

AUTOMOTIVE OPPORTUNITIES PRESENT NEW CHALLENGES FOR IC VERIFICATION

자동차시장을 위한 IC 검증

안전 시스템과 연관된 자동차 플랫폼에서 맡고 있는 자동차 전장의 역할이 급속히 확장되고 있다. IC 제조업체들은 에어백 컨트롤러, 브레이크 잠김 방지 장치, 엔진 제어 유닛 등과 같은 전통적인 전자 시스템에 만족하지 않고 첨단 운전자 지원 시스템 및 기타 자동차 전장 분야로 확장함으로써 운전자와 탑승객 모두에게 이로움을 주는 커다란 성과를 거두고 있다. 이와 함께 ISO 26262^[1]와 같은 산업 표준 준수를 포함해, 이런 시스템들에 사용되는 IC의 신뢰성 높은 설계와 검증을 보장하는 것이 치열한 경쟁 시장에서 성공하는 핵심이 되고 있다.

글 | 매튜 호건 (Matthew Hogan) _ Mentor Graphics

전장 역할에 대한 이해

자동차에서는 후방 감지 카메라와 같은 전장 시스템이 사용된 지도 꽤 되서 운전자의 편의성이 증대되는 한편 안전성이 크게 향상됐다. 2014년 3월 미국 도로교통안전청(NHTSA)은 신차에서 후방 감지 카메라 시스템 장착의 의무화를 결정했다. 이는 “버스와 트럭을 포함해 1만 파운드 미만이며 2018년 5월 1일 이후에 제조되는 모든 차량에 후방 가시성 기술을 탑재함으로써 운전자

가 차량 후방 영역을 감지할 수 있는 시야를 확장시켜 차량 후진 사고로 인한 사망과 부상을 줄일 수 있도록 하기 위함이다”^[2].

이러한 요구는 그 자체로도 이미지 센서(카메라) 산업 분야의 IC 제조업체들이 이 분야에 노력을 집중할 만한 매력적인 인센티브를 제시한다. 또한 이미 그렇게 하고 있지 않다면, 이미지 센서를 다른 자동차 애플리케이션에 사용하려는 노력도 활발히 이뤄지고 있다.

예를 들어, 운전자 지원 시스템(ADAS)은 아직 이미지 센서 기술에 크게 의존하고 있지 않지만 최근 개발된 마이크로 카메라 모듈^[3](그림 1)은 자동차 비전 시스템의 보급 방식을 바꿔놓고 그 사용 범위도 확장시킬 수 있다. 이 기술과 그 밖의 “유기적” 성장 분야들의 이용은 새로이 진입하는 기업들과 새로운 애플리케이션들에 기회를 제공하고 있다.

운전 안전성을 목표로 하는 미국 차량에 대한 다른 계획을 위해서는 복잡한 시스템들이 단일 차량 내에서 뿐만 아니라 주변 교통상황과도 협력해 상호작용해야 한다.

이같은 응용 분야 중 하나가 차량 간(V2V) 통신 기능^{[4][5]}을 의무화하는 미국 교통부(DOT)의 당면 규정이다. 이 규정을 놓고 많은 찬반 내용들이 기술돼 왔으며^{[6][7][8]}, 반대를 표현하는 측에서는 사생활 침해 문제뿐만 아니라 해당 제품의 실현 가능성과 제시된 기간 내의 성공적인 구현 등을 포함한 기술적 문제에 대해 우려를 표명했다. 그러나 다수의 잘 알려진 자동차 파트너 업체들이 이미 미국 정부와 함께 이 분야의 연구를 시작했^[9]이다.

이와 관련된 새로운 시스템은 자동차 시장에 새로 진입하는 업체들에게 기회를 제공하고 있지만, 높은 안전 기준이 확립돼야만 한다는 점은 자동차 안전 문화가 친숙하지 않거나 확실하게 자리 잡지 않은 업체들에게 걸림돌이 되고 있다.

