아진다. 기발표된 문헌의 내용을 바탕으로 스위치제어 소비전력을 포함한 효율을 계산하면 58.5 ~ 71.4%까지 낮아짐을 알 수 있다[8].

따라서, 기존 SCALDO 레귤레이터의 스위치제어 소비전력을 감소시킴으로써 회로 전체의 효율을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

Table 1. The data for calculating an efficiency of conventional 5V to 2V SCALDO regulator and an efficiency of the circuit

표 1. 기존 SCALDO 레귤레이터(5V to 2V)의 효율을 계산하기 위한 주요 측정데이터 및 효율

I_{out} (mA)	V_{out} (V)	I_{in_max} (mA)	V_{in} (V)	I_{c_sw} (mA)	Efficiency without control(%)	Efficiency with control(%)
100	2.02	138	5.0	36	79.2	58.5
200	2.0	245	5.0	40	78.0	65.3
300	2.0	350	5.0	40	77.4	68.5
400	2.0	455	5.0	40	77.1	70.3
500	2.0	560	5.0	40	76.9	71.4

위의 스위치제어 소비전력을 포함한 효율과 이를 제외한 효율은 각각 식 (1), 식 (2)를 통해 계산되었고, 각 식의 변수들에 적용된 값은 표 1과 같다[8].

$$Efficiency\ with\ control(\%) = \frac{V_{out} I_{out}}{V_{in}(I_{in_max}/2)} \times 100 \quad (1)$$

$$Efficiency\ without\ control(\%) = \frac{V_{out} I_{out}}{V_{in} I_{avg}} \times 100 \quad (2)$$

$$I_{avg}(A) = \frac{I_{in_max} - I_{c_sw}}{2} \quad (3)$$

위 식 (1) ~ (3)의 V_{in}, I_{in_max}, V_{out}, I_{out}은 각각 입력전압, 입력전류 최대값, 출력전압, 출력전류를 의미하며, I_{c_sw}와 I_{avg}는 각각 스위치제어전류와 I_{c_sw}를 제외한 입력전류의 평균값을 의미한다. 또한 표 1의 값들 중 Efficiency with control을 제외한 값들은 기존 문헌을 참조한 값이며, Efficiency with control은 표 1의 값과 식 (1)을 이용하여 계산한 값이다[8].

기존 SCALDO 레귤레이터에서 스위치제어용 소비전력이 큰 이유는 낮은 소비전력으로 구동 가능한 MOSFET 대신 소비전력이 큰 광 릴레이를 이용하여 회로를 구성하였기 때문이며, 이는 스위치 소자로 MOSFET 적용 시 그림 2와 같이 회로의 방전모드 동작에서 슈퍼커패시터에 저장된 에너지가 LDO 레귤레이터로 전달되지 못하고 SW4의 바디다이오드를 통해 GND로 방전되기 때문이다.

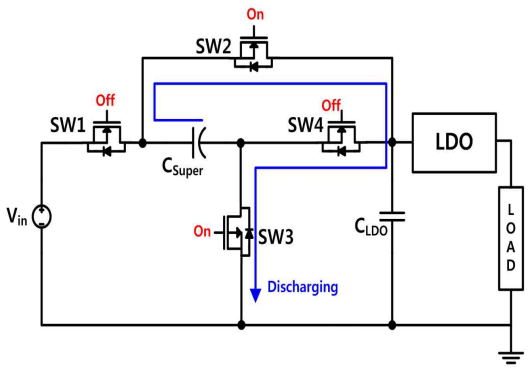

Fig. 2. A supercapacitor discharging path in conventional SCALDO regulator using MOSFETs as switching elements

그림 2. 기존 SCALDO 레귤레이터에 MOSFET 적용 시 슈퍼커패시터 방전경로

따라서, 본 논문에서는 SCALDO 레귤레이터에 MOSFET 적용 시 발생되는 슈퍼커패시터의 방전문제를 해결하고, MOSFET를 SCALDO 레귤레이터에 적용함으로써 스위치제어용 소비전력을 최소화하였으며, 회로전체의 효율을 향상시켰다.

2.3. 제안 회로의 구성 및 구동원리

본 논문에서 제안하는 회로는 그림 3과 같으며, 슈퍼커패시터 방전의 주요한 경로가 되는 그림 2의 SW4를 제거하고 다이오드를 SW4의 바디다이오드와 반대방향으로 설치함으로써 회로의 방전모드 동작 시 슈퍼커패시터가 GND로 방전되지 않게 하고, 충전모드 동작 시 입력전원이 LDO 레귤레이터로 잘 전달되게 하였다. 또한, 회로의 제작 및 구현과정을 단순화하기 위해 기존 연구의 MCU를 이용한 펌웨어제어를 T-F/F과 비교기를 이용한 하드웨어제어로 변경하여 적용하였다. 회로에 적용된 MOSFET 중 라인간의 스위칭을 수행하는 SW1, SW2는 P-MOSFET가 사용되었고, GND와의 스위칭을 수행하는 SW3는 N-MOSFET가 사용되었다. 따라서, SW2와 SW3이 같은 상태로 동작해야 함에도 불구하고 그림 3과 같이 SW1과 SW3이 Q1과 연결되고, SW2는 반대신호인 Q2와 연결되었다.

회로의 동작과정을 살펴보면 다음과 같다.

먼저, SW1이 On되고 SW2와 SW3가 Off되어(Q1=Low, Q2=High) 회로에 입력전원이 인가되면 그림 3의 적색라인과 같이 회로가 충전모드로 동작하여, 슈퍼커패시터가 충전되면서 LDO 레귤레이터의 입력전압 V_{LDO}가 낮아진다. 이후 V_{LDO}가 LDO 레귤레이터를 구동하기 위한 최소값 V_{LDO_min}까지 낮아지면, SW1이 Off되고 SW2와 SW3가 On되어(Q1=High, Q2=Low) 회로가 그림 3의 청색라인과 같이 방전모드로 동작한다. 방전모드에서는 입력전원이 차단되고 슈퍼커패시터에 저장된 에너지만으로 LDO 레귤레이터가 구동되는데, 시간이 지날 수 록 슈퍼커패시터의 에너지가 감소하여 V_{LDO}가 낮아진다. 이후, V_{LDO}가 V_{LDO_min}까지 낮아지면 스위치들의 상태가 반전되어 다시 충전모드로 동작하게 되고, 회로는 같은 방법으로 충전과 방전모드를 반복하며 동작하게 된다.

회로의 스위치제어 과정을 좀 더 자세히 살펴보면 다음과 같으며, 관련된 주요 파형은 그림 4와 같다.

회로의 스위치제어는 서로 반대되는 상태를 가지는 신호 Q1과 Q2를 출력하여 직접적으로 스위치를 제어하는 T-F/F과 T-F/F에 Q1과 Q2의 상태를 반전하라는 신호를 전달하는 비교기로 구성된다. 비교기는 회로가 동작되는 동안 V_{LDO}와 미리 설정된 V_{LDO_min}을 비교하며, V_{LDO}가 V_{LDO_min}까지 낮아졌을 때 V_{com}값을 Low로 변경하여 하강에지 신호를 T-F/F로 전달한다. 하강에지 신호가 T-F/F으로 전달되면 Q1과 Q2의 상태가 반전되고, 회로의 동작모드가 변경되어 V_{LDO}가 다시 높은 값을 가지는데 이 경우에는 V_{com}은 High로 변경되며 Q1과 Q2는 기존 상태를 유지한다. 이후 회로가 방전 혹은 충전모드 동작을 유지함에 따라 V_{LDO}가 다시 V_{LDO_min}까지 낮아지면, 위와 같은 과정을 반복하여 회로의 동작모드를 다시 변경하게 된다.

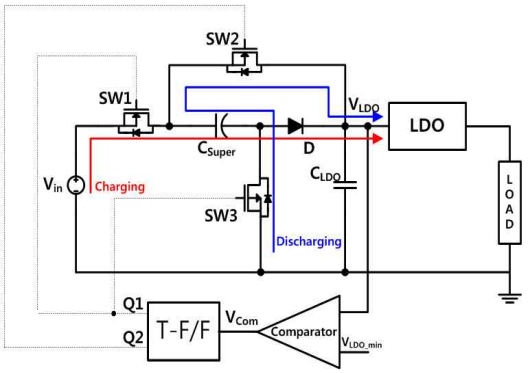

Fig. 3. A proposed SCALDO regulator
그림 3. 제안된 SCALDO 레귤레이터

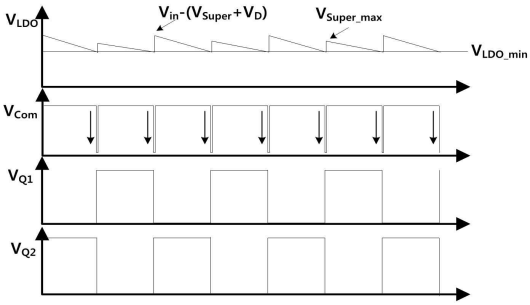

Fig. 4. Major waveforms to control the proposed SCALDO regulator
그림 4. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 주요 제어신호 파형

