

EVM User's Guide: BOOSTXL-LMG2100-MD

BOOSTXL-LMG2100-MD 评估模块



说明

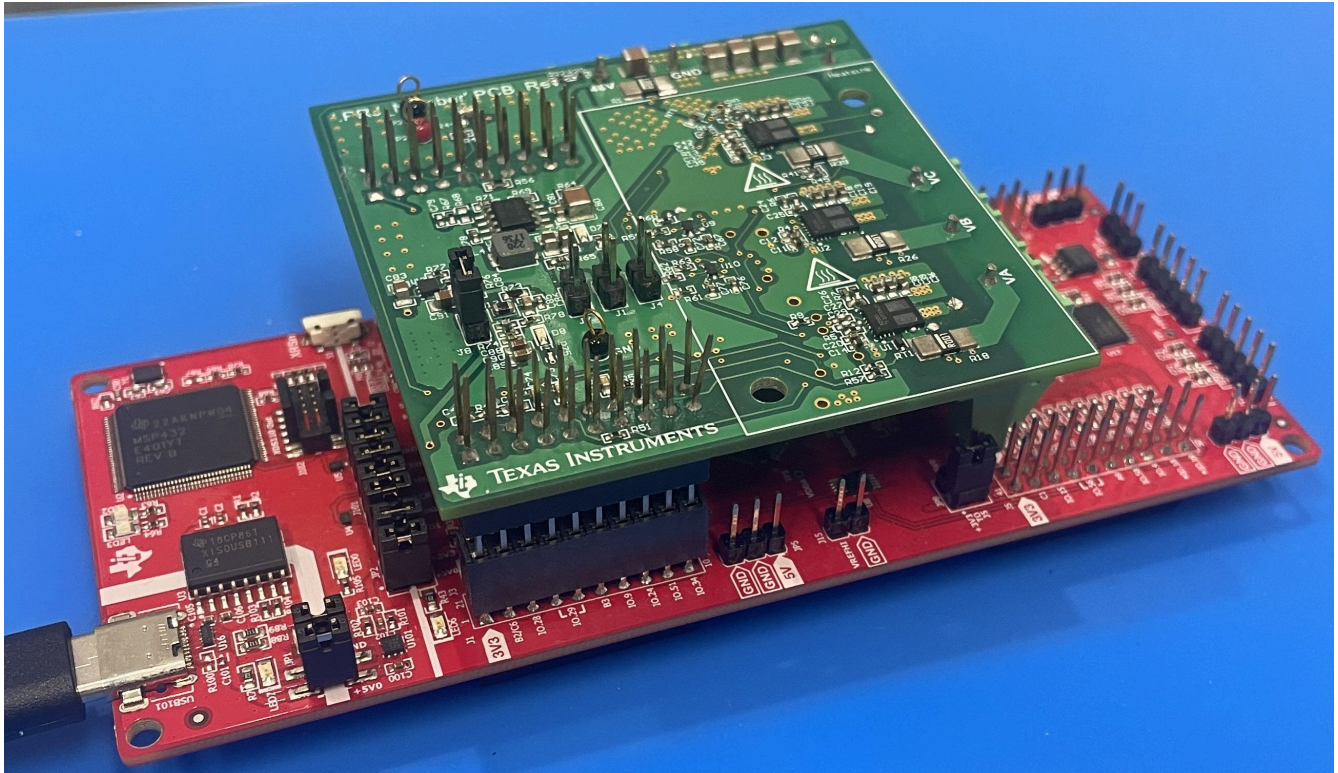
BOOSTXL-LMG2100-MD 评估模块在本文档中又称为“EVM”，采用 GaN 逆变器，具备基于分流器的精密直列式相电流检测功能，从而能够对精密驱动器（例如，伺服驱动器）进行精准控制。EVM 提供与 TI BoosterPack™ 兼容的接口，用于连接到 C2000™ MCU LaunchPad™ 开发套件，以便轻松评估性能。如需更多测试结果和其他技术信息，请参阅 [TIDA-010936](#)。

应用

- 机器人（协作机器人/AGV/类人机器人）
- 伺服驱动和运动控制
- 计算机数控 (CNC) 驱动器
- 非军用无人机

特性

- 12V 至 60V 的宽输入电压范围
- 与 LMG2100R044 和 LMG2100R026 兼容
- GaN 半桥功率级可简化 PCB 布局，并减少寄生电感，从而优化开关性能
- 与 MOS 解决方案相比，TI GaN 的尺寸减小了超过 50%
- 使用 $1\text{m}\Omega$ 分流的精密直列式相电流感应（适用于 $\pm 33\text{A}$ 的理论满量程范围）
- 该板在无散热器的条件下运行电流高达 15.6A_RMS (LMG2100R044) 或 24A_RMS (LMG2100R026)，也可使用散热器
- TI BoosterPack 兼容型接口具有 3.3V I/O，便于使用 C2000 MCU LaunchPad 开发套件进行性能评估



安装在 BOOSTXL 控制板（红色）上的 BOOSTXL-LMG2100-MD 板（绿色）

1 评估模块概述

1.1 简介

该 EVM 使用 GaN 在 C2000 LaunchPad 上实现由 **TMS320F280039C** 控制的三相逆变器。GaN 逆变器展示了 GaN 以高于传统 MOSFET 电机驱动器的开关频率运行的能力。该 EVM 包含散热器的安装孔，无论有无散热器均可使用。

1.2 套件内容

该套件包含 BOOSTXL-LMG2100-MD 电机驱动板。用户需要订购 **TMS320F280039C** 控制卡和 48V 低压伺服电机（[此处为示例](#)）。BOOSTXL-LMG2100-MD 上有散热器安装孔，可对更高功率应用中的 LMG2100 器件进行冷却。该套件不包含散热器。有关尺寸和散热器示例的详细信息，请参阅[节 2.2](#)。

