

Technical Article

공급 및 프로세서 레일 모니터링 솔루션을 사용한 데이터 센터 전원 아키텍처 설계



Masoud Beheshti

기계 지능은 생산성의 새로운 시대를 열어, 다양한 분야와 기능에 걸쳐 우리 삶과 사회의 필수적인 부분이 되고 있습니다. 기계 지능은 코드를 실행하고, 데이터를 해독하고, 1초도 되지 않는 시간에 수조 개의 데이터 포인트에서 학습하는 컴퓨팅 플랫폼을 사용합니다. 기계 지능을 위한 컴퓨팅 하드웨어는 빠르고, 매우 안정적이며, 강력해야 합니다. 설계자는 견고한 설계 방식과 자체 진단 및 지속적인 모니터링 체계를 결합하여 시스템의 데이터 손상 또는 통신 오류와 같은 고장 가능성을 방지하거나 관리해야 합니다.

이러한 모니터링 시스템에 꼭 필요한 것은 시스템 전체의 전원 레일을 감시하고 모니터링하는 것입니다. 이 문서에서는 엔터프라이즈 애플리케이션에서 공급 및 프로세서 레일 모니터링 솔루션을 설계할 때 고려해야 하는 몇 가지 모범 사례를 살펴보고 설명합니다.

전원 아키텍처 이해

엔터프라이즈 컴퓨팅은 AC 소스에서 시스템의 모든 부하 지점으로 에너지를 전달하는 복잡한 전력 아키텍처를 사용합니다. [그림 1](#) 은(는) 서버 랙의 요소를 개략적으로 보여 줍니다.

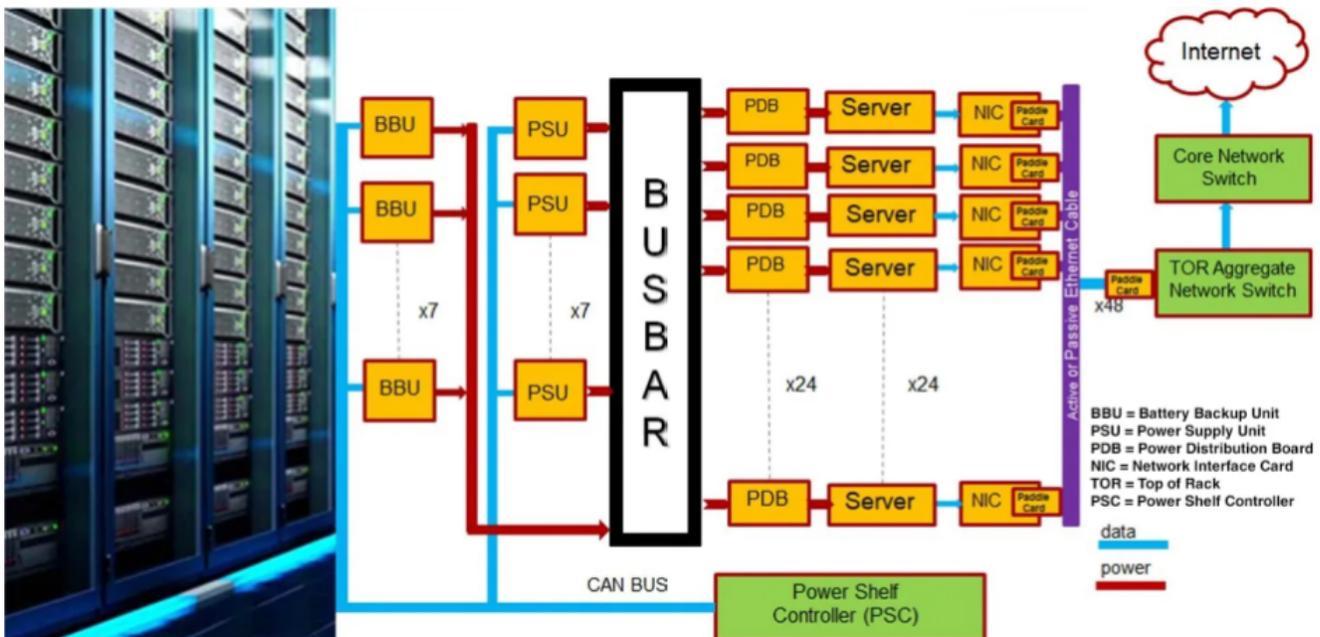


그림 1. 분산된 BBU(배터리 백업 장치) 및 PSU(전원 공급 장치)가 버스바에 연결되어 있으며, 이 버스바가 랙 전체에 AC 전원을 분배하는 서버 랙의 간략한 다이어그램. 출처: 텍사스 인스트루먼트

