

Design Guide: TIDA-010935

太阳能电力线通信参考设计



说明

电力线通信 (PLC) 现在用于多种终端设备应用。电网应用就是一个很好的示例，此类应用使用电源线作为传输线，将必要数据从一个器件传输到另一个器件。电力线通信因此得名。这是通过在电力线上叠加更高频带（通常为 kHz 和 MHz 频带）的调制数据而实现的。此参考设计提供了一种简单的 PLC 方法，将开关键控调制器与线路驱动器和无源滤波相结合，通过通用异步接收器/发送器 (UART) 接口传输数据。

资源

TIDA-010935	设计文件夹
TPS26624DRCR , TPS560430X3FDBVR	产品文件夹
LM5164QDDARQ1 , THVD8000DDFR	产品文件夹
THS6222IRGTR , TMUX1204DGSR	产品文件夹
LP-MSPM0G307	产品文件夹



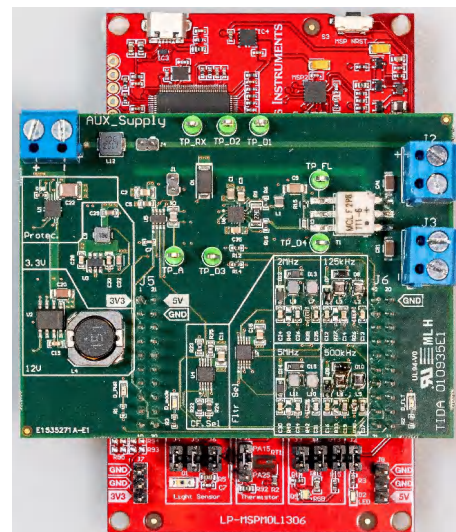
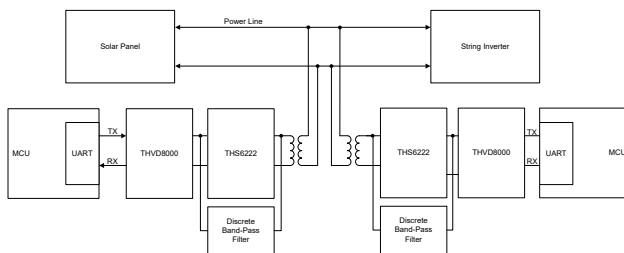
请咨询我司 TI E2E™ 支持专家

特性

- 4 个可选调制频率：125kHz、500kHz、2MHz、5MHz
- 使用 TI 电子保险丝提供内置电流限制保护和反极性保护
- 使用同一条通信线路接收和发送数据，从而减少空间
- **BoosterPack™** 插件模块与 MSPM0 和 C2000™ 等多个微控制器系列兼容

应用

- 微型逆变器
- 串式逆变器
- 太阳能电源优化器
- 中央逆变器



1 系统说明

TIDA-010935 参考设计是一款与 MSPM0 微控制器兼容的低成本、灵活的 PLC 模块，专为太阳能应用而设计。此设计可直接由太阳能电池板供电，也可通过螺纹接线端子由辅助电源供电。TIDA-010935 具有内置电流限制保护和反极性保护。在此设计中，可选择多个介于 125kHz 和 5MHz 之间的载波频率。工程师可以利用此功能来防止串式逆变器的开关频率干扰 THVD8000 的载波频率。此外，还可以调整 THS6222 线路驱动器的 BIAS 设置以提高总体电源效率。

1.1 关键系统规格

表 1-1. PLC 的系统规格

参数	规格
输入电压	13.5V 至 50V
电流限制保护	500mA
输出电压	12V
最大驱动器电流	338 mA
可选载波频率	125kHz、500kHz、2MHz、5MHz
波特率	9600
电路板尺寸	80 mm × 60 mm



小心

请勿在无人照看的情况下使该设计通电。



警告

外部连接：对于系统中连接的所有硬件和元件，与硬件的所有外部连接必须保持在建议的工作条件和预期用途范围内。



警告

高电压！ 电路板中存在可接触到的**高电压**。可能发生电击。如电路板的电压和电流处理不当，则可能导致电击、火灾或伤害事故。使用该设备时应特别小心，并采取相应的保护措施，以避免伤害自己或损坏财产。为安全起见，强烈建议使用具有过压和过流保护功能的隔离式测试设备。

TI 认为在对电路板通电或进行仿真之前，用户有责任确认其已明确并理解电压和隔离要求。**通电后，请勿触摸该设计或与该设计相连的元件。**



警告

TI 建议，该参考设计**仅在实验室环境中运行，不应将该电路板作为成品**供一般消费者使用。该设计旨在环境室温下运行，未在其他环境温度下进行运行测试。

TI 建议，该参考设计仅可由熟悉处理高压电子和机械组件、系统及子系统所存在相关风险的**合格工程师和技术人员**使用。

电路板中存在可接触到的高电压。如电路板的电压和电流处理不当或施加不正确，则可能导致电击、火灾或伤害事故。使用该设备时应特别小心，并采取相应的保护措施，以避免伤害自己或损坏财产。

2 系统概述

2.1 方框图

图 2-1 显示了信号前端的基本概览。MCU 生成的信号可通过 UART 发送至调制器。之后，需要一个线路驱动器将足够强的信号驱动到电力线上。分立式滤波器可滤除传入频谱中的必要频带，从而为 THVD8000 提供解调所需的信号。

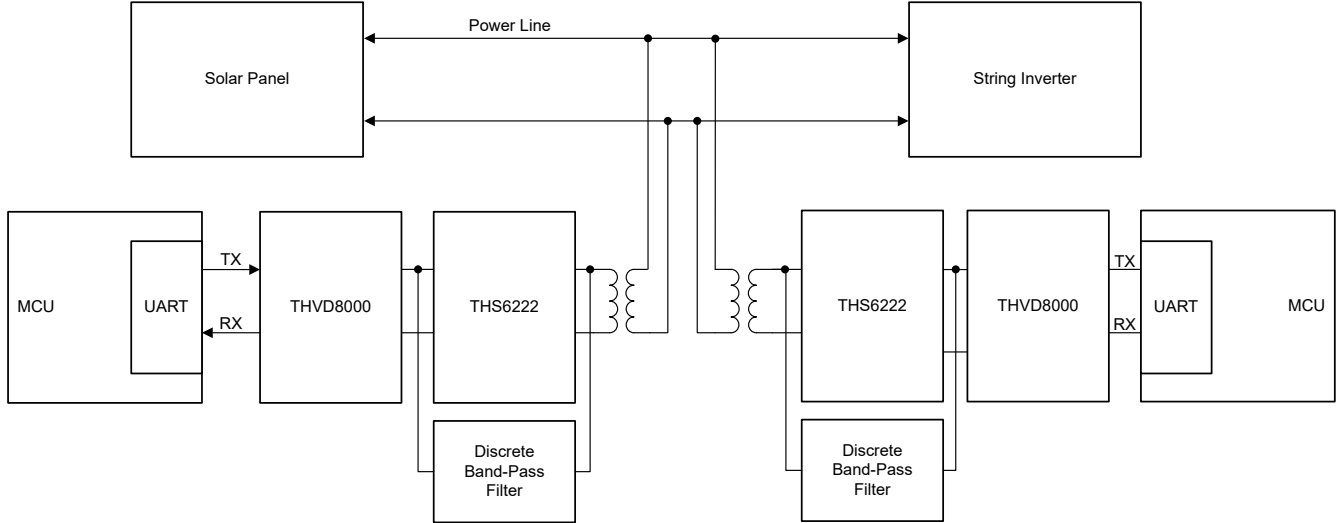


图 2-1. TIDA-010935 方框图

2.2 重点产品

2.2.1 THVD8000DDF

THVD8000DDF 是一款具有开关键控 (OOK) 调制功能的 RS-485 收发器，用于电力线通信。此器件具有一个内置调制器和解调器，这两个器件可通过 MODE 引脚进行选择。载波频率可以通过将外部电阻连接到 F_SET 引脚来设置，支持从 125kHz 到高达 5MHz 的传输频率。根据所选择的载波频率，数据速率最高可达 500kbps。OOK 调制不受数据极性的影响，使该器件易于实现和使用。

2.2.2 THS6222RGTT

THS6222 是一款具有电流反馈架构的差分线路驱动器放大器，使用德州仪器 (TI) 专有的高速硅锗工艺。该器件专用于在驱动重线路负载时需要高线性度的宽带、高速、电力线通信线路驱动器应用。

THS6222 的独特架构可以借助 BIAS 引脚更大限度地降低静态电流，同时提供很高的线性度。该放大器具有可调的电流引脚，可设定多种偏置模式的额定电流消耗，从而提供更佳的节能效果，而无需发挥放大器的全部性能。关断偏置模式能够在接收模式期间进一步降低功耗。

57V_{pp} (100 Ω 负载) 的宽输出摆幅搭配 32V 电源以及超过 650mA 的电流驱动 (25 Ω 负载)，可提供将失真限制在较低水平的宽动态范围。

2.2.3 MSPM0G350x

MSPM0G350x 微控制器属于 TI 高度集成的超低功耗 32 位 MSPM0 MCU 系列，该系列基于增强型 Arm Cortex-M0+ 内核平台，工作频率最高可达 80MHz。这些低成本 MCU 提供高性能模拟外设集成，支持 -40°C 至 125°C 的工作温度范围，并在 1.62V 至 3.6V 的电源电压下运行。

MSPM0G 器件提供高达 128KB 的嵌入式闪存程序存储器和高达 32KB 的 SRAM。这些 MCU 包含精度高达 ±1.2% 的高速片上振荡器，无需外部晶体。其他特性包括 3 通道 DMA、16 位和 32 位 CRC 加速器，以及各种高性能模拟外设，例如一个具有可配置内部电压基准的 12 位 1.68MSPS 模数转换器 (ADC)、一个具有内置基准数模转换器 (DAC) 的高速比较器、两个具有可编程增益的零漂移零交叉运算放大器、一个通用放大器和一个片上温

度传感器。这些器件还提供智能数字外设，例如四个 16 位通用计时器、一个窗口化看门狗计时器和各种通信外设（包括两个 UART、一个 SPI 和两个 I2C）。这些通信外设为 LIN、IrDA、DALI、Manchester、Smart Card、SMBus 和 PMBus 提供协议支持。

TI MSPM0 系列低功耗 MCU 包含具有不同模拟和数字集成度的器件，可让客户找到满足其工程需求的 MCU。该架构与多种低功耗模式配合使用，经过优化，可延长电池寿命

MSPM0Gx MCU 由广泛的硬件和软件生态系统提供支持，随附参考设计和代码示例，便于您快速开始设计。开发套件包括可供购买的 LaunchPad™ 开发套件和适用于目标插座板的设计文件。TI 还提供免费的 MSP 软件开发套件 (SDK)，该套件在 TI Resource Explorer 中作为 Code Composer Studio™ IDE 桌面版和云版组件提供。MSP Academy 的各种在线配套资料、培训，以及 TI E2E™ 支持论坛还可为 MSPM0 MCU 提供在线支持。

2.2.4 TPS26624DRCR

TPS26624 是一款具有 4.5V 至 60V 宽输入范围的高压电子保险丝。该器件具有多种内置功能，例如 OCP（过流保护）、OVP（过压保护）、输入反极性保护和输出反极性保护。集成式场效应晶体管 (FET) 的占用空间更小，并且采用背靠背 FET 拓扑，可满足保持时间要求。在此设计中，该功能可以在发生快速关断命令或其他快速关断情形时保护电路板。内置的电流限值可通过电流范围为 25mA 至 880mA 的电阻进行调节。在这一实施方案中，设置了 500mA 的电流限制。

2.2.5 LM5164QDDARQ1

LM5164 是一款同步降压转换器，用于在宽输入电压范围内进行调节，从而尽可能减少对外部浪涌抑制元件的需求。LM5164 的输入电压低至 6V，最高输入电压为 100V。恒定导通时间 (COT) 控制架构可提供几乎恒定的开关频率，具有出色的负载和线路瞬态响应。LM5164 的另一个特性是出色的静态电流消耗。

2.2.6 TPS560430X3FDBVR

TPS560430X3 是一款固定 3.3V、1.1MHz 开关同步降压转换器，最大负载电流为 600mA。内置的特性包括逐周期电流限制、断续模式短路保护以及功率耗散过大的情况下的内置热关断功能。该器件还采用小型封装 (2.90mm × 1.6mm)。

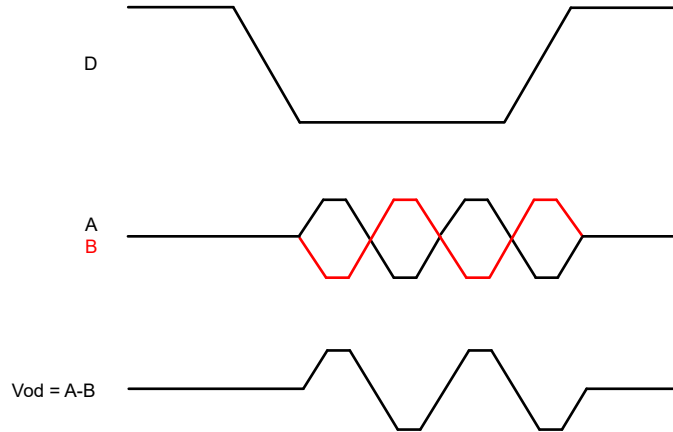
2.2.7 TMUX1204DGSR

TMUX1204 是一款现代互补金属氧化物半导体模拟多路复用器。该器件采用 4:1 单端（单通道）配置，单电源电压范围为 1.08V 至 5.5V。10nA 的低电源电流使该器件非常适合太阳能应用。所有逻辑输入均具有兼容 1.8V 逻辑的阈值，当器件在有效电源电压范围内运行时，这些阈值可确保 TTL 和 CMOS 逻辑兼容性。失效防护逻辑电路允许先在控制引脚上施加电压，然后在电源引脚上施加电压，从而保护器件免受潜在的损害。

2.3 设计注意事项

2.3.1 调制器和载波频率选择

需要一个微控制器才能操作 TIDA-010935。从微控制器中，可以借助调制器和线路驱动器通过电力线发送所请求的数据。TIDA-010935 使用具有 OOK 调制方案的 THVD8000 RS-485 收发器作为调制器。



传入数据的调制 (**D**)。所产生的信号为差分信号，通过 THVD8000 的 A 和 B 引脚发出。数据引脚上的逻辑高电平会产生 0V 信号，而逻辑低电平则会产生在 Vod 所见的振荡信号。

图 2-2. OOK 模式

THVD8000 的另一个特性是 *FSET* 引脚，它允许通过外部电阻器来确定用于调制和解调方案的载波频率。THVD8000 在设定距离内具有 125kHz 至 5MHz 的载波频率。为了测试该系统中的多个载波频率，选择了 4 个相关载波频率，可以在软件端通过设置 FSETB0 和 FSETB1 值来选择这些频率。表 2-1 显示了 TIDA-010935 可用的载波频率以及所需的相应电阻值。表 2-2 显示了与所需载波频率对应的必要 FSETB0 和 FSETB1 值。

表 2-1. 电阻值与载波频率间的关系

R _{F_SET} (kΩ)	OOK f ₀ (kHz)
77	125
19	500
4.4	2000
1.5	5000

表 2-2. FSET 值与载波频率间的关系

FSETB0	FSETB1	OOK f ₀ (kHz)
0	0	125
1	0	500
0	1	2000
1	1	5000

2.3.2 THS6222 线路驱动器的功耗和增益

通过选择载波频率，调制信号可馈送到线路驱动器中。TIDA-010935 使用 THS6222 作为线路驱动器，将传入信号提升到 12V。THS6222 是一款具有 328mA 最大灌电流的差分宽带缓冲器。

总功耗显然取决于 PLC 网络上连接的节点数，其中的节点描述了各个 TIDA-010935 模块成员。节点成员以串联方式连接到串式逆变器直流母线。

串上的节点。随着成员数量的增加，需要降低所需灌电流才能达到信号 12V 峰值。

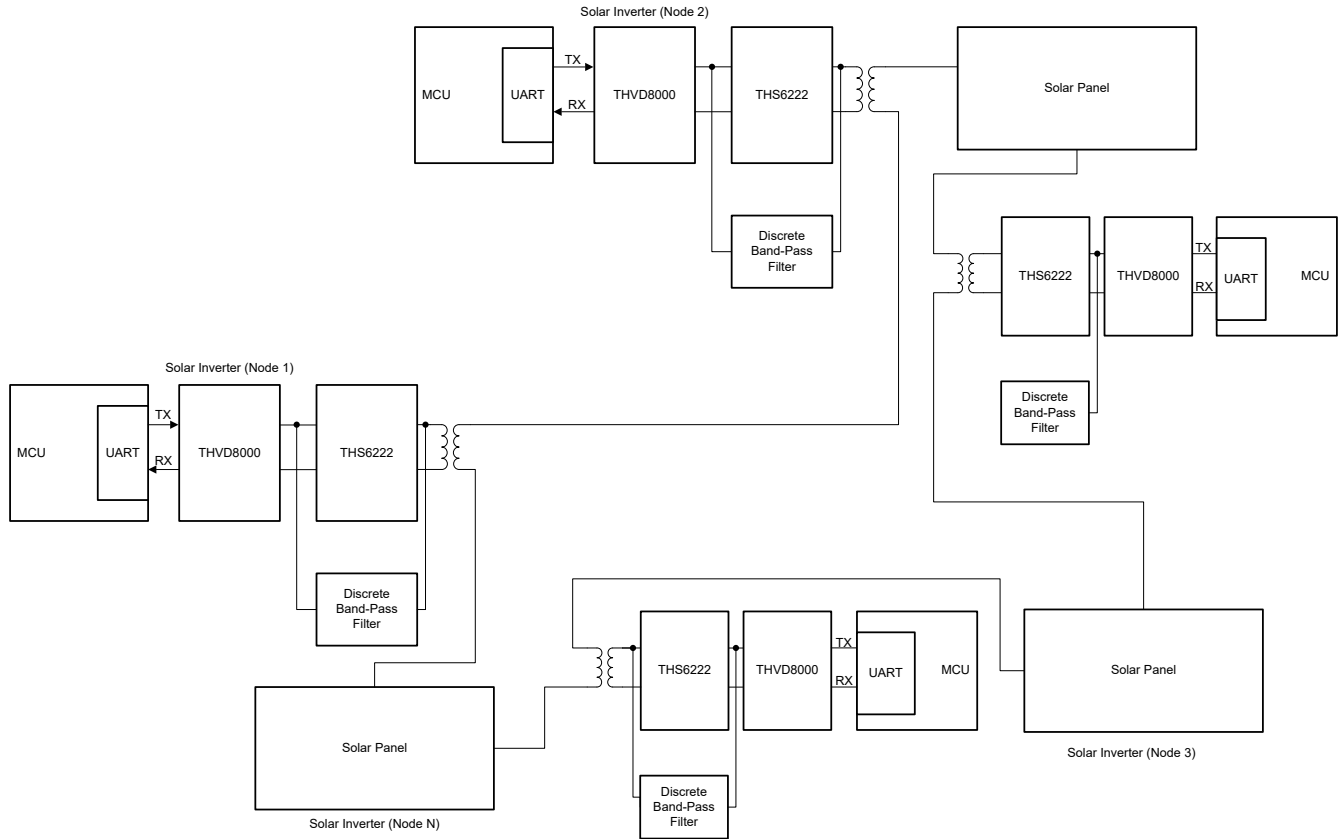


图 2-3. 应用示例

通常，多个太阳能电池板连接在一个串上，每个太阳能电池板串联以达到光伏逆变器的输入电压。所需的最小灌电流取决于 PLC 网络上的总阻抗和所需的信号峰值电压。

$$12 \text{ V} = I_{\text{sink}} \times Z_{\text{PLC, Net}} \quad (1)$$

$$I_{\text{sink}} = \frac{12 \text{ V}}{Z_{\text{PLC, Net}}} \quad (2)$$

THS6222 采用偏置设置输入，具有 4 种不同的模式。表 2-3 根据偏置引脚输入列出了 THS6222 的所有模式以及预期静态电流消耗。

表 2-3. 与 THS6222 偏置模式相关的静态电流消耗

BIAS1	BIAS2	模式	50 Ω 和 12V 电源下的静态电流
0	0	关闭	1.1 mA
1	0	低偏置模式	10.4 mA
0	1	中偏置模式	15 mA
1	1	满偏置模式	19.5 mA

更具体地说，通过调整 TIDA-010935 的偏置设置，可以更好地控制 TIDA-010935 或每个节点的整体效率。理想情况下，该参考设计由太阳能电池板供电，效率非常重要。所包含的软件会调整两种模式（即 **OFF** 和 **TX-MODE**）之间的偏置。在发送阶段，THVD8000 偏置设置为 **TX-MODE**，这本质上决定了器件需要使用哪种模式来放大调制信号。成功传输消息后，THVD8000 会关闭以提高效率。此外，如果在接收消息期间未将器件置于此模式，则会发生信号衰减。这是因为如果器件未置于高阻抗模式或 **OFF** 模式，部分信号电流会渗入器件中，从而降低信号强度。

必须为 THS6222 选择合适的增益电阻器。[TPS2662x 具有集成输入和输出反极性保护功能的 60V 800mA 工业电子保险丝](#) 数据表的 [详细设计流程](#) 部分介绍，如果需要其他值，应选择哪个增益电阻器来防止放大器饱和。标记为

R9 的增益电阻器是一个 1.24kΩ 电阻器，增益为 3。这样，3.3V 输入信号就不会导致 THS6222 进入饱和状态，因为更高的增益会超过输入电源电压，因此可能会发生钳位。

图 2-4 显示了 THS6222 线路驱动器的原理图。偏置引脚 BIAS-1 和 BIAS-2 确定了灌电流所需的电流值。R9 电阻器决定 V/V 增益。有关最大可能增益以及需要的电阻器，请参阅 THS6222 数据表。

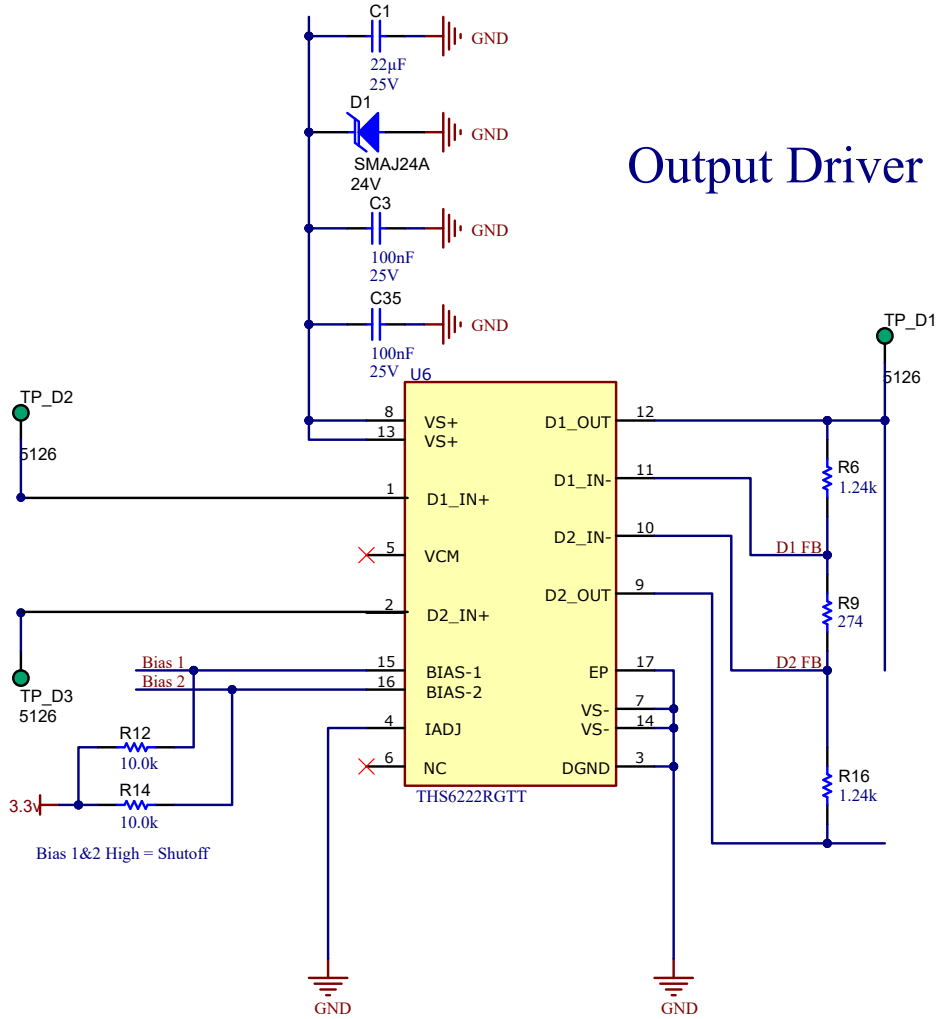


图 2-4. THS6222 电路

2.3.3 前端和分立式滤波器

THS6222 会放大来自 THVD8000 RS-485 OOK 发送器的信号。此信号交流耦合到直流母线，该总线通过射频变压器注入来自太阳能电池板的所有电力。

图 2-5 所示为信号前端的原理图。符号“+”和“-”是到直流母线的串联连接。

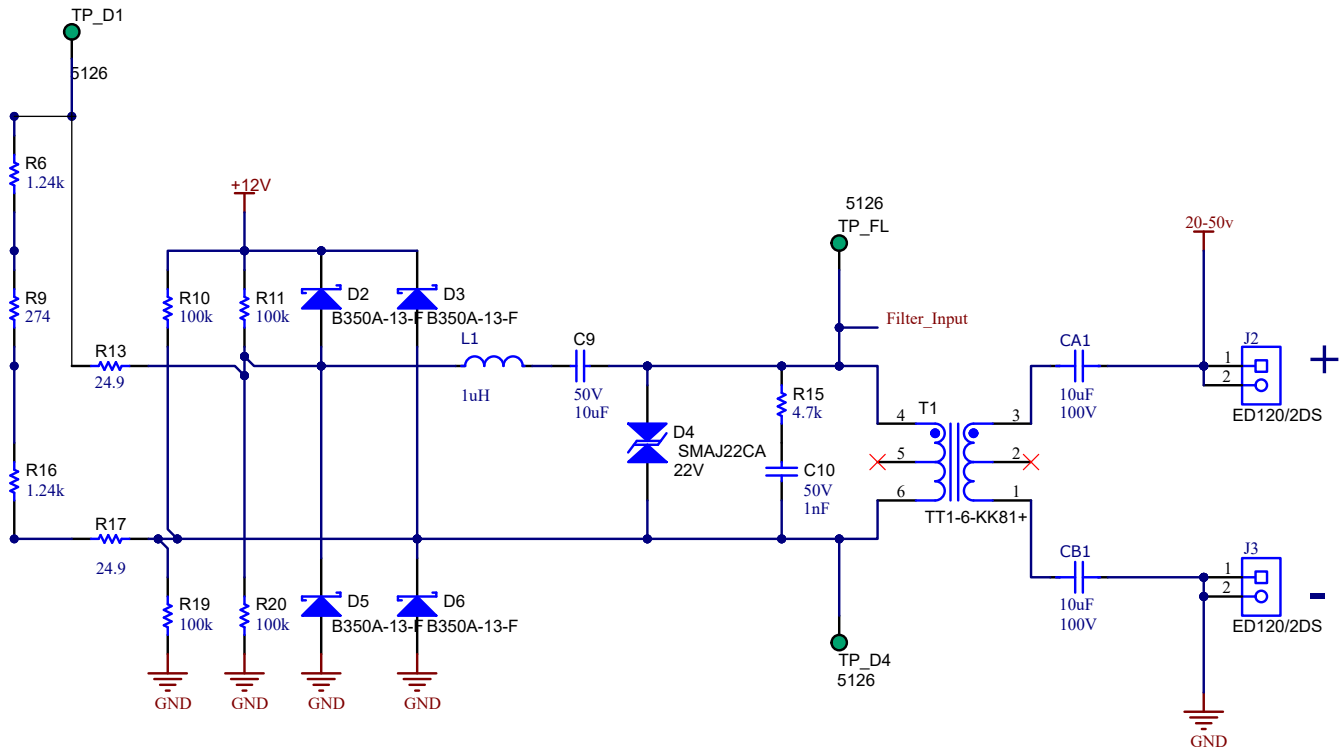


图 2-5. 前端

电阻器 R13 和 R17 是实现带外抑制所必需的，可将数据保持在特定的功率级别内。R13 和 R17 旁边是所需的偏置电阻器 R10、R19、R11 和 R20，因为可以差分方式发送信号；不过，接收到的是准单端信号。这些偏置电阻将 A 线和 B 线之间的偏移保持在尽可能低的水平。由于 PLC 模块通常在恶劣环境中运行并抑制不必要的浪涌，因此采用了肖特基二极管和 TVS。包含由 L1 和 C9 组成的带宽限制滤波器以及缓冲电路 R15 和 C10，可避免发送高频开关噪声。

由于此应用中的电力线电压非常高，因此必须进行适当的耦合设计。在电流较大的情况下，如果预计直流电流大于 10A，则需要更粗的电缆来连接变压器。如果不首先对该直流电流进行去耦，因为需要这样大的变压器，这就使得小尺寸 PCB 几乎不可能实现。CA1 和 CB1 的作用是抑制直流电流，并允许交流电流通过，从而缓解这个问题。

针对接收到的信号实施带通滤波器。此设计支持 4 种不同的载波频率，因此为每种频率设计了一个滤波器。

图 2-6 展示了 4 种不同载波频率的分立式滤波器。

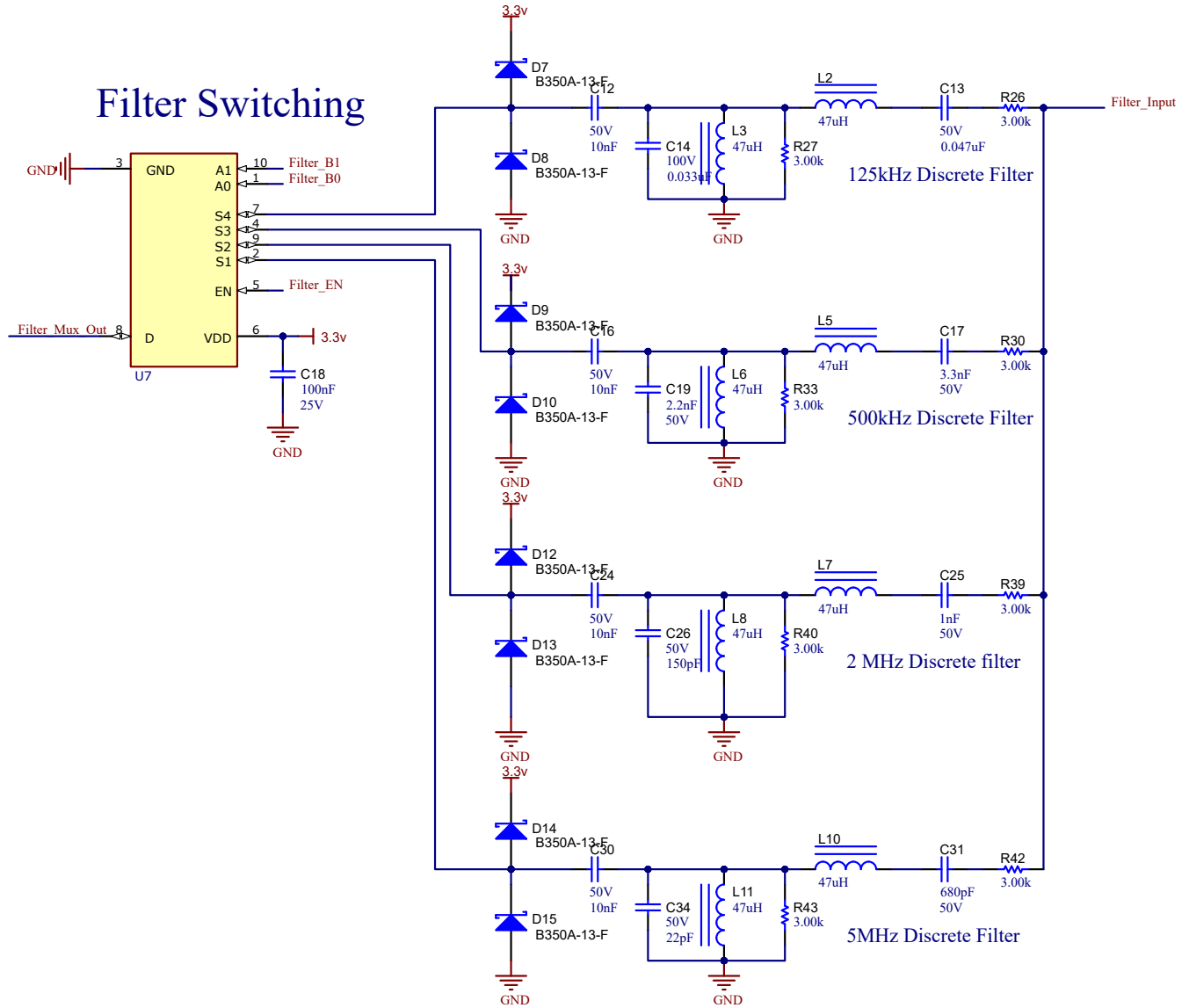


图 2-6. 分立式滤波器

在分立式滤波器之后，使用另一个 TMUX1204 器件来根据选择的载波频率将正确的滤波器连接到 THVD8000。TMUX1204 的源极关断漏电流为 75nA，漏极关断漏电流为 200nA (请参阅 [TMUX1204 5V、4:1 通用模拟多路复用器](#) 数据表的电气特性 ($V_{DD} = 5V \pm 10\%$) 部分)。这使得该器件非常适合我们的应用，因为漏电流极小，提高了系统的整体效率。模拟多路复用器将信号路由回到 THVD8000，其中器件从发送状态切换到接收状态，对信号进行解调，并按照 UART 将信号反馈回 MCU。

为了控制 TMUX1204，提供了两个选择引脚 FILTER_B0、FILTER_B1 和一个使能引脚 FILTER_EN。可根据这 3 个引脚的组合选择正确的解调频率。

表 2-4. 解调频率选择

FILTER_EN	FILTER_B0	FILTER_B1	FREQUENCY_OUT (kHz)
0	X	X	发送阶段，无解调
1	0	0	125
1	0	1	500
1	1	0	2000
1	1	1	5000

2.3.4 THVD8000 原理图

图 2-7 显示了 THVD8000 的原理图概览。

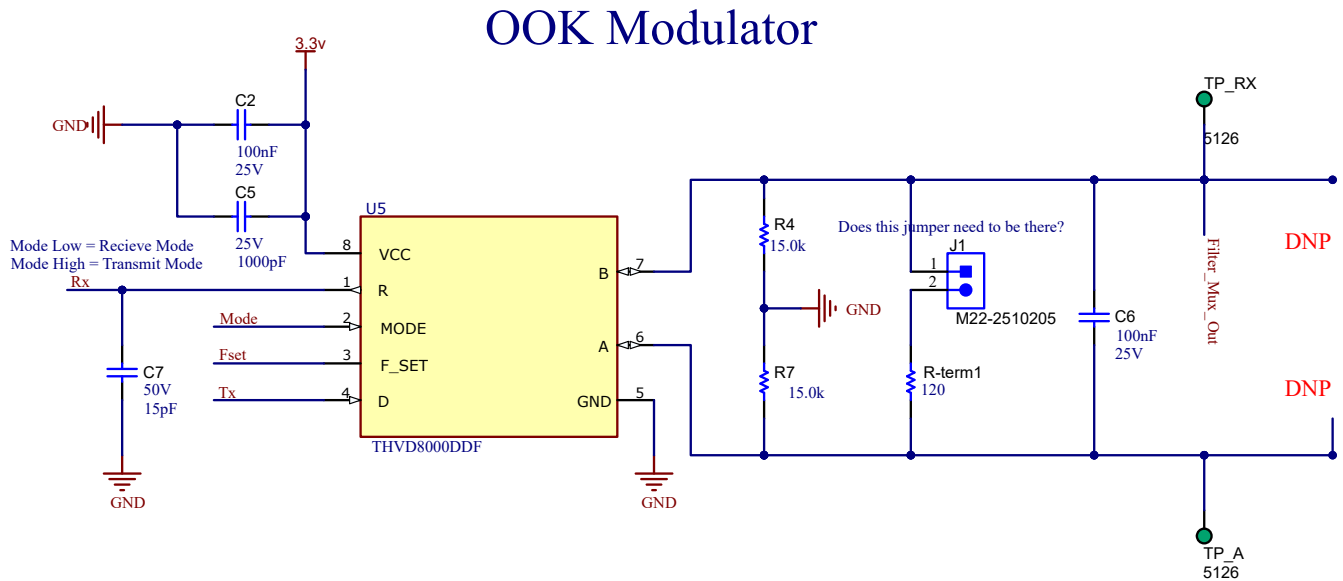


图 2-7. THVD8000 原理图

THVD8000 负责选择发送阶段和接收阶段，如图 2-7 所示。FSET 引脚提供载波频率，由 TMUX 在 125kHz、500kHz、2MHz 和 5MHz 之间选择。

MODE 引脚负责设置接收（设置为低电平）和发送（设置为高电平）阶段，如果 TX 阶段处于活动状态，则信号通过引脚 D 输入；如果 RX 阶段处于活动状态，则将 R 引脚用作输出。

2.3.5 电路板引脚分配

表 2-5 提供了引脚的说明。

表 2-5. 引脚分配表

引脚编号	引脚名称	说明
1	3.3V	3.3V 电源
3	RX	接收器引脚
4	TX	发送器引脚
5	SHDN	关断引脚，设置为高电平以启用通信
8	MODE	模式引脚，设置为高电平可启用发送阶段，设置为低电平可启用接收阶段
11	FLT	FLT 引脚，如果设为高电平，器件将关闭；如果为低电平，器件可工作
20	GND	接地连接
22	GND	接地连接
31	FILTER_B1	用于滤波器选择的 TMUX 引脚
32	FILTER_B0	用于滤波器选择的 TMUX 引脚
33	FSET_B1	调制频率选择引脚
34	FSET_B0	调制频率选择引脚
35	FILTER_EN	用于激活 TMUX 和解调的使能引脚
39	BIAS_1	电流消耗选择引脚
40	BIAS_2	电流消耗选择引脚

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

为了测试 TIDA-010935，使用 MSPM0G3507 LaunchPad 开发套件实时更改 GPIO 以进行电路板配置和数据交换。

为了自动测试是否接收到正确的值，会将两个不同的程序加载到通信节点（每个程序包含一个 TIDA-010935 和一个 MSPM0G3507 LaunchPad）：

- **外部环回**：第一个数据包通过 TIDA-010935 发送，并将相应的 GPIO 配置为允许数据传输。发送数据后，配置将在接收模式下更改，以等待发回数据
- **回波中断**：首先在一些数据到达后配置为接收模式，在传输返回接收模式后切换到发送模式并发回数据。

一旦外部环回软件启动传输，它就会传输数据的第一个字节。在回波中断软件接收并发回数据后，外部回送软件会检查接收到的数据是否等于发送的数据。如果是，发送的数据会递增，循环再次开始。

这是一种自动检查两个节点之间的数据是否正确传输的方法，用以保持数据完整性。将 2 个微控制器连接到不同的 PC，将 2 个 TIDA 参考设计连接到不同的电源，以避免接地回路。

软件会自动更改 GPIO 值，以便这两个板都可以接收和发送数据。在 Code Composer Studio 调试模式下，通过调整相应的变量，可以更改 4 种可能选项（即 125kHz、500kHz、2MHz 和 5MHz）中的调制和解调频率。

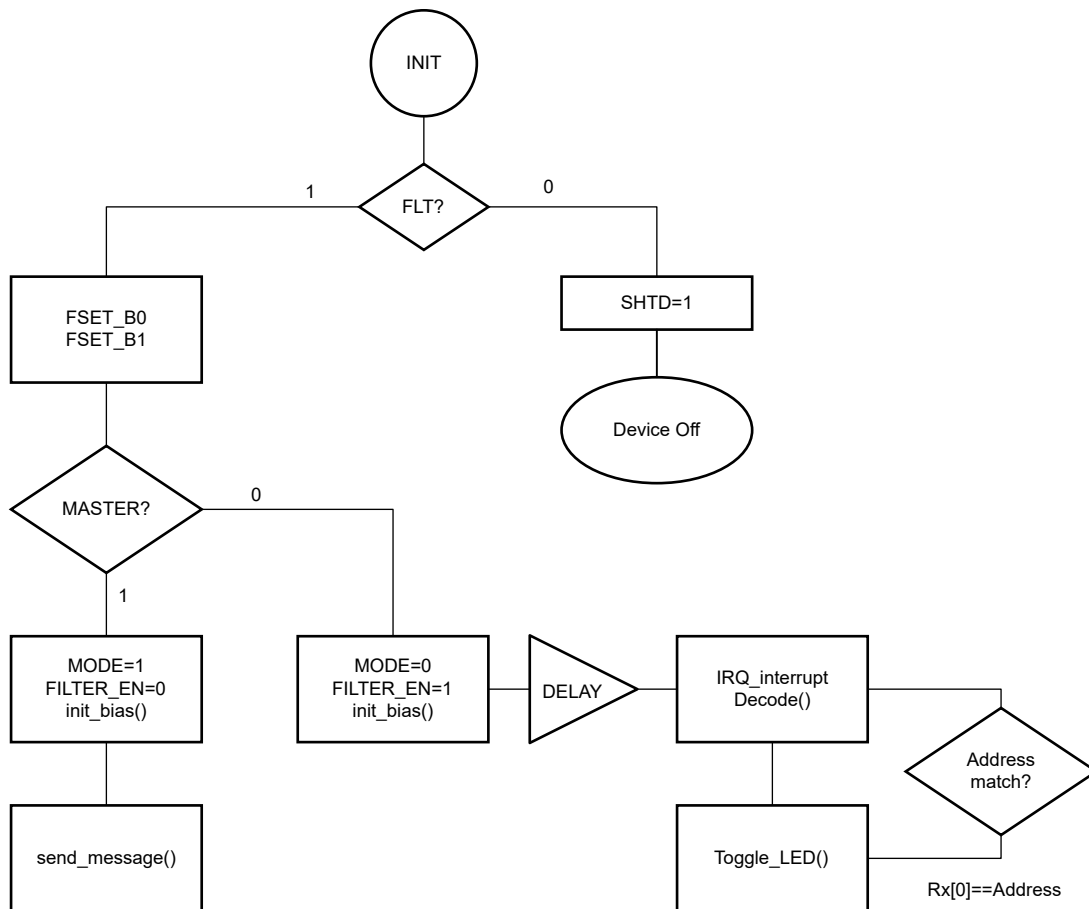


图 3-1. 使用 UART 的内置软件实现流程图

3.1 测试设置

在此项目中，LP-MSPM0G3507 LaunchPad 开发套件用于驱动 TIDA-010935，引脚布置旨在将 TIDA 叠加到 LaunchPad 上。或者，可以使用跳线，根据表 2-5 中的信息将 TIDA 引脚连接到通用微控制器的 GPIO。

3.2 测试结果

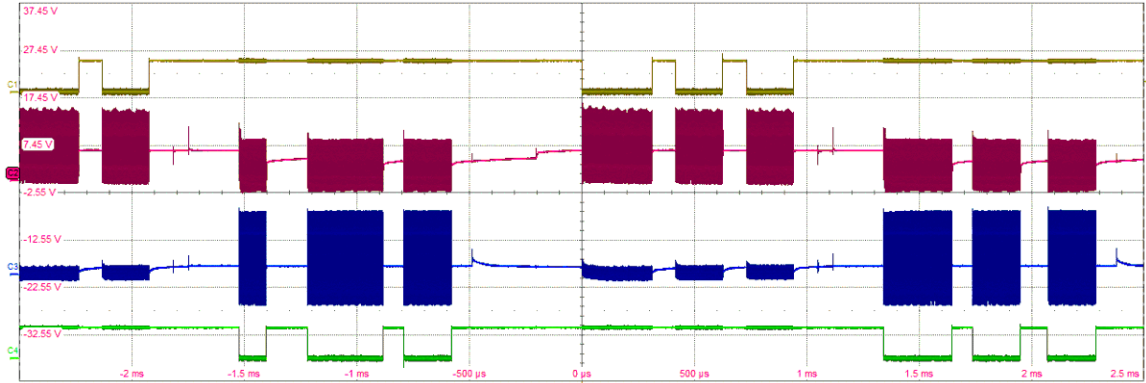


图 3-3. 5MHz 时的信号链波形

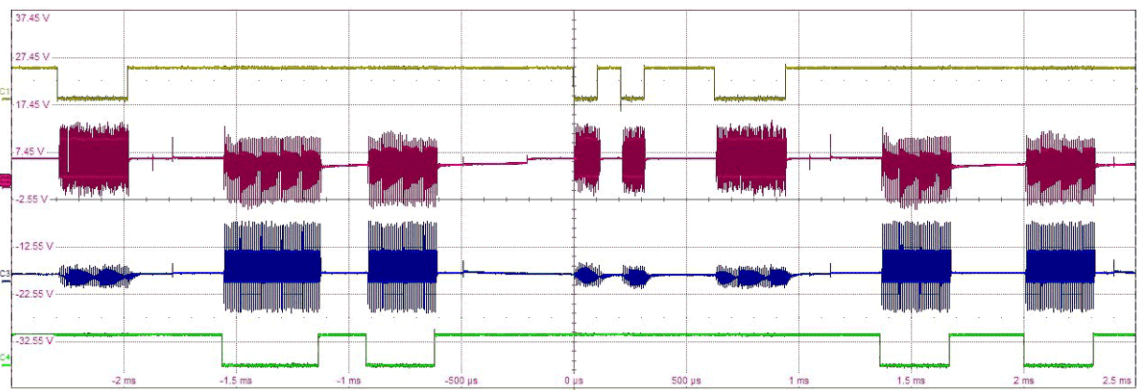


图 3-4. 125kHz 时的信号链波形

图 3-3 显示了从电路板上不同点自上而下获取的信号链波形：

- 黄色：在正传输数据的电路板上获取的 TX 引脚
- 红色：在 THS6222 之后和将信号从一块板传输至另一块板的变压器之前，在测试点 TP_FL 和 TP_D4 处采集的差分信号
- 蓝色：在 THVD8000 解调之前，在接收器板上的测试点 TP_RX 和 TP_A 处采集的差分信号
- 绿色：在正接收数据的电路板上获取的 TX 引脚

请注意，当电路板未发送任何数据时，每个波形图像中间的 2 个波形也会出现一些信号振荡，因为在通信接收和发送两个方向上都使用了线路。

TX 和 RX 引脚之间的延迟由两个不同的部分组成：有意设置的固定软件延迟，可缓解所有信号链波形的可视化问题；以及传播延迟，该延迟取决于所选的解调频率并随着频率的增加而递减，上升沿和下降沿的这种延迟相等。

引脚 FSET0 和 FSET1 负责选择频率，相应的传播延迟如表 3-1 所示，选定引脚 FSET0 和 FSET1 时滤波器的频率响应如图 3-5 所示。

表 3-1. 根据所选频率延迟输入/输出

FSET0	FSET1	延迟 (μs)	频率 (kHz)
0	0	32	125
0	1	8.7	500
1	0	2.5	2000
0	1	1.2	5000

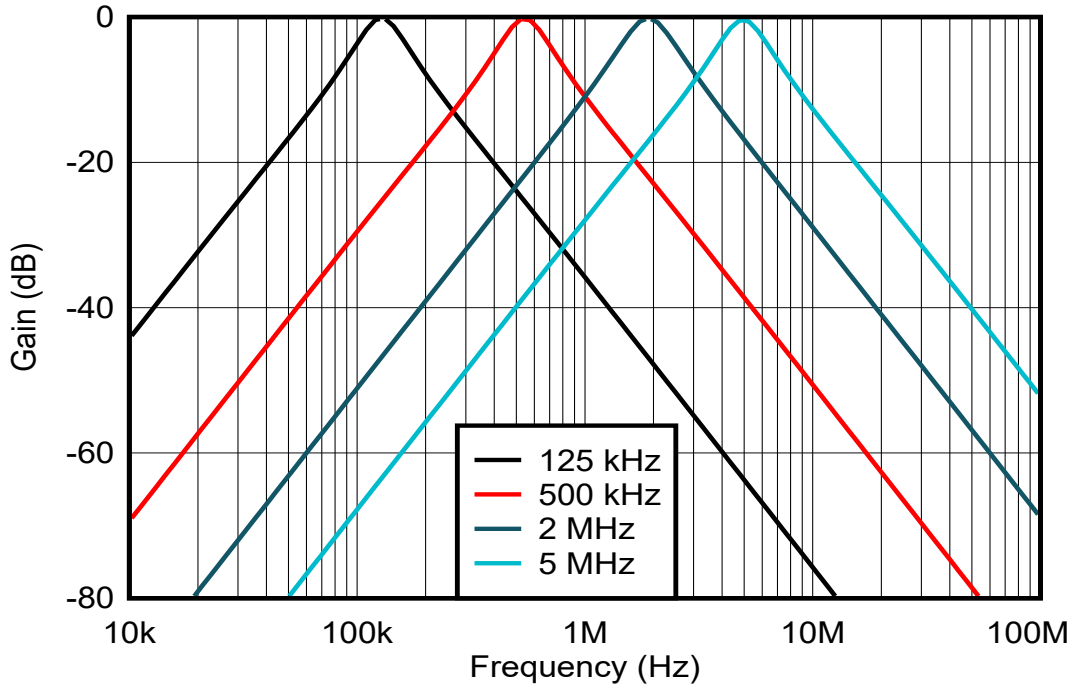


图 3-5. 4 个可选无源滤波器的频率响应

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

如需下载原理图，请参阅 [TIDA-010935](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

如需下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010935](#) 的设计文件。

4.2 文档支持

1. 德州仪器 (TI), [TPS2662x 具有集成输入和输出反转的 60V 800mA 工业电子保险丝](#) 数据表
2. 德州仪器 (TI), [LM5164-Q1 具有超低 I_Q 的 100V 输入、1A 同步降压直流/直流转换器](#) 数据表
3. 德州仪器 (TI), [TPS560430 SIMPLE SWITCHER® 4V 至 36V、600mA 同步降压转换器](#) 数据表
4. 德州仪器 (TI), [THVD8000 RS-485 具有 OOK 调制功能、适用于电力线通信的 RS-485 收发器](#) 数据表
5. 德州仪器 (TI), [THS6222 具有共模缓冲器的 8V 至 32V 差分 HPLC 线路驱动器](#) 数据表
6. 德州仪器 (TI), [TMUX1204 5V 4:1 通用型模拟多路复用器](#) 数据表
7. 德州仪器 (TI), [MSPM0G3507 LaunchPad 开发套件 \(LP-MSPM0G3507\)](#) 用户指南

4.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

4.4 商标

TI E2E™, BoosterPack™, C2000™, LaunchPad™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 作者简介

ANDREAS LECHNER 是德州仪器 (TI) 电网基础设施和可再生能源系统团队的结构工程师。Andreas 获得了德国兰茨胡特应用技术大学的电气工程硕士学位。

6 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (November 2023) to Revision A (February 2024)

Page

- 将图 2-4 中 NC 引脚上的标签从 7 更改为 6，将 Vs- 引脚从 6 更改为 7。..... 5

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司