

Technical Article

오디오 증폭기를 위한 LLC 설계 고려 사항



Benjamin Genereaux

오디오 증폭기를 위한 전원 공급 장치를 설계할 때는 특별한 고려 사항을 적용해야 합니다. 오디오 신호의 비선형적 특성은 표준 절연 전원 공급 장치와 다른 설계 과제를 제기합니다. 이 [전원 팁](#)에서는 오디오 애플리케이션을 위한 하프 브리지 인덕터-인덕터-컨버터(LLC) 시리즈 공진 컨버터(HB LLC-SRC) 설계의 필수 지식을 다룹니다.

오디오 전력

전기 공학이라는 광범위한 분야에서 발견할 수 있는 한 가지는 산업이나 회사마다 같은 주제를 설명하는 데 서로 다른 언어를 사용할 수 있다는 것입니다. 성공적인 설계를 위해 전력 및 오디오 엔지니어가 서로 이해하는 것이 필수적입니다.

먼저 정의해야 할 두 가지 용어는 최대 전력과 연속 전력입니다. 피크 전력은 최대 순간 오디오 전력입니다. 이는 전원 공급 장치가 물리적으로 출력할 수 있는 전력을 결정합니다. 연속 전력은 일정 시간 동안 평균화된 오디오 전력입니다. 전원 공급 장치 설계의 맥락에서, 연속 전력은 부품 온도 또는 평균 전류 등급을 초과하지 않고 시스템이 공급할 수 있는 지정된 출력 전력입니다. [그림 1](#)에서는 피크 및 연속 오디오 레벨의 예를 보여줍니다. 이 값은 파형의 피크와 평균제곱근(RMS) 값의 비율을 나타내는 척도인 파고율로 서로 연관되어 있습니다.