일반적으로 91% 이상의 높은 효율을 가진 티타늄 등급 설계의 PSU는 AC 전원(208V 또는 240V)을 랙 전체에 48V로 분배합니다. PDB(전력 분배 보드)는 DC 전원을 마더보드, 스토리지, NIC(네트워크 인터페이스 카드), 스위치 및 시스템 냉각을 포함한 서브시스템에 공급하기 위해 12V, 5V, 3.3V의 다양한 전압으로 변환합니다. 이러한 각 서브시스템에는 로컬에서 관리되는 자체 전원 아키텍처가 있습니다. BBU(배터리 백업 장치)는 AC 라인 중단 시 시스템 전력을 유지합니다.

내구성을 고려한 설계

각 서브시스템에는 안정적인 전원 설계 및 모니터링이 필요합니다. 이러한 서브시스템을 더 자세히 살펴보도록 하겠습니다.

PSU

PSU에는 신뢰할 수 있는 작동과 전달을 보장하기 위한 여러 유형의 모니터링이 있습니다. 또한 AC 주전원의 출력 전압을 모니터링하면서 내부 온도, 과전압과 부족 전압 조건 및 단락을 감지합니다.

서버 설계에는 N+1 수준의 예비 요소가 필요합니다. "N"은 서버 전원 요구 사항을 충족하는 데 필요한 최소 PSU 수를 나타냅니다. 다른 PSU 중 하나에 일시적이거나 영구적인 장애나 고장이 발생한 경우 추가 PSU("+1")를 사용할 수 있습니다.

PDB

앞서 언급했듯이 PDB는 48V 입력을 12V, 5V 및 3.3V를 비롯한 여러 DC 레일로 변환합니다. 간단한 셉트 레퍼런스가 있는 비교기를 사용하여 이러한 각 레일의 과전압 및 부족 전압 조건을 모니터링할 수 있지만, 현대의 전압 통제는 작은 풋프린트로 쉽게 설계할 수 있으며 추가적인 이점도 제공합니다. 이러한 이점으로는 잡음 내성을 위한 이력 및 입력 감지 지연, 전원을 켜는 중 잘못된 트리거를 방지하기 위한 조정 가능한 출력 지연, 가장 높은 감지 안정성을 위한 더 높은 정확도 등이 있습니다.

TI(텍사스 인스트루먼트) TPS3760과 같은 여러 새로운 전압 통제는 70V의 높은 전압 정격을 가지고 있으며, 저손실 레귤레이터나 전용 전원 레일 없이도 48V 및 기타 버스 전압을 직접 모니터링할 수 있습니다. 실시간 감시 외에도 고급 모니터링 통합 회로가 가장 중요한 레일 전압에 대한 원격 측정 데이터를 제공하여 예측형 유지 보수와 과거 고장 분석을 가능하게 하므로 시스템 가동 중지 시간을 크게 줄일 수 있습니다.

또 다른 설계 고려 사항은 조기 전원 장애 감지입니다. 이러한 회로는 특정 공급 레일을 모니터링하여 갑작스러운 전압 강하를 확인하고, 전력 손실을 예측하여 호스트 또는 프로세서가 신속하게 조치를 취하도록 경고합니다. 고속 및 정밀 저전압 통제가 이 기능을 수행합니다. **그림 2** 은(는) 이러한 유형의 설계와 타이밍 다이어그램의 예를 보여줍니다.

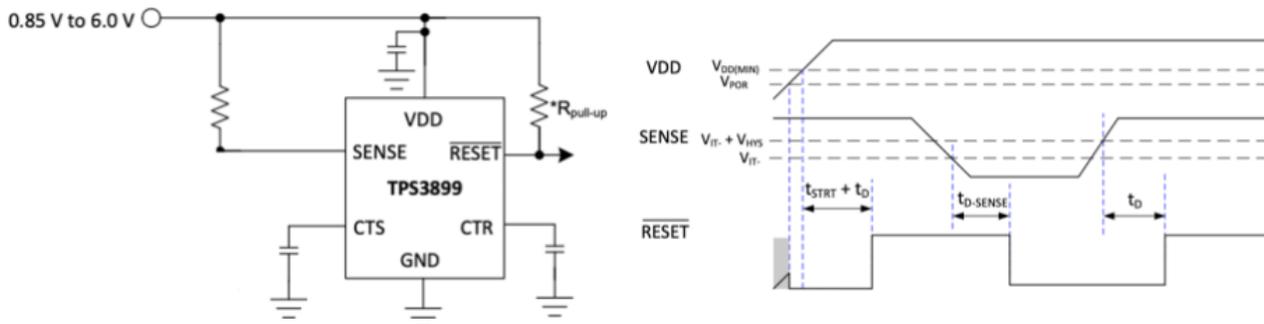


그림 2. 타이밍 다이어그램을 포함한 전압 통제의 예, 0.85~6.0V 공급 레일을 모니터링하여 갑작스러운 전압 강하로 인한 전력 손실 시 조치를 취하도록 경고. 출처: 텍사스 인스트루먼트

마더보드

마더보드 전원 레일은 설계자에게 또 다른 일련의 과제를 안겨줍니다. 이 섹션에서 자세히 살펴보겠습니다.

프로세서 레일 모니터링

최신 프로세서는 전원 공급 레일의 변화에 매우 민감합니다. 여기에는 여러 이유가 있지만, 대부분 이러한 프로세서가 전압 변동에 대한 허용 오차가 적은 0.7V의 낮은 전압에서 작동하고 동적 전압 및 주파수 스케일링과 같은 기능을 활용하기 때문입니다.

따라서 프로세서에는 정확도가 높은 윈도우 전압 통제가 필요합니다. 윈도우 통제는 공급 전압의 과전압과 부족 전압 조건 모두를 모니터링합니다. TI의 TPS389006과 같이 이러한 애플리케이션을 대상으로 하는 장치는 $\pm 6\text{mV}$ 의 정확도를 가지고 있습니다. 설계자는 I²C 레지스터를 통해 글리치 필터를 최대 650ns까지 조정할 수 있습니다.

전원 레일 설계의 또 다른 필수 측면은 빠른 부하 과도현상 동안 안정성을 유지할 수 있는 시스템의 능력입니다. 최신 프로세서는 몇 마이크로초 내에 유휴 상태에서 최대 부하로 전환할 수 있으므로, 전원 공급 장치와 모니터링 시스템을 빠른 루프 응답과 적절한 출력 커패시턴스를 통해 설계하지 않으면 급격한 전압 강하나 오버슈트가 발생합니다.

마더보드와 프로세서에는 적절한 전원 켜기 및 전원 차단 전원 시퀀싱도 필수적입니다. 시퀀싱은 적절한 시스템 초기화를 보장합니다. 예를 들어, 프로세서에서 명령을 실행하기 전에 메모리 컨트롤러가 작동해야 할 수 있습니다. 또한 시퀀싱은 전원을 켤 때 큰 돌입 전류와 전압 스파이크가 발생하는 것을 방지합니다. 전원을 끄는 동안 시퀀싱은 전원이 사라지기 전에 메모리와 저장 장치가 데이터를 저장하거나 작업을 완료할 수 있는 충분한 시간을 제공하여 데이터 무결성을 유지합니다.

그림 3 은(는) 공급 레일의 모니터링 및 시퀀싱을 위한 설계 예제입니다.

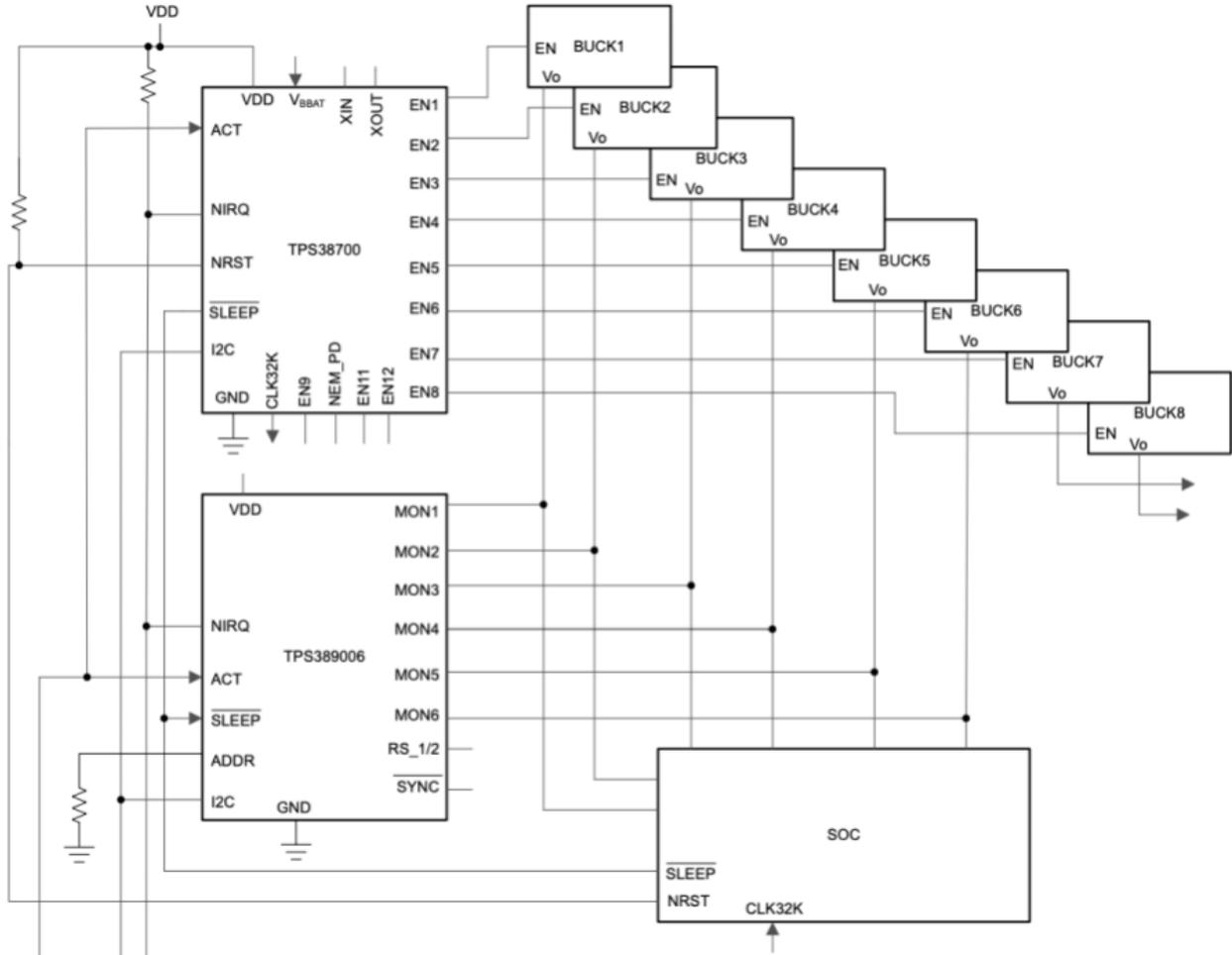


그림 3. 적절한 시스템 초기화를 위한 공급 레일 모니터링 및 시퀀싱 예제. 출처: 텍사스 인스트루먼트

마지막으로 핫 스왑 가능한 부품을 사용하는 시스템의 경우, 돌입 전류 관리는 회로 보호의 비정상적인 작동이나 전원 버스가 불안정해지는 것을 방지하는 데 매우 중요합니다. 통합 전류 제한과 장애 감지 기능이 탑재된 핫 스왑 컨트롤러는 다른 활성 서브시스템을 방해하지 않고 원활하게 장착하거나 분리할 수 있습니다.

미래의 추세

엔터프라이즈 산업은 400V_{DC} 전력 분배 시스템으로 전환할 준비가 되어 있습니다. 이렇게 하면 중복된 전력 변환 단계와 I²R 손실을 제거하여 효율성을 높이고 구리 사용량과 비용을 줄일 수 있습니다. 이러한 고전압 시스템은 안전과 시스템 가동 시간을 유지하기 위해 더 빠른 장애 감지와 격리가 가능한 훨씬 강력한 파워 레일 모니터링이 필요할 것입니다. 이 분야의 향후 설계 요구를 해결하기 위한 차세대 고전압 모니터링 솔루션이 등장하고 있습니다.

강력한 전력 아키텍처는 엔터프라이즈 시스템에서 안정적이고 중단 없는 운영을 보장하는 데 필수적입니다. 견고한 전력 설계 방식과 실시간 모니터링 및 조기 장애 감지를 결합하면 예기치 않은 장애를 방지하고 중요한 워크로드를 보호할 수 있습니다. 시스템이 복잡해지고 전력 아키텍처가 발전함에 따라, 특히 더 높은 전압 분배로의 전환에 따라, 안전하고 효율적인 성능을 제공하기 위한 신중한 계획과 레일 감독이 계속해서 큰 역할을 할 것입니다.

관련 콘텐츠

- 전원 팁 #139: 자체 바이어스 컨버터로 AC/DC 플라이백 설계를 간소화하는 방법
- AI 붐 세대 속에서 증가하는 에너지 수요를 충족하는 데이터 센터 전력
- 효율 향상을 위한 데이터 센터 차세대 전원 공급 솔루션
- 데이터 센터 전원 공급 아키텍처 최적화

이전에 EDN.com에 게시되었습니다.

상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

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 침해에 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.com에서 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 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

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

Copyright © 2025, 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated