

대기모드 전력손실 저감을 위한 Self Wake_Up 버스트모드 제어에 대한 연구

주성용, 강정일
 삼성전자 영상 디스플레이 사업부

A study of self wake_up burst mode control for reducing Power Loss in standby mode

Sungyong Joo and Jeongil Kang
 Visual-Display Business, Samsung Electronics Co., Ltd.

ABSTRACT

전기제품의 대기전력을 0.005W 미만으로 구현 할 수 있는 새로운 스위칭 제어 방법을 본 논문에서 제시하며 최소한의 소비전력을 구현하면서 제품의 기능을 유지 할 수 있는 방안에 대한 결과를 설명한다. 또한 실제 상용화되는 모니터에서의 동작원리를 설명하고 구현된 동작 특성을 바탕으로 제안한 회로의 동작원리 및 대기전력 수준을 검증한다.

1. 서론

대기모드에서도 스위칭 손실은 지속적으로 발생하게 된다. 최근 0.5W 미만의 대기모드 소비 전력에 대한 국가 규정을 만족하기 위해 많은 방법의 고효율 회로가 사용 된다.^{[1][2][3]} 출력 전압에 대한 모니터링 및 피드백 제어에 대한 동작 방법은 대기모드에서도 안정적인 출력 전압을 유지해야 하는 리스크를 가지고 있다. 현재 많이 사용하고 있는 버스트 제어의 경우에도 최소한의 전력손실을 줄이기는 한계가 있다고 판단되어 새로운 방식의 스위칭 방법에 대한 연구를 본 논문에서 제안한다. 대기모드에 진입하는 순간 스위칭 손실을 최소화 하기 위한 버스트 제어는 동작하면서 IC내부의 미세 전류의 충/방전 시간을 이용한 FET On/Off시간 제어 및 출력전압을 모니터링 하는데 소모되는 에너지를 줄일 수 있는 방법을 제시한다. 제안하는 방법은 설정된 시간 동안 스위칭의 일부를 동작을 시키지 않는 Self 타이밍 제어에 대한 방법이 사용된다.^{[4][5]}

2. 제안하는 Wake Up 동작 분석

2.1 대기모드 소비전력 최소화 방안

기존 전원공급장치의 대기전력 개선 시 사용되는 플라이백 회로의 경우 스탠바이 모드에서 전자기기의 기능 유지의 위해 필수적으로 필요한 전력을 공급하며, 그 외 부하와 무관하게 자체적으로 1~2차간 회로의 전력 변환 손실로 대기전력을 추가적으로 낮추는 것은 쉽지 않은 상황이다.^{[6][7]}

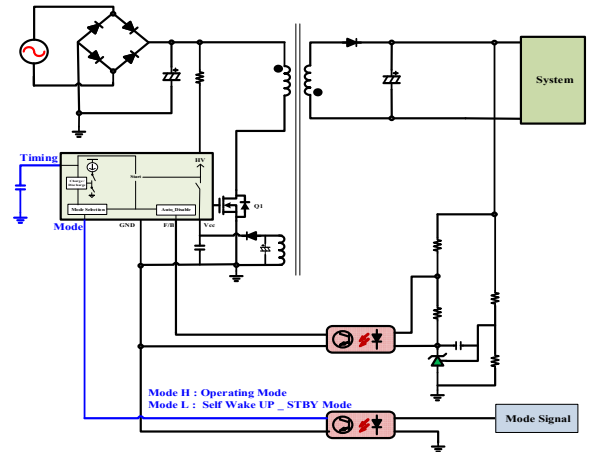


그림 1. 대기모드 전력 최소화 동작을 위한 구동회로

그림1의 대기전력 최소화 구동 회로의 경우 1차 PWM제어 IC 스위칭 동작을 재기동 할 수 있도록 하여 동작하도록 구성하였으며 재기동 타이밍을 설정된 시정수로 설계하여 IC자체적으로 설정된 타이밍에 따라 모드로 동작 할 수 있도록 구성이 가능하다. 또한 AC 입력단 필름 커패시터 또는 전해 커패시터의 누설 전류를 차단하기 위해 릴레이를 사용하게 된다. 설정된 동작 Mode에 따라 시스템은 동작을 하게 되며 Q1 스위칭 개시 이 후 Vcc전압 공급 회로와 피드백 신호부가 활성화 된다.

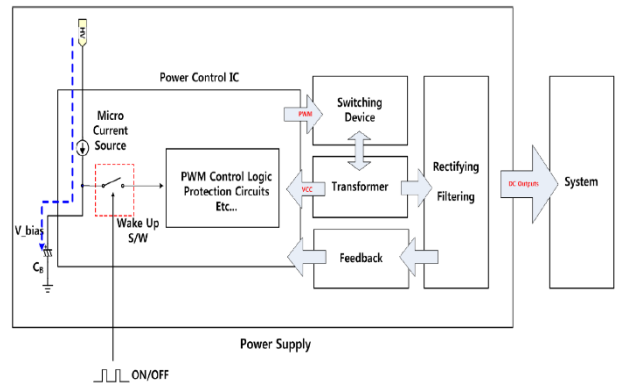


그림 2. 대기모드 전력 최소화 동작을 위한 구동 회로

외부On/Off 신호에 의해 Wake_Up S/W가 동작하며, PWM제어 IC는 Shut Down Mode에서 해제된다. 대기 모드시 소비전력은 IC내부기준 uA수준에 불과하여 전력 최소화 동작을 가능하게 한다.

