

특집 : 컨버터제어용 아날로그 IC기술동향

대기전력 저감을 위한 전력용 반도체 기술(1)

최 항 석

(페어차일드코리아반도체 연구원)

1. 서론

일반적으로 대기 전력은 전자기기가 사용되지 않는 동안에 사용자가 의식하지 않는 사이에 소모되는 전기 에너지를 말한다. 대기 전력에 대한 이해를 좀더 쉽게 하기 위해 이 논문에서는 편의상 “사용되지 않는 동안” 이라는 말의 정의를 다음과 같이 정리해 보았다.

1.1 OFF 모드

전원 스위치에 의해 전원 장치가 꺼져 있는 상태로 정의된다. 그림 1은 간략화된 전원부의 회로를 보여주고 있다. 제작사에 따라 다른 기호를 사용하여 표시하기도 하지만 일반적으로 전자 제품의 전원 스위치는 그림에서 보는 바와 같이 크게

AC switch 와 DC switch (Standby switch)로 구분된다. 그림에서 보는 것과 같이 원안에 직선이 완전히 들어가 있는 기호로 표시되는 AC switch 는 보통 입력단의 AC 전원부에 직접 연결되어 이 스위치를 끄게 되면 전원 플러그를 뽑는 것과 동일한 효과를 얻을 수 있다. 반면에 직선이 원 밖으로 반 정도 나온 기호로 표시되는 DC switch 는 일반적으로 PWM 제어기의 Vcc 전압을 (supply voltage) 강제로 영으로 끌어 내려 전원장치가 아무런 동작을 하지 않게 한다.

보통 AC switch 는 DC 스위치에 비해 상대적으로 가격이 비싸기 때문에 대부분의 전자회사들이 전원 스위치로 DC 스위치를 많이 사용하고 있다. 흔히 전자 제품의 전원 스위치를 끄는 경우에도 일정한 양의 전력 소모가 있다고 하는데 이것은 바로 DC 스위치의 사용에 기인한다. 실제로 필자가 사용

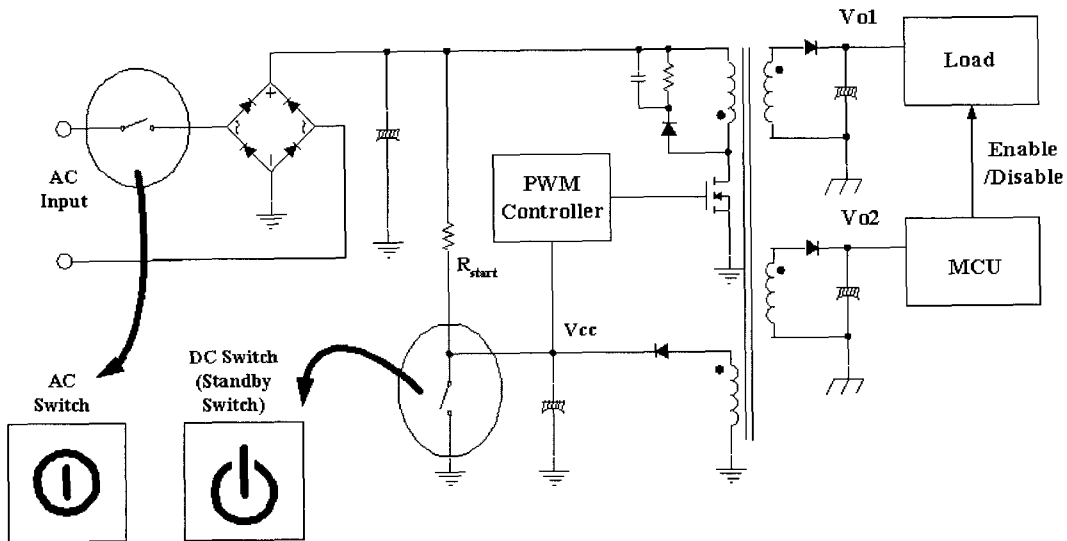


그림 1 일반적인 전원장치 회로도

하고 있는 모니터의 경우에도 화면 하단부에 그림 1에 나타나 있는 DC switch (standby switch) 가 있고 이 스위치를 사용해서 모니터를 끈 경우에도 power meter 로 측정해보면 0.6W 정도의 전력 소모가 있는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 기동저항 (Rst) 에서의 손실 및 입력부 라인 필터에 사용된 캐패시터의 방전저항 손실등에 기인한다.

