

*Application Note***通过 TAS2x20、TAS257x 中的 Y 桥提高效率**

Nayeem Mahmud

摘要

在便携式电子产品快速发展的领域中，对更丰富的功能和更高性能的需求正促使设计人员寻求更智能的方式来管理功耗。在不影响性能的情况下管理功效是一项日益严峻的挑战，在音频质量至关重要的设备中更是如此。德州仪器 (TI) 通过增强型 D 类音频放大器架构开发出了一种卓越的设计来应对这一挑战。这种尖端设计在不牺牲音频质量的情况下优化了功效，为无线扬声器、耳塞、智能家居设备和移动器件等电池供电型器件提供了显着优势。

本文深入探讨了一些实际用例，演示了该技术如何延长电池寿命并提高器件性能。通过采用 TI 的优化架构，设计人员可以突破音频质量和效率的界限，创造出满足当今消费者需求的下一代产品。

内容

1 引言	2
2 什么是 Y 桥	3
3 Y 桥的优点	4
4 Y 桥配置	5
5 Y 桥阈值和磁滞寄存器	5
6 1S、2S 和外部 PVDD 模式	6
7 针对不同用例的效率提升	6
8 总结	7
9 参考资料	8
10 修订历史记录	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

一直以来，音频放大器使用低压导轨 (VDD) 进行 I/O 和内部偏置，同时使用高压电源 (PVDD) 进行功率级切换和放大。当输出信号处于低电压水平且功率需求较低时，由于单一高压电源产生的不必要余量，效率通常会降至 20% 以下。

为了解决这种效率低下的问题，TI 开发了出色的 Y 桥架构。这种设计使放大器能够根据所需的功率级别在两个电源之间无缝切换，从而将空闲功耗降低 90%，并在低功率级别下将效率提高 15-20%，而不会影响音频性能。通过结合 TI 业界领先的算法，该架构可帮助原始设备制造商 (OEM) 充分提高效率并延长 OEM 最终产品的电池寿命。