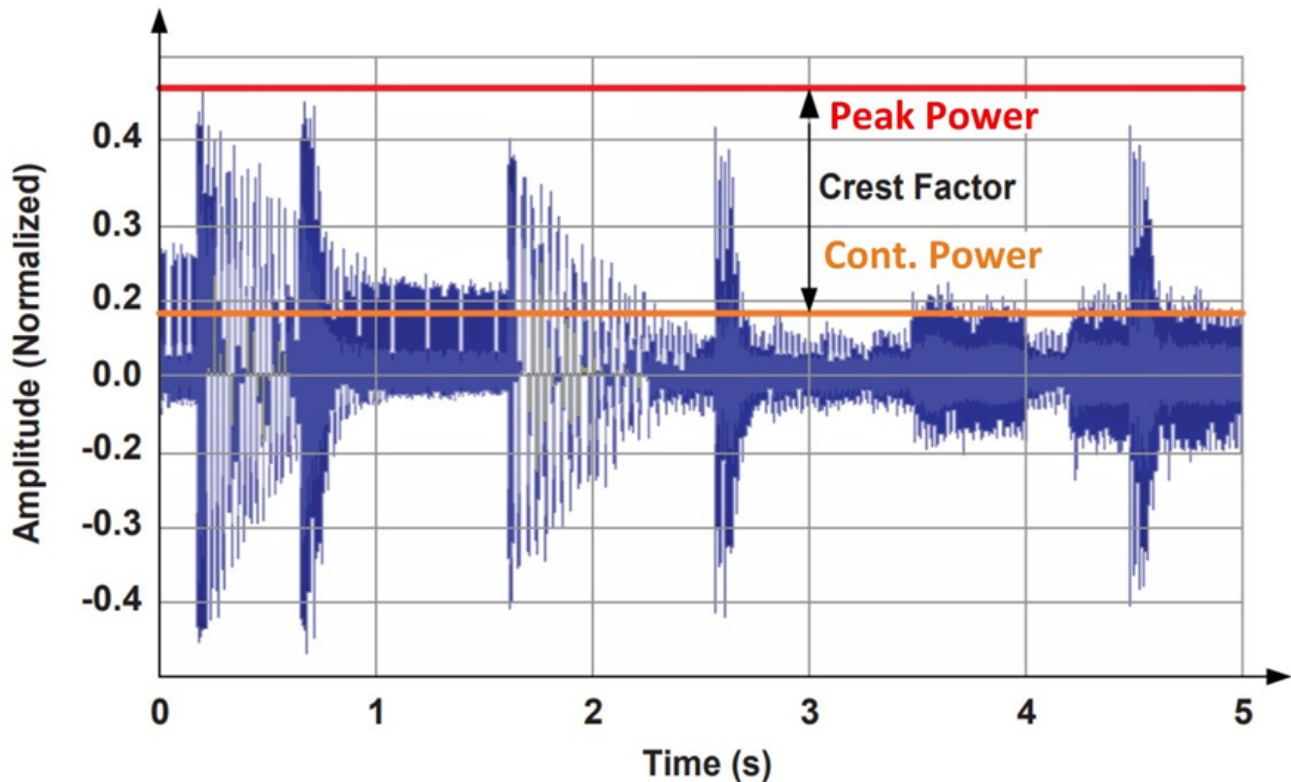


그림 1. 이 그래프는 연속 및 최대 전력 오디오 레벨을 보여줍니다.

또한 [방정식 1](#)에 의해 데시벨로 표시할 수도 있습니다.

$$C_{db} = 20 \log_{10} \left(\frac{|P_{peak}|}{P_{rms}} \right) \quad (1)$$

RMS는 기술적으로 전원 파형의 계산된 RMS 값이 아니므로 오디오 전력에서 잘못된 값입니다. 오디오 증폭기 지정 방법의 복잡성에 대한 또 다른 문서를 작성할 수 있습니다. 정격 증폭기 전력 수준에 대한 업계 표준이 피크 및 연속 전력 측면에서 전원 공급 장치 요구 사항을 반드시 명확하게 규정하지는 않는다는 점을 이해하십시오.

예를 들어 400W 오디오 증폭기를 위한 LLC 시리즈 공진 컨버터(LLC-SRC) 설계를 생각해 보겠습니다. 오디오 시스템에 대한 사전 지식 없이 뛰어난 400W 전원 공급 장치를 설계할 수 있습니다. 하지만 증폭기 전원을 켜 시간이면 전원 공급이 실패하거나 오디오 품질이 좋지 않습니다. LLC 컨버터 게인 곡선은 일반적으로 최대 부하를 기반으로 설계되었으며 최소 라인 조건에서 직렬 공진 주파수 근처에서 작동합니다. 이 접근 방식은 일반적으로 완벽하게 양호한 400W LLC-SRC를 산출하지만 실제 오디오 시스템 내부의 피크 전력은 실제로 증폭기의 정격 400W보다 더 클 것입니다. 전원 공급 장치 설계를 시작하기 전에 최소한 연속 전력과 피크 전력을 지정해야 합니다.

400W 증폭기의 예에서 압축 음악을 재생하는 소비자 제품에 적합한 전력 수준은 200W의 연속 전력과 15ms 동안 800W의 최대 전력일 수 있습니다. 이는 처리된 음악에 일반적으로 사용되는 12dB의 파고율을 나타냅니다. 처리되지 않은 오디오는 약 18-20dB이고 동영상 오디오는 20dB 이상일 수 있습니다. 궁극적으로 피크 대 연속 전력의 비율은 특정 애플리케이션에 따라 다르므로 설계 프로세스 초기에 이를 명확하게 정의하는 것이 중요합니다. 다양한 부하 수준에 대한 시간 지속 요구 사항도 설계를 최적화하는 데 유용합니다. 증폭기에 손실이 발생하여 전원 공급장치에서 부하가 높아지므로 오디오 증폭기의 효율성을 고려해야 합니다.

LLC-SRC 설계

사양이 완성되면 전원 공급 장치 설계를 진행할 수 있습니다. 지역 및 애플리케이션의 전력 품질 표준에 따라 이 전력 수준의 설계에는 역률 보정(PFC) 공급 장치가 필요할 수 있습니다. PFC 프론트 엔드는 LLC-SRC의 입력 역할을 하는 조정된 400VDC 버스를 제공합니다.

대부분의 공진 컨버터와 마찬가지로 LLC-SRC 설계를 위한 첫 번째 단계는 공진 탱크 구성 요소를 선택하는 것입니다. 이렇게 하면 공진 주파수가 설정되고 게인 곡선이 형성됩니다. 이 단계에서는 출력 전압에 최대 전력 레벨에서 도달할 수 있는지 확인합니다. 공진 탱크가 필요한 게인을 얻을 수 없으면 출력 전압이 피크 오디오에서 강하하여 오디오 품질을 낮추거나 증폭기가 차단됩니다. 일반적으로 최대 전력 기간 요구 사항은 출력 커패시터가 출력 전압을 유지하는 데 너무 길기 때문에, 전원 공급 장치는 전체 피크 부하를 실제로 제공할 수 있어야 합니다.

최대 게인에 약간의 추가 헤드룸을 확보합니다. 변압기 구조의 물리적 제한이 항상 정확한 회전 또는 인덕턴스에 도달하지는 않습니다. 높은 피크 전력에 도달해야 하는 오디오 설계의 경우, 보다 정밀한 공진 및 자화 인덕턴스를 보장하기 위해 개별 공진 인덕터를 사용하는 것이 좋습니다.

최대 전력에서 최대 전류를 처리할 수 있도록 정격 부품을 선택하는 것이 중요합니다. 자성을 설계할 때는 포화되지 않는지 확인하십시오. 연속적인 전력에서 연속 열 성능을 바탕으로 부품과 패키지를 선택하는 것이 중요합니다. 설계자는 일부 패키지의 크기를 줄이고 히트 싱크가 아닌 열 관리에 PCB를 사용할 수 있습니다.

모든 LLC-SRC와 마찬가지로 게인 곡선을 형성하는 것은 반복적인 프로세스입니다. 특정 작동 주파수, 공진 전류 및 전압을 맞추고 피크와 연속 전력 레벨 사이에서 설계의 균형을 맞추는 것은 어려운 일입니다. 계산을 진행하면서 자화 인덕턴스, 공진 인덕턴스, 변환 비율 및 공진 커패시턴스를 조정해야 합니다. 100kHz는 실리콘 기반 설계의 공통 공진 주파수 목표입니다. 오디오 애플리케이션의 경우 연속 전력 작동 지점의 100kHz 대상을 목표로 하는 것이 합리적입니다. **그림 2**은 위의 예에 표시된 게인 곡선을 보여줍니다. 작동 주파수 범위는 83 - 139kHz입니다.

