

## Application Note

# TPS61094 기반 태양광 발전 애플리케이션용 MPPT 및 부스트 컨버터를 적용한 벡 충전기



Jing Ji, Jiaqi Wang

## 추상

예를 들어, 재생 불가능한 에너지의 소비가 늘어남에 따라 석유 및 생태환경, 에너지 수확, 태양 에너지 개선의 긴급성이 전 세계적으로 화두가 되었습니다. 더 많은 제품이 전력 자원으로 태양열을 선택합니다. 태양 전지로 구동되는 일반적인 시스템에는 태양 전지 패널, 에너지 저장 요소, 슈퍼캡 또는 NiMH 배터리와 유사한 장치, 태양광 패널에서 에너지 저장 요소를 충전하기 위한 DC/DC 장치, 그리고 출력 전압을 조절하기 위해 다른 DC/DC 장치가 포함됩니다. 그 결과는 태양 에너지(5W 미만)에 의해 구동 시스템에 특별히 설계되었습니다. 벡 CC/CV 기능은 슈퍼캡 또는 NiMH 배터리와 유사한 에너지 저장을 잘 충전할 수 있도록 합니다. 이 결과 TPS61094의 양방향 벡 또는 부스트 기능을 사용하여 MPPT(최대 전력 지점 추적)를 거의 실현할 수 있습니다. 그리고 TPS61094는 60nA 초저 IQ 부스트 컨버터를 통합하여 태양광 에너지가 강하거나 약하더라도 출력 전압을 조절합니다.

## 목차

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1 태양 전지 및 MPPT 소개.....              | 2 |
| 1.1 기존 MPPT 솔루션.....                | 2 |
| 2 태양 전지가 있는 일반적인 시스템.....           | 3 |
| 2.1 일반 소개.....                      | 3 |
| 2.2 특정 완제품.....                     | 3 |
| 3 TPS61094 솔루션.....                 | 4 |
| 3.1 슈퍼캡 및 배터리 설계.....               | 4 |
| 3.2 태양광 패널 설계.....                  | 4 |
| 3.3 TPS61094 설명 및 동작.....           | 4 |
| 3.4 시스템 솔루션.....                    | 5 |
| 4 TPS61094 솔루션을 기반으로 한 테스트 보고서..... | 7 |
| 4.1 테스트 파형.....                     | 7 |
| 5 참고 문헌.....                        | 8 |

## 그림

|  |   |
|--|---|
| 그림 1-1. 태양 전지의 VI/VQ 곡선.....                 | 2 |
| 그림 2-1. TPS61094 전원 공급 장치의 시스템 블록 다이어그램..... | 3 |
| 그림 3-1. 다른 환경에서 태양광 패널의 V-P 곡선.....          | 4 |
| 그림 3-2. TPS61094의 일반적인 적용.....               | 5 |
| 그림 3-3. 주요 두 작동 상태 전환.....                   | 5 |
| 그림 3-4. MPPT를 실현하는 일반적인 파형.....              | 6 |
| 그림 4-1. 강한 조명 조건에서 슈퍼캡 충전.....               | 7 |
| 그림 4-2. 강한 빛과 20mA 부하 작동 파형.....             | 7 |

## 표

|                            |   |
|----------------------------|---|
| 표 2-1. 트래커 시스템 요구 사항.....  | 3 |
| 표 3-1. EVM 보드의 테스트 설정..... | 5 |

## 상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

## 1 태양 전지 및 MPPT 소개

태양 전지는 물리적 및 화학적 현상인 태양광 효과에 의해 빛의 에너지를 직접 전기로 변환하는 전기 장치입니다. 일반적인 단일 접합부 실리콘 태양 전지는 약 0.5V~0.6V의 최대 개방 회로 전압을 생성할 수 있습니다. 개별 태양 전지 장치는 종종 광발전 모듈의 전기 구성 요소입니다. 가장 일반적으로 알려진 태양 전지는 실리콘으로 만들어진 대형 영역 p-n 접합부로서 구성됩니다.

