

Benjamin Genereaux

設計音訊放大器的電源時，必須留意一些特殊考量。相較於標準的隔離式電源供應器，音訊訊號的非線性特性會造成不同的設計挑戰。這篇[用電訣竅](#)涵蓋了設計用於音訊應用的半橋式電感器 - 電感器 - 轉換器 (LLC) 串聯共振轉換器 (HB LLC-SRC) 的必備知識。

### 音訊功率

在廣泛的電氣工程領域中，您會發現，不同的行業，甚至是不同的公司，可能會使用不同的語言來描述同一主題。為使設計成功，電源與音訊工程師必須對彼此有一定的了解。

首先需要定義的兩個術語是峰值功率和連續功率。峰值功率是最大瞬時音訊功率。其將決定電源實際輸出的設計功率。連續功率是一段時間內的平均音訊功率。在電源供應器設計的背景下，連續功率是系統在不超過元件溫度或平均電流額定值的情況下可供應的指定輸出功率。[圖 1](#) 提供峰值和連續音訊位準的範例。這些值與波頂因數相關，而波頂因數則是波形峰值與均方根 (RMS) 值的比值的度量。

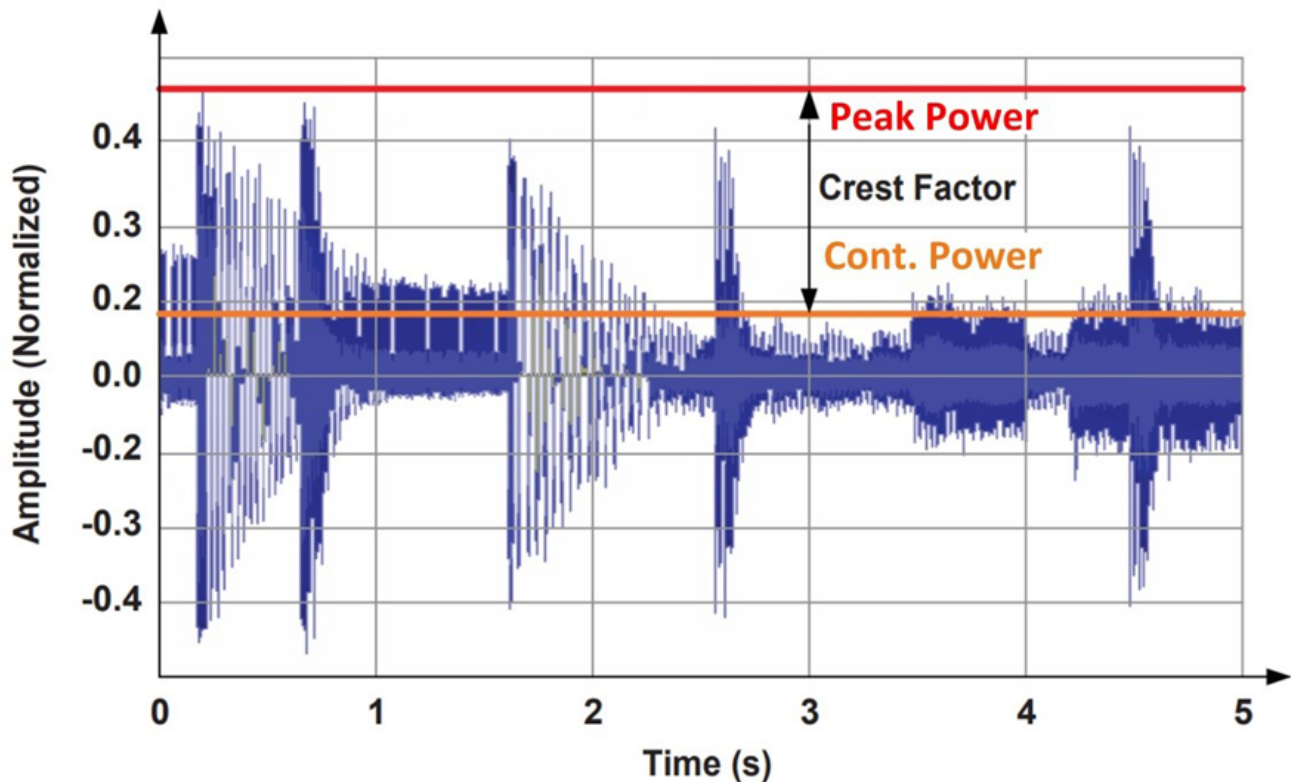


圖 1. 此圖顯示連續和峰值功率音訊位準。

此項也可以使用 [方程式 1](#) 表示 (以分貝為單位)：

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

RMS 是音訊功率的誤稱，因為嚴格說來，該值並不是功率波形的計算 RMS 值。我們可以再寫一篇文章來介紹關於如何指定音訊放大器的複雜性。請理解，額定功率放大器功率位準的業界標準並不一定能闡明峰值功率和連續功率方面的電源需求。

讓我們以 400-W 音訊放大器的 LLC 串聯共振轉換器 (LLC-SRC) 設計為例。即使沒有音訊系統的相關先驗知識，您也可以設計出出色的 400-W 電源供應器。但是，當需要為放大器供電時，電源供應器可能會發生故障，或出現較差的音訊品質。LLC 轉換器增益曲線通常會以最大負載為基礎進行設計，並在最小線路條件下於串聯共振頻率附近運作。這種方法通常會產生完美的 400-W LLC-SRC，但在實際音訊系統內部，峰值功率實際上會大於安培的 400-W 額定值。在開始電源供應設計前，至少應指定連續功率和峰值功率。

在 400-W 放大器範例中，適合播放壓縮音樂的消費性產品的適當功率位準可能是 200 W 的連續功率和 800 W 的峰值功率，持續約 15 毫秒。這表示波頂因數為 12 dB，這是處理音樂的典型值。未經處理的音訊約為 18-20 dB，而電影音訊則可能大於 20 dB。最終，峰值功率與連續功率的比例取決於具體的應用，因此在設計過程的早期就必須明確定義這些項目。針對不同負載等級的持續時間要求也有助於最佳化設計。別忘了，您還需考量音訊放大器的效率，因為放大器會有損耗，導致電源供應器的負載增加。

## LLC-SRC 設計

規格確定後，您可以繼續進行電源供應器設計。視區域和應用的電源品質標準而定，您可能需要含有功率因數校正 (PFC) 的供應器來進行此功率位準的設計。PFC 前端將提供穩壓的 400VDC 匯流排，可作為 LLC-SRC 的輸入使用。

與多數共振轉換器一樣，設計 LLC-SRC 的第一步是選擇共振槽元件。如此將設定共振頻率並可形塑增益曲線。在此步驟中，請確定輸出電壓可以達到峰值功率位準。若共振槽無法達到所需的增益，輸出電壓將會在音訊峰值下降，進而降低音訊品質或關閉放大器。峰值功率持續時間需求通常過長，輸出電容器無法容納輸出電壓，因此電源供應器必須能實際提供整個峰值負載。

在峰值增益上增加一些額外的空間。變壓器結構的實體限制並不一定會影響到確切的匝數或電感。若為需達到高峰值功率的音訊設計，使用離散共振電感器可確保更精確的共振與磁化電感較為有利。

在峰值功率下，請務必選擇額定處理峰值電流的元件。在設計磁性元件時，請確定其不會飽和。在連續功率下，則請務必根據連續熱性能選擇元件及封裝。設計人員可縮減部分封裝的尺寸，並使用 PCB 進行熱管理，而非使用散熱器。

如同任何 LLC-SRC，形塑增益曲線是一種迭代程序。嘗試達到特定的工作頻率、共振電流和電壓並在峰值和連續功率位準之間平衡設計是一項挑戰。在計算過程中，您需要調整磁化電感、共振電感、匝數比和共振電容。100 kHz 是以矽為基礎的設計的常見共振頻率目標。針對音訊應用，合理的作法是將連續功率操作點的目標設為 100 kHz。圖 2 顯示了上例形塑的增益曲線。操作頻率範圍為 83 - 139 kHz。

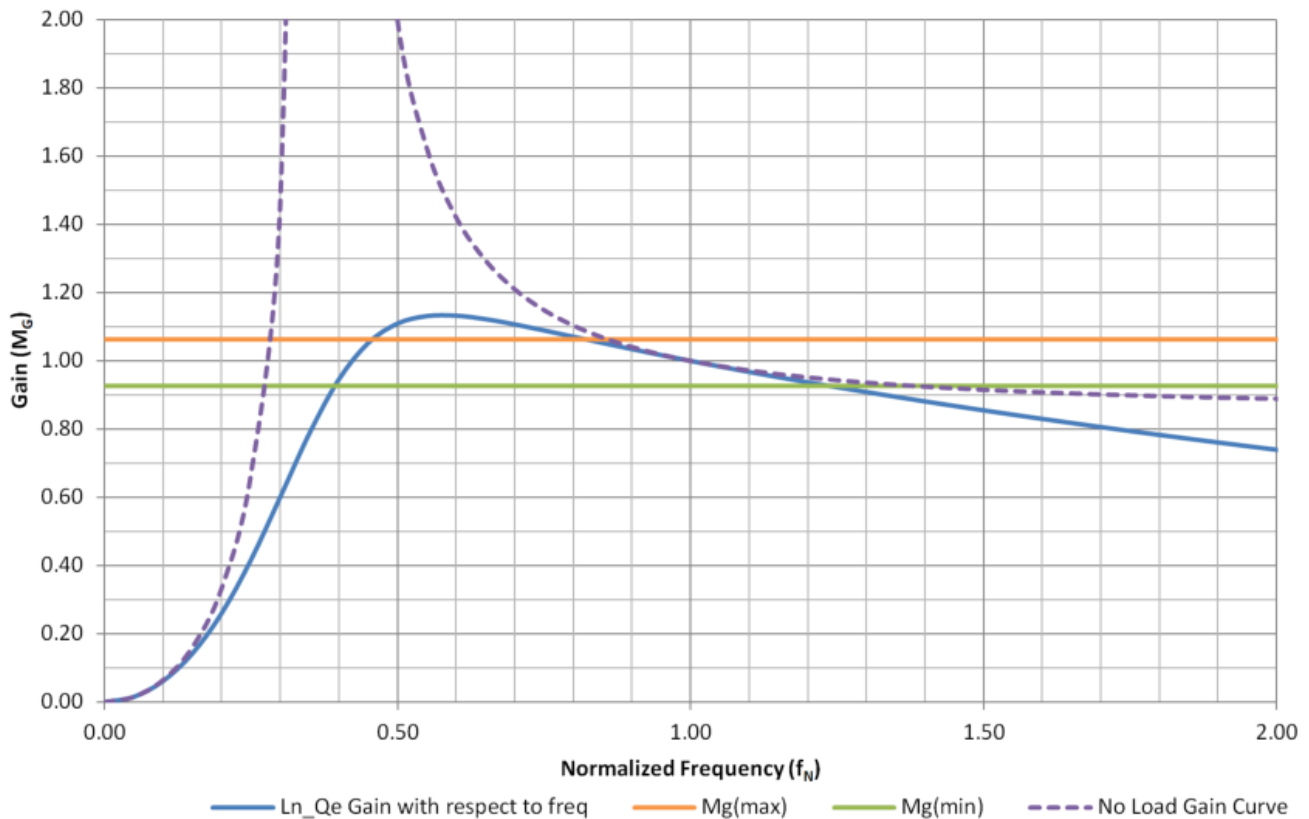


图 2. 此增益曲線針對 LLC-SRC 設計進行形塑。

### 突衝模式

現代 LLC-SRC 設計的一個重要層面是實現低負載效率的脈衝模式操作。突衝模式也可用於符合業界待機電源法規。當突衝封包頻率處於可聞雜訊範圍時，可聞雜訊就會是一個問題，但有些 LLC 共振控制器 (如 [UCC256404](#)) 使用突衝模式控制法則來防止突衝頻率產生的雜訊。以下提供三種方法，以及選擇這些方法的可能原因：

1. 啟用突衝模式：利用突衝模式在不關閉主輸出的情況下降低待機功耗。電源將立即提供給放大器，因此不會因電源供應器啟動而造成延遲。
2. 停用突衝模式：在待機時，轉換器需使用標準切換操作來調節輸出。這會降低輕負載效率，但同時也可降低複雜性並進一步消除任何可聞雜訊問題，例如二次側整流器寄生效應對增益曲線的影響。图 2 顯示增益曲線如何在較高頻率下實際開始上升。如果無法達到最小增益，電源供應器將會失調。
3. 外部控制器停用：當音訊放大器未執行時，請使用外部停用電路關閉控制器。相較於突衝模式，這進一步降低了待機功耗，但由於系統現在需要輔助電源供應器，因此增加了成本。當放大器準備好輸出音訊時，也會出現啟動延遲。

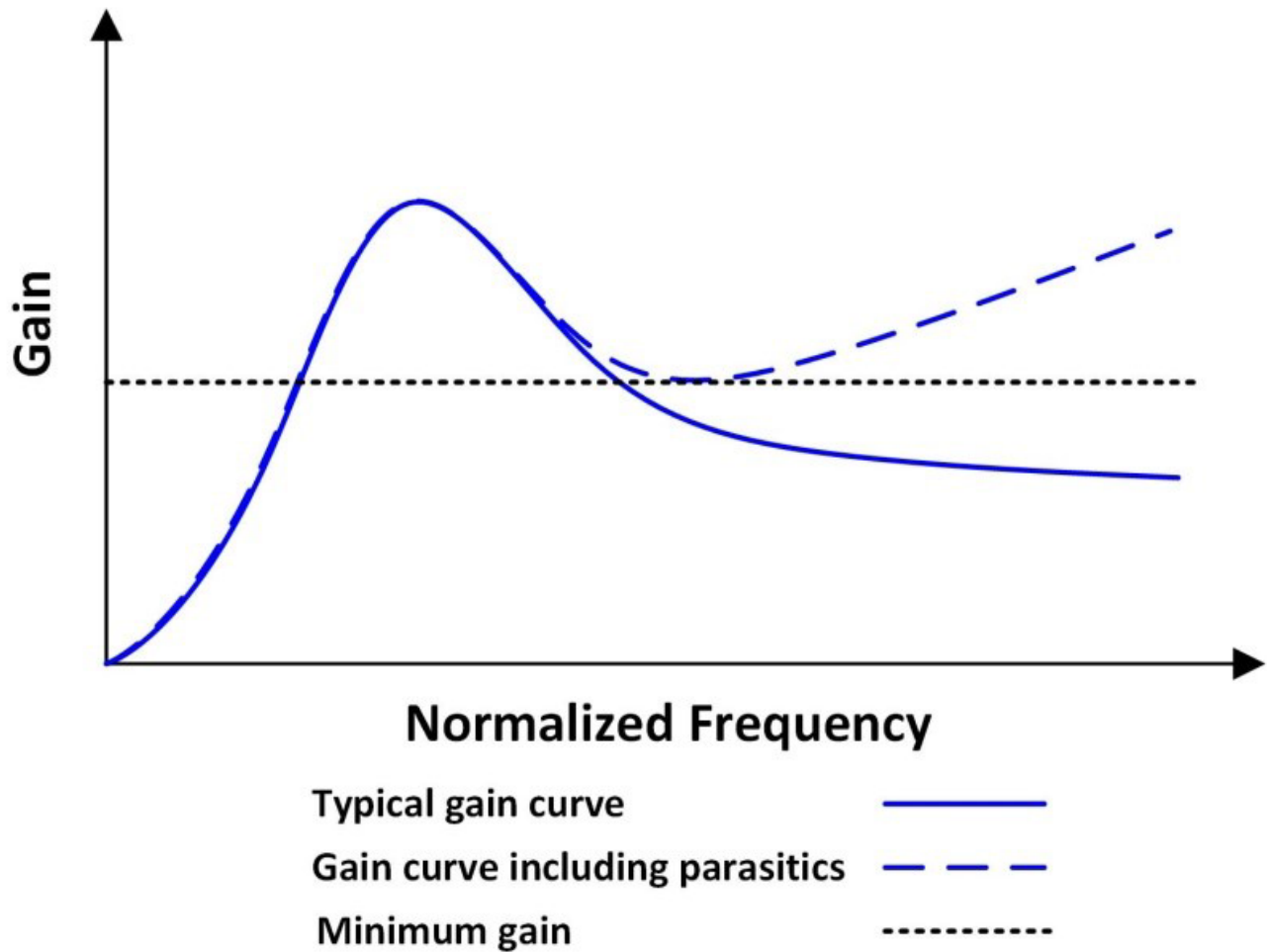


图 3. 在脈衝模式停用時，增益曲線將在較高頻率下開始上升。

LLC-SRC 是適合 100 至 500 W 連續功率範圍的高性能拓撲，對於需要高效率與最低電磁干擾 (EMI) 的 AC-DC 系統而言是絕佳的拓撲。共振轉換器設計十分具有挑戰性，即使在應用複雜的音訊系統之前也是如此。第一步是讓功率與音訊工程師相互了解放大器所需的峰值和連續功率位準。將上述策略作為音訊應用的 LLC-SRC 設計成功的起點。

**來源：**

1. [D 類音訊放大器電源解決方案](#)，德州儀器 (TI)
2. [如何選擇 D 類音訊放大器](#)，德州儀器 (TI)
3. [Pro Audio Reference](#)，Audio Engineering Society

**相關文章**

- [用電訣竅 #84：跳脫 LLC 串聯共振轉換器框架](#)
- [用電訣竅 #97：型塑 LLC-SRC 增益曲線以符合電池充電器需求](#)
- [分貝：請小心使用](#)
- [音訊位準、dBu、dBV 等：升級須知](#)

先前發佈於 [EDN.com](#)。

## 重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：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