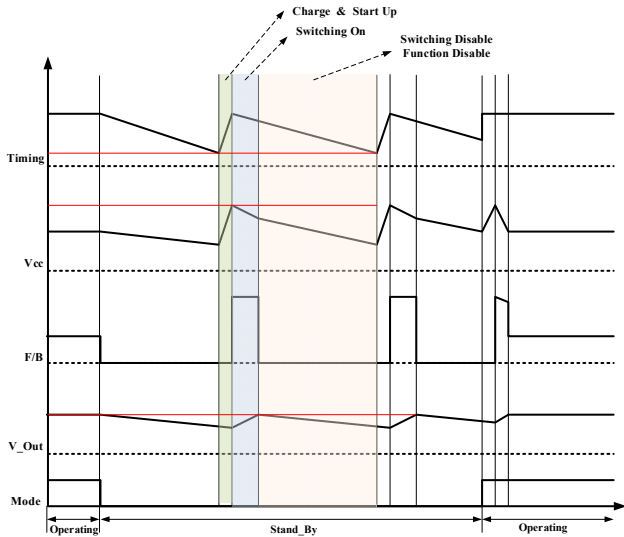


그림 3. 동작모드 기준의 따른 타이밍 차트

그림3은 Mode에 따른 동작은 아래와 같이 구분 동작 설명되며 스위칭 구간에 따른 제어 F/B동작이 파워 손실 절감을 위한 기준으로 구분 동작 된다.

- 1) Charge & start Up 구간
: Charge Time을 설정 (Timing cap충전)
: Vcc Start Up Voltage 상승 구간
- 2) Switching 구간
: Feedback이 목적 전압까지 상승되어 Drop되는 시점까지 동작 (Soft start 구간 포함)
- 3) Switching Disable구간
: Disable구간은 타이밍 설정 Cap에 충전된 전압의 방전 시간에 의해 결정되며 피드백을 포함한 나머지 Block은 disable된다.

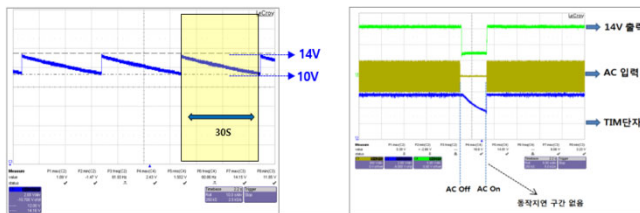


그림 4. 대기모드에서의 자동 기동 동작과정 및 AC_Det 동작

그림4와 같이 제안된 대기 모드에서의 버스트 모드 off구간은 30초로 설정되었으며 이후 자동 기동 하도록 설정이 되어 있으며 누적 적산 전력은 1시간 0.005W 미만으로 달성이 가능하다. 그리고 버스트 모드 Off 구간 이내에서도 AC가 On/Off되는 경우 설정된 시간과 상관없이 바로 기동하여 동작할 수 있도록 AC_Det

기능이 활성화 되어 있다.

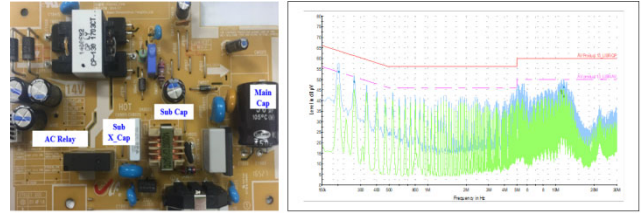


그림 4. 저전력 Mode동작 구현 파워보드와 Conduction 측정결과

3. 실험 결과

그림4는 실제 모니터에서 적용된 대기모드에서의 적산 전력을 나타내며 TÜV Rheinland의 인증 평가 결과 IEC62301기준 0.005W 미만으로 측정되며 이는 현재 대기전력 규제기준 0.5W대비 1/100수준으로 절감이 되는 수준이다.