1.2 대기 모드(Standby mode)

대기모드는 전자 기기가 최소의 에너지를 소모하면서 외부의 재기동 신호를(wake-up signal) 기다리고 있는 상태로 정의된다. 이러한 재기동 신호는 TV 나 오디오에서와 같이 리모트 컨트롤러에서 전달되는 턴 온 신호 일수도 있고, 개인용 컴퓨터와 같이 키보드나 마우스 입력 신호일 수도 있다. 최근에 많은 사용자들이 언제든지 사용 가능하거나 원격 제어에 의해 기동될 수 있는 전자 제품들을 원하게 되면서 이러한 대기 모드가 여러 전자 제품에 널리 적용되고 있다. 대기 모드에 있는 전자 장치들은 항상 켜져 있으며 따라서 마이크와 주변회로의 동작을 위한 일정한 양의 에너지를 늘 소모하고 있다.

최근 가정내에 이러한 대기모드를 가지는 전자장비의 수가 늘어남에 따라 대기모드에 소모되는 에너지에 대한 세계적인 관심이 증대되고 있다. 최근 발표된 미국 Lawrence Berkley 국립 연구소의 보고서에 따르면 (표 1 참조) 이러한 대기모드에 사용되는 에너지는 선진국의 경우 전체 가정용 전력 사용의 10% 에 이르는 것으로 나타나 있다. 이것은 심각한 이산화탄소의 배출 및 환경 파괴로 이어질 수 있다. 이처럼 심각한 대기전력 문제해결을 위해 국제 에너지 기구는 2010년까지 모든 전자 제품의 대기전력을 1와트 이하로 줄이도록 세계 각국에 권고 하였다. 이러한 대기전력을 줄이기 위한 노력의 일환으로 미국의 경우 부시 대통령이 지난 2001년 대통령령인 "1W령" 을 선포하였고 이에 따라 앞으로 미국 정부에 납

표 1 가정내 대기전력 소모

국가	가정 내 대기전력 평균 (Wavg)	가정 내 전체 소모 전력 중 대기전력이 차지하는 비중
Australia	60	13%
France	38	7%
Germany	44	10%
Japan	60	12%
Netherlands	37	10%
New Zealand	100	11%
USA	50	5%

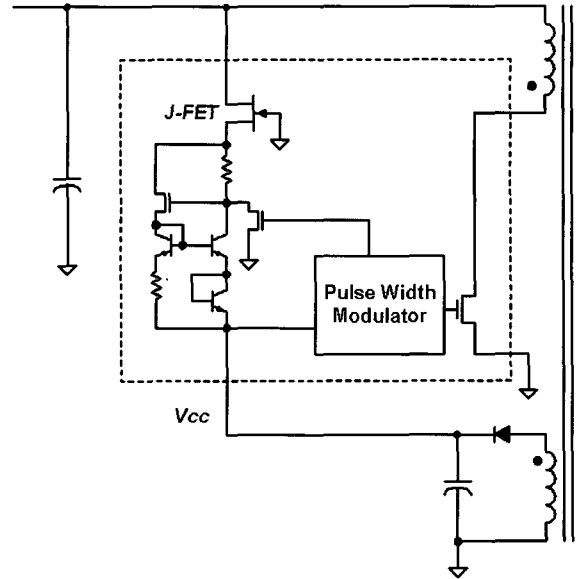


그림 2 기동 회로

품하기를 원하는 모든 전자업체들은 제품의 대기 전력을 에너지부에 신고하여야 하며, 대기 전력이 1W를 초과하면 정부 조달품목에서 제외되도록 하였다. 우리나라에서도 최근 "에너지 절약마크" 표시제도를 실시하여 많은 에너지 절약 효과를 거두고 있다.

2. 상용화 되어있는 대기전력 저감기술

대기 전력은 전자기기가 대기 모드에 있을 때 전원 장치의 입력에서 측정된 입력 전력으로, 전원 회로에서의 손실로 인해 실제 부하에서 사용되는 출력 전력보다는 항상 크다. 일반적으로 경부하시 입력전력에서 이러한 손실이 차지하는 비중이 커지면서 대부분의 경우 컨버터의 전력변환 효율은 50%를 넘지 못한다. 따라서 대기전력을 최소화 하기 위해서는 경부하시 손실을 최소화 하여 컨버터의 효율을 극대화 하는 것이 필요하다.

최근 대기전력 저감에 대한 요구가 증가됨에 따라 많은 반도체 회사들이 대기 전력을 최소화할 수 있는 기능을 포함한 PWM 제어용 IC 또는 PWM IC 와 MOSFET 가 일체형으로 된 Power Switch 들을 많이 출시하고 있다. 현재 시장에 출시되어 있는 제품들에 주로 사용되고 있는 대기전력 저감 기술들은 다음과 같다.

2.1 기동회로

그림 1에서 볼 수 있는 것처럼 일반적으로 SMPS (switched mode power supply)가 스위칭 동작을 하기 전에

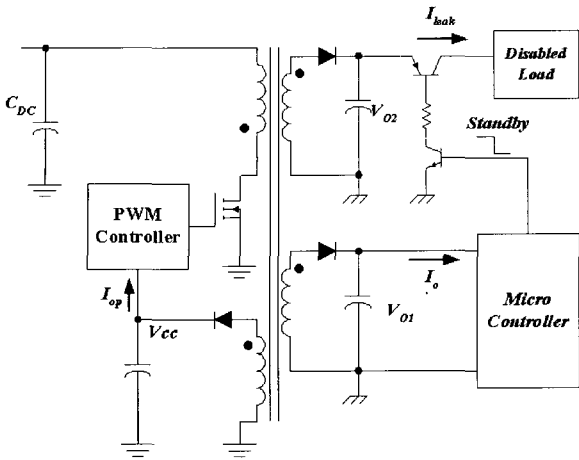


그림 3 출력전압 분리

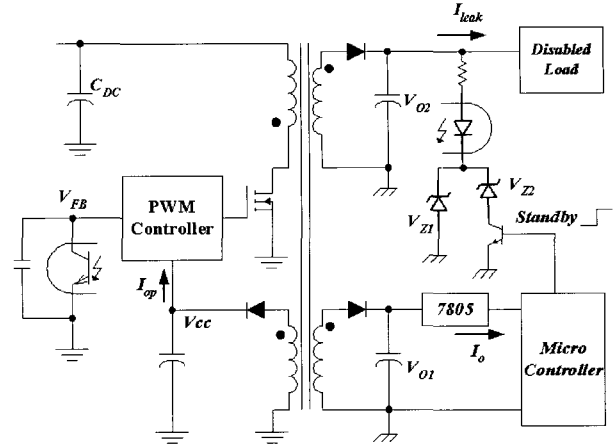


그림 4. 출력전압 감소

PWM 제어 IC의 공급 전원의 초기 충전을 위해 기동저항을 사용하게 된다. 이러한 기동 저항은 늘 DC link 단과 Vcc 단 사이에 연결되어 0.2-0.4W 정도의 전력을 소모하게 된다. 이러한 기동 저항에서의 전력 손실을 제거하기 위해 최근 그림 2에서 볼 수 있는 것과 같은 기동 회로를 PWM IC 내부에 내장하고 있는 제품들이 많이 출시되고 있다. 이러한 기동 회로는 초기 기동시 정전류 원으로 동작하여 Vcc 캐패시터를 충전하여 IC 동작에 필요한 전원을 공급하게 된다. 일단 IC가 스위칭 동작을 시작하여 보조 권선을 통해 안정적인 Vcc 전압이 공급되기 시작하면 이 기동회로는 DC link로 부터 끊어지게 되어 정상 동작시에는 기동회로에서의 전력 손실은 없게 된다.

2.2 스위칭 주파수 감소

스위칭 주파수 감소는 스위칭 소자에의 스위칭 손실 및 변압기에서의 히스테리시스 손실을 줄여 경부하에서의 효율을 높이기 위해 널리 사용되는 방법이다. 일반적으로 스위칭 주파수를 감소시키는 방법이 효과를 보기 위해서는 주파수를 가칭 주파수 대역까지 줄여야 하는데 이 방법은 종종 가칭 노이즈를 만들어 내기도 한다. 이러한 가칭 노이즈를 줄이기 위해서는 스위칭 전류의 침투치를 낮게 유지하는 것이 필요하다. 그러나 스위칭 전류의 침투치를 낮추게 되면 스위칭 횟수가 많아져서 손실이 증가하므로 스위칭 전류의 침투치와 스위칭 주파수는 서로 trade-off에 의해 결정되어야 한다.

2.3 출력부 분리

높은 전압의 출력이 있는 경우 대기모드 상태에서도 부하단의 누설전류 등으로 인해 늘 일정량의 전력을 소모하는 경우가 있다. 특히 CRT monitor 나 TV 와 같이 100V 정도의 높

은 출력전압을 가지는 전원의 경우 이러한 누설 전류로 인한 손실은 대기모드시 MCU가 소모하는 전력 이상이 될 정도로 큰 경우도 있다. 이러한 누설 전류로 인해 생기는 손실을 최소화하기 위해 그림 3에 나타난 것과 같이 출력단에 스위치를 사용하여 누설 전류가 심한 부하를 대기 모드시에 출력단으로부터 분리하는 방법이 사용된다. 그러나 이러한 방법은 누설 전류로 인한 손실을 완전히 제거할 수 있는 장점이 있지만 추가 부품의 추가로 인한 가격 상승과 효율 저하 등의 단점도 있다.

2.4 출력전압 감소

위에서 언급된 누설전류에 의한 손실을 줄이기 위한 또 하나의 방법으로 그림 4에서 보는 것과 같이 대기 모드에서 제어되는 출력 전압을 정상 모드의 절반 이하로 감소시키는 방법이 있다. 이러한 출력전압 감소 방법은 linear regulator를 사용하여 MCU의 전원을 공급하는 경우 흔히 사용된다. 출력 전압의 감소 범위는 linear regulator의 정상 동작을 보장하는 최저 전압에 의해 제한된다.

2.5 보조 전원

200W 이상의 대전력 시스템의 경우, 사용되는 MOSFET의 큰 출력 캐패시턴스 (Coss)에 의한 스위칭 손실이 크기 때문에 대기모드에서 스위칭 주파수를 감소시켜 대기전력을 줄이는 방법에는 한계가 있다. 이러한 경우에는 MCU의 전원만을 공급하기 위한 5-10W 급의 별도의 작은 보조 전원 공급장치를 사용하고 대기 모드시 주 전원부는 완전히 동작을 중단시키는 것이 더 효율적일 수 있다. 최근에는 PWM 제어기와 MOSFET이 하나의 IC로 집적된 제품들이 많이 출시되어 이러한 보조 전원을 작고 경제적으로 구현할 수 있게

