

논문 2015-52-3-11

# 자동차 스마트 정션 박스 소형화를 위한 0.18 $\mu$ m BCDMOS 기반 스위치 회로 설계

( Switch Circuit Design in 0.18 $\mu$ m BCDMOS for Small Form Factor  
Automotive Smart Junction Box )

이 옥 준\*, 권 건 오\*\*\*, 임 한 상\*\*, 신 현 철\*\*

( Ukjun Lee, Geono Kwon, Hansang Lim, and Hyunchol Shin<sup>©</sup> )

## 요 약

본 논문에서는 자동차 스마트 정션 박스(Smart Junction Box: SJB)의 소형화를 위하여 기존에 단위소자로 구성되어 있던 Enable 스위치 회로의 ASIC화를 위한 연구를 수행하였다. Enable 스위치 회로는 점화신호(Ignition: IG)를 입력으로 받아 SJB를 구성하는 Linear Regulator 및 다른 구성요소의 구동을 위한 Enable 신호 전달 역할을 한다. 0.18 $\mu$ m BCDMOS 공정을 사용하여 회로를 설계하였으며, 설계된 회로는 시뮬레이션을 통해 AEC-Q100과 ISO 7637-2에 기술된 조건을 만족함을 검증하였다. 설계된 Enable 스위치 회로의 레이아웃 크기는 1.67mm x 0.54mm이며, 3mm x 3mm 크기의 HVSON8로 패키징 할 수 있다. ASIC화된 Enable 스위치 회로는 단위소자를 사용하여 Enable 스위치 회로를 구성하였을 때 보다 소요면적을 1/30 이상 축소할 수 있는 것으로 확인하였으며, 이를 통해 SJB 보드의 소형화에 기여할 것으로 기대할 수 있다.

## Abstract

This paper presents a design of the enable switch circuit, which is consist of discrete device at smart junction box(SJB) board. The Enable switch circuit, which receives ignition signal (IG) for input, sends a drive signal to linear regulator and other elements. The circuit design is carried out in a BCDMOS 0.18 $\mu$ m technology, and the performances are verified through simulations according to AEC-Q100 and ISO 7637-2. Die area of the designed Enable switch circuit is 1.67mm x 0.54mm in layout, and it is shown that the die can be housed in 3mm x 3mm HVSON8 package. The designed enable switch circuit is expected to be widely adopted in various automotive SJB's since it can significantly reduce the overall printed circuit board form factor.

**Keywords** : Smart Junction Box, 스위치, BCDMOS, 차량용 반도체

## I. 서 론

최근 안정성, 편의성, 에너지 효율성 및 배기가스 감소 등의 새로운 기능을 능동적으로 판단하여 처리하는 기능 내재화가 요구됨에 따라 수많은 전장 시스템과 부품들이 자동차에 장착되고 있다<sup>[1~3]</sup>. 이에 따라 자동차의 부품 중 전기신호의 배분 기능을 하는 정션 박스(Junction Box)보다 한 단계 발전된 스마트 정션 박스

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 전파공학과  
(Department of Wireless Communications  
Engineering, Kwangwoon University, Korea)

\*\*\* 정회원, 현대자동차  
(Hyundai Motor, Korea)

© Corresponding Author(E-mail: hshin@kw.ac.kr)

※ 본 연구는 현대·기아 자동차의 지원으로 수행되었음.

Received ; December 31, 2014 Revised ; February 5, 2015

Accepted ; February 27, 2015

(Smart Junction Box: SJB)의 개발이 활발히 진행되고 있다<sup>[4]</sup>.

SJB는 정션 박스의 구성요소인 퓨즈(fuse), 릴레이(relay)와 동일한 기능을 가지는 반도체 소자인 지능형 전력스위치(Intelligent Power Switch: IPS)를 사용하여, 기존의 정션 박스에 비해 소형화 및 경량화가 가능하도록 한 것이다. 또한, SJB는 마이크로컨트롤러(Microcontroller Unit: MCU) 적용을 통해 각종 고장 진단 기능 및 고장 감시기능으로 차량의 안정성을 향상시킨다. 그림 1과 같이 SJB는 인쇄회로기판(Printed Circuit Board: PCB) 위에 MCU, IPS, 다이오드, 저항, 캐패시터 등으로 회로를 구성하여 제작하고, 제작된 SJB는 그림 2와 같이 운전석의 앞쪽에 장착되어 차체제어모듈(Body Control Module: BCM), 램프, 클러스터, 각종 스위치 제어 기반의 시스템 등과 Controller Area Network(CAN) 통신을 이용하여 정보를 교환하고 부하 구동에 필요한 전원 배분 역할을 한다.

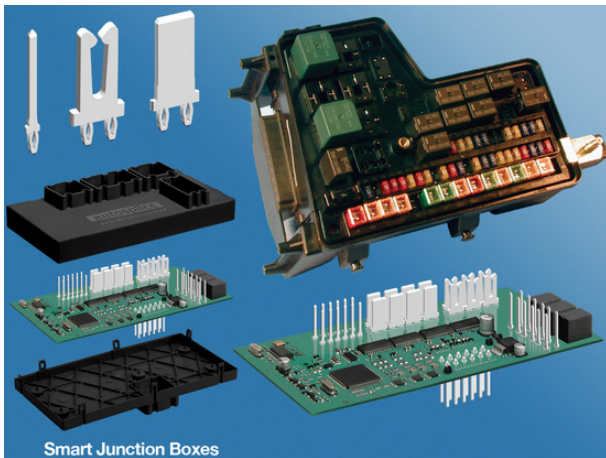


그림 1. SJB 보드의 예<sup>[5]</sup>  
Fig. 1. Example of SJB board<sup>[5]</sup>.

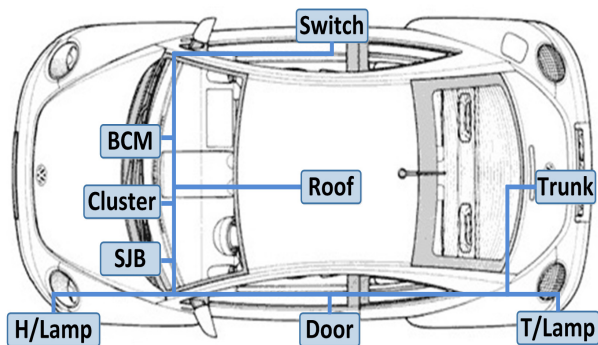


그림 2. SJB와 연결된 자동차 네트워크 시스템  
Fig. 2. Automotive network system connected with SJB.

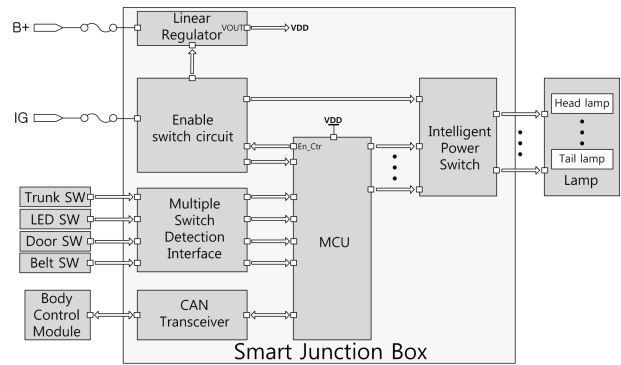


그림 3. SJB 블록 다이어그램<sup>[6]</sup>  
Fig. 3. SJB block diagram<sup>[6]</sup>.

그림 3은 SJB의 구성을 볼 수 있도록 간단하게 표현한 SJB의 블록 다이어그램이다<sup>[6]</sup>. SJB는 크게 Linear Regulator, Enable 스위치 회로, Multiple Switch Detection Interface, CAN 트랜시버, MCU, IPS 등으로 구성되어 있다. Enable 스위치 회로는 점화(IG) 신호를 입력으로 받아 Linear Regulator에 Enable 신호를 보내 Linear Regulator의 동작을 가능하게 하며, Linear Regulator는 SJB 보드상의 로직 소자들에 전원을 공급한다. MCU는 Multiple Switch Detection Interface를 통한 스위치 신호 감지, CAN 트랜시버를 통한 BCM 및 각종 제어 유닛과의 통신, IPS를 통한 램프 제어 역할을 한다.

최근 수많은 전장부품과 배선회로(Wire harness)에 의해 차량 내부 공간이 협소해짐에 따라 SJB의 소형화 설계를 통한 실장성 향상이 중요한 이슈가 되고 있다. SJB의 소형화를 위해서는 (1) SJB 보드에 사용되는 상용칩의 재선정 및 재배치를 통한 소형화, (2) SJB 맞춤형 반도체 Application Specific Integrated Circuit (ASIC) 설계를 통한 소형화 방법이 가능하다. SJB를 구성하는 요소 중 Linear Regulator, Multiple Switch Detection Interface, CAN 트랜시버, IPS, MCU는 각각에 해당하는 IC를 활용한다<sup>[7-9]</sup>. 하지만 Enable 스위치 회로는 저항, 다이오드, BJT와 같은 단일소자를 활용하여 구성하기 때문에 ASIC시 소형화 기대 효과가 크다. 따라서 본 논문에서는 SJB 소형화를 위해, Enable 스위치 회로의 ASIC 설계를 수행하였다.

## II. 회로 설계

Enable 스위치 회로의 ASIC 설계는 BCDMOS 0.18

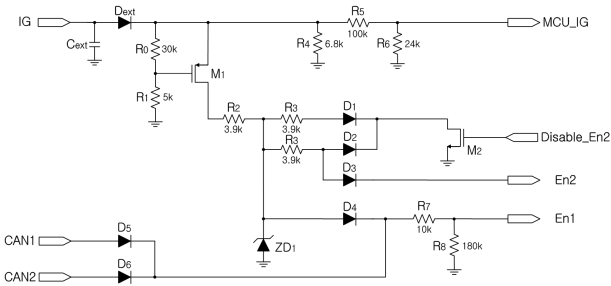


그림 4. Enable 스위치 회로  
Fig. 4. Enable switch circuit.

$\mu$ m공정을 사용하여 수행했다. BCDMOS 공정 기술은 CMOS의 장점을 가짐과 동시에 LDMOS를 통한 고전류 고전압의 파워 소자를 추가로 제공하여 높은 전압을 사용하는 차량용 반도체 설계에서 주로 사용하는 공정이다.

그림 4는 설계한 Enable 스위치 회로이다. 회로에 사용된 소자는 전류 밀도에 의한 열문제가 없는 NDIFF 저항( $R_0$ - $R_8$ ), 고전압 소자인 LDMOS( $M_1$ , $M_2$ ), 60V 파워 다이오드( $D_1$ - $D_6$ )로 구성하여 고전류 고전압에 견딜 수 있도록 하였다. 설계된 회로는 기본적으로 기존의 SJB에서 개별 부품으로 구성할 때의 스위치회로와 같은 구조이다. 본 연구를 통해 개별부품으로 스위치를 구현할 때 대비 집적회로로 구현하게 되면, 별다른 성능 열화 없이 SJB 전체 면적을 감소시킬 수 있도록 하였다.

