

백서

새로운 USB-C COMBO 백-부스트 배터리 충전기를 사용하여 모바일 컴퓨팅 시스템 성능 최적화하기

Zhigang Liang, Technical Marketing Manager, Battery and Optical Solutions Division, Renesas Electronics Corp.

Ashwini Ravindran, Sr. Applications Engineer, Battery and Optical Solutions Division, Renesas Electronics Corp.

Sungkeun Lim, Applications Engineering Manager, Battery and Optical Solutions Division, Renesas Electronics Corp.

Starry Tsai, Sr. Product Marketing Manager, Battery and Optical Solutions Division, Renesas Electronics Corp.

2018 년 10 월

Abstract

최근 들어 모바일 컴퓨팅 시스템 최적화를 위해 USB-C 포트를 추가하는 것이 점차 각광을 받고 있다. USB-C 로 모바일 컴퓨팅 배터리를 충전하는 것이 새로운 추세가 되었다. USB-C 포트의 사용 증가 추세를 설명하기에 앞서 여기서는 먼저 기존의 USB-C NVDC 백-부스트 충전기의 토폴로지와 장단점을 간략하게 살펴보고 NVDC 와 새로운 하이브리드 전원 백-부스트(HPBB) 모드에서 작동 가능한 Renesas 의 콤보 배터리 충전기 솔루션에 대해 살펴보고자 한다.

소개

USB-C 인터페이스는 우리가 전자 장치, 특히 모바일 컴퓨팅 장치를 충전하는 방식에 혁명을 일으키고 있다. 노트북 등 기존의 모바일 컴퓨팅 장치에는 전원 어댑터용 전용 플러그인(plug-in) 포트가 존재한다. 배터리 충전기는 시스템의 전원 공급 제어와 함께 어댑터가 전용 포트에 연결되면 배터리를 충전하는 역할을 수행한다.

최근 몇몇 모바일 컴퓨팅 장치 제조사에서는 새로운 USB Type-C (USB-C)나 USB PD (USB Power Delivery) 프로토콜을 지원하는 USB 포트를 추가하는 방향으로 옮겨가고 있다. USB-C 는 5V 등 이전 버전의 USB 인터페이스보다 훨씬 높은 수준에서 양방향 전력 흐름을 지원한다. 기본 5V 전압부터 시작하여 USB-C 포트 컨트롤러는 플러그인 된 장치와 조정을 통해 현재 합의된 수준에서 12V 나 20V, 또는 기타 상호 합의된 전압으로 포트 전압을 올릴 수 있다. USB-C 포트의 최대 전력은 5A 전류에서 20V 이며 이는 100W 로 컴퓨터를 충전하기에 충분하다. 결과적으로 USB-C 포트를 이용한 모바일 컴퓨팅 장치의 충전은 전용 전원 어댑터 포트를 이용한 기존 충전 방식과 비교하여 점차적으로 대중화가 되어가고 있는 추세다.

USB-C 백-부스트 NVDC 충전 토폴로지

이 새로운 USB-C 프로토콜은 배터리 팩 전압 및 시스템 버스 전압보다 높거나 낮은 다양한 가변 입력 전압 (V_{in})을 배터리 충전 시스템에 공급하고 이에 따라 백-부스트 컨버터가 가장 유리한 선택이 될 수 있다. 그림 1은 기존의 NVDC(narrow voltage DC) 4 스위치 백-부스트 토폴로지를 단순화시켜 보여주는 다이어그램이다. 이 NVDC 충전기는 백-부스트 컨버터에 속하는 4개의 스위칭 FET와 배터리 및 시스템 전압 버스인 V_{sys} 간의 하나의 BFET로 구성된다. 백-부스트 컨버터는 전용 AC/DC 어댑터나 USB-C 포트에서 입력이 가능하다.