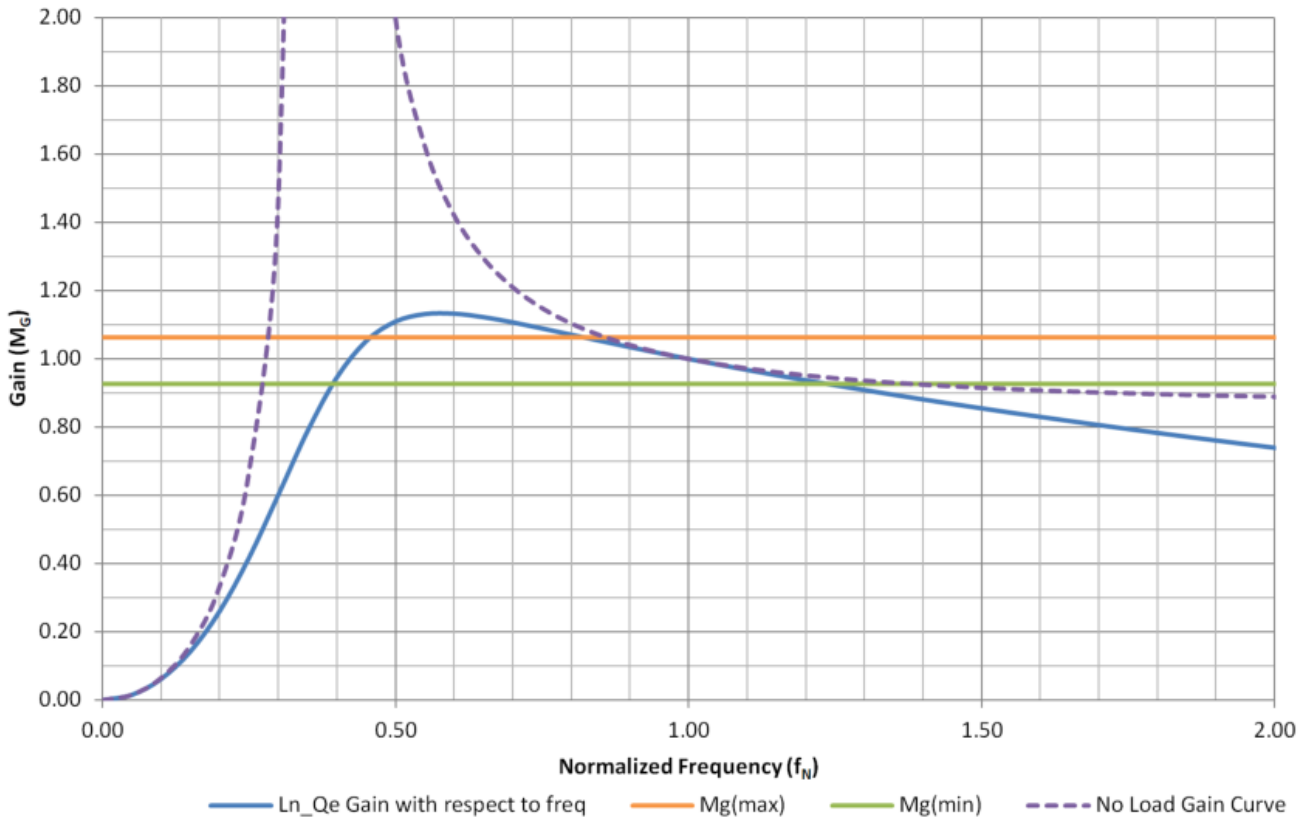
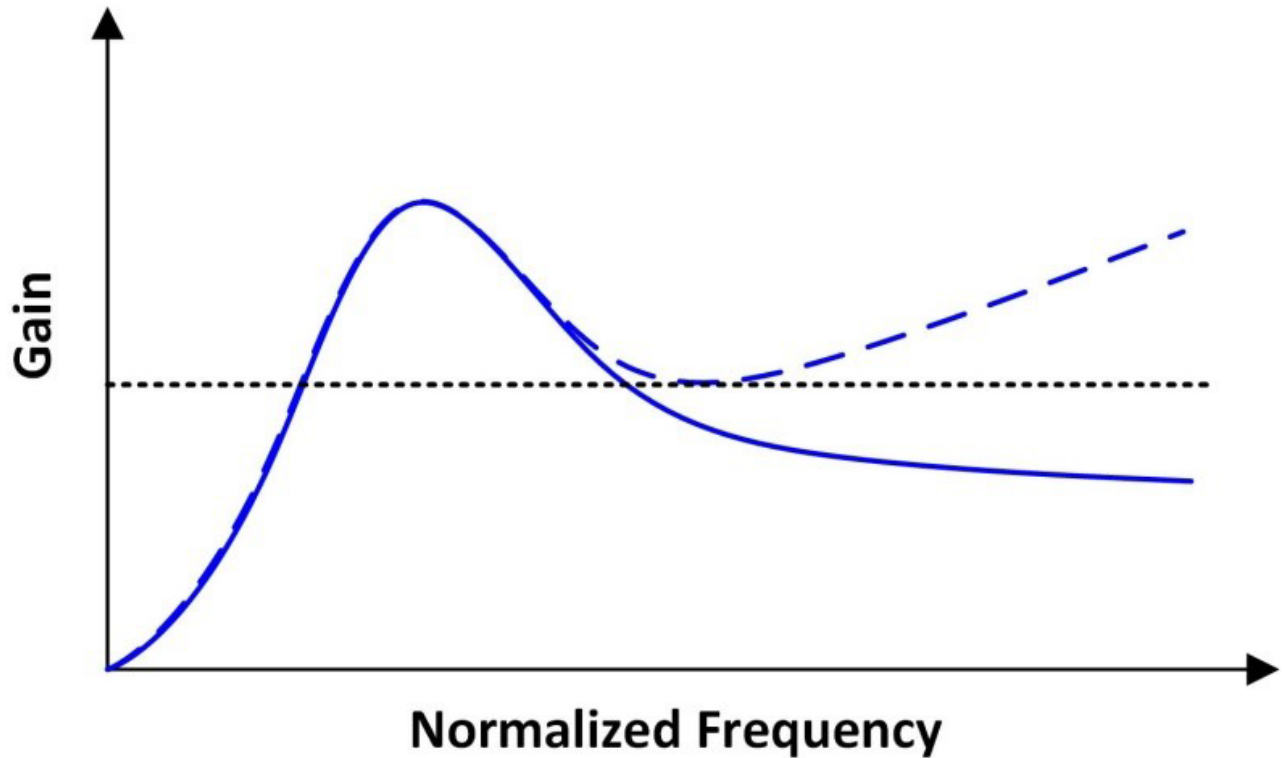


그림 2. 이 게인 곡선은 LLC-SRC 설계에 맞게 형성된 것입니다.

버스트 모드

최신 LLC-SRC 설계의 중요한 측면은 저부하 효율성을 위한 버스트 모드 작동입니다. 버스트 모드는 산업 대기 전력 규정을 충족하는 데도 사용됩니다. 가청 잡음은 버스트 패킷 주파수가 가청 잡음 범위에 있을 때 문제가 되지만, **UCC256404** 같은 일부 LLC 공진 컨트롤러는 버스트 주파수에 의해 생성되는 가청 잡음을 방지하는 버스트 모드 제어 법칙을 사용합니다. 다음 세 가지 접근 방식을 선택할 수 있으며 가능한 이유는 다음과 같습니다.

1. 버스트 모드 활성화: 버스트 모드를 사용하여 주 출력을 종료하지 않고 대기 전력 소비를 낮춥니다. 증폭기에 전원이 즉시 공급되므로 공급 시작에 따른 지연이 발생하지 않습니다.
2. 버스트 모드 비활성화: 대기 시 컨버터는 표준 스위칭 작동으로 출력을 조절해야 합니다. 이렇게 하면 저부하 효율성이 감소하지만 복잡성을 줄이고 2차측 정류기 기생이 게인 곡선에 미치는 영향과 같은 가청 잡음 문제를 더 제거할 수 있습니다. **그림 2**은 게인 곡선이 더 높은 주파수에서 어떻게 상승하기 시작하는지 보여줍니다. 최소 게인에 도달할 수 없으면 공급장치에 대한 조정이 손실됩니다.
3. 외부 컨트롤러 비활성화: 외부 비활성화 회로를 사용하여 오디오 증폭기가 실행되고 있지 않을 때 컨트롤러를 끕니다. 이렇게 하면 대기 전력이 버스트 모드보다 더 낮아지지만 시스템에 보조 전원 공급 장치가 필요하기 때문에 비용이 추가됩니다. 또한 증폭기가 오디오를 출력할 준비가 되면 시작 지연이 발생합니다.



Typical gain curve ————
 Gain curve including parasitics - - - - -
 Minimum gain

그림 3. 버스트 모드가 비활성화되고 게인 곡선이 높은 주파수에서 상승하기 시작합니다.

LLC-SRC는 100 ~ 500W 범위의 연속 전력 범위를 위한 고성능 토폴로지입니다. 높은 효율성과 최소 EMI(전자기 간섭)가 필요한 AC-DC 시스템에 탁월한 토폴로지입니다. 공진 컨버터 설계는 복잡한 오디오 시스템에 적용하기 전에도 충분히 까다로운 작업입니다. 첫 번째 단계는 증폭기의 필요한 피크 전력과 연속 전력 수준에서 전력과 오디오 엔지니어가 상호 이해하는 것입니다. 위에서 제시된 전략을 오디오 애플리케이션에 대한 성공적인 LLC-SRC 설계의 출발점으로 생각해 보십시오.

출처:

1. 클래스 D 오디오 증폭기용 전력 솔루션, 텍사스 인스트루먼트
2. 클래스 D 오디오 증폭기를 선택하는 방법, 텍사스 인스트루먼트
3. 전문가용 오디오 레퍼런스, 오디오 엔지니어링 협회

관련 문서

- 전원 팁 #84: LLC 시리즈 공진 컨버터 박스에서 벗어나 생각하기
- 전원 팁 #97: 배터리 충전기 요구 사항을 충족하는 LLC-SRC 게인 곡선 형성
- 데시벨: 주의하여 사용하십시오
- 오디오 레벨, dBu, dBV 및 gang: 알아두어야 할 내용

이전에 EDN.com에 게시됨 .

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 제안할 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

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

Copyright © 2024, 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated