

백서

소형 위성 응용분야에서의 절연형 CAN 버스

스티브 싱어(Steve Singer), Staff Marketing Engineer, Intersil Space and High Reliability Products,
Renesas Electronics Corp.

2019 년 2 월

초록

직렬 통신은 복잡한 신호 처리 및 통신 시스템에 있어 중요한 요소이며 직렬 버스는 지난 수십 년 동안 위성 설계에 사용되어 왔다. 하지만 현대의 소형 위성 응용분야에서 CAN(Controller Area Network: 계측 제어기 통신망) 버스는 RS-422 와 RS-485 와 같은 구형 버스 시스템을 대체하기 위해 그 사용이 증가되고 있다. CAN 버스는 공급 전압과 공통 모드 전압을 낮추는 등 구형 표준에 비해 몇 가지 장점을 가지고 있어 마이크로 컨트롤러와 같은 최신 컨트롤러와 쉽게 인터페이스가 가능하다. 대부분 고전압 과도 상태로부터 시스템을 보호하고 그라운드 루프(ground loop) 예방을 위해 절연형 CAN 버스가 사용되고 절연형 직렬 버스는 절연막(isolation barrier)을 넘어 전원과 데이터 신호를 전달한다.

소개

소형 위성의 개요

소형 위성은 우주 위성 시장에서보다 핵심 분야로 부상하고 있으며 2019 년에는 1,000 여 개의 소형 위성이 발사될 전망이다. 많은 위성 회사들은 "메가 별자리(Mega-Constellations)"라고 알려진 위성을 설계 및 제작하기 시작했으며 이는 저궤도(LEO)에서 수백 개의 인공 위성을 비행시킬 수 있는 위성 시스템을 말한다. 기존 위성의 임무 기간이 15 년 이상인데 반해 이들 위성 대부분의 임무 기간은 5 년 미만이다. 이들 위성은 주로 통신용으로 사용되지만 과학 탐사와 지구 관측과 같은 다른 용도로 사용되기도 한다.



소형 위성은 기존 위성 시장에서 중요한 변화를 의미한다. 먼저, 명칭에서 알 수 있듯이 소형 위성은 훨씬 적은 부피와 무게를 가진다. 일반적으로 500kg의 질량을 갖는 것으로 정의되며 소형 위성의 또 다른 핵심 요소는 비용 절감이다. 100 개 이상 위성으로 별자리를 만들기 위해서는 이들 각각의 총 비용이 기존의 위성보다 훨씬 낮아야 한다. 이러한 크기와 비용의 제약으로 인해 표준 Class V와 QML 내방사선 제품을 사용하여 위성용 전자 장치를 제작하는 것이 어려워졌다. 문제는 대부분의 이러한 소형 위성들은 상용 기성제품(COTS)으로는 충족시킬 수 없는 품질 요건 및 방사선 내성을 요구한다는 것이다.

소형 위성 분야에서 CAN 버스의 활용

CAN 버스 프로토콜은 자동차 통신 시스템용으로 개발되어 광범위하게 사용되는 직렬 인터페이스로 마이크로 컨트롤러나 FPGA와 같은 다른 처리 장치들 간에 통신을 구현해 주는데 최적화되어 있다. CAN 버스는 직렬 통신 링크로 서로 다른 지점을 연결해주는 경로의 수를 최소화시킬 수 있다. CAN 버스는 최대 1Mbps 데이터 속도를 지원하며 2 선 인터페이스 모드를 사용한다. 통신의 직렬 방식은 병렬 방식에 비해 회로 보드 공간을 적게 차지하여 전체 시스템 영역을 줄여주기도 한다. 또한 단일 CAN 버스가 다수의 CAN 트랜시버를 지원할 수 있으며 절연형 CAN 버스는 우주 환경의 중이온으로부터 발생하는 SEE(Single Event Effect) 현상 등 버스에 유기된 과잉 전압으로부터 보호해주는 기능도 제공한다.

여기에서는 절연형 CAN 버스와 관련하여 Renesas 사의 Radiation-Tolerant Plastic ISL71710M Active Digital Isolator 와 ISL71026M Can Transceiver 에 대하여 살펴보고자 한다. 이 제품들을 함께 사용하면 회로 보드에서 차지하는 면적을 줄여 완전히 절연된 CAN 버스 노드를 만들 수 있다. 특히 회로 보드의 크기와 면적이 제한된 소형 위성 응용분야에서는 이러한 공간 절약이 매우 중요한 요소로 작용한다.

