

# Flyback 컨버터 ON/OFF 제어를 위한 상용 IC의 PSPICE 모델링 기법

박소영, 김병석, 이윤민, 노정욱  
국민대학교 전자공학과

## PSPICE Modeling of Commercial IC for On/Off Controlled Flyback converter.

So Young Park, Byeong Seok Kim, Yoon Min Lee, Chung Wook Roh  
Dept. of Electronics Engineering, Kookmin Univ.

### ABSTRACT

TNY280PN IC의 모델링은 Flyback 컨버터 제어의 실제적인 시뮬레이션을 위해 필요하다. 본 논문은 PSPICE를 사용한 TNY280PN IC의 모델링 기법을 제안한다. TNY280PN IC의 스위칭 동작 온, 오프 제어와 Line Under Voltage 감지 기능을 하는 EN/UV (Enable/Under Voltage) 및 회로의 비정상적인 동작을 감지해 회로를 보호하기 위한 Auto restart 블록의 모델링 기법을 제안한다.

기준 출력전압 레벨을 초과 할 경우 포토커플러의 다이오드 전류와 콜렉터 전류가 증가하게 되므로 EN/UV 핀에서 나오는 전류는 상승한다. 따라서 일종의 히스테리시스 제어 방식으로 EN/UV 핀에서 나오는 전류가 115uA 이상 시 스위칭 동작을 정지하고 60uA 미만이 되었을 때 스위칭 동작을 재개하여 부하변동에도 컨버터가 일정한 기준 출력전압을 갖도록 한다. 그림2는 EN/UV의 스위칭 동작 온, 오프 제어기능을 모델링한 PSPICE 회로이다. SR 래치를 구현하여 히스테리시스 제어 방식으로 스위칭 동작 온, 오프를 제어하였다.

### 1. 서론

PSPICE는 회로토폴로지 및 소자 특성을 검증하는데 적절하여 회로 개발 과정에서 문제 발생 시 시뮬레이션을 통한 문제 해결이 가능하므로 전기 및 전자회로의 설계 시뮬레이션 프로그램으로 널리 사용된다. 그러나 PSPICE의 빈약한 IC 모델로 인한 시뮬레이션의 부정확성이 문제점으로 지적될 수 있다.

본 논문은 Flyback 컨버터의 실제적인 시뮬레이션을 위해 PI사의 TNY280PN IC를 PSPICE 모델로 구현하였다. TNY280PN의 주요 기능 중 스위칭 동작 온, 오프 제어와 Line Under Voltage 감지 기능을 하는 EN/UV, 컨버터 출력 측의 과부하 및 단락과 같은 회로의 비정상적인 동작을 감지해 회로를 보호하기 위한 Auto restart의 모델링 기법을 제안하고 Flyback 컨버터에 TNY280PN PSPICE 모델을 적용하여 모델링의 타당성을 검증하였다.<sup>[1]</sup>

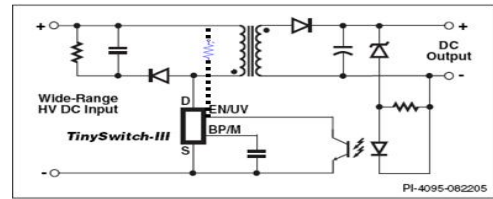


그림 1 TNY280PN의 일반적인 응용 회로도

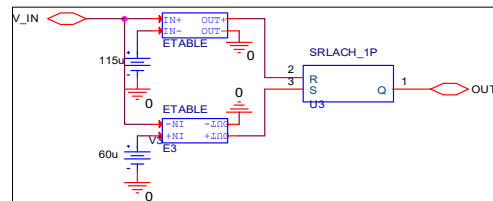


그림 2 EN/UV 히스테리시스 스위칭 동작 온, 오프 제어기능 모델링 회로

### 2. TNY280PN 모델링

#### 2.1 ENABLE/UNDER-VOLTAGE (EN/UV) 모델링

EN/UV 핀은 스위칭 동작 온, 오프를 제어하는 기능 및 EN/UV 핀과 Line전압 사이에 외부 저항을 삽입하여 Line Under Voltage를 감지하는 두 가지 기능을 한다.

