

자동차용 3상 모터 드라이브 IC

정진수, 황승현, 박시홍
단국대학교

Three-phase Motor Drive IC for automotive applications

Jin-Soo Jung, Seung-Hyun Hwang, Shihong Park
Dankook University

Abstract : This paper presents a motor drive IC for automotive applications. The drive IC is dedicated to control and drive external MOSFETs which directly drive 3-phase motor with a high current. In case of driving high-side power switches, the bootstrap topology is widely used. However, it requires three bootstrap diode and three capacitor respectively. And it needs a minimum charging time to maintain high-side voltage. The motor drive IC uses a charge-pump circuit for all three high-side voltage with various protection schemes for automotive applications.

Key Words : Three Phase Motor Drive, Charge-Pump

1. 서 론

전세계 자동차에 사용되는 전자부품의 비중이 2005년 20% 수준에서 점차 증가하여 2015년 40%까지 증가할 전망이다이고, 이중에서 반도체가 차지하는 비중이 30% 수준에 도달할 것이다. 특히 자동차의 모터는 난방, 환기 및 에어컨디셔너, 윈도우 및 미러 어플리케이션 등을 포함하여 다양한 방면에서 사용된다. 이 모터를 콘트롤하는 반도체는 차량 공간과 사용 환경의 제한성으로 인해 일반적인 상황에서의 시스템과는 달리 더욱 높은 성능, 부피, 작동 가능한 환경온도 등을 요구하게 된다.

모터를 콘트롤하기 위해서는 마이크로 프로세서를 이용하는 방법이 주로 사용된다. 이때 마이크로 프로세서의 출력 전류가 20mA로 극히 작기 때문에 더 큰 전류로 모터를 구동하기 위해서 구동 회로를 필요로 한다.

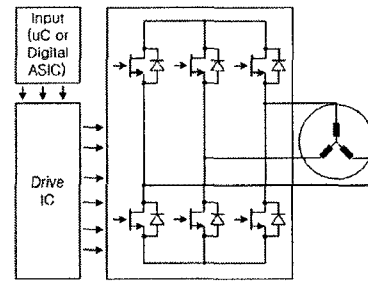
일반적으로 구동회로에서 사용하는 Bootstrap 방식은 각 상마다 High-Side switch를 구동하기 위해서 capacitor를 사용해야 하는 하기 때문에 공간적인 제약이 있다. 또한 Capacitor를 충전하기 위해서 Low-Side Switch를 계속 스위칭 해줘야 하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이점들을 극복하기 위해서 High-Side 쪽에 하나의 Charge-Pump 회로를 사용하여 스위칭 동작과는 독립적으로 전원을 공급하고, Capacitor의 수를 줄일수 있는 3상 Motor 구동용 IC를 설계, 제작 및 검증하였다.

2. 본 론

2.1 3 Phase Motor Control 의 구성

그림 1 은 Drive IC에 의한 3상 모터 구성도 이다. 입력부로 마이크로 프로세서, 구동부 Drive IC, 출력부로 디스크리트 소자인 전력소자로 구성된다.



<그림 1. 3 Phase Motor Drive 구성>

2.2 구동 IC의 동작과 구성

입력전압이 가변적일 수 있는 자동차에서 사용되는 IC는 공급전압의 변동에도 출력을 일정하게 해야 한다. 이 기능은 2개의 Chare-Pump가 인가전압의 변동이 있을 경우에도 일정하게 Output Stage에 전압을 공급한다. 정상동작은 12V에서 이루어지지만 $V_s < 12V$ 일 경우 Doubler 동작으로 공급전압을 일정하게 유지하고, $V_s > 20V$ 일 경우에는 Output Stage로의 출력전압을 일정하게 Regulation하는 동작을 하게 된다.

전력소자를 구동하기 위해 Sourcing, Sinking 전류를 최대 1.5A / 1.5A로 출력할 수 있으며, 외부에서 저항을 통해서 출력의 Deadtime을 조절할 수 있다.

그림 2 는 구동 IC의 블록도를 나타낸 그림이다. 각 블록은 기준 전압을 공급하는 Reference 블록과 Output 블록, Charge-Pump 블록, IC의 상태를 모니터 하고 조절하는 Control Logic 블록, 회로를 보호하는 Protection 블록으로 구성된다.

a) Reference block

LDO(Low Drop Output), Band-gap 블록으로 온도에 둔감한 전류와 전압을 공급한다.

b) Charge-Pump block

Oscillator와 2개의 Charge-Pump로 구성되며, V_s 의 전압

의 범위에 따라 동작형태가 틀리며 Output 블록에 전압을 공급한다.

c) Output block

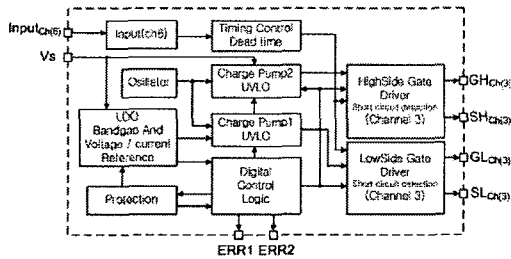
Shoot Through 방지를 위한 Time Control 블록과 Dead Time 블록을 포함하고 있으며, Charge-Pump에 의해 공급된 전압과 Input Signal로 전력소자를 구동한다.

d) Digital Logic block

전체 IC 또는 Output Stage의 On / Off를 조절을 하며, IC의 상태를 ERR Pin을 통해 외부에 알려주는 기능을 한다.

e) Protection block

보호회로는 외부 전력소자의 Drain과 Source간의 단락을 보호하는 Shortcircuit Protection 기능과 OpAmp와 Sensing 저항을 이용한 Overcurrent Detect기능, 175°C 이상의 온도에서 IC를 차단하는 Overtemperature 기능이 있으며, 그 외에 UVLO(Under Voltage Lock Out), OVSD (Over Voltage Shut Down) 기능등을 한다.

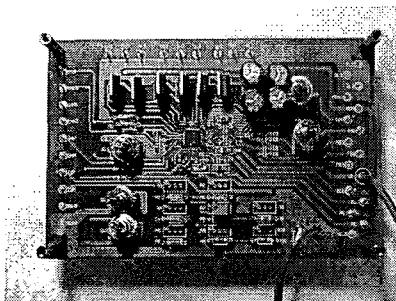


<그림 2. Motor Drive 블록도>

3. 실험 결과 및 검토

3.1 테스트 보드 구성

그림 3 은 제작된 구동 IC를 Test하기 위한 PCB 기판이다. 외부 전력소자는 IRF사의 IRF 540(N-Channel Power Mosfet)을 사용하였으며 3 State Switch와 Capacitor, 저항등으로 구성하였다.

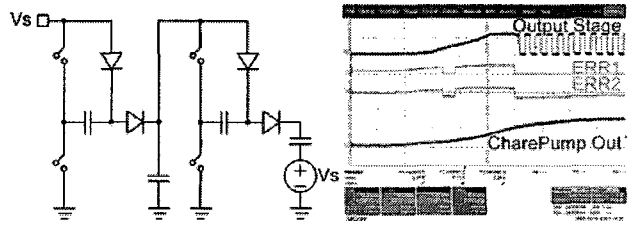


<그림 3. 제작된 Motor Drive IC>

3.2 Charge-Pump 동작

그림 4 는 Charge-Pump의 개념도와 Chage-Pump의 동작을 테스트한 파형이다. 시스템에 입력전압이 들어온 후 입력전압을 Pumping 으로 Storage capacitor의 전압이 차오르는 것을 확인할 수 있으며, 입력전압 인가후 6.4ms 가 지난 시점 즉 Capacitor의 전압이 일정전압 이상 상승한

후에 스위칭동작을 확인할 수 있다.

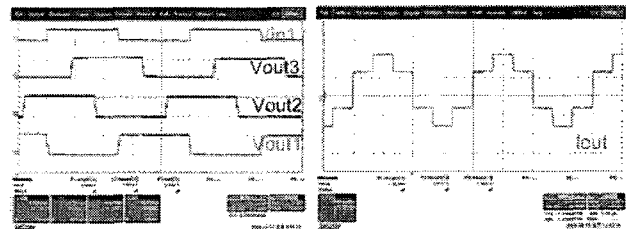


<그림 4. Charge Pump 의 개념도 및 실험파형>

3.3 Output Stage 동작

그림 5 는 3상 출력파형을 보여주고 있다. 입력 전원 12V 조건에서 1kHz 주파수를 가진 3상 입력을 인가하였다. 전압파형에서는 t(Rise)=115ns, t(Fall)=105ns Deadtime (RDT=300kΩ) =11.6us 를 확인할 수 있었다.

그림 5 의 전류파형은 3상 입력에 대한 3상 20Ω Load 를 사용하였으며, 최대 250mA의 출력 전류를 나타내고 있다.



<그림 5. Output Stage의 전압 및 전류 파형>

4. 결론

본 논문에서는 자동차 Application 이라는 특정상황을 고려하여 여러 가지 상황에 대비할 수 있는 보호 회로를 가진 구동 IC를 제작 테스트하였다. Vs에 따른 Charge-Pump의 동작과 Output에 의한 외부 전력소자의 Switching 특성을 확인하였다.

소자는 동부하이텍의 0.35um BD350BA 공정을 사용하였다.

감사의 글

본 연구는 단국대의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

[1] "Application Note : TLE6280GP - A bridge driver IC for High current 3 phase motor drives in 12 and 24V power nets" Infineon, July 2002
 [2] G. F. W. Khoo, D. R. H. Carter, and R. A. McMahon, "Analysis of a charge pump power supply with a floating voltage referenc," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 47, NO. 10, pp. 1494-1501, Oct. 2000.