Application Brief

楼宇自动化音频放大器和压电发声器：特性、优势和选择指南



简介

使用德州仪器 (TI) 的音频放大器为楼宇自动化应用设计可靠的高性能音频。楼宇自动化系统依赖于三个主要应用领域（楼宇安防系统，防火安全系统和 HVAC）的音频，这些应用领域分别涉及可视门铃、IP 摄像头、电子锁、安防网关、火警发声器、烟雾探测器和智能恒温器。TI 的 D 类和智能音频放大器产品系列可提供空间受限的常开型楼宇自动化设计所需的电源效率、紧凑集成和高级保护功能。在本文档中，您可以找到不同楼宇自动化产品的主要特性和器件建议。

TI 的 D 类放大器有助于设计人员实现以下目标：

- 提高系统效率并降低功耗（Y 桥、H 类）
- 更大限度地减小布板空间和热占用空间（IV 检测、集成 DSP）
- 通过高级扬声器保护功能（电源跟踪限制器、IV 检测）实现更高的 SPL 和更好的音频性能

以下各节介绍了楼宇自动化设计中用于降低功耗并提高音频性能的主要 TI 放大器技术：Y 桥、H 类、电源跟踪限制器、I/V 检测和集成 DSP。

Y 桥架构

对于运行时间直接影响用户体验的电池供电型楼宇自动化设备，TI 设计了 Y 桥架构、以更大限度地降低功率损耗并延长电池寿命。在功耗更高的楼宇自动化应用中，传统的音频放大器架构依靠单个高压电源轨 (PVDD) 来实现输出级切换和放大，并依靠一个低压电源轨来实现 I/O 和 LDO。然而，在无音频信号的空闲期间，放大器会持续进行开关切换，从而导致电源效率不佳。由于开关仅发生在高压电源轨上，因此过大的电压余量会导致空闲效率降至 20% 以下。为了克服这一限制，德州仪器 (TI) 推出了 Y 桥电源架构。如图 1 所示，这种智能设计使放大器

English Document: SBAA887
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

能够根据输出功率需求，在两个电源导轨之间无缝切换。通过实时优化电源电压，Y 桥架构可显著降低空闲功耗（降幅高达 90%），并在低输出电平下将效率提高 15% 至 20%，且完全不会影响音频性能。有关更多详细信息，另请参阅 TI 的应用手册：*TAS278x D 类放大器中用于提高效率的 Y 桥*。

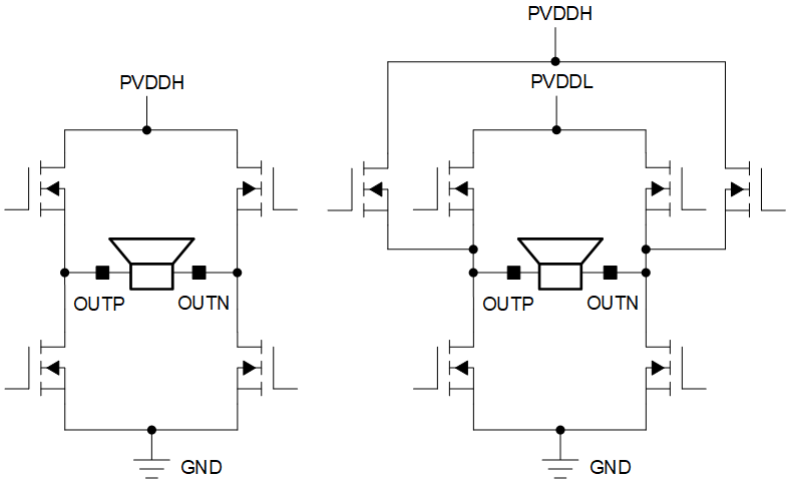


图 1. 传统 D 类放大器与简化的 Y 桥架构

H 类架构

H 类可通过动态调整电源电压 (PVDD) 来跟踪音频信号包络，显著降低输出级内的开关损耗，从而提高整体效率。当信号较小时，PVDD 可保持在低电平，从而尽可能减少功率耗散。当信号较大时，PVDD 会相应提高以提供必要的余量，以便清晰地播放音频。通过始终更大限度地减小电源电压与瞬时信号电平之间的电压差，H 类可捕获固定轨架构无法实现的效率增益。图 2 和图 3 展示了 H 类控制如何根据音频信号动态调整电源电压 (PVDD)。

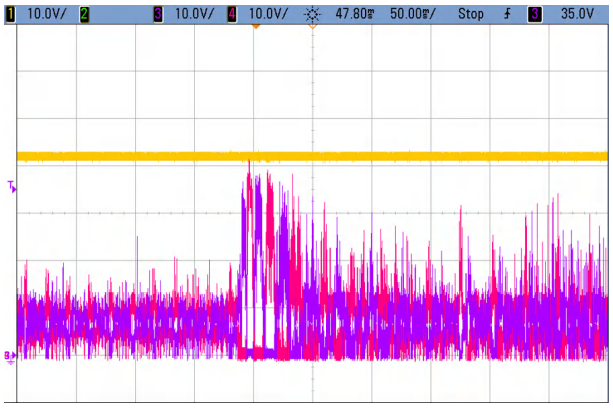


图 2. 无 H 类运行时的音频输出和升压电压

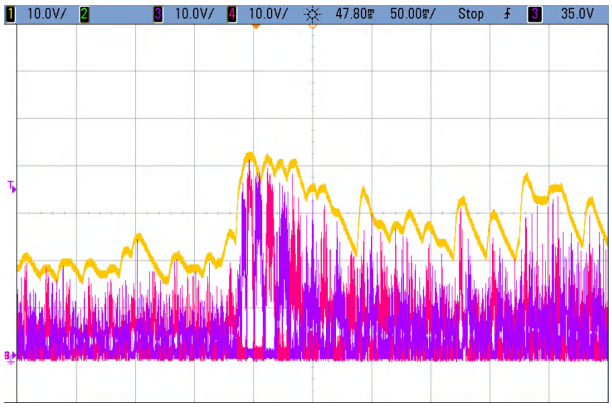


图 3. 有 H 类运行时的音频输出和升压电压

English Document: SBAA887
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

电源跟踪限制器

在内部通信等语音驱动型楼宇自动化应用中，音频保真度至关重要，失真会使语音难以理解并降低用户体验。电源跟踪限制器通过使用 PVDD 电源电压 ADC 来跟踪 PVDD，并根据用户输入动态调整增益，以避免失真，从而解决该问题。此特性在以下场景中尤为有用：

1. 用户将音量设置为高于当前 PVDD 电源可以支持的音量。在没有干预的情况下，放大器会削波信号峰值，从而产生可闻失真。电源跟踪限制器会检测到不匹配，并自动降低增益以保持音频质量。
2. 由于电池放电导致 PVDD 压降，但输入信号振幅保持不变。电源跟踪限制器持续通过 ADC 监测 PVDD，并根据压降按比例调节增益，从而将输出保持在电源可以支持的余量范围内，并在整个电池放电周期内保持纯净音频。

有关电源跟踪限制器的更多详细信息，请参阅 TAS2573 数据表。

I/V 检测

音量和音频质量在楼宇自动化应用中至关重要，从在嘈杂环境中必须清晰听清的对讲机通讯到提供智能紧急通知的 PA 系统，不一而足。这正是 TI 的智能放大器技术改变现状的切入点：它可以安全地将扬声器驱动到其真正的物理限制，从而提供更高的输出响度、更深的低音扩展和更长的扬声器寿命，而无需传统上定义安全音频设计的保守电源电容器。通过将精密 ADC 直接集成到放大器中来持续测量扬声器两端的电压 (V) 及其流经扬声器的电流 (I)，系统可计算实时电阻抗（该阻抗随音圈温度和锥位移的动态变化而变化），从而实现闭环保护算法，使扬声器始终安全运行。

图 4 展示了与传统放大器相比，智能放大器如何通过将扬声器驱动至更接近其机械和热限值而不造成损坏，在低音区域实现 2.5 倍的 SPL，在高频下实现 1.5 倍的 SPL。详细了解 TI 的扬声器保护及其优势。

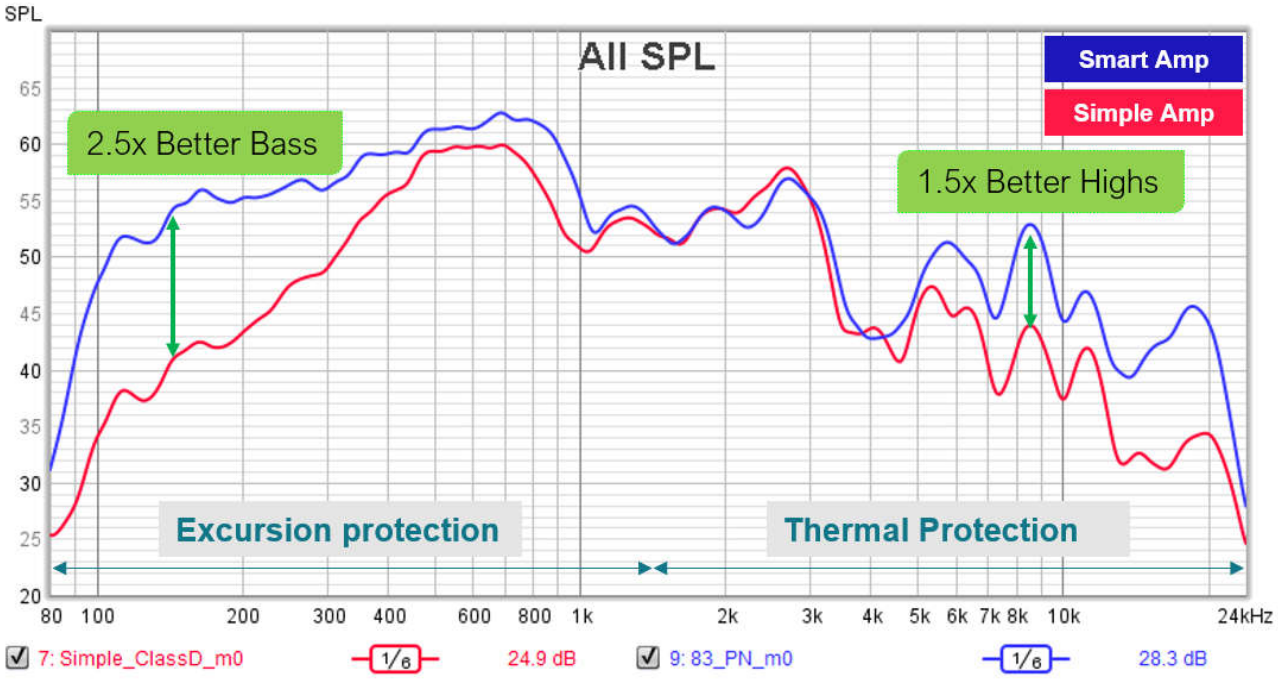


图 4. 简单放大器与智能放大器

集成型 DSP

随着 AI 算法消耗的主机 SoC 可用 MIPS（每秒百万条指令）和内存份额不断增加，将音频处理卸载到放大器的集成 DSP 上可释放关键主机资源。在楼宇自动化设备中，集成的 DSP 通过低成本扬声器提供高音质。TI 针对三个类别实现了这一点：保护和音量 - 安全地将扬声器推向物理极限；音频调优 - 优化频率响应和语音清晰度；节能 - 延长电池寿命。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 1. 集成 DSP 的特性和优势

域	保护 + 响度	音频增强	节能
特性	• IV Sensing • 过热保护 • 位移保护	• 均衡器 (EQ) • 动态范围压缩器 (DRC) • 动态均衡器 (DEQ) • 敲击噪声抑制器	• 高级电池保护 (ABG) • 音乐效率模式 • 噪声门
优势	安全地将扬声器驱动至其物理限值，从而实现高达 8dB 至 10dB 的感知音量，而不会出现热损坏、机械故障或信号失真的风险。	通过成本优化的扬声器最大限度地提高音质，通过紧凑的机箱提供清晰的语音提示、扩展的低音和平衡的频率响应。	降低空闲状态和低信号功耗，同时在电池放电时防止欠压和削波事件，直接延长电池寿命并在无线楼宇自动化设备中保持音频质量。

压电发声器

对于简单的警报音，动态扬声器会增加成本和布板空间，但不会带来好处：火警、安全蜂鸣声或 HVAC 错误只需要一个或两个高/中等音量的固定频率。压电式发声器使用由交流电压驱动的陶瓷元件完全消除了音圈：在特定频率下，机械更简单、更可靠且声音更大。

TDZ8907 使用集成升压转换器在压电元件上以差分方式驱动 PWM 信号，该转换器可从低至 2.0V 的电源生成 11.5V 或 15.5V 电压，从而提供高达 31Vpp 的输出和小于 1nA 的关断电流，而无需外部升压元件。

楼宇安全系统

可视门铃、IP 摄像头、安全网关和电子锁依靠电池或 PoE 电源持续运行，因此需要既可靠又高效的音频。双向通信、高 SPL 警报音调和常开待机模式，每个音调都来自同一功率受限的电源。TI 的放大器产品系列通过在各种封装尺寸下实现升压输出和超低关断电流来解决这一问题，这些封装尺寸适合空间受限的外壳。

关注点：

- 适用于电池和 PoE 供电设备的超低待机和关断电流
- 来自 PoE 和电池电源的升压输出，无需外部升压转换器
- 具有集成 PDM 麦克风输入和回声基准输出的双向音频
- 紧凑型集成，适用于空间受限的外壳

应用：可视门铃、IP 网络摄像头、无线安防摄像头、楼宇安防网关、入侵 HMI 面板、电子智能锁、楼宇安防发声器。

表 2. 针对楼宇安全系统的音频器件建议

规格	TPA2011D1	TAS2020	TAS2563	TAS2573	TAS2320	TAS2780	TDZ8907
PVDD	2.5-5.5V	2.5-5.5V	2.7-5.5V	2.0-5.5V	2.5-5.5V	3-24V	2.1-5.5V
升压电压	不适用	不适用	11.5V	15V	不适用	不适用	12.5V/15.5V
输出功率	3.2W	3.2W	6.1W	8.8W	19W	25W	31Vpp
输入	模拟	数字	数字	数字	数字	数字	PWM
Y 桥		✓		✓	✓	✓	
H 类			✓	✓	✓		
电源跟踪限制器		✓	✓	✓	✓	✓	
IV 感应			✓	✓		✓	
集成型 DSP			✓	✓			
PDM 麦克风输入			✓				
封装	9 - DSBGA	26 - QFN	42 – DSBGA 32 – QFN	48 - WCSP	26 - QFN	30 – HR QFN	10 – WQFN
封装尺寸	1.60mm × 1.21mm	4mm × 3.5mm	2.5mm × 3mm 4.5mm × 4mm	3.15mm × 2.26mm	4mm × 3.5mm	4mm × 3.5mm	2mm × 2mm

English Document: SBAA887
Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

表 2. 针对楼宇安全系统的音频器件建议（续）

规格	TPA2011D1	TAS2020	TAS2563	TAS2573	TAS2320	TAS2780	TDZ8907
应用	可视门铃、无线安防摄像头	入侵 HMI 面板、电子智能锁	可视门铃、IP 网络摄像头	可视门铃、无线安防摄像头	IP 网络摄像头、楼宇安全网关	楼宇安防发声器、楼宇安全网关	电子智能锁、楼宇安防发声器

防火安全系统

烟雾探测器、热量探测器和警报发声器必须在多年空闲（通常使用单个主电池）后按需提供高 SPL 警报。要在不耗尽电池电量的情况下满足法规的 SPL 阈值，需要一个将低电源电压产生的升压输出与亚微安级关断电流相结合的放大器产品系列。TI 的 D 类放大器和压电式驱动器专为实现这种精确权衡而设计。

关注点：

- 用于主电池供电设备的超低工作电流、待机电流和关断电流
- 高 SPL 输出，满足消防安全法规要求
- 由低电池电压提供升压输出，无需外部升压转换器
- 更大限度地减少外部 BOM，从而降低成本并简化监管认证

应用：防火安全发声器、烟雾和热量探测器、气体探测器、数字报警通讯设备。

表 3. 针对消防安全系统的音频器件建议

规格	TPA2006D1	TPA2011D1	TPA2038D1	TAS2120	TAS2563	TAS2573	TDZ8907
PVDD	2.5-5.5V	2.5-5.5V	2.5-5.5V	2.5-5.5V	2.7-5.5V	2.0-5.5V	2.1-5.5V
升压电压	不适用	不适用	不适用	14.75V	11.5V	15V	12.5V/15.5V
输出功率	1.45W	3.2W	3.2W	8.2W	6.1W	8.8W	31Vpp
输入	模拟	模拟	模拟	数字	数字	数字	PWM
Y 桥				✓		✓	
H 类				✓	✓	✓	
电源跟踪限制器				✓	✓	✓	
IV 感应					✓	✓	
集成型 DSP					✓	✓	
封装	8 - VSON	9 - DSBGA	9 - WCSP	26 - QFN	42 - DSBGA 32 - QFN	48 - WCSP	10 - WQFN
封装尺寸	3mm × 3mm	1.60mm × 1.21mm	1.21mm × 1.16mm	4mm × 3.5mm	2.5mm × 3mm 4.5mm × 4mm	3.15mm × 2.26mm	2mm × 2mm
应用	防火安全系统、烟雾和热量探测器	气体探测器、烟雾和热量探测器	防火安全系统、烟雾和热量探测器	防火安全系统、烟雾和热量探测器	防火安全发声器、数字报警通讯设备	防火安全发声器、数字报警通讯设备	防火安全系统、烟雾和热量探测器

HVAC 系统

智能恒温器、HVAC 阀门控制器以及空气质量和气体检测器都具有不同的音频需求，从语音音频警报和 UI 反馈音调到简单的警报蜂鸣声，不一而足。这些常开系统要求空闲效率与峰值输出一样高。TI 的 D 类放大器产品系列涵盖全系列，从用于简单音调警报的成本优化型模拟输入器件到具有集成 DSP 的数字智能放大器（通过紧凑型外壳提供清晰的语音输出），不一而足。

关注点：

- 对于始终开启的市电和电池供电设备，具有低空闲功耗
- 带集成 DSP 的数字输入，可实现清晰的语音提示和 UI 反馈音调
- 宽电源电压范围，可支持电池供电和市电供电设计
- 紧凑型集成，适用于空间受限的恒温器和控制器外壳

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

应用：智能恒温器、HVAC 网关、空气质量和气体检测器。

表 4. HVAC 系统的音频器件建议

规格	TAS2505	TAS2020	TAS2563	TAS2573	TDZ8907
PVDD	2.5-5.5V	2.5-5.5V	2.7-5.5V	2.0-5.5V	2.1-5.5V
升压电压	不适用	不适用	11.5V	15V	12.5V 或 15.5V
输出功率	2.6W	3.2W	6.1W	8.8W	31Vpp
输入	数字	数字	数字	数字	PWM
Y 桥		✓		✓	
H 类			✓	✓	
电源跟踪限制器		✓	✓	✓	
IV 感应			✓	✓	
集成型 DSP	✓		✓	✓	
封装	24 – QFN	26 - QFN	42 – DSBGA 32 – QFN	48 - WCSP	10 – WQFN
封装尺寸	4mm × 4mm	4mm × 3.5mm	2.5mm × 3mm 4.5mm × 4mm	3.15mm × 2.26mm	2mm × 2mm
应用	恒温器、HVAC 网关	恒温器、HVAC 网关	恒温器、空气质量和气体检测	恒温器、空气质量和气体检测	恒温器、空气质量和气体检测

结语

TI 为每种楼宇自动化应用（从超低功耗安防摄像头到高 SPL 防火安全发声器）提供广泛的音频放大器和压电驱动器产品系列。如需了解完整的产品系列，参考设计和评估模块，请访问 ti.com/audio。

Copyright © 2026 Texas Instruments Incorporated

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月