개방 회로 전압 및 단락 회로 전류는 태양열 패널의 가장 중요한 매개 변수입니다. 일반적으로, 작동 전압 및 전류는 부하 저항에 따라 달라집니다([리튬 이온 배터리를 위한 단일 셀 태양광 패널에서 에너지 하베스팅 레퍼런스 설계](#)). 그림 1-1에서는 태양 전지의 VI/VQ 곡선인 다른 부하에 해당하는 작동 전류와 전압을 보여줍니다.

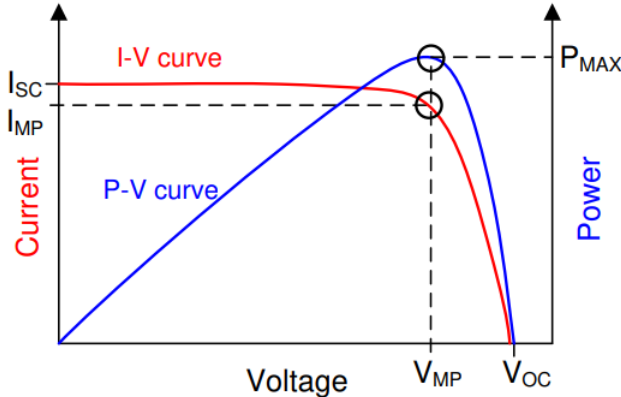


그림 1-1. 태양 전지의 VI/VQ 곡선

다른 조명 조건에서 동일한 태양광 패널은 다른 부하에 따라 다른 최대 출력을 가지고 있습니다. 태양광 패널을 조절을 통해 최대 전력 지점에서 작동하는 것이 중요합니다. 최대 전력 지점 추적은 다양한 전력원과 함께 사용되어 조건이 변함에 따라 에너지 추출을 극대화하는 기술입니다. 조건이 변할 때 에너지 추출을 극대화합니다. MPPT가 해결하는 핵심 문제는 태양광 전지에서 전력 전달의 효율성은 사용 가능한 햇빛의 양, 태양 전지 패널 온도 및 부하의 전기적 특성에 따라 다르다는 것입니다. 이러한 조건이 변함에 따라 최고의 전력 전송을 제공하는 부하 특성이 변합니다. 전력 전송을 최고 효율로 유지하기 위해 부하 특성이 변경되면 시스템이 최적화됩니다. 이러한 최적의 부하 특성을 최대 전력 지점(MPP)이라고 합니다. MPPT는 조건이 변함에 따라 부하 특성을 조정하는 프로세스입니다. 광전지 셀에 최적의 부하를 제공하고 다른 장치 또는 시스템에 맞게 전압, 전류 또는 주파수를 변환하도록 회로를 설계할 수 있습니다.

### 1.1 기존 MPPT 솔루션

MPPT를 실현하는 방법에는 교란 및 관찰, 증분 컨덕턴스, 전류 스위, 온도 방법, 정전압([PV 시스템의 최대 PPT 기술에 대한 조사](#))과 같은 여러 가지가 있습니다. 방법에는 각각의 장점과 단점이 있으며, 하드웨어와 알고리즘에 대한 요구 사항이 다릅니다.

그리고 정전압 방법은 이전의 전략 중 하나입니다. 태양 전지의 최대 전력 지점이 일정한 온도 조건에서 거의 동일한 수직선에 있다는 사실을 이용합니다. 컨트롤러는 태양광 패널과 부하 사이에서 출력 전압을 일정하게 유지하여 간단한 MPPT 기능을 실현하는 데 사용됩니다. 안정적인 외부 환경([하이브리드 DEPSO 방법을 사용하여 부분 음영 PV 시스템을 위한 새로운 최대 전력 지점 추적 기술의 시뮬레이션 및 하드웨어 구현](#))을 갖춘 애플리케이션에 적합합니다. 이 애플리케이션 노트는 정전압을 사용하여 시스템에서 MPPT를 실현하는 것입니다.

## 2 태양 전지가 있는 일반적인 시스템

### 2.1 일반 소개

이 솔루션은 주로 태양광 패널을 갖춘 일부 저전력 시스템에 사용하며, 단일 칩 TPS61094를 사용하여 충전 및 방전 기능을 달성합니다. 새로운 세대의 태양광 제품을 위해 배터리 충전이 포함된 복잡한 버전의 MPPT를 설계하고 싶었기 때문에 외부 아날로그 MPPT 회로 없이도 매우 간단합니다. 주요 적합한 애플리케이션은 추적기 및 오류 표시기 등입니다.

### 2.2 특정 완제품

자산 추적기는 작은 공간에 수많은 하위 시스템을 통합합니다. 추적 모듈의 스타일과 기능은 다를 수 있지만, 다양한 센서에서 데이터를 읽거나 GPS 모듈과의 인터페이스(논리 및 번역 사용 사례를 통해 자산 추적기 최적화)와 같은 유사한 디지털 인터페이스 문제를 공유합니다. 이 시스템은 배터리로 구동되어 더 높은 전력 소비와 효율성이 필요합니다. 이 애플리케이션 노트는 예를 들어 추적기를 위해 태양광 패널을 사용하여 추적기를 위한 전원 공급 장치로 사용하고 단일 TPS61094로 MPPT 기능을 실현하는 솔루션을 제안합니다. 그림 2-1에는 일반적인 시스템 다이어그램이 나와 있습니다.

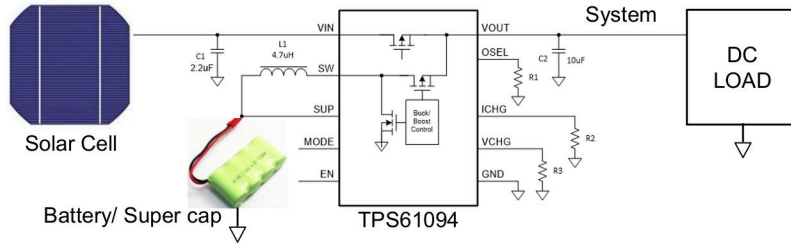


그림 2-1. TPS61094 전원 공급 장치의 시스템 블록 다이어그램

#### 2.2.1 시스템 요구 사항

시스템 요구 사항은 표 2-1에 나와 있습니다.

표 2-1. 트래커 시스템 요구 사항

| 매개 변수    | 가치는    |
|----------|--------|
| 출력 전압    | 3.3 V  |
| 최대 출력 전류 | 100 mA |
| 평균 출력 전류 | 1 mA   |

출력 전력은 이 시스템에서 가장 중요한 매개 변수입니다. 매개 변수는 태양광 패널, 슈퍼 커패시터, MPPT 대상 출력 전압의 선택을 결정합니다.

### 3 TPS61094 솔루션

#### 3.1 슈퍼캡 및 배터리 설계

에너지 저장 요소는 이 시스템을 실현하기 위해 필요한 조건이며, 슈퍼캡 또는 배터리는 여기서 에너지 저장 요소로 사용될 수 있습니다. 이 시스템의 경우 에너지 저장 요소의 용량은 하루 중 어두운 시간 동안 시스템의 전원 공급 장치 요구 사항을 충족해야 합니다. 슈퍼캡 또는 배터리의 선택은 다음 방정식으로 계산할 수 있습니다.

$$C = \frac{2tP_{average}}{\eta(U_{max}^2 - U_{min}^2)} \text{를 위한 직렬 전압 레퍼런스} \quad (1)$$

여기서는 환경 조건 및 시스템 요구 사항에 따라  $\eta \approx 90\%$ 를 선택합니다. 슈퍼캡을 12시간 동안 1mA의 일정한 전력으로 방전할 수 있어야 합니다. [방정식 1](#)에 따라 시스템의 슈퍼캡은 55F 이상이어야 합니다.

#### 3.2 태양광 패널 설계

시스템의 요구 사항에 따라 태양광 패널은 12시간 이내에 정전류로 슈퍼캡을 완전 충전해야 합니다. 동시에 리어 스테이지의 최대 전력 출력을 충족해야 합니다. 출력 전력과 결합하여, 태양 전지 패널의 전력은 출력 전원의 두 배 이상이어야 합니다. 그리고 이 시스템에서는 10mW 이상이 필요합니다.

