

Application Brief

基于 MSPM0 的医用警报设计



Christian Greeff

引言

医用警报系统是大多数医疗设备（尤其是在重症监护室 (ICU) 中使用的那些设备）所需的子系统。为确保患者安全，这些医疗设备必须符合国际电工委员会 (IEC) 制定的要求。IEC60601-1-8 标准详细介绍了这些系统所需的警报相关元素，包括初级警报、冗余供电备用警报和视觉警报指示灯。此设计利用 MSPM0G150x 微控制器 (MCU) 提供初级警报、备用警报和视觉警报功能，从而提供符合 IEC60601-1-8 标准的医用警报。图 1 所示为设计方框图。

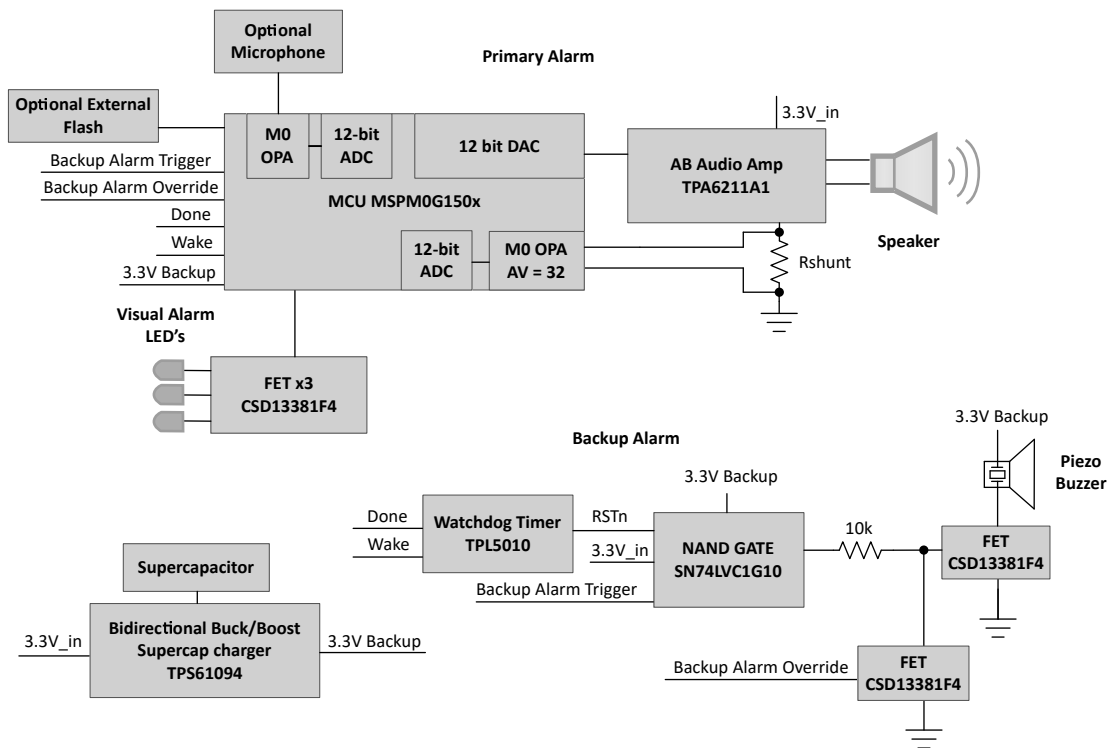


图 1. 设计方框图

设计：关键特性

- 能够播放任何标准或自定义警报
- 12 位、可调频率 (支持 48kHz+) 高保真音频。
- 128KB 内部闪存和外部闪存选项。

设计：初级警报

使用 12 位 DAC，MSPM0G150x MCU 可以生成完全定制的医用警报波形，从而允许设计人员使用其现有的独特音频警报内容或 IEC 标准委员会提供的警报音频。MSPM0 MCU 上的集成模拟运算放大器允许对音频放大器进行电流测量以检测故障，并可以让用户选择使用麦克风进行环境噪声检测。MCU 可在独立模式下使用，或由主机处理

器或控制器控制。此外，MCU 还集成了实时时钟 (RTC)，可实现时间戳、系统正常运行时间监控和系统事件调度。

在正常运行期间，可由 MSPM0 MCU 或外部主机触发警报或自定义音频文件。然后，MCU 从内部或外部闪存读取音频序列，并将警报输出到集成 12 位 DAC。DAC 输出音频波形被发送到 TPA6211A1 音频放大器，由扬声器播放。12 位 DAC 可在可选频率（例如 48kHz）下输出音频波形。如果仅使用内部闪存并且需要高频音频输出，则可以从音频文件中提取个别音调。可将延迟间隔编程到 MCU 中以减小音频文件的大小，这样就可以将清晰的高、中和低警报信号放入 MCU 的内部闪存中。另外，外部闪存选项可提供更大的存储空间，从而简化音频文件的上传和播放方法。

设计：视觉警报和备用警报

在此设计中，视觉警报是通过让 MCU 的通用输入/输出 (GPIO) 引脚切换视觉警报 LED 而实现的。备用警报是通过以下方式实现的：将超级电容器与相关的 TPS61094 超级电容器充电器、可选的 TPL5010 外部看门狗计时器（用于检测 MCU 故障）和 SN74LVC1G10 与非门搭配使用，以便在发生 MCU 或电源故障时触发压电警报。在此状态期间，低功耗 MSPM0 MCU 能够控制系统并从用户输入或在所需的三分钟时间范围之后终止备用警报。

测试结果：初级警报

高警报状态的 DAC 输出波形如图 2 所示。关键波形特性（包括基本频率、上升时间、下降时间、脉冲间隔等）均在内部进行测量，以满足 IEC60601-1-8 要求。

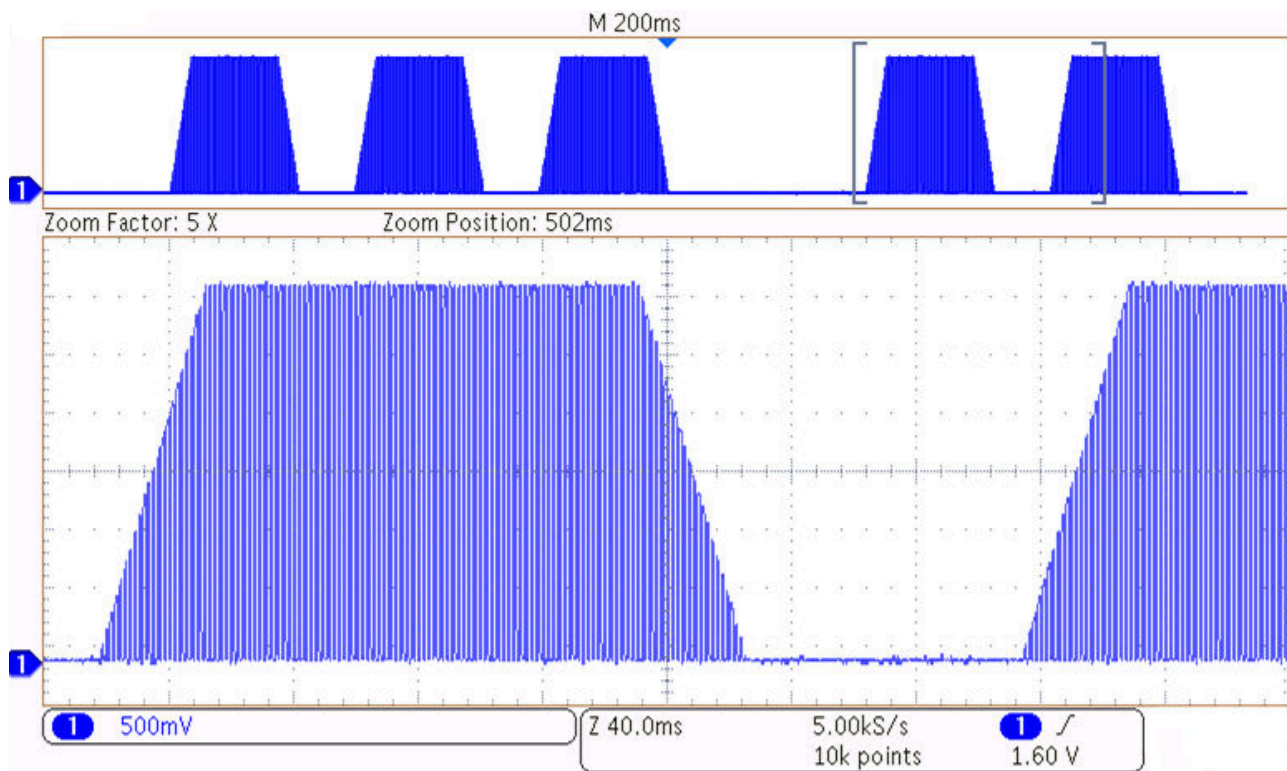


图 2. 高警报状态波形

测试结果：重合检测

重合检测电路也通过测量 MSPM0G150x 内部运算放大器输出进行了测试。图 3 中所示的脉冲显示了通过测量 TPA6211A1 电流消耗得到的高警报状态波形。如果扬声器出现故障（例如断开连接），电流波形会显著减小。MCU 还可以分析波形本身，以检测是否正在播放正确的音频波形。为了获得来自环境的额外反馈（例如环境噪声或来自初级警报的声音反馈），可将麦克风添加为 MCU 的输入。

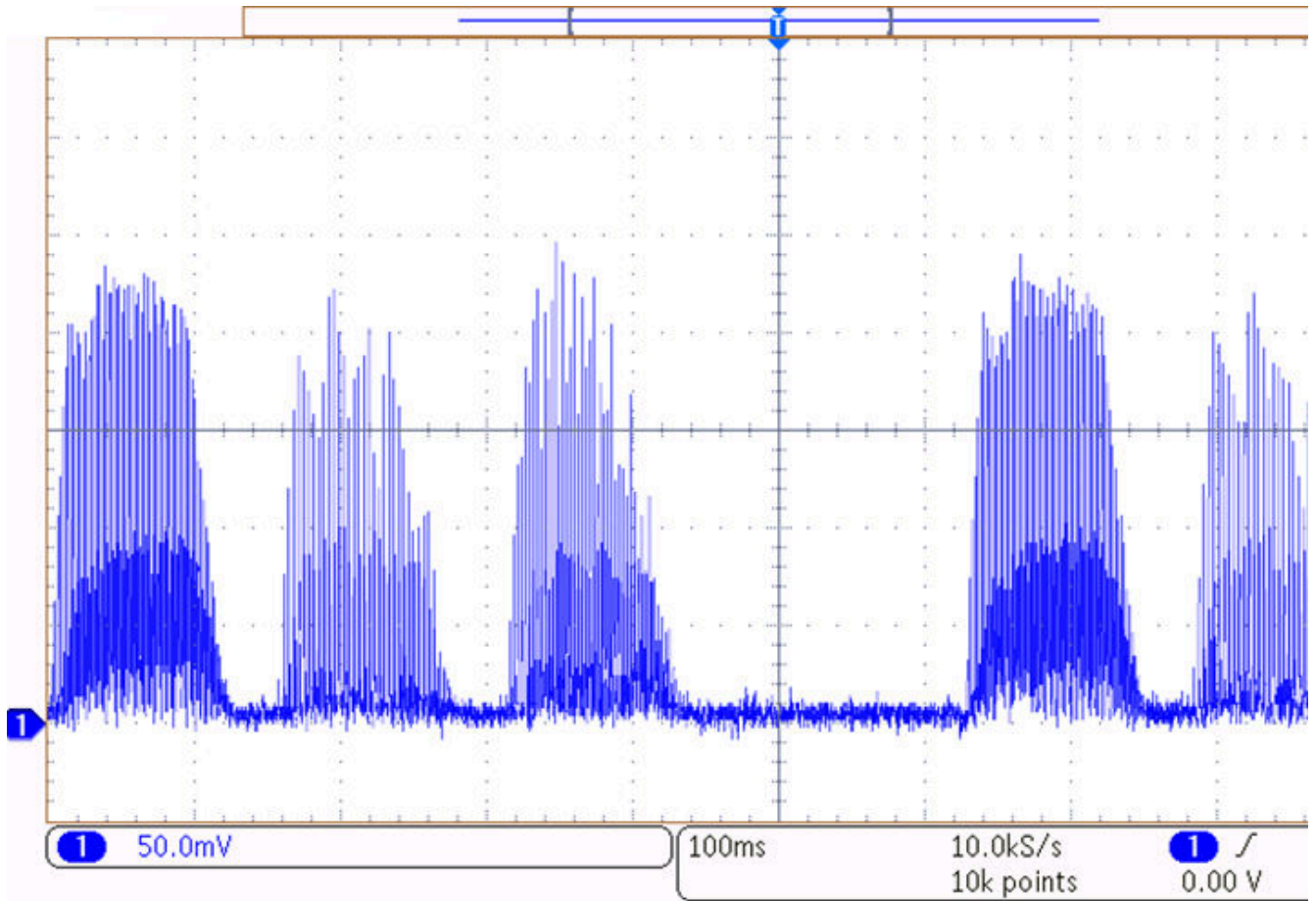


图 3. 重合检测波形

测试结果：初级警报合规性测试

为了满足 IEC6060-1-8 要求，主医用警报必须符合特定的谐波要求。具体来说，至少有 4 个谐波需要与基频的振幅相差 $\pm 15\text{dB}$ 。这些谐波可增强警报音的空间定位。图 4 显示了针对高警报状态测量的谐波含量示例。图中显示，在该高警报状态测试所需的范围内测量了六个谐波。

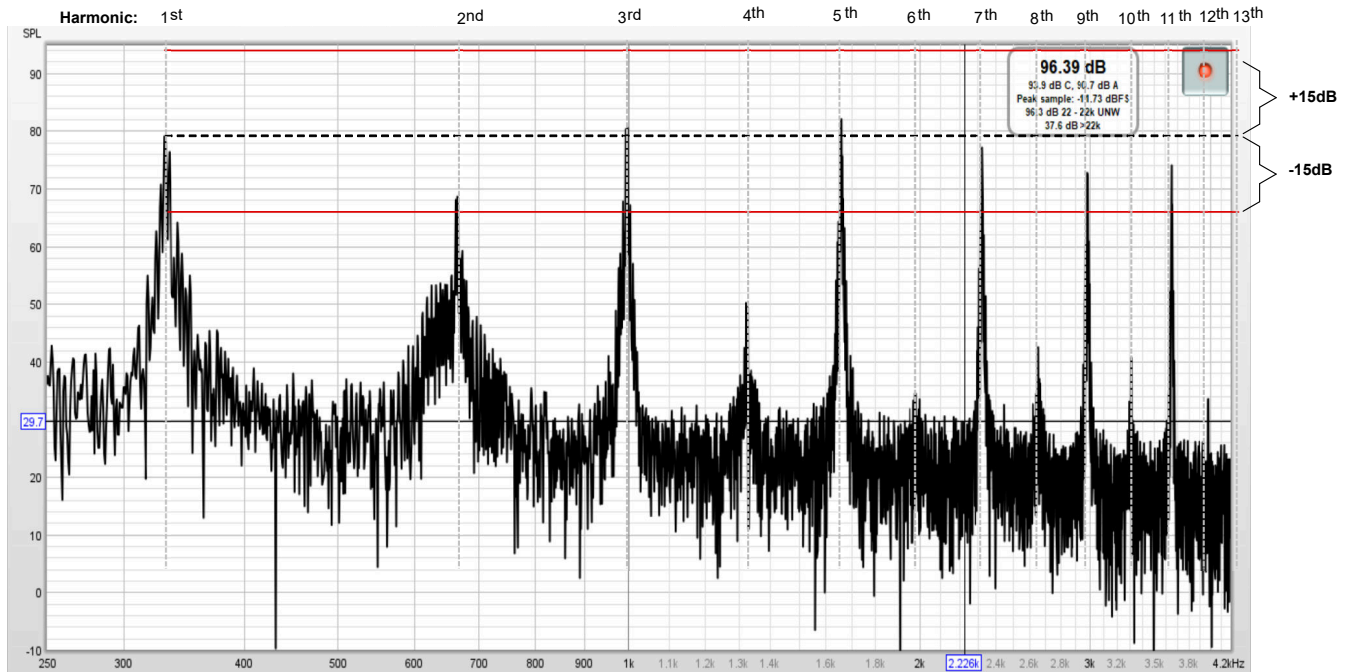


图 4. 谐波测试高警报状态

结论

所介绍的设计提供了基于 MCU 的完整医用警报系统实施方案，包括初级警报、备用警报和视觉警报。高保真定制警报、警报故障检测和超级电容器备用功能等特性使该设计非常适合医用警报系统。

参考文献

1. 德州仪器 (TI), [揭秘医用警报设计, 第 1 部分: IEC60601-1-8 标准要求](#) 博客。
2. 德州仪器 (TI), [揭秘医用警报设计, 第 2 部分: 设计方法和现有技术](#) 博客。
3. 德州仪器 (TI), [揭秘使用智能 DAC 的医用警报设计](#) 应用简报。
4. 德州仪器 (TI), [基于硬件的智能 DAC 医用警报设计](#) 应用简报。
5. 德州仪器 (TI), [MSPM0G150x 混合信号控制器](#) 数据表。
6. 德州仪器 (TI), [具有超级电容管理功能的 60nA 静态电流升压转换器](#) 数据表。
7. 德州仪器 (TI), [3.1W 单声道全差分音频功率放大器](#) 数据表。

重要声明和免责声明

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任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司