(IEC62301 : Household electrical appliance - Standby)

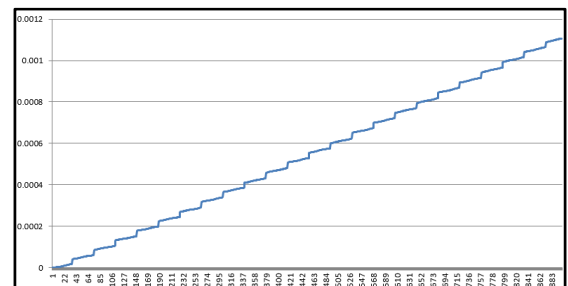


그림 5. 15분 동안의 대기모드 누적 적산 전력

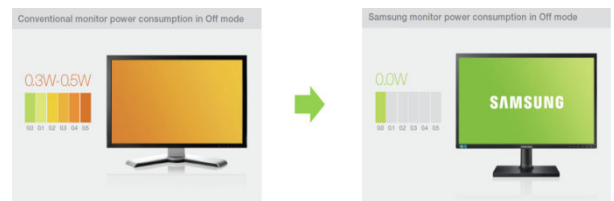


그림6. 0.00Watt TÜV 인증 모니터

그림6의 대기모드 에너지 절감 모니터 사용시 예상되는 CO₂저감 효과는 아래와 같다.

구분	효과
전력저감 (W)	0.27
1년 전력감소 (kW)	1.97
1년 CO ₂ 저감 (kg)	0.98
모니터 수 (대)	201,604
총 저감 CO ₂ 량 (kgCO ₂)	197,572
등가 소나무 (그루)	29,935

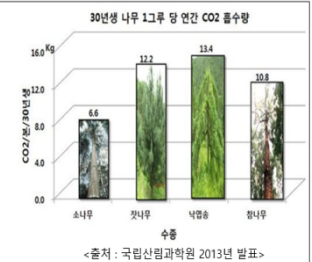


그림 7. 제품사용 과정의 CO₂배출량 저감효과

대기모드 절감 기술이 적용된 모니터 사용시 기존대비 0.27W 수준의 소비전력 감소 효과가 있으며, 1년간 저감 되는 CO₂ 발생을 계산하면 0.98kgCO₂이다. 관련 모니터 수량이 207,879대로 계산하면 한 해 동안 저감된CO₂량은 30년생 소나무 약 30만 그루가 1년간

흡수하는 수준과 유사한 수치이다.

Switched-Mode Power Supplies”, Fairchild Semiconductor, 2012.

4. 결 론

전자 전기 기술발전과 함께 전자제품의 소비량이 늘어나고 가구당 소유하는 전자제품의 종류도 많아 졌다. 전자제품 Off Mode 상태의 대기전력은 아무런 효율가치가 없는 전력량이기 때문에 지속적인 관심과 견제의 대상이 되었다. 그리고 최근에는 많은 국가에서 강제적인 대기전력 규제를 시행하고 있다. 미국 ENERGY STAR, 유럽의 ErP규제, 국내 대기전력 저감 프로그램 등 각종 에너지 규제에서는 대기전력을 0.5W를 강제하고 있고, 대부분의 전자 업체에서는 0.3W~0.5W 정도의 대기전력 수준을 가진다. 제안하는 논문은 새로운 방식의 회로를 구현하여 0.005W 미만의 대기전력을 소모하는 모니터를 구현하였으며 기존의 입력AC를 단속하는 Relay를 사용하지 않는 새로운 방식이므로 출력전압이 생성된 상태에서의 절전 모드 유지가 가능하여 제품의 대기모드 기능 수행이 가능하다.

[7] H. S. Choi and D. Y. Huh, “Techniques to Minimize Power Consumption of SMPS in Standby Mode,” in Power Electronics Specialists Conference (PESC), 2005 IEEE 36th, pp. 2817-2822, 2005.

참고문헌

- [1] C. Huang, T. Liang, K. Chen and C. Li, "Primary-side feedback control IC design for flyback converter with energy saving burst mode," 2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), San Antonio, TX, 2018 ,pp.2054-2061
- [2] H. D. Hsu, T. J. Liang, B. D. Liu, and K. H. Chen, "Design of a Green Mode PWM Control IC," in Circuits and Systems (APCCAS), 2008 IEEE Asia Pacific Conference on, pp. 1876-1879, 2008. [3] L. Chen, S. Liu, Y. C. Zhou, and T. J. Cui, "AN optimizable circuit structure for high-efficiency wireless power transfer," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 60, no. 1, pp. 339-349, Jan. 2013
- [3] L. Jiana, W. Xiaobo, C. Hai, and Y. Xiaolang, "Design of HighEfficiency Green Mode SMPS Regulator," in Circuits and Systems for Communications (ICCSC), 2008 4th IEEE International Conference on, pp. 564-567, 2008.
- [4] P. Luo, L. Luo, Z. Li, J. Yang, and G. Chen, "Skip Cycle Modulation in Switching DC-DC Converter," in Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions, 2002 IEEE International Conference on, vol. 2, pp. 1716-1719, 2002.
- [5] L. Fuhua, W. Hanxiang, L. Zhenghao, and X. Weiguo, "Design of an Off-Line AC/DC Controller Based on Skip Cycle Modulation," in Integrated Circuits (ISIC), Proceedings of the 2009 12th International Symposium on, pp. 228-231, 2009.
- [6] "Deep Burst Mode Operation with Feedback Impedance Modulation for Reducing Standby Power Consumption of