ISO 7637-2에 따르면, 12V를 사용하는 자동차 시스템에서 입력 신호 IG는 14V의 전원 값을 가지며, Reverse voltage protection을 위해 600V 이상의 높은 Reverse voltage 값을 갖는 외부 다이오드( $D_{ext}$ )를 거쳐 Enable 스위치 회로에 인가된다<sup>[10]</sup>. IG 신호의 아날로그 레벨은 MCU\_IG 핀을 통해 MCU에 전달된다. 또한, IG 신호는  $M_1$ 과 저항으로 구성된 Source follower를 거치게 되고, 드라이빙된 IG 신호는 5.8V Zener 전압 값을 갖는  $ZD_1$ 에 의해 2V 이상의 HIGH 신호를 En1, En2 핀으로 내보낸다. En1에서 나온 HIGH 신호는 Linear Regulator의 Enable핀에 전송되어 Linear Regulator가 5V의 전원 신호를 SJB 보드에 공급하게 한다. Linear Regulator의 구동은 CAN 트랜시버에서 오는 Enable 신호(CAN1, CAN2)에 의해서도 구동이 가능하다<sup>[8]</sup>. En2에서 나온 출력신호는 Disable\_En2를 통해 제어할 수 있다. Disable\_En2에 HIGH 신호를 입력하면 En2에서 800mV 이하의 LOW 신호가 나오며, LOW 신호를 입력하면 En2에서 HIGH 신호가 나온다. 이렇게 En2에서

나온 신호는 SJB 보드에서 Enable 신호가 필요한 구성 요소에 Enable 신호를 보낼 수 있다.

### III. 회로 검증

설계된 Enable 스위치 회로와 같은 차량용 반도체는 AEC-Q100에 따른 신뢰성 시험을 통과해야 한다<sup>[11]</sup>. 표 1은 AEC-Q100에 따른 제품 동작 온도별 등급 분류이다. 본 설계에서는 -40 $^{\circ}$ C에서 150 $^{\circ}$ C까지 온도를 변화시키면서 Enable 스위치 회로의 동작 시뮬레이션을 수행했다.

그림 5는 설계한 Enable 스위치 회로의 온도변화에 따른 시뮬레이션 결과이다. Reverse battery connection 현상과 배터리 두 개의 직렬연결에 의한 Jump start 현상을 고려하여 -20V부터 30V까지 IG 신호의 변화에 따른 출력 신호(En1, En2)를 시뮬레이션 하였다. 그림 5(a),(b)는 Disable\_En2에 5V가 인가될 때 출력신호의 시뮬레이션 결과이다. 그림 5(a)에서 5.8V Zener 다이오드에 의해 5.8V 이상의 IG 신호에서 En1 출력 값이 2V 이상의 HIGH 신호가 나오는 것을 확인할 수 있다. 그림 5(b)에서는 5V의 Disable\_En2 신호가 Enable 스위치 회로에 인가되기 때문에 En2 출력 값이 800mV 이하의 LOW신호가 나오는 것을 확인할 수 있다. 그림 5(c)는 Disable\_En2에 0V가 인가될 때 출력신호의 시뮬레이션 결과이다. 5.8V 이상의 IG 신호에서 En1, En2 출력 값이 모두 2V 이상의 HIGH 신호가 나오는 것을 확

표 1. AEC-Q100에 따른 제품 동작 온도별 등급 분류<sup>[15]</sup>.  
Table 1. AEC-Q100 grade classification depend on temperature<sup>[15]</sup>.

Temperature Grade	Temperature Range		Application Example (Bosch 제품 기준)
	Min( $^{\circ}$ C)	Max( $^{\circ}$ C)	
Grade 0	-40	150	System power supply IC
Grade 1	-40	125	Torque Sensor Steering
Grade 2	-40	105	Dual axis acceleration sensor
Grade 3	-40	85	Peripheral pressure sensor
Grade 4	0	70	Infortainment

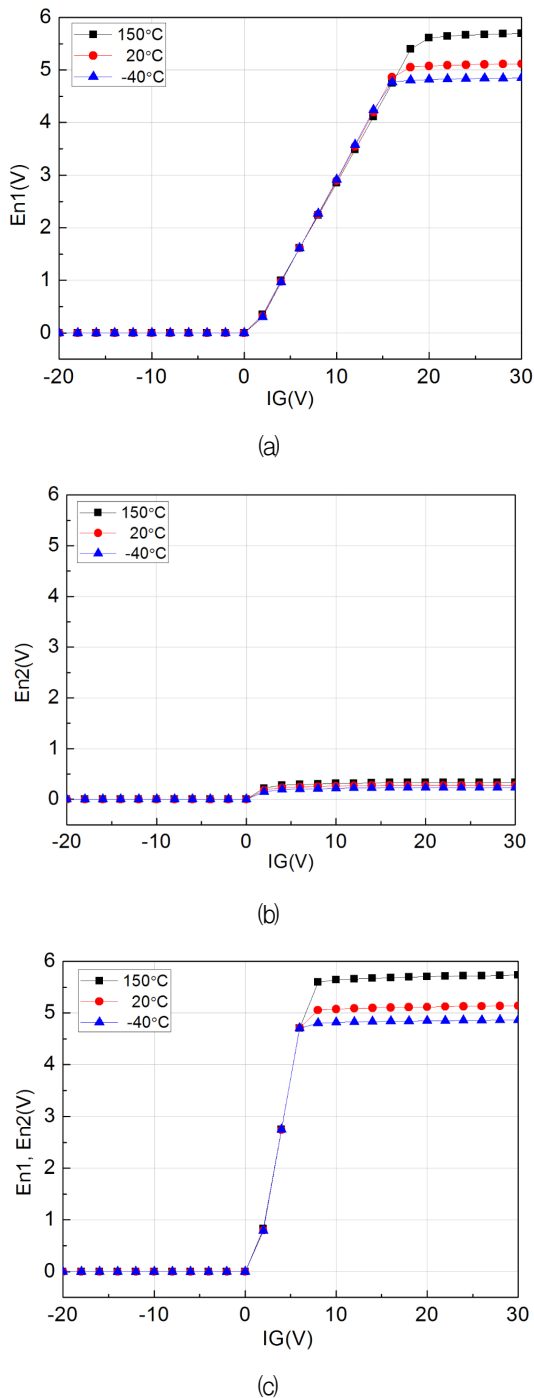


그림 5. 온도변화에 따른 Enable 스위치 회로 시뮬레이션 결과:

- (a) Disable\_En2=5V일 때, En1 출력,
- (b) Disable\_En2=5V일 때 En2 출력,
- (c) Disable\_En2=0V일 때, En1, En2 출력.

Fig. 5. Enable switch circuit simulation result depend on temperature variation: (a) When Disable\_En2=5V, En1 output, (b) When Disable\_En2=5V, En2 output, (c) When Disable\_En2=0V, En1, En2 output.

표 2. ISO7637-2에 의한 12V 시스템 전원 신호 테스트 레벨<sup>[10]</sup>

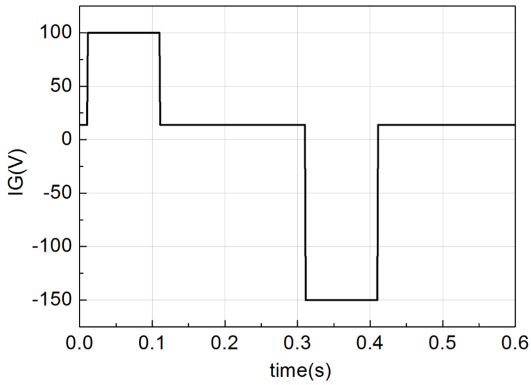
Table 2. Suggested test level for 12V system ISO7637-2<sup>[10]</sup>.

Test pulse	Test voltage level		Burst cycle/pulse repetition time	
	Min(V)	Max(V)	Min(s)	Max(s)
1	-75	-100	0.5	5
2a	37	50	0.2	5
2b	10	10	0.5	5
3a	-112	-150	90m	100m
3b	75	100	90m	100m
4	-6	-7	1.2	20
5	65	87	40m	400m

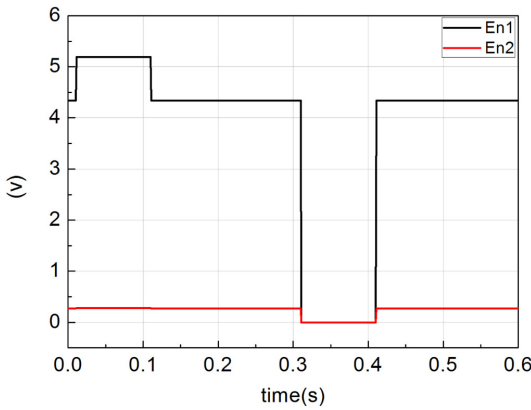
인할 수 있다. -40°C에서 150°C 사이의 온도변화에 따른 시뮬레이션을 통해 Enable 스위치 회로가 정상동작하는 것을 확인할 수 있으며, AECQ-100에 의해 Enable 스위치 회로의 성능이 Grade 0임을 확인할 수 있다.

Enable 스위치 회로는 차량의 전원 신호인 IG 신호를 입력으로 받는다. 따라서 차량의 전원 신호에 따른 테스트 국제표준인 ISO 7637-2에 따른 검증을 해야 한다<sup>[10]</sup>. 표 2는 ISO 7637-2에 의한 12V 차량 시스템 전원 신호의 테스트 레벨이다. Test pulse 1은 Inductive load로부터 전원이 끊어졌을 때의 신호이며, Test pulse 2는 배선회로에 의해 갑작스런 전원방해로 생기는 신호이다. Test pulse 3은 스위칭 과정에서 생기는 신호이며, Test pulse 4는 내부 엔진의 연소에 의해 감소된 전원 신호이다. 마지막으로 Test pulse 5는 케이블의 부식이나 잘못된 연결로 인해 배터리가 끊어지는 load dump 현상에 의한 전원 신호이다. 이러한 다섯 개 신호 종류를 시스템에 일정시간 가하여도 이상이 없어야 하며 이러한 테스트를 전원선 전이 면역성 테스트 (voltage immunity test)라 한다. 다섯 개의 신호 종류에서 회로에 가장 안 좋은 영향을 주는 전원 신호 레벨은 100V, -150V이다. 또한, Enable 스위치 회로는 주로 스위칭 동작에 의해 동작하기 때문에 100ms동안 100V와 -150V 전원 신호를 Enable 스위치 회로에 인가하여 동작여부를 확인하는 시뮬레이션을 수행했다.

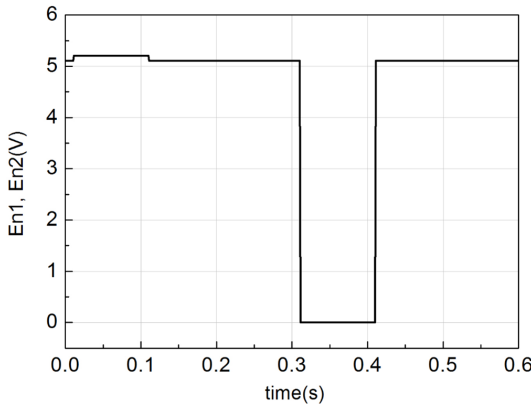
그림 6은 전원선 전이 면역성 테스트 시뮬레이션이다. 그림 6(a)는 전원선 전이 면역성 테스트를 위해 인가한 입력신호 IG이다. 100V와 -150V의 신호 레벨을



(a)



(b)



(c)

그림 6. 전원선 전이 면역성 테스트 시뮬레이션: (a)입력 신호 IG, (b)Disable\_En2=5일 때, En1, En2 출력, (c)Disable\_En2=0V일 때, En1, En2 출력.

Fig. 6. Voltage immunity test simulation: (a)Input signal IG, (b)When Disable\_En2=5V, En1, En2 output, (c)When Disable\_En2=0V, En1, En2 output.

100ms동안 유지시킨 후 일반적인 신호 레벨 14V를 인가하여 출력신호 레벨을 확인하였다. 그림 6(b)는 Disable\_En2=5V인 Enable 스위치 회로에 그림 6(a)의

IG 신호를 인가하였을 때 시뮬레이션 결과이다. En1은 입력신호의 레벨이 150V와 14V일 때 2V 이상의 HIGH 신호가 나왔으며, -150V에서는 800mV 이하의 LOW신호 값을 가졌다. 또한, En2는 모든 구간에서 LOW신호 값을 가졌다. 그림 6(c)는 Disable\_En2=0V인 Enable 스위치 회로에 그림 6(a)의 IG 신호를 인가하였을 때 시뮬레이션 결과이다. En1, En2는 입력신호의 레벨이 150V와 14V일 때 HIGH신호가 나왔으며, -150V에서는 LOW신호 값을 가졌다. 이러한 결과들은 그림 5에서 수행한 시뮬레이션 결과와 동일하므로 회로가 정상동작하는 것을 알 수 있다. 전원선 전이 면역성 테스트 시뮬레이션을 통해 Enable 스위치 회로는 ISO 7637-2에 따라 그림 6(a)와 같은 테스트 신호를 인가하여도 정상동작하는 Class A 상태임을 확인할 수 있다<sup>[14]</sup>.

그림 7은 BCDMOS 0.18 $\mu$ m공정을 사용하여 설계된 Enable 스위치 회로의 레이아웃이다. Lay-out은 패드를 포함하여 1.67mm x 0.54mm의 크기를 가진다.

그림 8은 설계된 Enable 스위치 회로 실리콘 칩을 담을 수 있는 NXP社의 3mm x 3mm 크기의 HVSON8 패키지이다. Enable 스위치 회로를 기존 단위소자를 사용하여 SJB 보드에 구성하였을 때 약 20mm x 15mm의 크기를 예상할 수 있으며, AISC화된 그림 8의 칩을

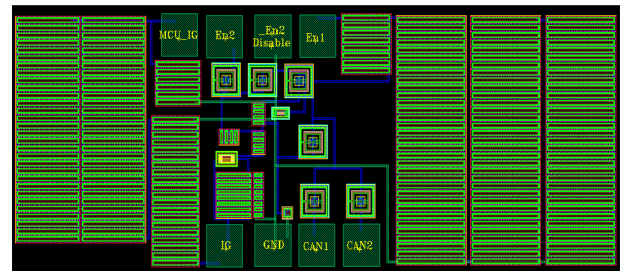


그림 7. Enable 스위치 회로 레이아웃

Fig. 7. Enable switch circuit layout.

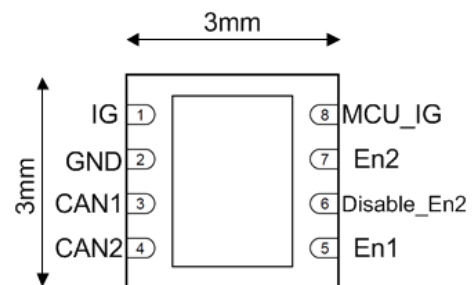


그림 8. Enable 스위치 회로 패키지

Fig. 8. Enable switch circuit package.

사용하면 기존보다 소요면적을 1/30 이상 축소할 수 있는 것으로 확인하였다.

#### IV. 결 론

자동차의 SJB는 최근 수많은 전장부품과 배선회로에 의해 차량 내부 공간이 협소해짐에 따라 소형화 설계를 통한 실장성 향상이 중요한 이슈이다. 따라서 본 논문에서는 SJB 소형화를 위해 기존에 단위소자로 구성되어 있던 Enable 스위치 회로의 ASIC화를 수행하였다. Enable 스위치 회로는 IG신호를 입력으로 받아 SJB를 구성하는 Linear Regulator 및 다른 구성요소의 구동을 위한 Enable 신호 전달 역할을 한다. BCDMOS 0.18 $\mu$ m 공정을 사용하여 Enable 스위치 회로를 설계하였으며, 설계된 회로는 AEC-Q100과 ISO 7637-2에 따라 시뮬레이션을 통해 검증하였다. ASIC화된 Enable 스위치 회로는 단위소자를 사용하여 Enable 스위치 회로를 구성하였을 때 보다 소요면적을 1/30 이상 축소할 수 있는 것으로 확인하였다. 이를 통해 SJB 소형화에 상당히 기여하여 실장성을 높일 수 있을 것이다.

#### REFERENCES

- [1] Yano Research Institute, Global In-Vehicle Semiconductor Market: Key Research Findings 2012.4.18.
- [2] 이승규, 허상현, 변영재 “자동차용 반도체 시장 동향 및 기술현황”, The Magazine of the IEIE, vol. 39, no. 9, pp. 64-69, Sep. 2012.
- [3] 연규봉, “자동차용 센서 시스템 IC 기술개발 동향 및 고신뢰성 이슈”, The Magazine of the IEIE, vol. 40, no. 6, pp. 18-27, Jun. 2013.
- [4] M. Jeong, M. Kim, Y. Park and S. Bang, “Development of Diagnosis System Adopted Intelligent Smart Junction Box for Improving Vehicular Power Safety,” The Transactions of the Korea Institute of Electrical Engineers, vol. 57, no. 2, pp. 276 - 285, Feb. 2008.
- [5] Autosplice Inc. at <http://www.autossplice.com>
- [6] S. Kim, “Study on testing the Smart Junction Box using the HIL System,” Honam University, Master’s Thesis, May 2012.
- [7] Freescale Semiconductor, MC33972: Multiple Switch Detection Interface with Suppressed Wake-up.

- [8] NXP Semiconductors, TJA1043: High Speed CAN Transceiver.
- [9] Infineon, BTS5090-2EKA: Smart High-Side Power Switch with Dual Channel
- [10] ISO 7637-2 Road vehicles - Electrical disturbances from conduction and coupling - part2: Electrical transient conduction along supply lines only.
- [11] AEC-Q100 Failure Mechanism based stress test qualification for integrated circuits.

저 자 소 개



이 욱 준(학생회원)  
 2013년 광운대학교 전파공학과  
 학사졸업.  
 2015년 광운대학교 전파공학과  
 석사졸업  
 <주관심분야: 스마트 정션 박스,  
 계측 증폭기, 압축센싱>



권 건 오(정회원)  
 2005년 인하대학교 전자공학과  
 학사졸업.  
 2005년~현재 현대자동차 전자시스  
 템통합설계팀 근무  
 <주관심분야: 반도체, 통신>



임 한 상(정회원)  
 1996년 서울대학교  
 전기공학부 학사 졸업.  
 1998년 서울대학교  
 전기컴퓨터공학부  
 석사 졸업.  
 2004년 서울대학교 전기컴퓨터  
 공학부 박사 졸업.

2009년~현재 광운대학교 전자융합공학과  
 부교수  
 <주관심분야 : 음성 신호 시스템, 자동차 전장>



신 현 철(정회원)  
 1991년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학사  
 1993년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학석사  
 1998년 2월 KAIST 전기 및 전자  
 공학과 공학박사

1997년 4월~1997년 10월 독일 DaimlerBenz  
 Research Center 연구원  
 1998년 1월~2000년 삼성전자 System LSI 선임  
 연구원  
 2000년 4월~2002년 4월 미국 UCLA 박사 후  
 연구원  
 2002년 5월~2003년 8월 미국 Qualcomm  
 선임연구원  
 2010년 8월~2011년 8월 미국 Qualcomm  
 Corporate R&D Visiting Faculty  
 2003년~현재 광운대학교 전자융합공학과 교수  
 <주관심분야: RF/Analog/Microwave Integrated  
 Circuits and Systems>