그림 4의 V_{in}, V_{LDO}, V_{LDO_min}, V_{com}, V_{Q1}, V_{Q2}, V_D, V_{Super}, V_{Super_max}는 각각 회로의 입력전압, LDO 레귤레이터 입력전압, LDO 레귤레이터의 최소구동전압, 비교기 출력전압, T-F/F의 Q1 및 Q2 전압, 다이오드 순방향 전압강하, 슈퍼커패시터 양단전압, V_{Super}의 최소값을 의미한다.

2.4. 실험 방법

Table 2. Operating conditions of the proposed SCALDO regulator
표 2. 제안된 SCALDO 레귤레이터 구동조건

Conditions	Values
V_{IN}	5V
V_{OUT}	2V
I_{OUT}	100~500mA
V_{LDO_min}	2.1V

Table 3. Specifications of parts for the proposed SCALDO regulator
표 3. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 구성품 사양

Parts	Specifications
LDO	TPS74201 Texas Instruments, Inc
Comparator	LM393AN Motorola, Inc
T-F/F	JK-F/F, 74HC73 NXP Semiconductors
SW1,SW2	P_MOSFET, BSO080P03NS3E_G Infineon Technologies AG
SW3	N_MOSFET, BUK625R0-40C NXP Semiconductors
D	Schottky Rectifier, 20L15TPBF Vishay Semiconductors
C_{Super}	Supercapacitor, 1.5F, 2.5V Cooper Bussmann
C_{LDO}	Electroly Capacitor, 100uF, 50V Samyoung Electronics

본 실험에서는 제안된 SCALDO 레귤레이터의 우수성을 증명하기 위해 구동 시의 효율을 측정하여 기존의 SCALDO 레귤레이터와 비교하였다. 이때, 기존의 SCALDO 레귤레이터의 효율은 스위치제어 소비전력을 포함한 회로 전체의 효율을 기 연구된 문헌의 내용을 바탕으로 계산하였고(표 1참조), 제안된 SCALDO 레귤레이터의 효율은 스위치제어 소비전력을 포함한 회로 전체의 입/출력 전압 및 전류를 측정하여 산출한 값이다[8].

또한, 제안된 SCALDO 레귤레이터 제어 시 비교기와 T-F/F으로 구성된 하드웨어제어를 적용함으로써 기존 SCALDO 레귤레이터의 제어에 사용된 MCU를 이용한 펌웨어제어가 하드웨어제어로 대체될 수 있음을 확인하였다.

실험은 5V to 2V의 입출력 조건 하에서 출력전류를 100mA에서 500mA까지 변경하며 진행하였으며, 회로의 구동조건 및 적용된 소자의 사양은 각각 표 2, 표 3과 같다.

2.5. 실험 결과

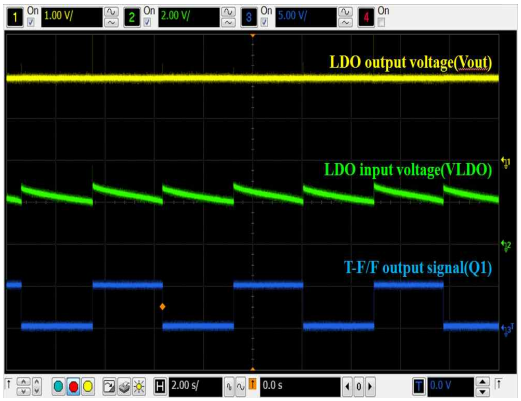

Fig. 5. Major Waveforms of the proposed SCALDO regulator (5V to 2V, I_{out}=200mA)
그림 5. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 주요 파형 (5V to 2V, I_{out}=200mA)

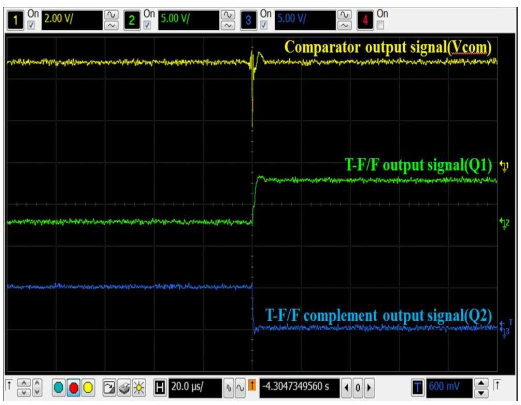

Fig. 6. Control signals of the proposed SCALDO regulator (5V to 2V, I_{out}=200mA)
그림 6. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 제어신호 (5V to 2V, I_{out}=200mA)

그림 5는 제안된 SCALDO 레귤레이터회로의 출력전압(V_{out}), LDO 입력전압(V_{LDO}), T-F/F의 출력(Q1)을 측정한 파형이며, 그림 6은 비교기 출력(V_{com})과 T-F/F의 출력(Q1, Q2)을 측정한 파형이다.

그림 5와 그림 6의 파형으로부터 제안된 SCALDO 레귤레이터 내의 V_{LDO}값이 일정한 값(V_{LDO_min})까지 낮아지면, V_{com}에 하강에지가 발생하고 Q1과 Q2의 상태가 반전됨을 확인할 수 있다. 그리고 반전된 Q1과 Q2로 인해 회로가 충전/방전 모드를 반복하며 안정적으로 동작됨을 알 수 있다. 따라서, 비교기와 T-F/F을 이용한 하드웨어제어가 기존의 MCU를 이용한 펌웨어제어를 대체하여 SCALDO 레귤레이터를 안정적으로 제어할 수 있음을 알 수 있다.

또한, 그림 5의 파형으로부터 제안된 SCALDO 레귤레이터가 매우 안정적인 전압을 출력할 수 있으며, mHz(밀리헤르츠) 단위의 낮은 주파수에서 동작되어 EMI특성이 굉장히 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 제안된 SCALDO 레귤레이터와 기존 SCALDO 레귤레이터의 효율을 나타내는 그래프로 효율은 출력전류가 100 ~ 500mA일 때의 값을 나타내고 있다. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 효율은 식 (4)를 통해 계산되었고, 그를 위한 변수 값(입/출력 전압 및 전류 값) 및 효율의 정확한 값은 표 4와 같다. 그리고 기존 SCALDO 레귤레이터의 효율 및 주요 측정값의 정확한 값은 표 1에서 확인할 수 있다.

그림 7에서 확인할 수 있듯이 제안된 SCALDO 레귤레이터의 효율은 출력전류가 100 ~ 500mA일 때 68.0 ~ 76.1%이며, 이는 58.5 ~ 71.4%인 기존 SCALDO 레귤레이터의 효율에 비해 4.7 ~ 9.5%만큼 높은 값이다. 특히, 출력전류가 낮은 조건(출력전류 =100mA)에서 효율이 상당히 많이(9.5% 상승) 개선되었다는 것을 알 수 있다.

Table 4. An efficiency of the proposed SCALDO regulator and major data

표 4. 제안된 SCALDO 레귤레이터의 효율 및 주요 측정 데이터

I_{out} (mA)	V_{out} (V)	I_{in_avg} (mA)	V_{in} (V)	Efficiency (%)
106.4	1.99	62.9	4.97	68.0
202.2	1.99	112.6	4.97	71.9
301.3	2.00	163.8	4.97	74.0
403.1	1.99	214.1	4.96	75.5
500.0	1.99	263.6	4.96	76.1

$$Efficiency(\%) = \frac{V_{out} I_{out}}{V_{in} I_{in_avg}} \times 100 \quad (4)$$

위 식 (4)의 V_{in}, I_{in_avg}, V_{out}, I_{out}은 각각 제안된 SCALDO 레귤레이터의 입력전압, 입력전류 평균값, 출력전압, 출력전류를 의미한다.

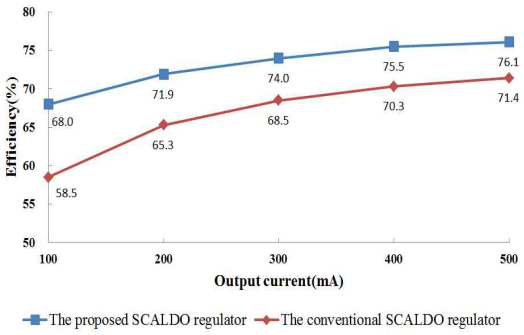

Fig. 7. Efficiency of the proposed SCALDO regulator and the conventional SCALDO regulator

그림 7. 제안된 SCALDO 레귤레이터와 기존 SCALDO 레귤레이터의 효율

III 결론

본 논문에서는 기존 SCALDO 레귤레이터의 효율을 향상시키기기 위해 SCALDO 레귤레이터의 스위치제어 소비전력을 최소화한 새로운 SCALDO 레귤레이터를 제안하였다.

기존 SCALDO 레귤레이터의 경우 MOSFET를 제어용 스위치로 사용할 때 슈퍼커패시터에 저장된 에너지가 GND로 방전되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 스위치 소자로 구동 시 소비전력이 큰 광 릴레이를 이용하여 스위치제어 소비전력이 상당히 크며 이는 회로 전체의 효율을 낮추는 주요한 원인이 된다.

반면, 제안된 SCALDO 레귤레이터는 기존 SCALDO 레귤레이터의 문제점을 극복하고 MOSFET를 스위치로 적용함으로써 스위치제어 소비전력을 최소화하였으며, 회로의 효율을 기존 SCALDO 레귤레이터 대비 4.7 ~ 9.5%만큼 향상 시켰다. 또한, 기존 SCALDO 레귤레이터의 MCU를 이용한 펌웨어제어 방식을 비교기와 T-F/F을 이용한 하드웨어제어방식으로 대체하고, 실험을 통해 회로가 원활히 동작됨을 확인함으로써 SCALDO 레귤레이터의 제작과정을 단순화 하였다.

따라서, 본 논문에서 제안된 SCALDO 레귤레이터는 기존 SCALDO 레귤레이터보다 효율적으로 전력변환을 수행할 수 있으며 제작과정을 단순화할 수 있어, 전원회로로서 다양한 전자기기에 보다 효율적으로 적용될 수 있을 것이라고 판단된다.

References

[1] Huei-Sheng Jhuang, Jia-Hui Wang, Zi-Yu Zeng and Chien-Hung Tsai, "A Low Dropout Linear Regulator with High Power Supply Rejection", IEEE ISIC 2009 12th, pp. 41-44, Dec, 2009.

[2] Yi-Ting Lee, Chia-Ling Wei and Chin-Hong Chen, "An Integrated Step-Down DC-DC Converter with Low Output Voltage Ripple", IEEE ICIEA 2010 5th, pp. 1373-1378, June, 2010.

[3] Z.-H.Shen and H.Min, "Combination method of DC-DC converter and LDO to improve efficiency and load regulation", IET Electronics Letters, Vol 47, No 10, pp. 615-617, May, 2011.

[4] TI Application Report, "AN-556 Introduction to Power Supplies", Texas Instruments Incorporated, May, 2004.

[5] S.M.M.Mirtalaei, S.H.H.Sadeghi and R.Moini, "Radiated Emission Determination from Near Field Measurements for EMI Evaluation of Switch Mode Power Supplies Components by Method of Moments", IEEE PEDSTC 2013 4th, pp. 421-425, Feb, 2013.

[6] Nihal Kularatna and Jayathu Fernando, "A Supercapacitor Technique for Efficiency Improvement in Linear Regulators", IEEE IECON 2009 35th, pp. 132-135, Nov, 2009.

[7] Kosala Kankanamge and Nihal Kularatna, "Improving the End-to-End Efficiency of DC-DC Converters Based on a Supercapacitor-Assisted Low-Dropout Regulator Technique", IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol 61, No 1, pp. 223-230, Jan, 2014.

[8] Kalpani Kosala Gunawardane, "Analysis on Supercapacitor Assisted Low Dropout (SCALDO) Regulators", PhD Thesis of University of Waikato, 2014.

[9] International Rectifier, "Series PVN012PbF Microelectronic Power IC HEXFET Power MOSFET Photovoltaic Relay", PVN012PBF datasheet of International Rectifier, Feb, 2008.

BIOGRAPHY

O-Soon Kwon (Member)

2010 : BS degree in Electronic Engineering, Yeungnam University.
2012 : MS degree in Electronic Engineering, Yeungnam University.
2013~Current : Research Engineer PGM System Lab, LIG Nex1 Co., Ltd.

Joon-Bae Son (Member)

2010 : BS degree in Electronic Engineering, Donga university
2012 : MS degree in Robotics, Busan national university
2012~Current : Research Engineer PGM System Lab, LIG Nex1 Co., Ltd.

Tae-Rim Kim (Member)

2009 : BS degree in Electronic Engineering, Sogang University.
2011 : MS degree in Electrical Engineering, KAIST.
2011~Current : Research Engineer PGM System Lab, LIG Nex1 Co., Ltd.

Jong-Gyu Song (Member)

2011 : BS degree in Electronics & Communication Engineering, Hanyang University.
2013~Current : Research Engineer PGM System Lab, LIG Nex1 Co., Ltd.