CAN 버스의 소개

CAN 버스 인터페이스

CAN 버스는 최대 1Mbps 의 데이터 속도를 지원하는 2 선 직렬 통신 표준으로 물리 계층과 데이터 링크 계층을 사용한다. 물리 계층은 공통 모드 노이즈 제거를 제공하는 차동 입력단(differential pair)이고 데이터 계층은 물리 계층을 따라 전송되는 신호를 정의해준다.

네트워크상의 각각의 CAN 컨트롤러는 버스 충돌을 방지하기 위한 고유 ID 를 가지고 있으며 이를 위해 네트워크의 모든 CAN 컨트롤러가 모든 비트를 동시에 샘플링 해야 한다. 마스터 클럭이 없는 상태에서도 CAN 버스 네트워크는 동기 방식으로 간주될 수 있다.

물리 계층 구현을 위해 CAN 버스는 CANH 버스 라인과 CANL 버스 라인 사이에 차별적으로(각각) 배치된 $RL = 120\Omega$ 저항을 필요로 한다. 버스는 버스 양단에 RL 을 배치해야 하는데, 이는 적합한 신호 강도를 구현하기 위해 CAN 버스의 첫 번째 노드와 마지막 노드가 RL 을 가져야 함을 의미한다. CAN 버스의 열성 전압(recessive state voltage)은 약 2.3V 이며 우성 상태(Dominant state)에서 CANH 는 약 3V 까지 올라가고 CANL 은 약 1V 까지 내려간다.

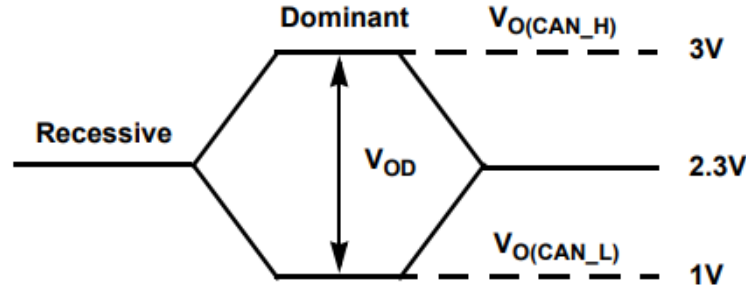


그림 1: ISL71026M의 우성 및 열성 출력 상태

노드의 정의 및 계층

네트워크상의 각 노드는 세 가지 요소를 필요로 한다. 첫 번째는 마이크로 컨트롤러나 FPGA, 마이크로 프로세서와 같은 처리장치다. 둘째는 데이터를 CAN 버스에 적합한 형태로 포맷시켜주는 CAN 컨트롤러이고 마지막으로 노드는 트랜시버를 필요로 한다. 이는 CAN 버스의 전압을 충족시켜주고 컨트롤러 전압과 버스 전압 간에 변환을 구현해주는 물리 인터페이스다.

CAN 프로토콜은 신호방식에 있어 세 가지 추상화 계층을 가지고 있다. 애플리케이션 계층은 메시지 필터링과 함께 메시지 및 상태를 처리하고 전송 계층은 비트 타이밍과 동기화, 메시지 프레임링(framing), 조정, 오류 감지를 담당한다. 물리 계층은 CAN 버스의 전기적 특성을 정의하는데 CAN 버스의 신호 계층은 일반적으로 CAN+와 CAN-라고 하며 차동 입력단(differential pair)을 형성한다.

CAN 버스 네트워크

CAN 버스 인터페이스를 사용하면 여러 노드를 단일 버스에 연결할 수 있다. CAN 버스 프로토콜은 최대 30 개의 노드를 지원하기 때문에 30 개의 노드 모두가 동일한 버스를 공유할 수 있는 장점이 있다. 수신지 주소(destination address)는 버스 자체를 통해 전송되므로 SPI 버스를 사용할 때 요구되는 선택 라인을 사용할 필요가 없다.

CAN 버스 네트워크는 분산 컴퓨팅 어플리케이션에서 효과적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 위성 페이로드에는 페이로드 보드 전역에 분산되어 있는 여러 개의 환경 또는 위치 센서가 있을 수 있다. 서로 다른 CAN 버스 노드 간 통신을 구현하기 위해 절연형 CAN 버스를 사용하면 센서 및 위치 데이터를 효율적으로 전송할 수 있으며 CAN 컨트롤러를 보호할 수 있다. 특히 대부분 많은 경우에 있어서, CAN 컨트롤러는 비용이 높거나 중요한 구성요소이기 때문에 CAN 컨트롤러를 효과적으로 보호해야 한다.