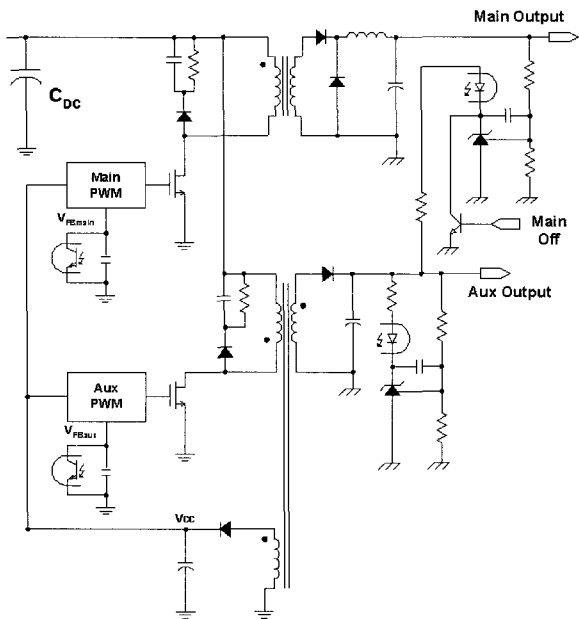


그림 5 보조 전원 방식

표 2 대기전력 저감용 전력용 반도체

(FC: Fairchild, PI: Power Integration, ST: STMicroelectronics, ON: ON Semiconductor)

응용분야	전력용 반도체	대기 전력	대기모드 부하조건
핸드폰 충전기	FSD210, FSDM311 (FC) TNY switch (PI) Viper (ST)	0.1W 이하	무부하
LCD Monitor	FSDM0565R (FC) TOP switch (PI) NCP1200 (ON)	1W 이하	5V/50mA
CRT Monitor	FS8S0765RC (FC)	1W 이하	5V/40mA
CRT TV	FSCQ0765RT (FC)	1-2W 이하	5V/40mA

되었다. 200W 이상을 소모하는 projection TV 나 PDP/LCD TV 의 경우 대부분 이러한 보조 전원을 사용하여 1W 이하의 대기전력을 구현하고 있다.

3. 상용화 되어있는 대기 전력 저감용 전력용 반도체

표 2에는 각 응용 분야별로 많이 사용되는 대기전력 저감용 전력용 반도체과 그 대기전력 수준을 보여주고 있다. 핸드폰 배터리 충전기의 경우 대기전력은 0.1W 이하를 만족하는 제

품들이 이미 시장에서 널리 상용화되어 있으며 LCD모니터의 경우 1W 이하를 쉽게 만족시키는 제품들이 많이 있다.

4. 결론

최근 전자제품의 대기전력으로 소모되는 에너지에 대한 세계적인 관심이 증대됨에 따라 대기전력 저감에 대한 많은 연구와 노력들이 이루어지고 있다. 논 논문에서 살펴본 바와 같이 전력용 반도체 기술의 발전에 힘입어 쉽게 대기전력 1W 이하를 만족시킬 수 있는 많은 전력용 반도체들이 출시되어 이미 상용화되어 있다.

미래에는 환경 보호 및 에너지 절약에 대한 요구에 증가됨에 따라 더욱 낮은 대기 전력을 요구하게 될 것으로 보인다. 이를 위해 앞으로 대기전력 저감에 대한 노력은 경부하지 전원단의 효율 극대화 뿐만 아니라 대기 모드시 부하에서 소모하는 전력을 최소화하기 위한 부하측의 회로 최적 설계가 병행되어 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] J.P. Ross and Alan Meier, "Whole-House Measurements of Standby Power Consumption," International Conference on Energy Efficiency in Appliances, September, 2000.
- [2] Alan Meier, Wolfgang Huber and Karen Rosen, "Reducing Leaking Electricity to 1 Watt," The 1998 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, August 1998.

< 저 자 소 개 >



최항석

1997년 서울대 전기공학부 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학부 졸업(박사). 2002년~현재 페어차일드코리아반도체 Power Conversion Team 연구원.