如 [图 1-1](#) 所示，当使用 Y 桥时，与未使用 Y 桥的传统放大器相比，低功耗（低于 100mW）下的效率显著提升。

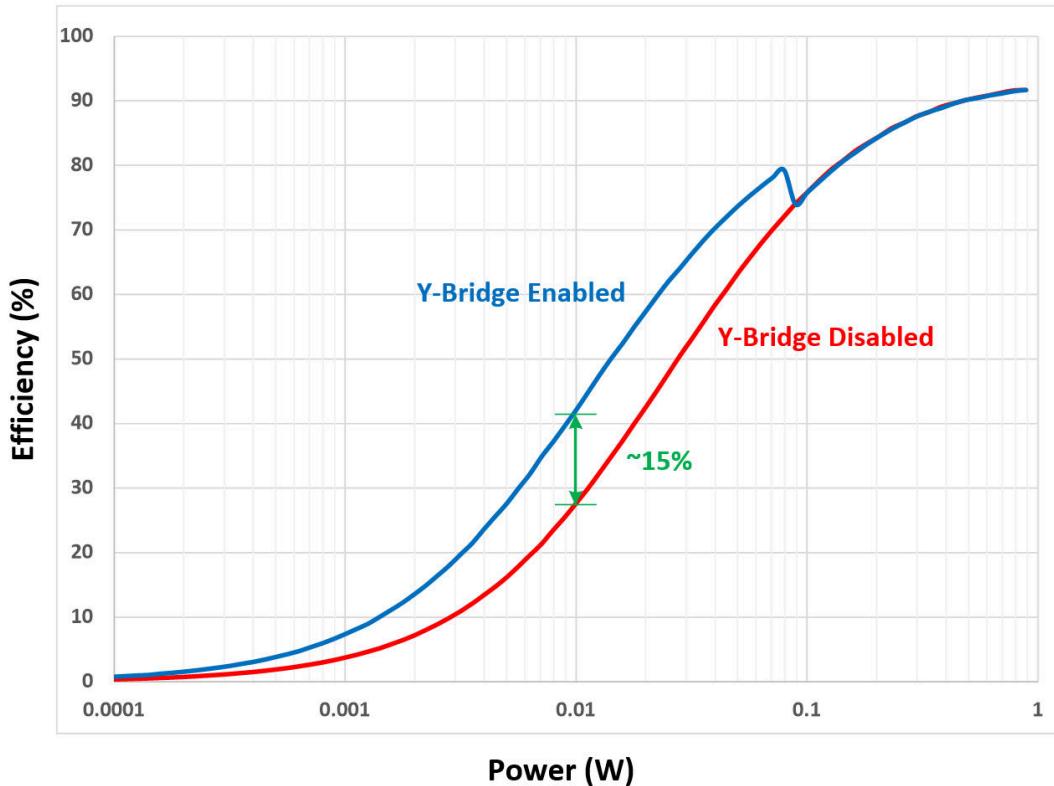


图 1-1. 在 EVM 中测得的使用 Y 桥和不使用 Y 桥的效率

2 什么是 Y 桥

Y 桥是一种放大器架构，旨在根据功率需求在两个电源导轨之间切换，具有可编程功率阈值，可在较低功率水平下优化效率并降低待机或空闲状态下的消耗。该结构呈 Y 形，与传统的线性半桥设计有所区别。图 2-1 所示为传统 D 类放大器与采用 Y 桥架构的放大器之间的差异。

对于经典的半桥架构，输出级完全依靠高压电源 (PVDD) 进行切换。相比之下，Y 桥架构同时采用高压电源 (PVDD) 和固定低压导轨 (VDD)。在低输出功率水平（包括需要最小余量的空闲状态）下，放大器在较低的电压轨 (VDD) 上运行而不会引起削波，从而能够显著提高效率。当功率需求上升并且需要更大的余量时，放大器会无缝切换到高压电源 (PVDD)，效率与未使用 Y 桥的标准系统持平。这就是为什么能够在较低的功率级别下充分发挥 Y 桥的优势，而传统 D 类放大器的效率通常较低。

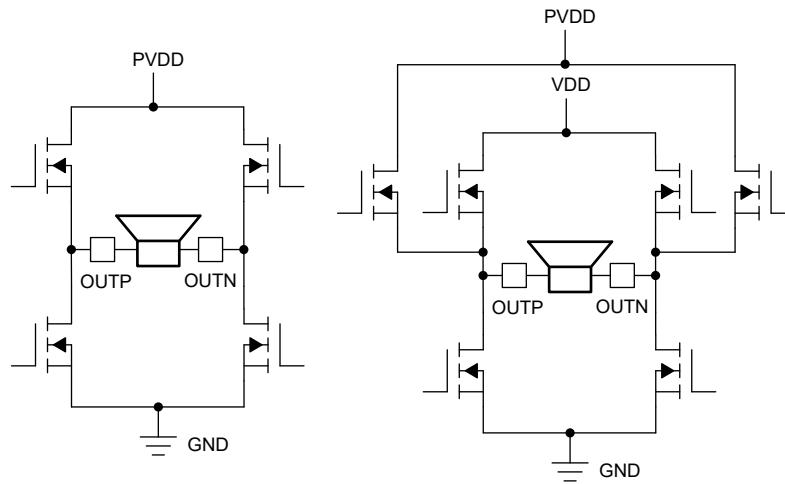


图 2-1. 传统 D 类放大器与简化的 Y 桥架构

TI 的最新音频放大器（包括 [TAS2120](#)、[TAS2320](#)、[TAS2572](#) 和 [TAS2574](#)）采用 Y 桥架构。用户可以配置器件以启用或禁用此功能，但禁用时，放大器仅依赖于 PVDD 电源。在这种情况下，务必要确保 PVDD 电压足够高，防止出现削波。

3 Y 桥的优点

Y 桥功能对于需要高压功率级电源的系统特别有利，例如 2S – 4S 电池配置 (7V – 14V)。在德州仪器 (TI) 器件中，此引脚通常称为 PVDD。PVDD 电源可来自外部电源、外部升压电路输出，或使用集成升压电路从 VBAT 内部生成，可用于 TAS2572、TAS2574 和 TAS2120 等器件。VDD 轨也代表系统中已有的较低电压电源，在 TAS2x20 和 TAS257x 器件系列中通常为 1.8V。当功率级电源 (PVDD) 为 5V 或更高时，与 PVDD 低于 5V 的情况相比，在 PVDD 和 1.8V 导轨之间切换可带来更大的好处。因此，Y 桥功能对于需要高压输出级的系统最为有利。

此外，Y 桥功能会根据预定义的阈值在 PVDD 和 VDD 之间动态选择。当音频输出信号超过编程阈值时，D 类输出切换到高压电源 (PVDD)。低于该阈值时，输出继续使用 1.8V 电源导轨 (VDD)。该阈值可由用户配置，对于大多数用例，通常设置为约 100mW。效率图说明了在此阈值之前效率有所提升。超过此值后，效率通常与没有 Y 桥的系统的效率一致。

图 3-1 展示了具有 Y 桥功能的智能放大器的功能方框图

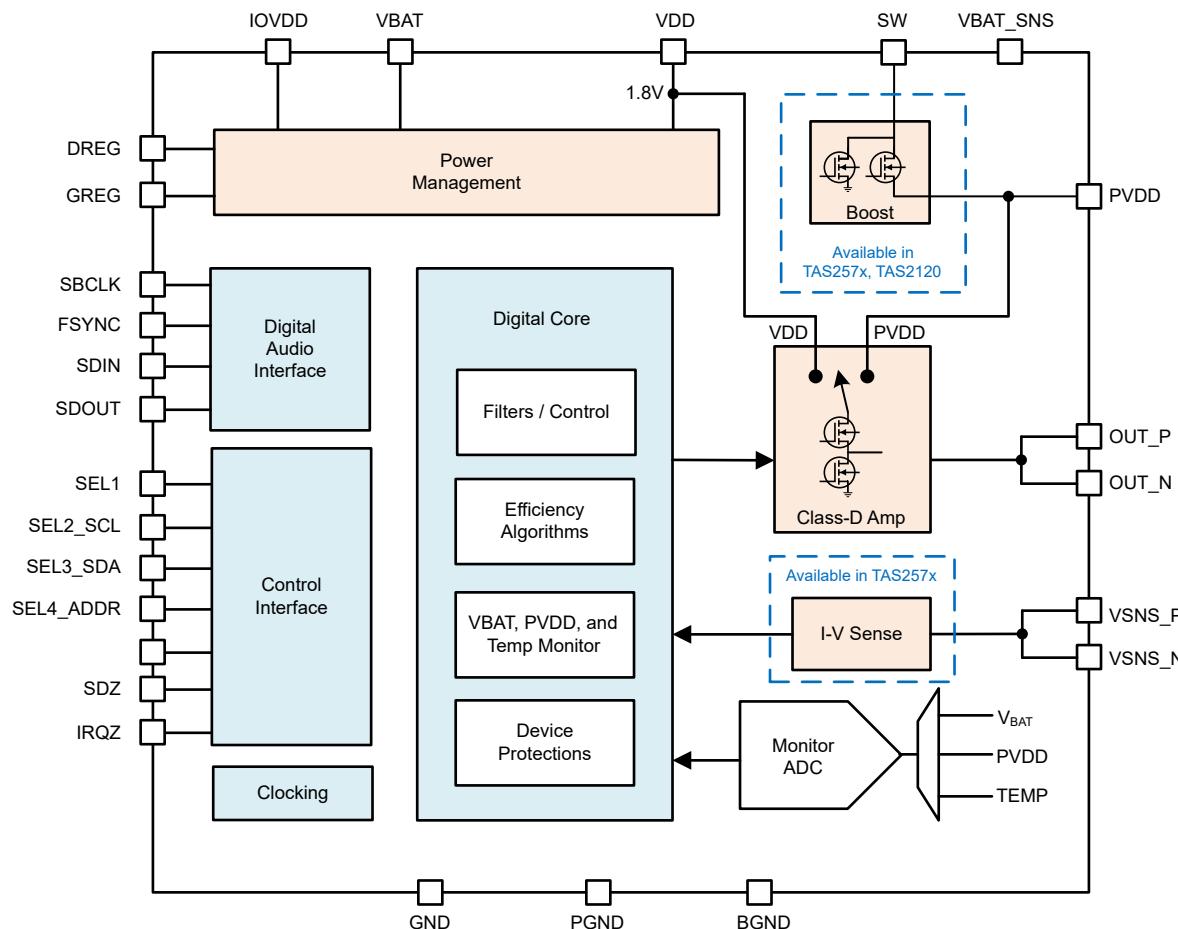


图 3-1. 具有 Y 桥功能的智能放大器的功能方框图

4 Y 桥配置

本应用手册详细介绍了为 TAS2x20 和 TAS257x 器件系列配置 Y 桥寄存器的过程。这两个系列都利用 Y 桥配置来提高音频播放期间的效率。通过将 *EN_Y_BRIDGE_MODE* 设置为高电平启用该功能后，器件将自动选择输出电压以切换输出 PWM。

表 4-1. VDD Y 桥模式配置

EN_Y_BRIDGE_MODE	配置
0	禁用 Y 桥模式
1 (默认值)	启用 Y 桥模式

当音频信号为低电平时，输出将切换到 1.8V (VDD)，从而通过降低 D 类输出开关电压来实现更高的系统级效率。反之，当音频信号为高电平时，输出将切换到 PVDD，以确保满足所需的输出功率电平。

5 Y 桥阈值和磁滞寄存器

该器件根据 *VDD_MODE_THR_LVL[23:0]* 寄存器中配置的 Y 桥模式阈值持续监测输入音频信号电平。当音频信号降至此阈值以下时，会启用内部磁滞计时器。如果信号在 *YBRIDGE_HYST_TIMER[1:0]* 寄存器指定的持续时间内一直低于阈值，则器件将切换到基于较低电压 (1.8V) VDD 电源的 PWM 开关模式。当信号电平超过 *VDD_MODE_THR_LVL[23:0]* 寄存器和 *VDD_MODE_HYST[23:0]* 寄存器定义的阈值后，器件就会开始在 PVDD 电源上开关输出 PWM 信号，而不会引入任何信号削波。

可以使用 PPC3 软件工具配置 *VDD_MODE_THR_LVL[23:0]* 和 *VDD_MODE_HYST[23:0]* 寄存器。

表 5-1. VDD_MODE_THR_LVL 寄存器

位	字段	类型	复位	说明
23-0	<i>VDD_MODE_THR_LVL[23:0]</i>	R/W	50A3D7h	地址 0x8 至 0xA 合并在一起。可以使用 PPC3 软件进行配置。

表 5-2. VDD_MODE_HYST 寄存器

位	字段	类型	复位	说明
23-0	<i>VDD_MODE_HYST[23:0]</i>	R/W	DA74h	地址 0xC 至 0xE 合并在一起。可以使用 PPC3 软件进行配置。

表 5-3. VDD Y 桥磁滞计时器

YBRIDGE_HYST_TIMER[1:0]	配置
00	100us
01 (默认值)	500us
10	5ms
11	50ms

与 TAS257x 系列不同，TAS2x20 器件可通过硬件引脚控制或 I²C 控制进行配置。在硬件引脚控制模式下，用户可从三种预定义配置中选择其一，用于设定 Y 桥阈值。与之相比，对于 I²C 或软件控制模式，Y 桥阈值由前面描述的 *VDD_MODE_THR_LVL* 和 *VDD_MODE_HYST* 寄存器的组合定义。

表 5-4. SEL4 HW 模式配置

SEL4_ADDR 连接	配置
直接短接至 GND	80mW 的 Y 桥阈值
直接短接至电源	40mW 的 Y 桥阈值
24K 至电源	1mW 的 Y 桥阈值

此外，在硬件引脚控制模式下，会将磁滞计时器设置为默认值 (500 微秒)。与之相比，对于 I²C 或软件控制模式，可以通过如上所述的 *YBRIDGE_HYST_TIMER* 寄存器定制磁滞定时器值。

6 1S、2S 和外部 PVDD 模式

TAS2572、TAS2574 和 TAS2120 器件具有集成的 H 类升压电路，并支持 1S、2S 和外部 PVDD 模式。因此，Y 桥 PVDD 电压会根据特定用例和应用电路而异。当升压电压没有电源需求（升压旁路模式）时，PVDD 电压可以与 VBAT 引脚上的电压相同，或者可以来自外部固定电源（如果系统中已经有高压导轨），或者也可以来自外部升压电路。因此，根据 1S、2S 和外部 PVDD 模式，PVDD 高压可能会有所不同。

在升压旁路模式下，不需要升压，PVDD 电压可以与 VBAT 电压相同（范围从 2.5V 到 5.5V）。在本例中， $PVDD = VBAT$ 。

在集成升压模式下，PVDD 电压由内部产生的升压输出决定，该输出源自 VBAT 电源。在这种情况下， $PVDD =$ 内部升压输出电压。

在外部 PVDD 模式下，PVDD 电压由固定外部电源或外部升压输出提供。该模式特别适用于 TAS2320 器件，该器件不采用集成升压电路。

7 针对不同用例的效率提升

图 7-1 展示了与不存在或未启用 Y 桥的情况相比，启用 Y 桥可使功率损耗降低高达 75%。节能程度可能因具体用例而异。例如，与音乐等连续音轨相比，具有静音段的音轨可实现更高的节能效果。与不采用 Y 桥架构的传统放大器相比，这种功率损耗的大幅降低使低功耗模式下的效率提高了 15-20%。

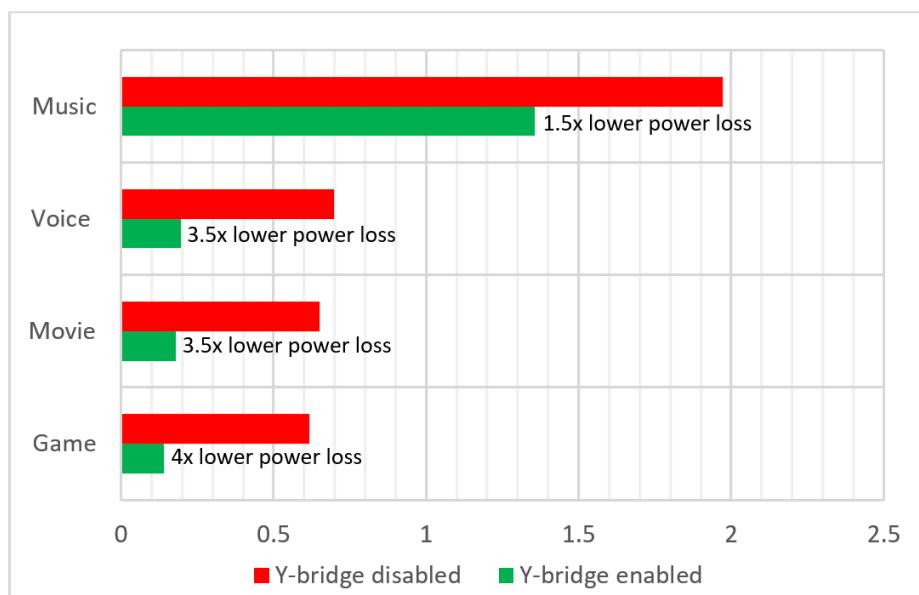


图 7-1. 连接到笔记本电脑扬声器的 EVM 中测得的功率损耗 (单位: W)

8 总结

为了实现高效的音频设计并延长电池寿命，建议使用采用 Y 桥架构的音频放大器。德州仪器 (TI) 最新的音频放大器采用了这种架构以及先进的音频增强算法。通过使用 Y 桥配置，设计人员可以优化系统功耗、从而实现更高效的电源管理。这能够显著降低功耗，最终延长电池寿命并增强用户体验。

9 参考资料

- 德州仪器 (TI) , [TAS2572](#) : 具有 I/V 检测和集成 13V H 类升压功能的 6.6W 数字输入智能放大器
- 德州仪器 (TI) , [TAS2574](#) : 具有 I/V 检测和集成 15V H 类升压功能的 8.5W 数字输入智能放大器
- 德州仪器 (TI) , [TAS2120](#) : 具有集成 15V H 类升压功能的 8.2W 单声道数字输入 D 类放大器
- 德州仪器 (TI) , [TAS2320](#) : 具有 14V 外部升压功能支持的 15W 单声道数字输入 D 类放大器

10 修订历史记录

Changes from Revision * (March 2025) to Revision A (September 2025)

	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 将“功耗”更改为“功率损耗”.....	6

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月