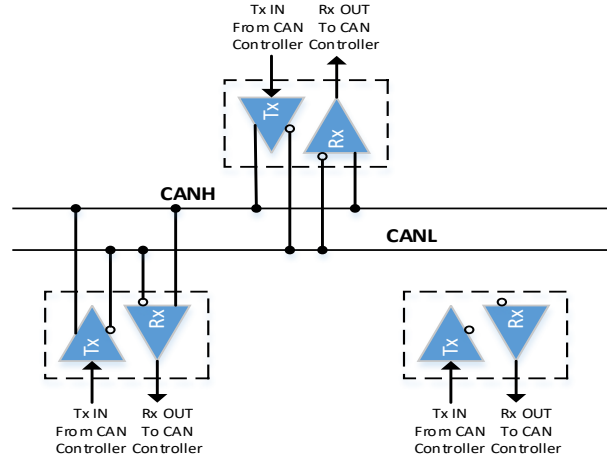


그림 2: 다수의 노드가 있는 CAN 버스 네트워크

내방사선 절연 플라스틱 CAN 솔루션

Renesas 사의 내방사선 플라스틱 제품 소개

Renesas 는 현재 소형 위성 애플리케이션 용으로 특수 설계된 제품 포트폴리오를 보유하고 있다. 이들 제품은 자동차 용 반도체 제품과 유사한 COTS 구성 요소보다 더 높은 수준의 품질을 갖추고 있으며 내방사선 검사를 통과한다. 이들 제품은 COTS 부품들 보다 더 높은 레벨의 품질을 가져서 자동차용 반도체 제품들과 유사한 등급이다. 추가로, 이 포트폴리오 제품들은 방사선 내성을 위해서 선택이 된(Screened) 것들이다. 특히 모든 제품에 대한 방사선 데이터가 데이터 시트 양식으로 제공된다.

ISL71026M 은 위에서 설명한 내방사선 Plastic Flow 의 외형을 따르는 현재 출시된 CAN 트랜시버다. 최대 1Mbps 의 데이터 전송률을 가진 3.3V 내방사선 CAN 트랜시버로 아래 그림 3 은 ISL71026M 의 애플리케이션 다이어그램을 보여준다.

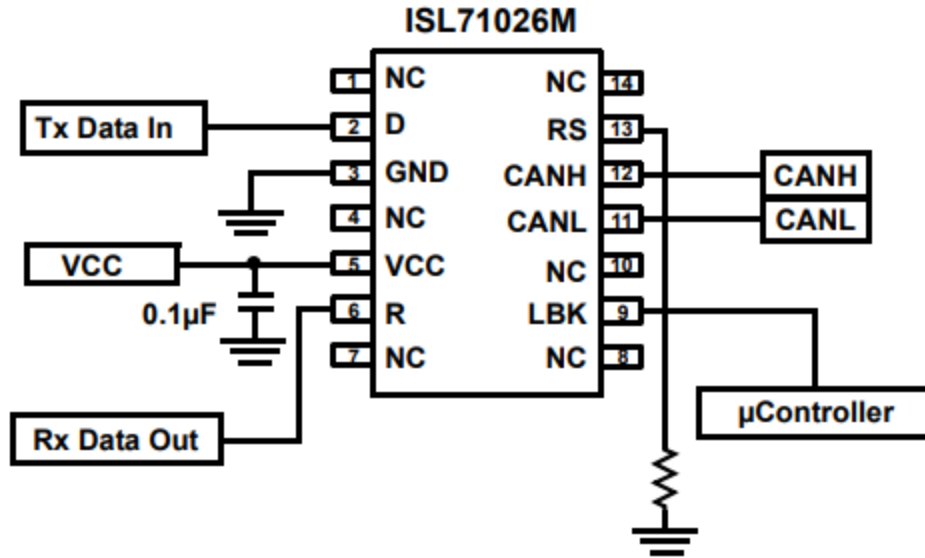


그림 3: ISL71026M의 애플리케이션 다이어그램

ISL71710M은 내방사선 Plastic flow를 따르는 현재 출시된 Active Input Digital Isolator이다. ISL71710M은 GMR(Giant Magneto Resistive) 효과 원칙에 따라 동작하는 절연 기술을 사용한다. 이 기술은 효율적인 디지털 절연을 가능하게 해주며 특히 낮은 IQ current를 가지고 있고 EMI 장애가 없으며 시간이 지나도 광학장치가 저하되는 현상(optics graying)이 발생하지 않는다. GMR 기술은 입력부 측에 코일을 사용하여 작동한다. 여기에 사용되는 코일은 통전되어 입력 버퍼에 의해 동작하고 극성은 버퍼의 출력 상태를 따른다. 이 통전된 코일은 절연막을 전체에 전기장을 생성하고 GMR 소자의 저항 변화를 유도하고 저항이 바뀌면 출력에 따라 상태도 변경된다. 아래 그림 4는 GMR 기술을 보여준다.

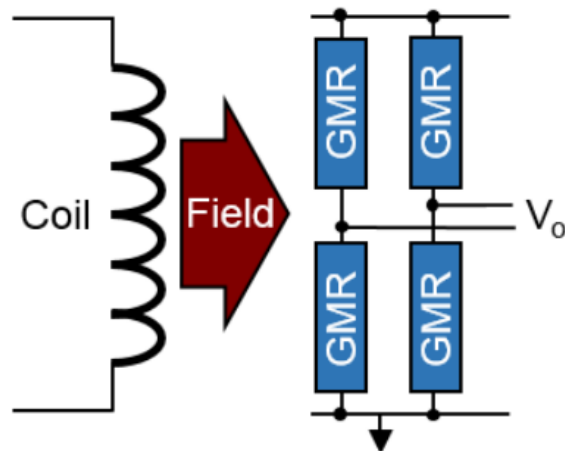


그림 4: ISL71710M GMR 기술 다이어그램

ISL71710M 와 ISL71026M 를 사용하여 절연형 CAN 버스 생성

ISL71710M 은 ISL71026M 과 같은 CAN 트랜시버와 함께 사용하여 완전 절연형 CAN 버스를 만들 수 있다. 여기에서 ISL71710M 디지털 절연기는 CAN 컨트롤러, 즉 MCU 와 CAN 트랜시버 사이에 위치시켜야 한다. 이를 통해 민감한 마이크로 컨트롤러 전원을 CAN 버스 전원으로부터 완전히 절연시킬 수 있다. ISL71710M 은 본질적으로 데이터 신호를 절연하지만 ISL71710M 와 CAN 컨트롤러의 전원 공급 또한 분리되어야 한다. 이들을 단순히 연결하면 디지털 절연기 사용의 장점이 없어진다. 절연형 CAN 버스 회로의 애플리케이션 다이어그램은 아래 그림 5 와 같다.

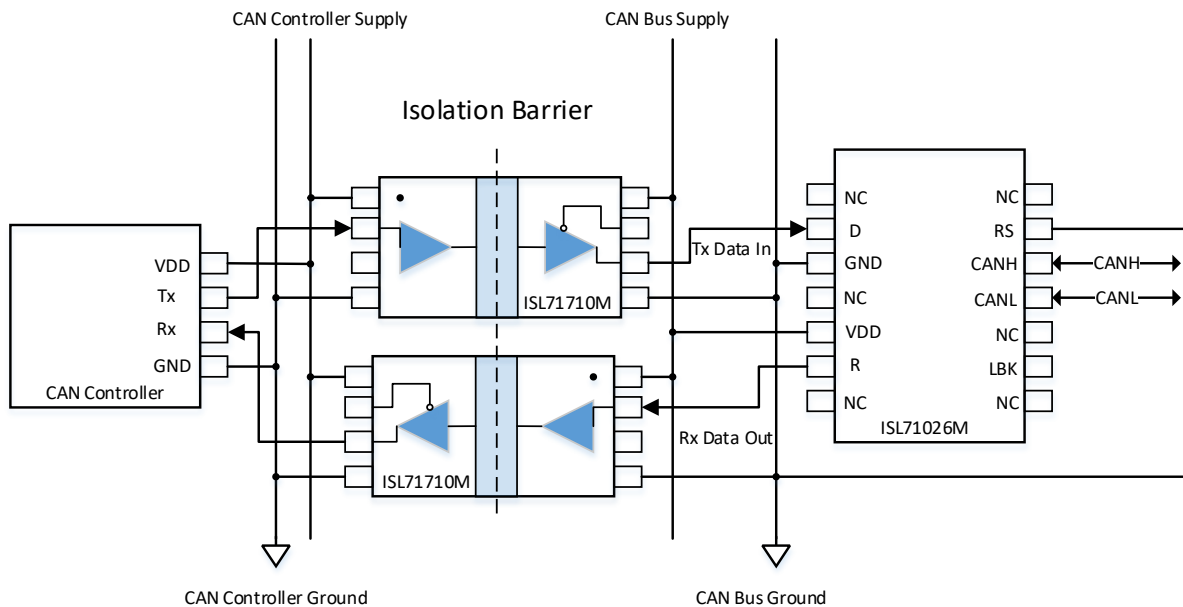


그림 5: ISL71710M 과 ISL71026M 을 사용한 절연형 CAN 버스

공간 절약

앞에서 설명한 것처럼, 소형 위성 응용분야에서 회로 보드의 공간은 매우 중요한 요소로 작용하기 때문에 반도체 제조사는 소형 위성 제조사의 이러한 요구를 충족시켜야 한다. Renesas Radiation-Tolerant Plastic Flow 를 사용하면 절연형 CAN 버스 솔루션의 크기를 크게 줄일 수 있다. 아래 표 1 을 살펴보면 밀폐형 패키지 형태의 절연형 CAN 버스 솔루션을 비교할 수 있다.

제조사	CAN 트랜시버 사이즈	디지털 절연기 사이즈
Renesas RT Plastic	20mm ²	20mm ²
Renesas QML ₁	45mm ²	20mm ²
공급사 A	49mm ²	제공 불가
공급사 B	제공 불가	77mm ²
공급사 C	19.5mm ²	제공 불가
공급사 D	255mm ²	제공 불가

표 1. 절연형 CAN 버스 솔루션 사이즈 비교

주: 표는 제조사에서 제공하는 데이터 시트를 기반으로 작성됨.

각주 1: Renesas 사에서는 플라스틱 패키지 형태의 디지털 절연기만 제공.

비용 절감

ISL71710M 과 ISL71026M 은 플라스틱 패키지 형태로 제공되기 때문에 일반적인 우주 분야 제품의 비용이 크게 절감되었다. 또한 우주 반도체 분야에서 표준 Class V 플로우는 생산 단계에서 육안 검사, 방사선 촬영, 100 % 번인(Burn-in), 100 % 온도 순환 등 수많은 테스트를 거치기 때문에 비용이 크게 증가한다. Renesas 사는 이러한 인라인 생산 테스트 절차를 제거하여 비용을 절감시켰다.

Renesas 사의 내방사선 플라스틱 포트폴리오에 대한 자세한 정보는 아래 링크에서 확인할 수 있다.

요약

소형 위성 응용분야에서 절연형 CAN 버스를 사용하면 CAN 컨트롤러의 민감한 전자 장치를 보호할 수 있고 Renesas 사의 내방사선 플라스틱 제품을 사용하면 공간과 효율적인 IC footprints 의 비용 절감 효과를 동시에 얻을 수 있다.

Design Tools

평가 보드 및 사용자 설명서

ISL71710M 과 ISL71026M 은 평가 보드와 상세한 고객용 테스트 및 평가 설명서가 제공된다. 평가 보드의 사진은 아래 그림 6 과 7 을 통해 확인할 수 있다.

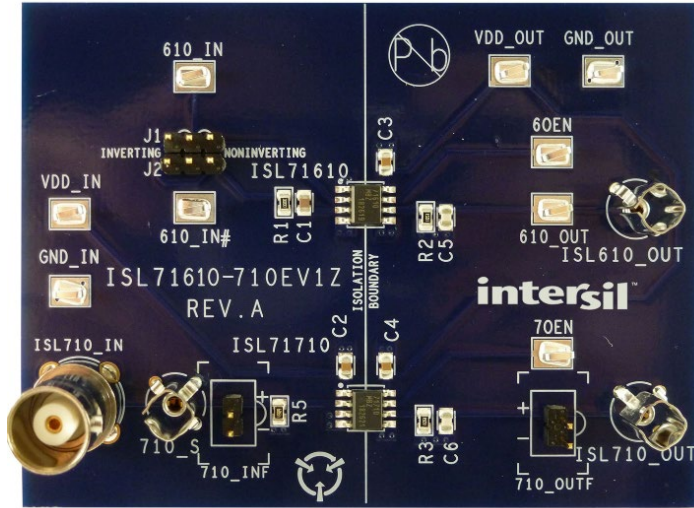


그림 1: ISL71710M 평가 보드

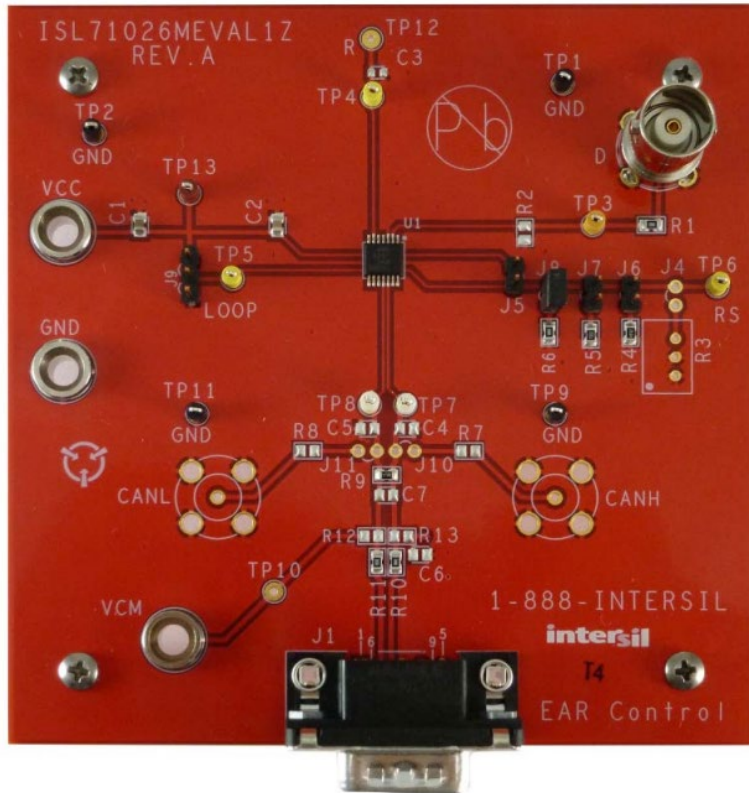


그림 2: ISL71026M 평가 보드

추가 자료

아래 링크를 방문하면 우주 내방사선 플라스틱 제품에 대한 기타 온라인 자료와 ISL71710M 과 ISL71026M 를 확인할 수 있다.

ISL71710M 개요:

<https://www.renesas.com/products/space-harsh-environment/rad-tolerant-digital/rt-isolators/device/ISL71710M.html>

ISL71710M 데이터 시트:

<https://www.renesas.com/www/doc/datasheet/isl71710m.pdf>

ISL71710M 평가보드 사용자 설명서:

<https://www.renesas.com/www/doc/guide/isl71610-710ev1z-user-guide.pdf>

ISL71206M 개요:

<https://www.renesas.com/products/space-harsh-environment/rad-tolerant-analog/rt-can-bus-transceivers/device/ISL71026M.html>

ISL71026M 사용자 설명서:

<https://www.renesas.com/www/doc/guide/isl71026meval1z-user-guide.pdf>

백서:

<https://www.renesas.com/doc/whitepapers/rad-hard/powering-small-satellite-constellations-with-plastic-ics.pdf>

© 2019 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. 모든 상표와 상호는 해당 소유권자의 상표입니다. REA 에서는 본 자료에 포함된 정보의 정확성을 신뢰하나 그 품질이나 사용에 대해서는 어떠한 책임도 지지 않습니다. 모든 정보는 있는 그대로 제공되며 상품성, 특정 용도 또는 권리 침해 여부에 대한 적합성 등에 대해 어떠한 명시적 또는 묵시적, 법적 보증이나 거래 또는 사용에 대한 보증도 하지 않습니다. REA 는 본 자료에 포함된 정보의 사용 또는 이로 인해 발생하는 직간접적, 특수적, 결과적, 부수적 또는 기타 손해에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. REA 는 사전 공지 없이 본 자료에 포함된 제품의 생산을 중단하거나 본 자료에 명시된 제품 설계나 사양, 기타 정보를 수정할 수 있습니다. 본 자료의 모든 내용은 미국과 국제 저작권법의 보호를 받습니다. 본문에서 달리 명시한 경우를 제외하고는 본 자료의 어떠한 부분도 Renesas Electronics America Inc.의 사전 서면 동의 없이 어떠한 형식이나 수단으로든 복제할 수 없습니다. 방문자 또는 사용자는 본 자료를 어떠한 공공 또는 상업적 목적으로도 수정, 배포, 출판, 전송하거나 이를 기반으로 작업물을 생성할 수 없습니다.