##### 2.1.1 EN/UV Enable(스위칭 동작 온, 오프제어) 모델링

그림1은 TNY280PN의 일반적인 Flyback 컨버터 응용 회로도이다. TNY280PN의 4개의 핀 중 EN/UV 핀은 포토커플러에 의해 구동되며 포토커플러는 컨버터의 DC 출력 전압을 통해 제너다이오드와 직렬로 연결되어 있다. EN/UV 핀의 기능은 스위칭 동작의 여부를 결정하는 것이다. 컨버터의 출력전압이

#### 2.1.2 EN/UV UV (Line Under-voltage 감지) 모델링

EN/UV 핀과 Line전압 사이에 외부 저항을 삽입하여 Line Under Voltage를 감지 할 수 있다. 외부 저항 삽입으로 EN/UV핀 단자로 유입되는 전류가 발생하고 유입 전류가 25uA 이상 시 스위칭 동작을 개시한다. 유입 전류가 25uA 미만 시에는 BP/M 핀 전압은 4.9V로 유지되고 정상상태의 경우 5.85V로 유지된다. 또한, 외부 저항이 없으면 EN/UV 핀에는 유입 전류가 없으므로 Line Under Voltage기능은 비활성화 된다. 외부 저항은 EN/UV 핀 유입전류가 25uA 이상 시 스위칭 동작을 개시하도록 설계하였다. EN/UV핀 단자 전압은 약1.2V로 유지되므로 외부 저항 설계 식은 식(1)과 같다.

$$R = \frac{V_{IN} - 1.2}{25\mu A} \quad (1)$$

그림3은 EN/UV Line Under Voltage 감지기능을 모델링한 PSPICE회로이다. PSPICE의 EVALUE 소자를 사용하여 EN/UV핀 유입전류가 25uA 미만 시 BP/M핀 단자 전압을 4.9V로 유지하고 25uA 이상 시에는 BP/M핀 단자 전압을 5.85V로 유지하면서 스위칭 동작을 개시하도록 모델링하였다.

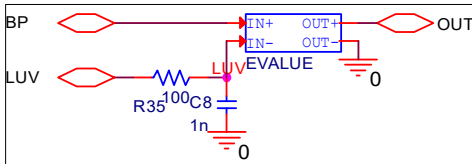


그림 3 EN/UV Line Under-Voltage 기능 모델링회로

## 2.2 Auto-restart 모델링

Auto restart는 컨버터 출력 측의 과부하 및 단락과 같은 회로의 비정상적인 동작을 감지해 회로를 보호하기 위한 기능이다. 정상 동작 시 내부 카운터는 리셋되어 스위칭 동작이 활성화되지만 회로의 비정상적인 동작으로 인해 64ms동안 EN/UV 핀 단자에서 IC외부로 전류가 흐르지 않으면 스위칭 동작을 2.5초간 정지한다.

그림4는 Auto restart 기능을 모델링한 PSPICE회로이다. Auto restart 기능을 모델링 하기위해 VC\_SWITCH소자와 캐패시터를 사용하여 카운터를 구현하였다. 카운팅 시간을 고려하여 RC시정수를 선정하고 캐패시터가 원하는 카운팅 시간 동안 완충된 후 방전되어 카운터가 리셋 되도록 설계하였다.

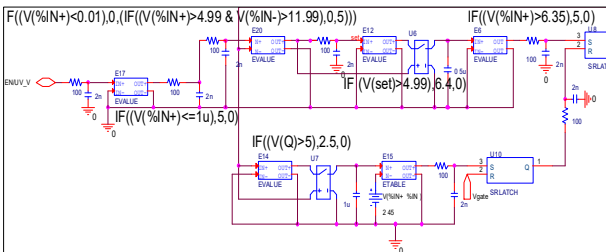


그림 4 Auto-restart 기능 모델링 회로

## 3. TNY280PN PSPICE모델 시뮬레이션

TNY280PN의 모든 기능을 모델링하고 Flyback컨버터에 적용하였다. Flyback컨버터는 20W 12V dc 출력에서 DCM 동작하도록 설계하고 데이터시트 파형과 시뮬레이션 결과를 비교하여 모델링의 타당성을 검증하였다. 그림5는 기동 시 파형의 비교이다. 외부저항 삽입으로 Line under voltage기능이 활성화되어 BP/M 핀 단자 전압이 4.9V로 유지 후, 5.85V로 유지하는 것을 볼 수 있다. 그림6은 부하변동에 따른 드레인 전압 및 전류파형의 비교이다. 최대부하에서는 25%부하에 비해 스위칭 동작 온, 오프 횟수가 더 많음을 볼 수 있다. 두 그림에서 데이터시트 파형과 시뮬레이션 결과 파형을 비교하여 실제 IC 동작에 근접한 시뮬레이션이 가능함을 검증하였다.

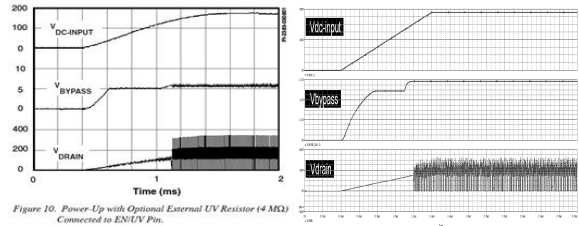


Figure 10. Power-Up with Optional External UV Resistor (4 MΩ) Connected to EN/UV Pin.

그림 5 기동 시 데이터시트파형과 시뮬레이션파형 비교

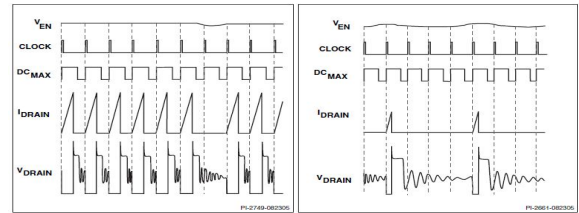


Figure 6. Operation at Near Maximum Loading.

Figure 9. Operation at Very Light Load.

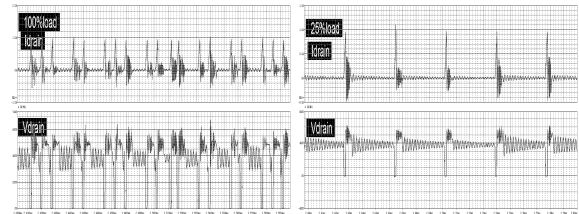


그림 6 부하변동에 따른 데이터시트파형과 시뮬레이션파형 비교

## 4. 결론

본 논문에서는 TNY280PN IC에 대한 모델링과 시뮬레이션을 소개하였다. PSPICE를 이용하여 TNY280PN IC 내부 블록을 모델링 하였고, 이를 Flyback 컨버터에 적용한 시뮬레이션 결과 파형과 TNY280PN의 데이터시트 파형을 비교하여 모델링의 정확성을 검증하였다. 특정 IC의 기능을 PSPICE 모델로 구현함으로써 정상상태뿐만 아니라 과도상태까지 실제적인 시뮬레이션이 가능하여 최적 설계에 유용하게 사용될 수 있고 제품의 개발 기간을 단축하는데 기여할 수 있다.

본 연구는 삼성전자(주)의 연구비 지원과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA 2013 H0301 13 2007)

## 참고 문헌

- [1] Power Integrations, "TNY274 280 TinySwitch III Family Data sheet", Power Integrations, 2006
- [2] 이윤재, 유운섭, "LED 드라이버 설계를 위한 상용 IC의 PSPICE 모델링 기법", 대한전자공학회 하계학술대회 제33권 1호 pp1227 1230, 2010
- [3] 한수빈, 박석인 외 3명 "PWM IC 모델링 및 시뮬레이션에 관한 연구", 전력전자학회 추계학술대회 논문집 pp109 111, 2008