이 시스템에는 15×15 태양 전지판이 사용됩니다. 실제로, 15×15 태양광 패널의 평균 출력 전력은 6.6mW보다 훨씬 높아야 합니다. 다양한 조명 조건에서 태양 전지판의 V-P 곡선은 [그림 3-1](#)에 나와 있습니다.

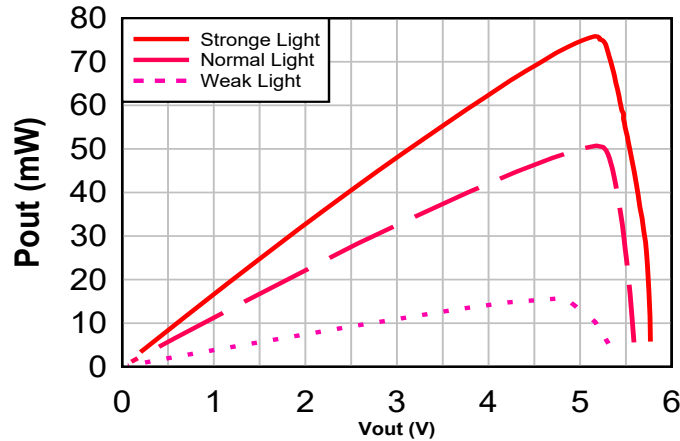


그림 3-1. 다른 환경에서 태양광 패널의 V-P 곡선

태양 전지 패널의 최대 전력 지점은 기본적으로 동일한 전압에서 안정적입니다. 그리고 태양 전지 패널의 힘은 하루 중 대부분의 10mW 이상입니다. 시스템 요구 사항과 결합된 경우 MPPT 지점으로 4.8V가 사용됩니다.

#### 3.3 TPS61094 설명 및 동작

TPS61094는 입력과 출력 사이에 바이패스 스위치가 있는 동기식 양방향 벡/부스트 컨버터입니다. TPS61094가 벡 모드에서 작동하여 슈퍼캡을 충전하면 충전 전류와 충전 터미네이션 전압은 2개의 외부 저항(R3 및 R2)으로 프로그래밍 가능합니다. TPS61094가 부스트 또는 보완 모드에서 작동할 경우 슈퍼캡을 부스트하고 R1에 의해 설정된 프로그래밍된 전압으로 출력 전압을 조정할 수 있습니다. [그림 3-2](#)에서는 TPS61094의 일반적인 적용을 보여줍니다.

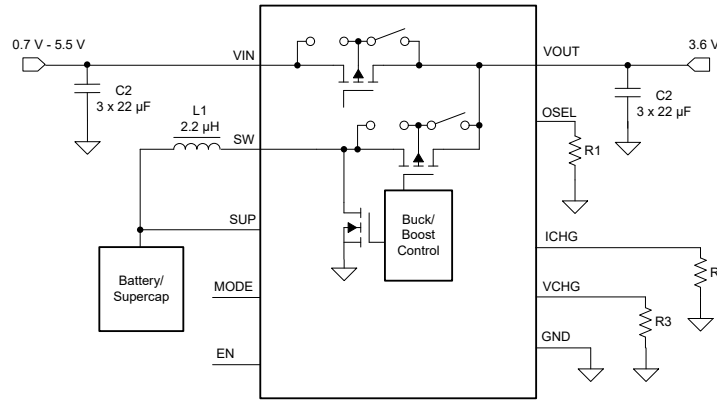


그림 3-2. TPS61094의 일반적인 적용

TPS61094에는 자동 벅 또는 부스트 모드, 강제 벅 모드, 강제 바이패스 모드 및 EN 및 모드 핀에 의해 설정된 실제 셋다운 모드의 네 가지 작동 모드가 있습니다. 고객은 자신의 애플리케이션에 따라 적절한 모드를 선택할 수 있습니다(바이패스 모드를 지원하는 TPS61094 60nA 정동작 전류 양방향 벅/부스트 컨버터).

### 3.4 시스템 솔루션

MPPT 기능을 실현하고 시스템 테스트 시간을 단축하기 위한 것입니다. 이 시스템에서 자동 벅 또는 부스트 모드를 사용 중입니다. 테스트 보드에는 더 작은 슈퍼캡이 사용됩니다. 표 3-1에서는 이 테스트의 설정을 보여줍니다.