표준의 준수와 기능안전성

ISO 26262 표준은 자동차 전장 시스템(Automotive E/E)을 위한 기능안전성

매튜 호건

매튜 호건은 멘토 그래픽스의 Calibre 디자인 솔루션 사업부 제품 마케팅 매니저로 15년 이상 설계 및 현장 경험을 갖고 있다. 현재 Calibre PERC에 관심 갖는 고객들과 적극적으로 일하고 있다. 호건 매니저는 ESD 협회의 정회원으로 EDA 워킹 그룹, Symposium 기술 프로그램 위원회 및 IEW 운영 위원회에 관여하고 있고, IEEE의 원로회원이자 ACM의 회원이기도 하다. 로열 멜버른 공과대학(RMIT)에서 공학 학사, 메릴랜드 대학교에서 MBA 과정을 수료했다. 매튜 호건 씨의 연락 주소는 matthew_hogan@mentor.com이다.

(Functional Safety) 표준인 IEC 61508의 개정 버전이다. ISO 26262는 모든 자동차 전장 및 전기 안전성 관련 시스템의 전체 수명주기에 걸쳐 적용 가능한 자동차 내 장치의 기능안전성을 정의하고 있다. 이러한 기능 안전성 특징들은 각 자동차 제품 개발 단계에 있어서 필수불가결한 구성 요소를 형성하며, 그 범위는 사양에서 설계, 구현, 통합, 검증, 인증 및 생산 출시에 이른다^[11].

잘 알려진 자동차 반도체 업체들이 ISO 26262에 정의된 프로세스에 따라 자사의 칩들을 개발해 왔다. 이 표준에는 하드웨어와 소프트웨어 개발 프로세스가 모두 포함돼 있다. 프리스케일은 이 분야에서 특히 활발한 활동을 보이고 있으며, "안전 보증(Safe Assure)"이라는 기능안전성 프로그램을 통해 고객들에게 표준 준수의 이점을 알려왔다. 또 기능안전성에 대해 다음과 같이 우아하게 설명하고 있다:

"기능안전성은 전기/전자 시스템의 고장이 야기하는 위해로 인한 비합리적인 위험이 없을 경우 달성된다. 업계는 안전 관련 시스템이 장비의 안전성을 달성하기 위해 필요한 위험 감소를 제공하도록 하기 위한 방법의 하나로서 기능안전성 표준을 시행하고 있다. 기능안전성 표준에는 일반 산업의 기능안전성을 망라하는 IEC 61508과 도로 주행 차량의 기능안전성을 망라하는 ISO 26262가 포함된다^[12]."

인피니언이나 다른 IC 벤더들도 자사의 제품들이 ISO 26262를 준수한다고 홍보하고 있다^[13].

이 안전 표준의 중요성은 자동차 전장 분야의 변화로 인해 더욱 증폭되고 있다. 이러한 변화들 중 일부는 전자제어 유닛(ECU)이 제어하는 안전 및 주요 시스템들의 수가 증가함에 따른 것이지만^[14], 다른 변화는 차량 인포테인먼트 시스템의 기능급증으로 인한 것이다. 2009년 당시 이미저가 차량조차 30~50개의 ECU를 탑재하고 있었고^[15], 이는 기저 하드웨어 플랫폼

뿐만 아니라 사용자와의 다양한 상호작용을 제어하기 위해 사용되는 소프트웨어의 복잡성도 증가시켰다.

차량 내 인포테인먼트(IVI) 시스템은 시장성 및 브랜드 이미지를 위해 고 신뢰성의 IC 디자인을 필요로 하는 반면, 이러한 IC들의 성능이 규격에 못 미칠 경우에는 주로 고객의 불편을 초래하게 된다. 실 때는 상당한 부정적 시장 반응을 야기할 수 있지만, 이는 에어백 컨트롤러나 브레이크 센서 또는 안전성에 있어서 극히 중요한 그 밖의 IC가 고장을 일으킬 경우 초래될 수 있는 우려와 책임의 정도에 비하면 아무 것도 아니다.

현재 자동차시장은 높은 성장률과 다수의 새로운 애플리케이션 영역에 대한 IC 요구로 인해 매우 매력적으로 보인다. 그러나 자동차 안전성 시스템에는 갈수록 더 복잡한 IC와 이례적으로 뛰어난 신뢰성에 대한 요구가 수반되고 있다. 이러한 IC들의 신뢰성 요구를 이해한다는 것은 특히, 이제 막 시장에 뛰어들어 업체들에게는 힘든 일일 수 있다. 자동차 전장의 작동에 존재하는 혹독한 환경^[16]과 이 IC들의 검증을 위한 고 신뢰성 요건들로 인해 이보다 덜 까다로운 환경에 사용되는 IC들을 설계 및 개발할 경우에는 흔히 마주치지 않는 설계 및 검증 문제들에 직면하게 된다. 어떤 정전기 방전(ESD) 또는 전기적 과부하(EOS) 준수 표준을 충족시켜야 하는가와 같은 문제들에 대한 해답은 산업 표준 문서에서 얻을 때가 많지만, 이러한 표준들을 준수하기 위한 해결과제, 설계 절충 그리고 여기에 사용되는 최상의 실행방법들은 겉으로 드러나지 않는다.

기존 IP의 재사용 문제

IC 제품을 자동차시장에 적용시키는 데 있어서 한 가지 문제는 기존의 IP를 어떻게 고 신뢰성의 애플리케이션용으로 이용하느냐 하는 것이다. 한 가지 분명한 것은 자동차 애플

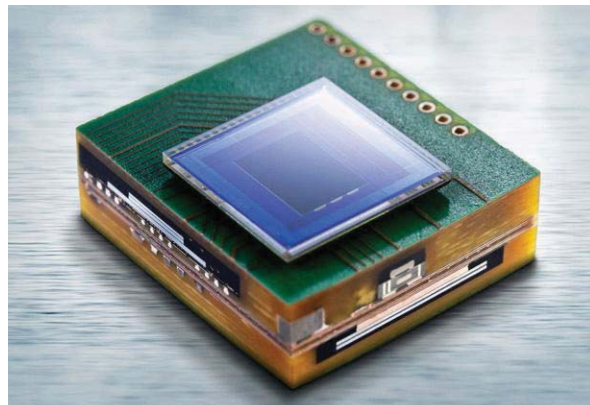


그림 1 | 프라운호퍼(Fraunhofer)의 마이크로 카메라 모듈 단면도. 이미지 센서가 인쇄회로기판 위에 탑재돼 있다. 출처 | Fraunhofer IZM



그림 2 | 차량 간 통신 출처 | www.dot.gov

리케이션에서 부딪히게 되는 폭 넓은 온도 범위 상에서 올바른 기능 작동을 보장하는 것이다. 알테라는 자사의 제품을 위한 온도 등급을 다음과 같이 다섯 가지로 정의하고 있다^[18]:

- 상용 등급: 0°C~85°C
- 산업용 등급: -40°C~100°C
- 자동차 등급: -40°C~125°C
- 확장 등급: -40°C~125°C
- 군용 등급: -55°C~125°C

AEC-Q100-Rev-G Base Document^[19]는 다음 수준에서의 부품 작동 등급을 명시하고 있다:

- 0 등급: -40°C~+150°C의 주변 작동 온도 범위

- 1 등급: $-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 의 주변 작동 온도 범위
- 2 등급: $-40^{\circ}\text{C}\sim+105^{\circ}\text{C}$ 의 주변 작동 온도 범위
- 3 등급: $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 의 주변 작동 온도 범위
- 4 등급: $0^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ 의 주변 작동 온도 범위

IC 디자인의 목표를 자동차 애플리케이션용으로 변경할 때는 달성하고자 하는 등급이 어떤 것인지 아는 것이 제품의 시장 성공 가능성, 그리고 궁극적으로는 그 신뢰성에 영향을 미칠 수 있다. 어느 한 등급이나 다른 등급에서 신뢰성 있는 작동을 달성하기 위해서는 어느 정도의 재설계가 필요할까. 등급의 선택은 해당 디자인의 전반적인 판매와 성능에 어떤 영향을 미칠까.

Q100 문서에 제시되어 있는 AEC 전기 부품 검증 요건^[19]에서는 다음의 여러 기능 분야에서 통계학적으로 유의미한 개수의 부품들에 대한 시험 및 준수 요건들을 제공하고 있다:

- ESD 보호 기능: 모든 제품들
- 래치업(LU) 방지 기능: 모든 제품들
- 배전 기능: 공급업체는 작동 온도 등급, 전압 및 주파수 범위에서 해당 디바이스가 디바이스 사양이 제시하는 파라미터 한계를 충족시킬 수 있음을 보여야만 한다. 이 데이터는 최소한 세계의 로트나 하나의 편향된 프로세스 로트로부터 취해야만 하며, 통계학적 유효성을 갖기에 충분한 샘플들을 대표해야 한다. Q100-009를 참조하기 바란다. 최종 테스트 한계는 부품 평균 테스트링(Part Average Testing, PAT)을 위한 AEC-Q001 Guidelines를 이용해 정할 것을 강력히 권장한다.
- 기타 테스트: 사용자는 특정 공급업체

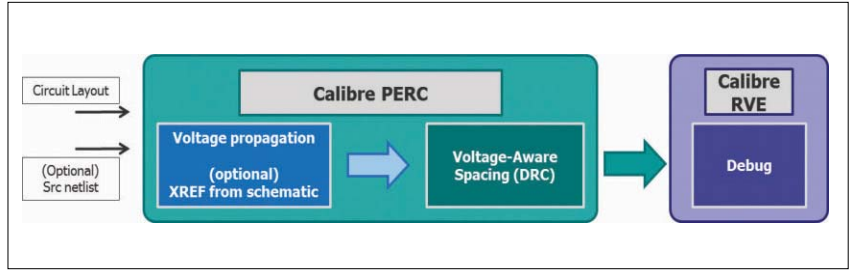


그림 3 | Calibre PERC를 이용한 전압 인식 DRC 플로우

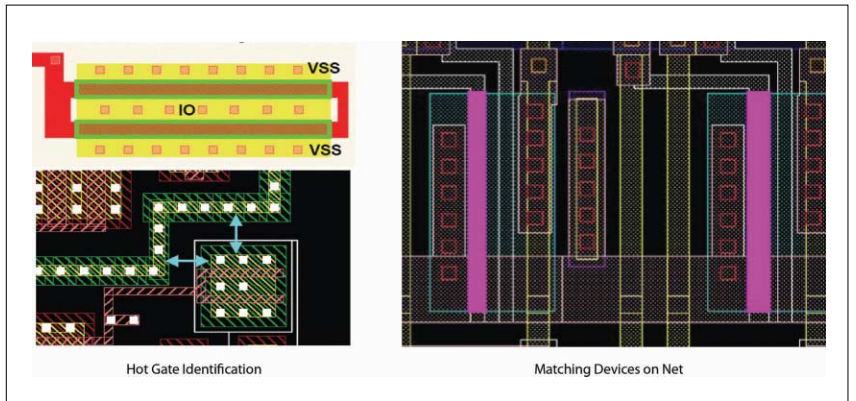


그림 4 | 신뢰성 점검은 장기적인 성능에 영향을 미칠 수 있는 설계 문제들을 확인하고 해결할 수 있도록 도와준다.

와의 경험을 토대로 한 일반적인 데이터 대신에 다른 테스트들을 필요로 할 수 있다.

모든 표준의 경우와 마찬가지로, 자신의 디자인 및 기술에 대한 관련성과 적용 가능성을 평가해야 한다. 요청되는 ESD 테스트는 자신의 애플리케이션에 적합한가. 만일 SOI 기술을 이용해 설계하고 있다면 래치업(벌크 기술에 필요한)은 자신의 디자인과 관련성이 있거나 적합한가.

AEC 전기 부품 검증 요건은 여러 고장 메커니즘의 테스트를 명시하는 마모 신뢰성 테스트도 확인한다.

- 전자이주 현상
- 시간 의존적인 유전 파괴(또는 게이트 산화물 무결성 테스트) 모든 MOS 기술용
- 핫 캐리어 주입(HCI) 1 마이크로 미만의

모든 MOS 기술용

- 음의 바이어스 온도 불안정성(NBTI)
- 응력 이동 현상

설계 프로세스에서의 이러한 고장 모드에 대한 검증은 실제 디바이스 성능을 보증해 준다.

ISO 26262 준수를 위한 IC 검증 툴 이용

디자인 룰 검증(DRC), 레이아웃과 스키매틱(LVS)의 비교 그리고 전기적 규칙 검사(ERC)등과 같은 전통적인 IC 검증 툴들은 IC 디자인 내의 레이아웃 및 회로상의 문제들을 효율적으로 파악해 해결할 수 있다. 하지만 이런 검증 툴을 통해 디바이스 구현이 미치는 전체적인 영향을 보다 큰 회로의 맥락에서 알아내는 것은 어렵다. 네트 커넥티비티 뿐만 아니라 동일한 프레임워크 내에서의 디자인의 물리적 레이아웃도 고려할

수 있는 능력은 전통적인 IC 검증 툴들이 애를 먹고 있는 부분이다. 복잡한 설계 제약 조건, 디바이스 매칭 룰 그리고 신뢰성 설계 및 검증의 일환으로서 검증돼야 하는 다른 세부사항들은 이러한 툴들의 검증 범위 내에 속해 있지 않다.

다행히도, Calibre® PERC™ 와 같은 새로운 부류의 IC 신뢰성 검증 툴은 이러한 문제 영역들을 통합적인 환경에서 고려할 수 있다. 회로 검증 단계에서 IC 신뢰성 검증에 대한 커버리지 향상 위해 개발된 Calibre PERC는 어떻게 회로가 구현됐었는지를 회로 토폴로지와 레이아웃의 관점에서 집중 분석할 수 있도록 해준다^[20]. 이런 분석의 일환으로 설계 조건에 따라 어떤 회로들이 이러한 제약조건을 준수하지 않는지 알아내도록 돕는다. 설계조건들을 이해하고 평가하는 신뢰성 검증 툴은 신뢰성 문제를 파악하고 신뢰성 요건 및 산업 표준의 준수를 보장하는 데 있어서 필수적이다.

보편적인 예로 인터커넥트에서의 시간 의존적인 유전 파괴(TTDB)에 대한 보호 및 검증(중중 전압 인식 DRC^[21]라고 불리는)을 들 수 있다. 이 경우에 전기적 과부하(EOS) 환경에서의 신뢰성 검증이 매우 중요한 역할을 하게 된다. 이같은 문제 예방 위해서는 보다 큰 디자인 영역을 필요로 하게 되지만, 고 신뢰성 IC 디자인 검증의 경우 이러한 문제는 매우 중요한 부분이다. 그림 3은 Calibre® PERC™ 툴을 이용한 전압 인식 DRC 점검을 보여준다. 검증은 전적으로 Calibre PERC 환경 내에서 이뤄진다.

디자인에 대해 추가로 수행되는 신뢰성 검증의 상당 부분은 긴 작동 기간 동안 양호한 작동을 보장하기 위한 것이다. 디자인 안정성에 대한 추가 검증의 수준은 시간 경과에 따라 디바이스가 올바르게 작동하는 것이 자신의 시장에 얼마나 중요한지를 나타내는 척도다. 포인트-투-포인트 저항과 전류 밀도, 전자 이동에 따른 전류 시뮬레이션

이 자신의 “필수 검증” 목록에 들어 있는 가. 핫 게이트 확인^[22]이나 디바이스 방향 매칭^[23]은 어떤가(그림 4). 이를 비롯한 다른 신뢰성 점검들은 디자인의 장기적인 신뢰성에 있어서 중요하다.

Calibre PERC는 ISO 26262에서 문서를 통해 규정하고 있는 조건사항에 대해 조건 파일을 통해 이를 활용 가능케 한다^[24]. 이러한 기능은 회로 전반에 걸친 디바이스의 상호작용을 파악할 수 있는 Calibre PERC의 능력과 더불어 ISO 26262를 준수하는 칩을 만들고자 하는 IC 벤더들에게 신뢰성

검증 솔루션을 제공한다.

현재 자동차에 사용되는 전자 시스템은 놀라운 변화와 성장의 시기에 있다. 자동차의 설계, 제조 및 구동에 대한 새로운 기대는 반도체 벤더들이 이 시장을 위해 새로운 칩을 개발할 커다란 기회를 제공하고 있다. Calibre PERC와 같은 EDA 툴을 이용해 정확한 신뢰성 검증에 안정성과 더불어 산업 표준을 준수함으로써 IC 벤더들은 새로운 확장된 시장 채널을 확보하게 되며, 이들의 고객들은 품질과 안정성을 갖춘 신제품을 공급받을 수 있다. **AE**

참고 문헌

- [1] "Road vehicles - Functional safety", ISO 26262-1, 2001, <http://www.iso.org>, 2013
- [2] NHTSA Announces Final Rule Requiring Rear Visibility Technology, <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/2014/NHTSA+Announces+Final+Rule+Requiring+Rear+Visibility+Technology>
- [3] CogniVue, Fraunhofer Debut Supersmall Camera at Electronica, http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1324553
- [4] U.S. Department of Transportation Issues Advance Notice of Proposed Rulemaking to Begin Implementation of Vehicle-to-Vehicle Communications Technology, <http://www.nhtsa.gov/About+NHTSA/Press+Releases/NHTSA-issues-advanced-notice-of-proposed-rulemaking-on-V2V-communications>
- [5] Vehicle-to-Vehicle Communications, <http://www.safercar.gov/v2v/index.html>
- [6] Cars in the US might soon be mandated to broadcast speed and location data, <http://rt.com/usa/183208-dot-nhtsa-rulemaking-v2v/>
- [7] Vehicle-to-Vehicle: 7 Things to Know About Uncle Sam's Plan, http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1323617
- [8] Backlash Coming on Car-to-Car Talk?, http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1323968
- [9] U.S. details plans for car-to-car safety communications, <http://www.autonews.com/article/20140818/OEM11/140819888/u.s.-details-plans-for-car-to-car-safety-communications>
- [10] Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communications for Safety, <http://www.its.dot.gov/research/v2v.htm>
- [11] ISO 26262, http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_26262
- [12] Functional Safety for ISO 26262 and IEC 61508, http://www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=FNC_TNLSFT_Y&srch=1&sr=4&pageNum=1
- [13] Infineon Introduces Dual-Sensor Package Devices for Safety Critical Automotive Applications; Redundant Sensor Architecture Supports ASIL D Systems and Helps Shrink System Footprint and Reduce Cost, http://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2014/INFAT_V201410-003.html
- [14] Growing number of ecus forces new approach to cars electrical architecture, <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-technology/growing-number-of-ecus-forces-new-approach-to-car-electrical-architecture/45039/>
- [15] This Car Runs on Code, <http://spectrum.ieee.org/transportation/systems/this-car-runs-on-code>
- [16] The Changing Automotive Environment: High-temperature Electronics, <http://electroi.com/blog/2004/05/the-changing-automotive-environment-high-temperature-electronics/>
- [17] Circuit Reliability for the Auto Industry, http://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1322554
- [18] Temperature Grades and Associated Temperature Ranges, <http://www.altera.com/devices/common/ind/ind-temp.html#table1>
- [19] Automotive Electronics Council, <http://www.aecouncil.com/AECDocuments.html>
- [20] Mentor Graphics, Calibre PERC datasheet, <http://go.mentor.com/PERC-ds>
- [21] Using Static Voltage Analysis and Voltage-Aware DRC to Identify EOS and Oxide Breakdown Reliability Issues, 2013 EOS/ESD Symposium, Matthew Hogan, Sridhar Srinivasan, Dina Medhat, Ziyang Lu, Mark Hofmann, <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&number=6635948&tag=1>
- [22] T. Smedes, et al., "A DRC-Based Check Tool for ESD Layout Verification", EOS/ESD 2009, pp 4A.2-1 - 4A.2-9
- [23] P. Gibson, et al., "A Framework for Logic-Aware Layout Analysis", ISQED 2010, pp171-175
- [24] Volker Meyer zu Bexten, Markus Tristl, Goeran Jerke, Holger Todt, Hartmut Marquardt, Dina Medhat, "Physical Verification Flow for Hierarchical Analog IC Design Constraints", ASP-DAC 2014, in process