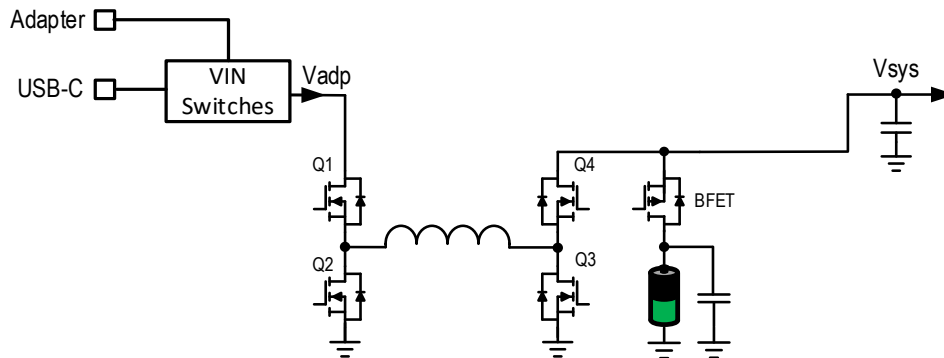


그림 1. 기존 USB-C NVDC 백-부스트 충전기 위상

그림 2는 입력 전력이 있을 때의 전력 경로를 보여준다. 이 모드는 다음과 같이 세 가지 방식으로 동작한다:

- i. 배터리가 완전히 충전된 상태에서는 백-부스트 충전기가 BFET를 끈다. 이 경우 백-부스트 충전기는 필요 전압으로 조정된 V_{sys} 로 출력 전력을 시스템에 공급한다.
- ii. 배터리가 완전히 충전되지 않은 상태에서 백-부스트 충전기가 배터리를 충전하는 경우 BFET가 켜진다. 트리클(trickle) 충전 모드에서 BFET는 포화 영역에서의 선형 레귤레이터(LDO)처럼 동작하고 V_{sys} 는 목표 전압으로 조정된다. BFET가 완전히 켜진 상태에서 충전기가 CC 또는 CV 모드인 경우 V_{sys} 는 V_{bat} 와 동일하다(BFET에서 전압 강하가 없다고 가정). 입력 전원 = 시스템 전원 + 배터리 충전 전원 (입력 전원 > 시스템 전원으로 가정).
- iii. 배터리의 충전 상태 여부에 상관 없이 시스템 전원 > 입력 전원이 되는 즉시 V_{sys} 이 강하가 나타난다. 일반적으로 BFET의 바디 다이오드(body diode)는 $V_{sys} < V_{bat} - V_{drop}$ 인 경우 도통하게 된다. 여기서 V_{drop} 은 0.7V의 바디 다이오드의 전압강하를 의미한다. 그렇지 않으면 보다 정교한 제어로 BFET를 더 빨리 켜서 V_{sys} 를 따라 잡아 지원할 수 있다. 이 두 경우 모두 시스템에 전원을 공급하기 위해 배터리가 방전되고 배터리 전원이 입력 전원과 합쳐진다.

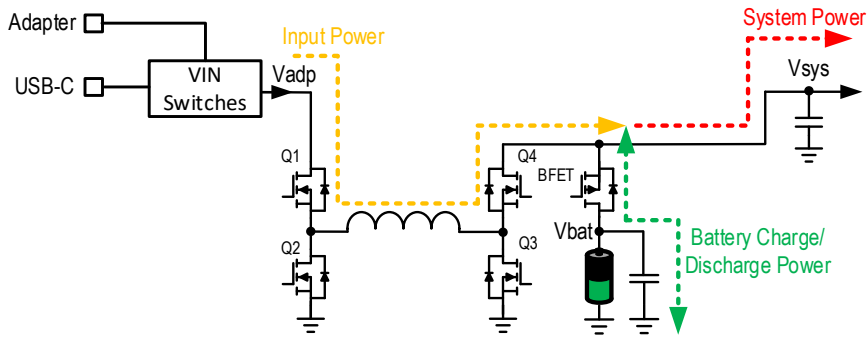


그림 2. 입력 전원이 있는 상태에서 NVDC 벅-부스트 충전기의 전력 경로

그림 3 은 배터리 전용 모드에서의 전력 경로를 보여준다. 이 모드는 BFET 가 강제 켜지고 배터리가 시스템에 항상 전원을 공급하기 때문에 이전 모드보다 상대적으로 단순하다. 이 모드에서 Vsys 는 Vbat 와 같다.

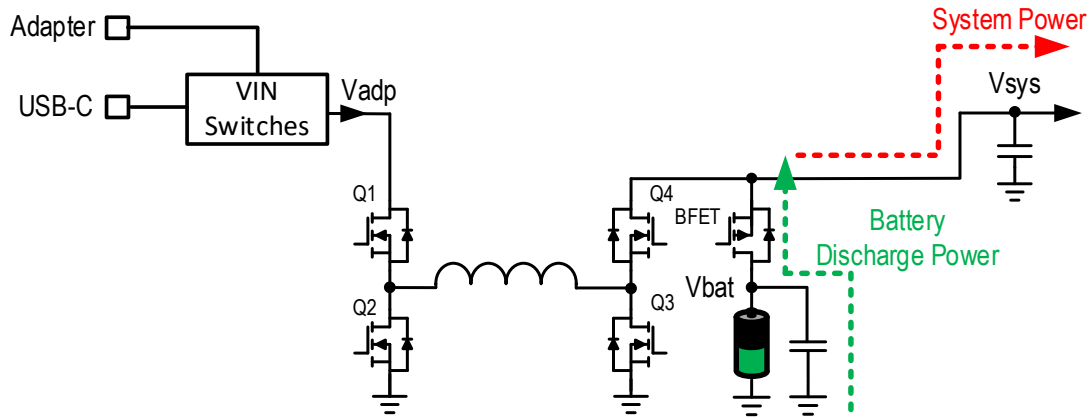


그림 3. 배터리 전용 모드에서 NVDC 벅-부스트 충전기 전력 경로

NVDC 구성의 일반적인 특징 중 하나는 모든 전력이 벅-부스트 충전기를 통해 흐르고 처리되기 때문에 MOSFET 스위칭 및 전도의 손실, 인덕터 코어의 손실, 구리 손실 등으로 인한 전력 손실이 불가피하다는 것이다. 전체 시스템 전력과 충전 전력을 감당할 수 있도록 전력 인덕터의 크기를 올바르게 설정하는 것이 필요하고 이에 따라 더 큰 인덕터가 요구된다. 따라서 NVDC 구성은 예를 들어 60W 이하의 저전력 시스템에 적합하다. 단순한 제어 체계는 NVDC 구성의 또 다른 장점이다. 시스템 전원이 어댑터 전원보다 높은 터보 모드로 시스템이 진입하면 충전기가 어댑터 전류 제어 이외에 다른 것을 제어할 필요가 없다. 배터리는 BFET 을 통해 전류를 방전하여 시스템을 자동 지원한다.

Renesas 의 새로운 하이브리드 전원 벅-부스트(HPBB) 구성

그림 4 는 새로운 HPBB 배터리 충전기 구성을 보여준다. 이 모드에서 입력 전력은 벅-부스트 충전기를 통과하는 대신 바이패스 FET 를 통과한다. 따라서 NVDC 모드에 비해 전력 손실이 크게 감소되고 벅-부스트 충전기가 배터리 충전/방전 전력만 처리하기 때문에 더 큰 인덕터를 필요로 하지 않는다.

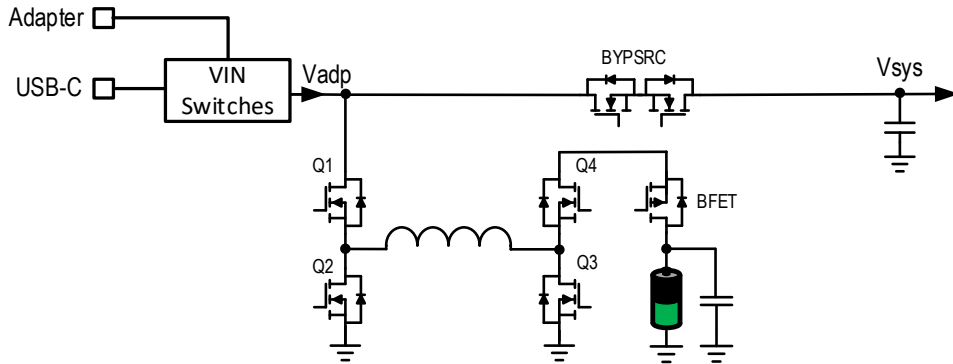


그림 4. Renesas HPBB 벅-부스트 충전기 구성

입력 전력이 있을 때 이 모드는 다음과 같이 두 가지 방식으로 동작한다:

- i. 입력 전력 > 시스템 전력: 이 조건이 충족되면 벅-부스트 배터리 충전기가 시스템에 전원을 공급하지 않는다. 대신 배터리 팩이 완전히 충전되거나 배터리 팩을 충전 중인 경우 벅-부스트 충전기가 대기 모드 상태가 될 수 있다. 그림 5는 HPBB 모드에서 이러한 전력 경로를 보여준다.

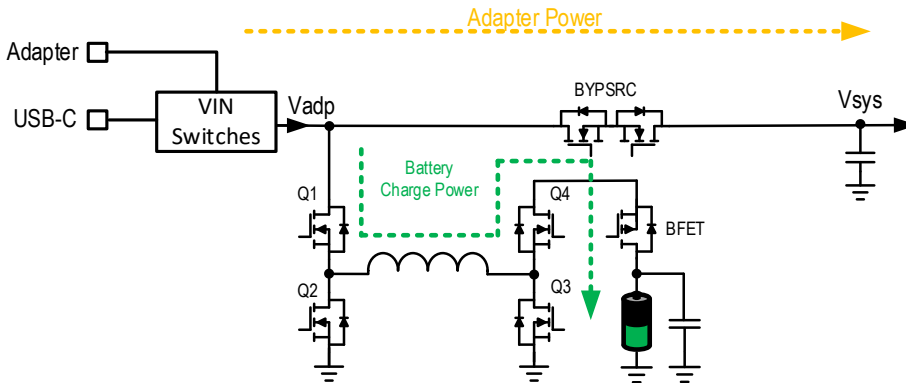


그림 5. Renesas HPBB 벅-부스트 충전기 구성

- ii. 입력 전력 < 시스템 전력: 이 경우 배터리가 방전되어야 하며 에너지를 배터리에서 Vadp 쪽으로 공급하도록 벅-부스트 충전기가 역방향으로 동작한다. 이 모드는 'Reverse Turbo-Boost' 모드라고도 하며 그림 6은 HPBB 모드에서의 전력 경로를 보여준다.

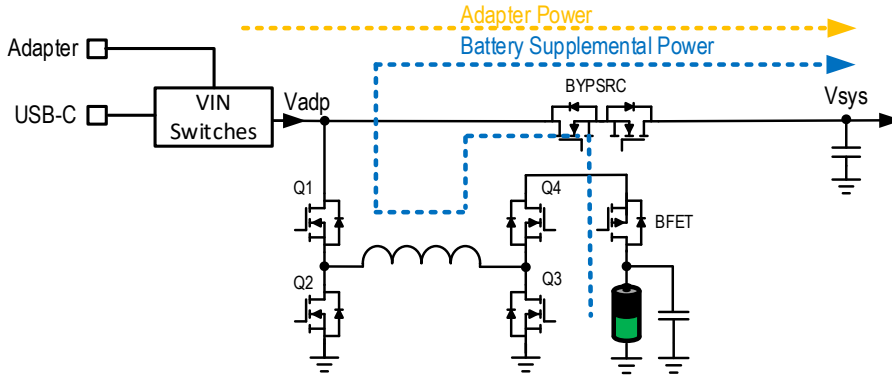


그림 6. 'Reverse Turbo Boost' 모드로 동작하는 Renesas HPBB 벅-부스트 충전기

Renesas ISL9241 '콤보' 벅-부스트 배터리 충전기 소개

ISL9241 은 NVDC 모드에서 자동으로 어댑터 및/또는 배터리를 시스템의 전원 공급원으로 선택한다. 또한 배터리가 시스템에 필요한 나머지 전력을 공급하는 동안 어댑터의 전류를 설정 값으로 제한하기 위해 BGATE FET 를 켜서 터보 모드를 지원한다.

HPBB 모드에서 ISL9241 은 바이패스, 바이패스 + 충전, 역방향 터보 부스트 모드 등을 지원한다.

HPBB 와 NVDC 구성을 모두 허용함으로써 ISL9241 은 설계에 유연성을 더해주고 최적화된 시스템 성능을 제공한다. 이 두 모드는 AC/DC 어댑터 또는 USB-PD 포트의 입력과 같이 서로 다른 전원이 사용될 때 EC(임베디드 시스템 컨트롤러)에서 호스트 펌웨어로 재구성이 가능하다.

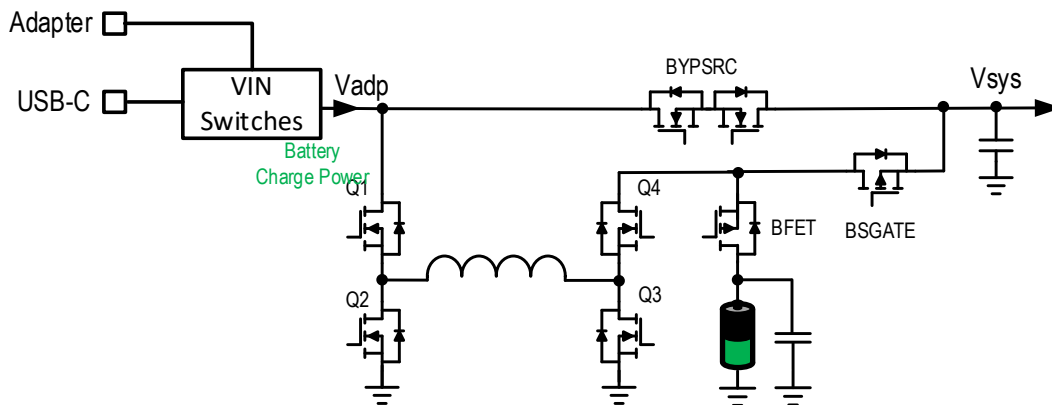


그림 7. NVDC 와 HPBB 구성을 모두 지원하는 ISL9241 콤보 벅-부스트 충전기

ISL9241 은 효율성과 BOM 비용의 최적화를 위해 NFET 만을 사용하여 충전 기능과 시스템 버스 조정, 보호 기능을 제공하고 첨단 Renesas R3™ 기술로 고효율 경부하(light-load) 충전 모드를 구현한다. ISL9241 은 보상회로 재설정을 통해 다중 전력 단계에 최적화된 높은 효율성과 더 작은 인덕터를 가능하게 해준다.

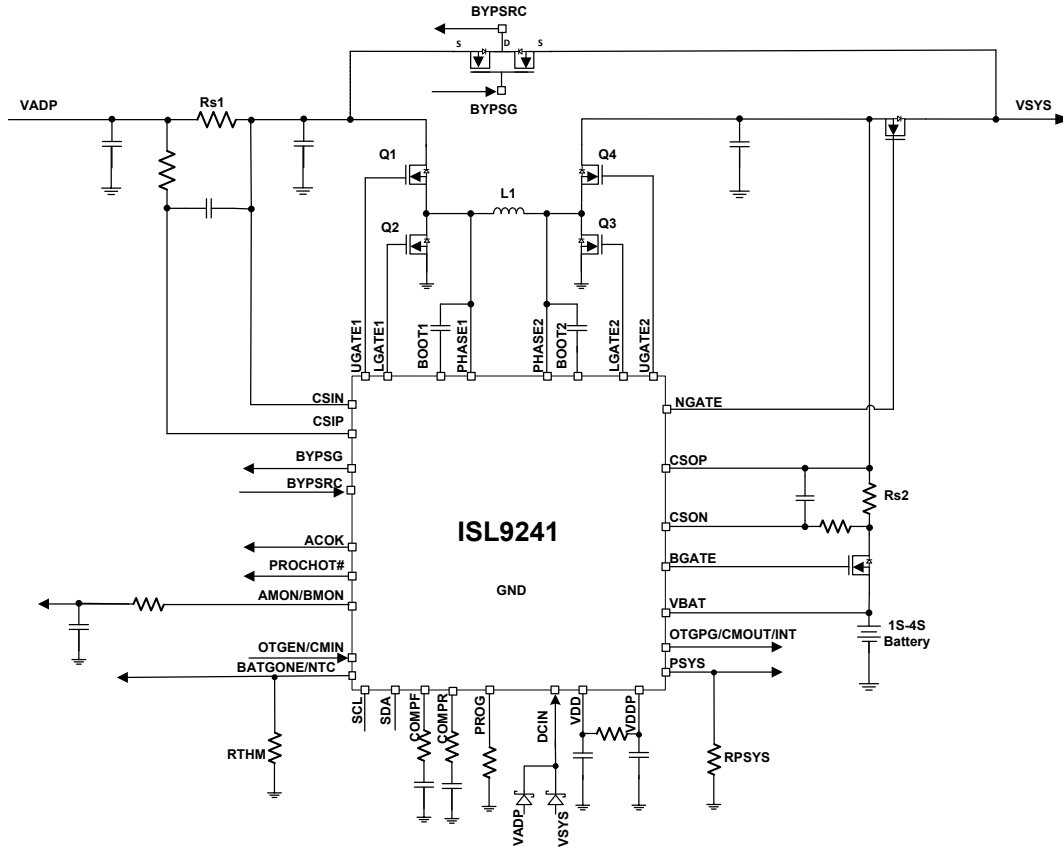


그림 8. ISL9241 콤보 벅-부스트 충전기의 기본 응용 다이어그램

ISL9241은 다양한 DC 전원(기존 어댑터, 여행 어댑터, USB 유형 -C 전원 포트 등)으로부터 입력 전력을 공급받아 4 셀 리튬 이온 직렬 배터리를 가진 배터리 팩까지를 안정적으로 충전할 수 있다. ISL9241은 또한 자동 EOC(end of charging)로 자율 충전을 지원한다. HPBB의 바이패스 모드는 컨트롤러의 펌웨어를 사용하여 어댑터가 시스템에 직접 전원을 공급할 수 있도록 해준다.

ISL9241은 2~4 셀 배터리 팩을 사용하여 어댑터 포트(OTG 모드)로의 역방향 벅, 부스트 또는 벅-부스트 동작을 지원한다. 이를 통해 PPS (Programmable Power Supply) 포트에서 USB-C Power Delivery(PD) 출력을 지원하도록 구성이 가능하다. ISL9241은 배터리나 어댑터로만 동작하거나 둘 다 연결하여 동작할 수도 있다. 어댑터나 배터리 또는 이 둘의 조합으로 시스템에 전원을 공급할 수 있다. Intel IMVP 호환 시스템의 경우 ISL9241에 시스템 파워 (PSYS) 모니터 기능이 포함되며 이는 총 플랫폼 전력을 나타내는 아날로그 신호를 제공한다. PSYS 출력은 IMVP 호환 전력 도메인 기능 제공을 위해 다양한 IMVP 코어 레귤레이터에 연결된다. 또한 프로세서 핫(PROCHOT#) 모니터 기능과 Supplemental Mode(보완 모드)를 지원하여 배터리 전압을 정해진 최소 전압 이상으로 유지시켜 인텔의 VAP(Vmin Adaptive Protection) 요건을 충족한다. ISL9241 직렬 통신은 다수의 주요 매개변수 프로그래밍을 구현하여 맞춤형 솔루션을 제공해주는 SMBus/I²C를 사용한다.

ISL9241은 인터럽트(interrupt)를 통해 동작 상태를 모니터링하고 오류/경고 상태를 통신한다. ISL9241의 통합 8 비트 ADC는 온도 (PCB 와 junction), 어댑터 전류/전압, 배터리 충전/방전 전류, 시스템 버스 전압과 같은 주요 시스템 매개변수의 원격 측정을 구현해준다.

ISL9241의 충전 아키텍처는 재구성이 가능하여 사용자는 멀티 포트 구성을 위해 자유로운 충전기를 활용할 수 있고 시스템의 설계 요건을 충족할 수 있다. 사용자가 USB-PD 3.0 표준과 100% 호환되는 다중 포트 USB-C 시스템을 구축할 수 있도록 다중 포트 USB-C를 지원한다.

ISL9241의 입력 전압 범위는 3.9V~23.4V이며 2~4 셀 배터리 팩의 경우 출력은 3.9V~18.304V(최대 20 V On-The-Go)이고 임베디드 컨트롤러의 통신 없이 자율 충전 및 EOC(충전 종료)가 가능하다. 자동 감지 기능을 사용하면 배터리 잔량이 줄어든 경우 트릭클 충전 모드(trickle charging mode)로 전환할 수 있다. 2 단계 어댑터 전류 제한 설정을 지원하고 배터리 학습 모드(battery learn mode)가 배터리 잔량 게이지를 보정한다. SMBus 나 I²C 인터페이스를 사용하는 프로그래밍 기능은 설계 시 유연성을 더해준다.

Renesas의 디자인 툴

Evaluation Board/User Guide

ISL9241은 고객 테스트와 평가를 위한 상세한 사용자 가이드와 평가 보드가 제공된다. 그림 9는 평가 보드의 사진이다.

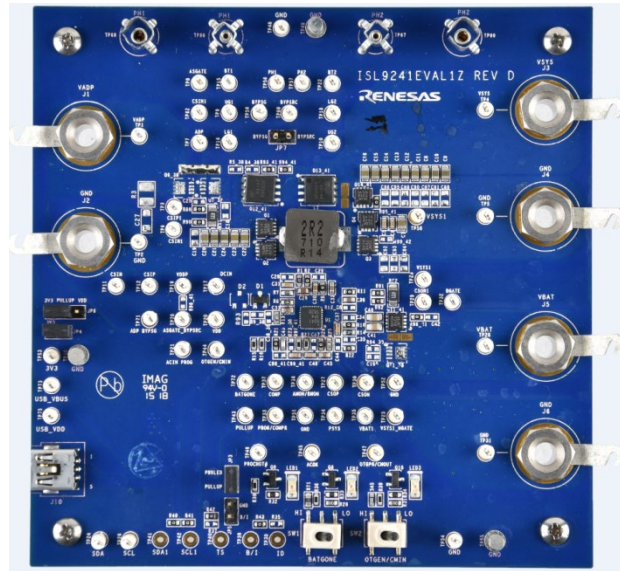


그림 9. ISL9241 평가 보드

ISL9241 GUI

Renesas의 ISL9241 GUI 소프트웨어는 배터리 충전기 설계와 테스트, 디버깅, 마무리 작업을 신속하게 수행할 수 있도록 도와준다. 개발 보드에 연결하여 조작 가능한 다양한 시스템 매개변수와 임계 값을 설정할 수 있다. 그림 10은 ISL9241 GUI 소프트웨어 창의 예시이다.

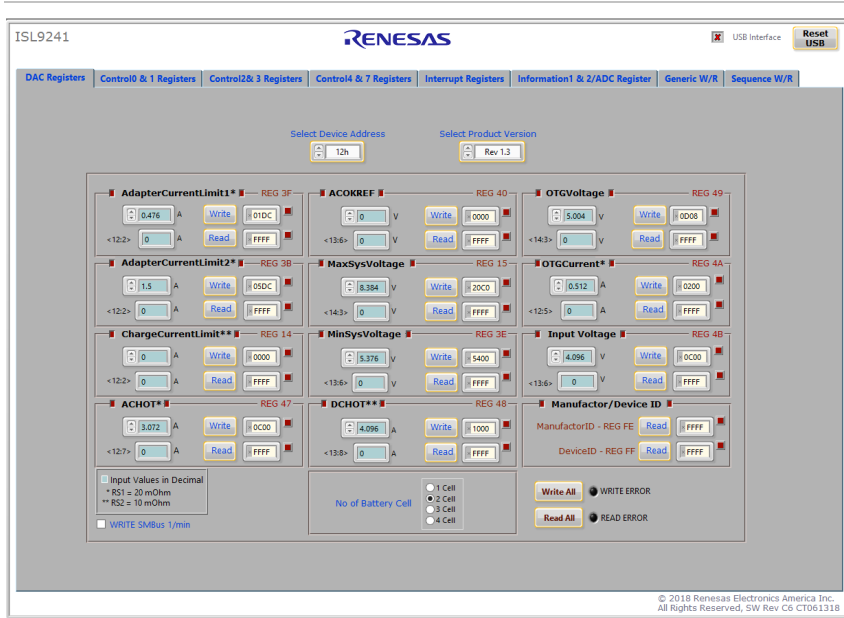


그림 10. ISL9241 GUI 화면

추가 자료

아래 링크에서 배터리 충전기 설계에 대한 Renesas의 온라인 자료를 확인할 수 있다:
<https://www.renesas.com/us/en/products/power-management/battery-management-systems/multiple-cell-battery-chargers.html>

결론

지금까지 노트북과 같은 모바일 컴퓨팅 장치의 배터리 충전 토폴로지와 작동 원리에 대하여 간략하게 살펴보았다. 배터리 충전기는 배터리 팩의 충전뿐만 아니라 어댑터에서 컴퓨팅 장치로의 모든 전력 흐름을 관리하기 때문에 모바일 장치의 전원 관리에 있어서 중요한 구성 요소이다. 컴퓨팅 시스템의 배터리 충전기는 시스템 전원을 효율적으로 지원할 수 있도록 임베디드 컨트롤러(EC)와 같은 다른 시스템 관리 장치와 원활하게 작동해야 한다. ISL9241은 NVDC와 HPBB 구성을 모두 지원하여 유연성을 더해주고 이 두 모드를 자유롭게 선택할 수 있어 배터리 충전기 디자인을 최적화할 수 있게 해준다. ISL9241의 레지스터 맵은 ISL9238 등 Renesas의 다른 충전기 제품과 호환성이 매우 뛰어나다. 따라서 ISL9241을 사용하여 다른 Renesas 충전기 제품에 배터리 충전기 디자인을 손쉽게 마이그레이션할 수 있다. 또한 NVDC 모드용 EC 펌웨어는 약간의 수정만으로 ISL9241을 HPBB 모드로 작동시킬 수 있어 다수의 컴퓨팅 플랫폼에서 ISL9241을 사용 시 개발 및 인증 작업을 덜어준다.

© 2018 Renesas Electronics America Inc. (REA). All rights reserved. 모든 상표와 상호는 해당 소유권자의 상표입니다. REA에서는 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. REA는 본 자료에 포함된 정보의 사용 또는 이로 인해 발생하는 직간접적, 특수적, 결과적, 부수적 또는 기타 손해에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. REA는 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.