표 3-1. EVM 보드의 테스트 설정

| 매개 변수  | 가치는        |
|--------|------------|
| 태양 전지판 | 5.5V 100mW |
| 슈퍼캡    | 3F 2.7V    |
| 목표 전압  | 4.8 V      |
| 충전 전류  | 150 mA     |
| 충전 전압  | 2.7 V      |

시스템의 실현은 주로 큰 전류가 소모될 때 태양 전지판의 전압이 떨어지는 특성을 이용합니다. TPS61094의 자동 벅-부스트 사양과 함께 대상 전압은 4.8V이고 충전 전류는 Impp보다 높은 150mA입니다. 태양 전지의 특성으로 인해 TPS61094 다른 모드 사이를 빠르게 전환합니다. 따라서 출력 전압이 타겟 전압 주변으로 변동하게 됩니다. 그리고 출력 전압은 빛 및 부하에 관계없이 안정적입니다. 이 솔루션은 배터리 충전뿐만 아니라 포스트 단계 전원 공급 장치를 위한 MPPT를 구현합니다. 시스템의 기본 작동 모드가 그림 3-3에 표시됩니다.

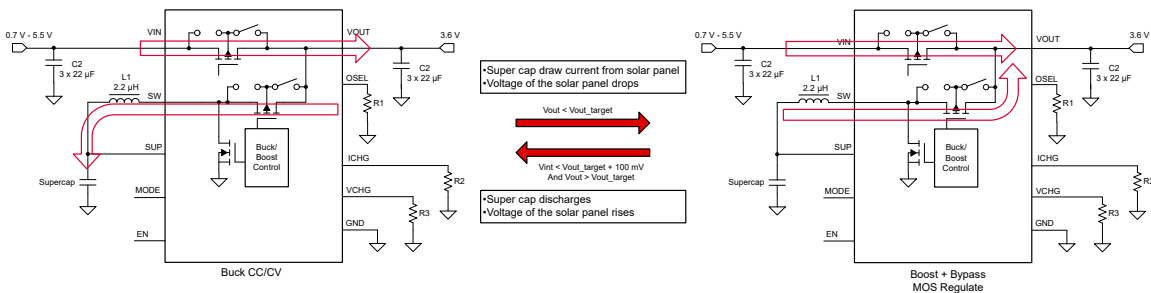


그림 3-3. 주요 두 작동 상태 전환

TPS61094는 벅 모드에서 먼저 작동합니다. SUP 핀에 과부하가 많고 태양 전지판이 이를 유지할 수 없어 출력 전압이 출력 목표 전압보다 낮습니다(OSEL 핀 설정). TPS61094는 벅 모드에서 보완 모드로 전송됩니다. 태양 전지판과 SUP 전력이 함께 부하를 공급합니다.

보완 상태에서 Sup가 충전되지 않았기 때문에 입력 전압은 상승합니다. 그리고 출력 전압은 출력 대상 전압 +100mV보다 더 높을 것입니다. 즉, 태양광 패널이 출력 부하를 지원할 수 있고, TPS61094는 보완 모드에서 벅 모드로 전송됩니다.

그림 3-4에는 시스템의 파형이 나와 있습니다. 노란색 선은 태양열 패널의 단자 전압을 나타내고, 전압은 약 4.8V 전압으로 유지됩니다. 보라색 선은 출력 전압을 나타냅니다. 25Hz 스위칭 리플을 필터링하기 위해 출력과 접지 사이에 47 uF 전해 컵을 추가합니다. 녹색 선은 인덕터의 전류를 나타냅니다. TPS61094는 전류가 양일 때 벅 모드로, 전류가 음수일 때 보완 모드로 제공됩니다. 그 결과는 이 솔루션이 MPPT를 성공적으로 실현할 수 있다는 것을 보여줍니다.

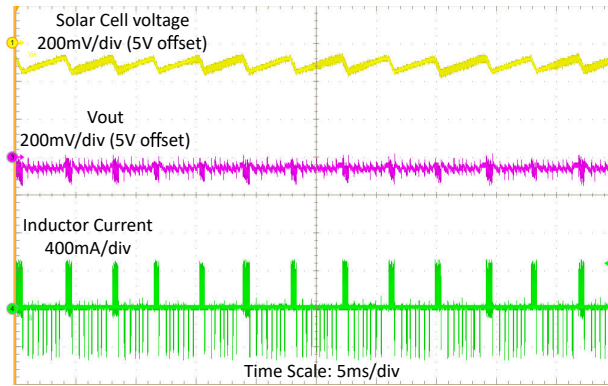


그림 3-4. MPPT를 실현하는 일반적인 파형

## 4 TPS61094 솔루션을 기반으로 한 테스트 보고서

### 4.1 테스트 파형

자연 환경을 충족하기 위해, 시스템 작동 파형은 비교를 위해 다양한 조명 및 부하 조건에서 테스트됩니다.

그림 4-1에서는 강력한 조명 조건에서 슈퍼캡 충전 프로세스를 보여줍니다. 장치가 활성화되면 슈퍼캡이 충전되기 시작했습니다. 스위치 전류는 TPS61094의 모드 스위치를 나타내며, 태양광 패널 전압은 4.8V(MPPT 지점)로 조정됩니다. 그리고 출력 전압이 안정적입니다.

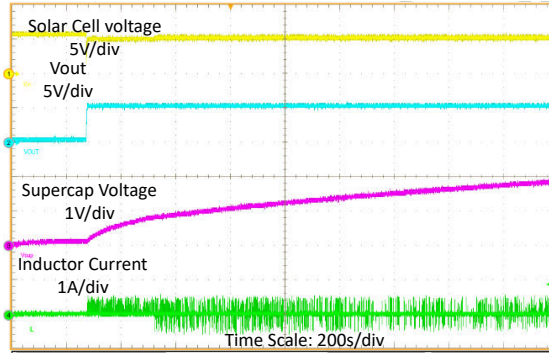


그림 4-1. 강한 조명 조건에서 슈퍼캡 충전

그림 4-1에는 강한 빛 및 20mA 부하 조건에서 작동 파형이 나와 있습니다.

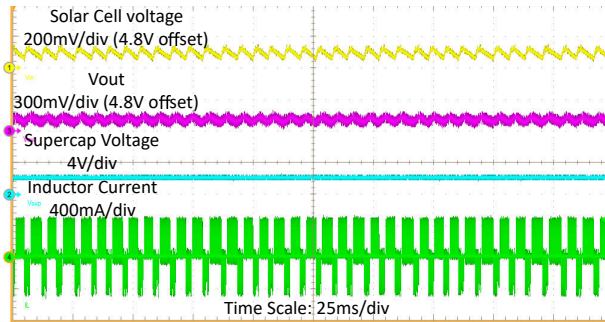


그림 4-2. 강한 빛과 20mA 부하 작동 파형

## 5 참고 문헌

1. 텍사스 인스트루먼트, [리튬 이온 배터리를 위한 단일 셀 태양광 패널의 에너지 하베스팅 레퍼런스 설계](#)
2. IEEE Xplore, [PV 시스템의 최대 PPT 기법에 대한 설문 조사](#), pp. 1 - 17, Ali, Ali Nasr Allah; Saied, Mohamed H.; Mostafa, M. Z.; Abdel- Moneim, T. M. (2012).
3. IEEE Xplore, [하이브리드 DEPSO 방법을 사용하여 부분 음영 PV 시스템을 위한 새로운 최대 전력 지점 추적 기술의 시뮬레이션 및 하드웨어 구현](#). 6 (3): 850 - 862, Seyedmahmoudian, M.; Rahmani, R.; Mekhilef, S.; Maung Than Oo, A.; Stojcevski, A.; Soon, Tey Kok; Ghandhari, A. S. (2015-07-01).
4. 텍사스 인스트루먼트, [로직 및 변환을 사용하여 자산 추적기 최적화 사용 사례](#).
5. 텍사스 인스트루먼트, [TPS61094 60nA 정동작 전류 양방향 벅/부스트 컨버터, 바이패스 모드 데이터 시트](#).



## 중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated