

온칩 DC-DC 변환기를 위한 전류 비교 방식의 센서

김형일, 송하선, 김범수, 김대정
국민대학교 전자정보통신대학 전자공학과

A Sensing Scheme Utilizing Current-Mode Comparison for On-Chip DC-DC Converter

Hyungil Kim, Hasun Song, Bumsu Kim, Daejeong Kim
Integrated Circuit Design Laboratory
School of Electrical Engineering, Kookmin University
E-mail : kimdj@kookmin.ac.kr

Abstract

An efficient sensing scheme adoptable in DC-DC converter is described. The output voltage of the whole DC-DC converter is fed back to the input voltage of the sensor. The comparison in the sensor is accomplished by a current push-pull action. With a fixed reference, the comparator can be embodied based on (W/L) ratios. The current-mode scheme benefits the system better than a conventional voltage-mode one in terms of small area, low power consumption.

I. 서론

최근 DC-DC 변환기의 경우, 인덕터와 다이오드를 사용한 전압 조정기로 구성된 형태의 PWM(Pulse Width Modulation) 방식과 스위치 및 캐패시터를 이용한 전하 펌프 방식에 의한 형태로 구분된다. PWM 방식의 경우 인덕터를 칩에 집적하는데 한계가 있으므로, SoC의 형태로 집적하기 위해서 전하 펌프(Charge pump) 동작에 의해 고전압을 만들어주는 DC-DC 변환기에 대한 연구가 이루어지고 있다 [1][2]. 본 논문에서는 전하 펌프방식의 온 칩 DC-DC 변환기에 적용가능하며, 출력전압을 감지하기 위하여 전압 비교기를 사용하지 않고 전류 모드 비교기법을 사용한 새로운 형태의 센서(sensor)를 제안한다.

II. 본론

DC-DC 변환기의 센서는 현재의 출력전압을 감지하고 출력전압의

상태에 따라 목표 출력전압을 유지하도록 시스템을 조절한다[3]. 그림 1은 전압 부스터(booster)의 출력을 감지한 후, 목표전압과의 비교결과를 다시 부스터에 피드백 하여 부스터의 동작을 결정하는 feedback 시스템을 보인 것이다. 제안하는 센서는 DC-DC 변환기의 최종 출력 전압과 bandgap reference에서의 기준 전압을 입력으로 받아 동작한다. 전압 분배기를 거친 출력전압과 기준전압은 해당하는 출력 전류와 기준 전류로 각각 변환된다. 센서의 출력은 출력 전압과 기준 전압의 각각의 정보를 가지고 있는 두 전류를 비교하여 디지털 제어신호(PUMP_EN)를 내보낸다.

III. 구현

제안한 DC-DC 변환기의 센서는 전압 비교기 대신 전류 모드 비교기법을 사용하였다. 그림 3(a)는 전류 모드 비교기를 보인 것이며 그림 3(b)에서는 기준 전류(Iref) 및 출력 전류(Idiv)를 생성하는 개념도이다. Idiv와 Iref를 생성하는 전류 소스의 (W/L) 비를 결정하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 부스터의 출력전압은 전압 분배기(divider)를 거쳐 (1)과 같이 전압분배계수 α 가 곱해진다. 이는 비교기의 최대 입력 전압을 기준 전압과 비슷하게 맞추기 위함이다. 다음으로 bandgap reference의 전압 1.2V를 게이트 입력으로 받는 트랜지스터의 (W/L)ref를 정하여 (2)에서와 같이 Iref를 설정한다. 여기서, Iref의 크기는 센서의 동작시간과 관련되므로, 고속 동작을 원하는 경우에는 전류의 레벨을 올려야 한다. 또한, 부스터 전압을 분배한 Vdiv의 의해 흐르는 전류(Idiv)는 (3)과 같다.

$$V_{div} = \alpha V_{out} \quad (1)$$

$$I_{ref} = \beta \left(\frac{W}{L} \right)_{ref} (V_{ref} - V_T)^2 \quad (2)$$

$$I_{div} = \beta \left(\frac{W}{L} \right)_{div} (V_{div} - V_T)^2 \quad (3)$$

마지막으로 (Vtarget=5V) 일 때, Iref = Idiv 가 되도록 (W/L)div 를 (4) 와 같이 설정한다.

$$\left(\frac{W}{L} \right)_{div} = \left(\frac{W}{L} \right)_{ref} \left(\frac{V_{ref} - V_T}{\alpha V_{target} - V_T} \right)^2 \quad (4)$$

그림 3(a)의 비교기는 Vout > Vtarget 인 경우 Idiv 가 Iref 보다 크므로 PUMP_EN 은 'LOW'가 되어 부스터는 동작을 멈추고, Vout < Vtarget 일 경우 반대가 되어 부스터를 동작 시킨다. 제안하는 전류모드 비교 방식은 고정된 기준전압(1.2V)을 사용하면서도, (W/L) 비에 바탕을 두고 임의의 크기의 목표전압을 정밀하게 설정할 수 있는 융통성을 갖는다. 이러한 전류 비교기법을 사용한 센서는 standby 전류를 소모하지 않고 간단한 형태로 구현되므로 기존의 전압비교기보다 면적과 전력 소모 면에서 많은 이점이 있다. 그림 2 는 설계된 회로의 개략도 이다. 전압분배기는 모두 동일한 사이즈로 구성되며 저항 값이 아닌 저항 비로서 전압을 분배하여 오차를 최소화한다. 전압분배기의 출력은 (W/L) 비가 조절된 게이트의 입력으로 들어가 각각의 전류를 생성하고 비교하여 부스터를 조절하는 디지털 제어신호를 출력한다. 전류를 비교하는 방식으로 전압 비교기를 사용했을 때에 비해 부파적인 회로 없이 구성되어 칩의 면적을 줄일 수 있다. 그림 4 에서는 conventional comparator 과 제안한 전류비교방식의 scheme 의 면적을 비교한 결과이다. 비교결과 50%의 면적이 감소하는 것을 볼 수 있다.

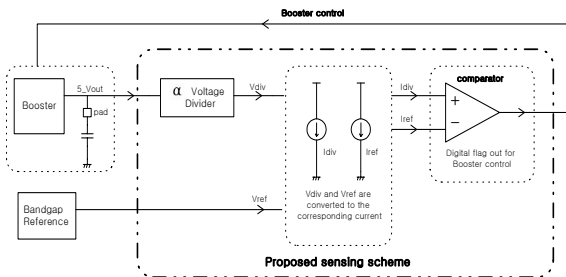


그림 1 Proposed sensing scheme

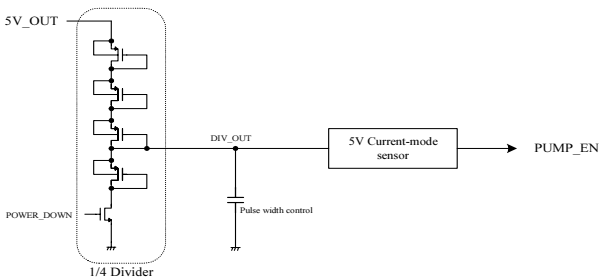


그림 2 Proposed sensor schematic

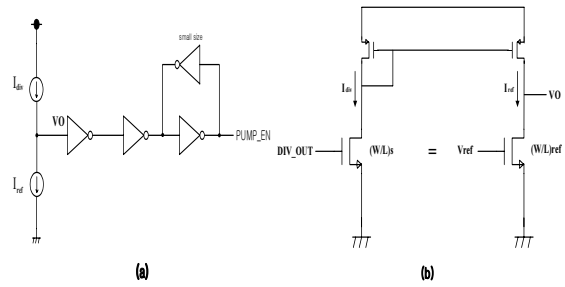


그림 3 (a) 전류비교기 b) (W/L) 비에 의한 전압-전류 변환

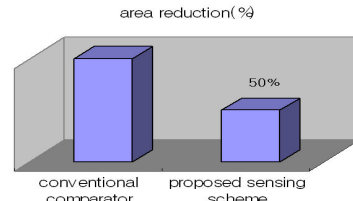


그림 4 Conventional comparator 와 proposed scheme 의 비교

IV. 결론

제안하는 전류 비교 방식의 센서는 DC-DC 변환기의 출력 전압을 일정 비율로 낮추어 감지 전류를 생성하고, 기준 전류와 비교함으로써 입력 전압과 설정된 목표 전압을 효과적으로 비교하였다. 기준전류는 일정한 기준전압을 입력 받아 센서의 동작속도에 맞게 적절히 설정되며, 일정비율로 낮추어진 변환기 출력전압이 가해지는 감지 트랜지스터의 (W/L) 비를 조절함으로써 임의의 크기의 목표 전압을 설정할 수 있었다. 전류 비교방식이므로 전압비교기를 사용했을 때에 비해 부파적인 회로 없이 두 전류를 비교하여 칩의 면적과 소비되는 전력을 줄일 수 있었다. 또한 DC-DC 변환기의 출력이 목표전압에 도달했을 때 발생하는 drifting 에러를 효과적으로 제어하여 전체 동작을 안정시킨다.

Acknowledgement

This work was supported by KOSEF through the grant No. R01-2003-000-11639-0 from the Basic Research Program. The authors would like to thank to CAD tool support from IDEC

참고문헌

- [1] J.S. Brugler, "Theoretical performance of voltage multiplier circuits," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, June 1971.
- [2] L.Malesani, R. Piovani, "Theoretical performance of capacitor-diode voltage multiplier fed by a current source," *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 8, No.2, April 1993.
- [3] Hasun Song, "On-Chip Charge Pump DC-DC Converter using 2X/3X Merged Booster for LCD Drivers", the 13th Korean Conference on Semiconductors, Feb. 2006