1.3 规格

图 1-1 展示了 BOOSTXL-LMG2100-MD 板三相 GaN 逆变器的系统方框图（以红色虚线框标示）。

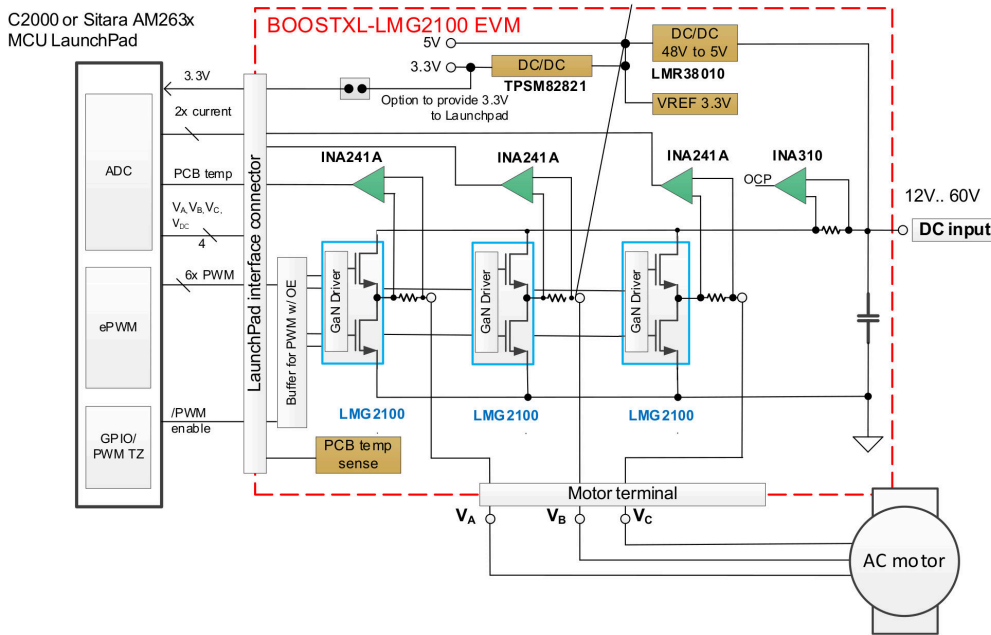


图 1-1. BOOSTXL-LMG2100-MD 方框图

具有基于分流器的精密相电流检测功能的三相逆变器接受 12V 至 60V 的输入直流电压；标称直流输入电压为 48V。具有宽输入电压范围的直流/直流转换器 LMR38010 生成 5V 电源轨来为 LMG2100 栅极驱动器和 3.3V 电流传感器基准供电，3.3V LDO 为电流检测放大器、输入缓冲器和其他辅助电路供电。

三个逆变器半桥均采用集成式 GaN 半桥模块 (LMG2100)、1mΩ 相电流分流器和差分电流检测放大器 (INA241)，增益为 50V/V，中点电压为 1.65V，由 3.3V 基准 (REF3333) 设置。具有比较器 (INA310) 的共模电压输入放大器可监测直流总线电流，并在发生过流时禁用 PWM 缓冲器（硬件保护）。脱扣阈值设置为 30A。线性热敏电阻 (TMP302) 用于监测靠近 GaN 电源模块的 PCB 温度。

该 EVM 可连接到 C2000 MCU 等主机处理器。它为三个相中的每一相分别提供 PWM 高侧和低侧输入信号、相电流检测放大器输出电压和经调节的低通滤波相电压。PWM 信号将被缓冲。PWM 使能信号（低电平有效）允许主机处理器或 INA310 通过板载缓冲器同时启用和禁用所有三个互补 PWM。

具有 **TMS320F280039C** 器件的 C2000 MCU LaunchPad 连接到 EVM，并使用 InstaSPIN-FOC™ 软件实现同步电机的无传感器、速度可变、磁场定向控制。提供了一个基于 TMS320F280039C LaunchPad 的[示例固件](#)，用于评估具有 48V 低压伺服电机的 BOOSTXL-LMG2100-MD 设计。

1.4 器件信息

本设计中使用的主要 IC 如下所述：

- **LMG2100R026**：100V 2.6m Ω 半桥氮化镓 (GaN) 功率级
- **LMR38010**：SIMPLE SWITCHER® 具有 40 μ A I_Q 的 80V、1.0A、2.2MHz 降压转换器
- **INA241A**：具有增强的 PWM 抑制能力的 -5V 至 110V 双向超精密电流检测放大器
- **INA310A**：具有比较器的 -4V 至 110V、1.3MHz 超精密电流检测放大器
- **TXU0304**：四通道固定多向电平转换器
- **TPS746**：具有电源正常指示和使能功能的 1A、低 I_Q、高精度、可调节超低压降稳压器
- **TPSM82821**：具有集成电感器、采用 2 × 2.5 × 1.1mm μ SIP 封装的 5.5V 输入、1A 降压模块
- **REF3333**：采用 3 引脚 SOT-23、3 引脚 SC70 和 8 引脚 UQFN 封装的 3.3V、30ppm/°C 温漂、3.9 μ A 电压基准
- **TMP61**：采用 0402、0603/0805 和通孔封装的 1%、10k Ω 线性热敏电阻
- **SN74LVC1G14**：具有施密特触发输入的单路 1.65V 至 5.5V 反相器
- **SN74LVC1G373**：具有三态输出的单路 D 型门锁

2 硬件

2.1 BOOSTXL-LMG2100-MD PCB 概览

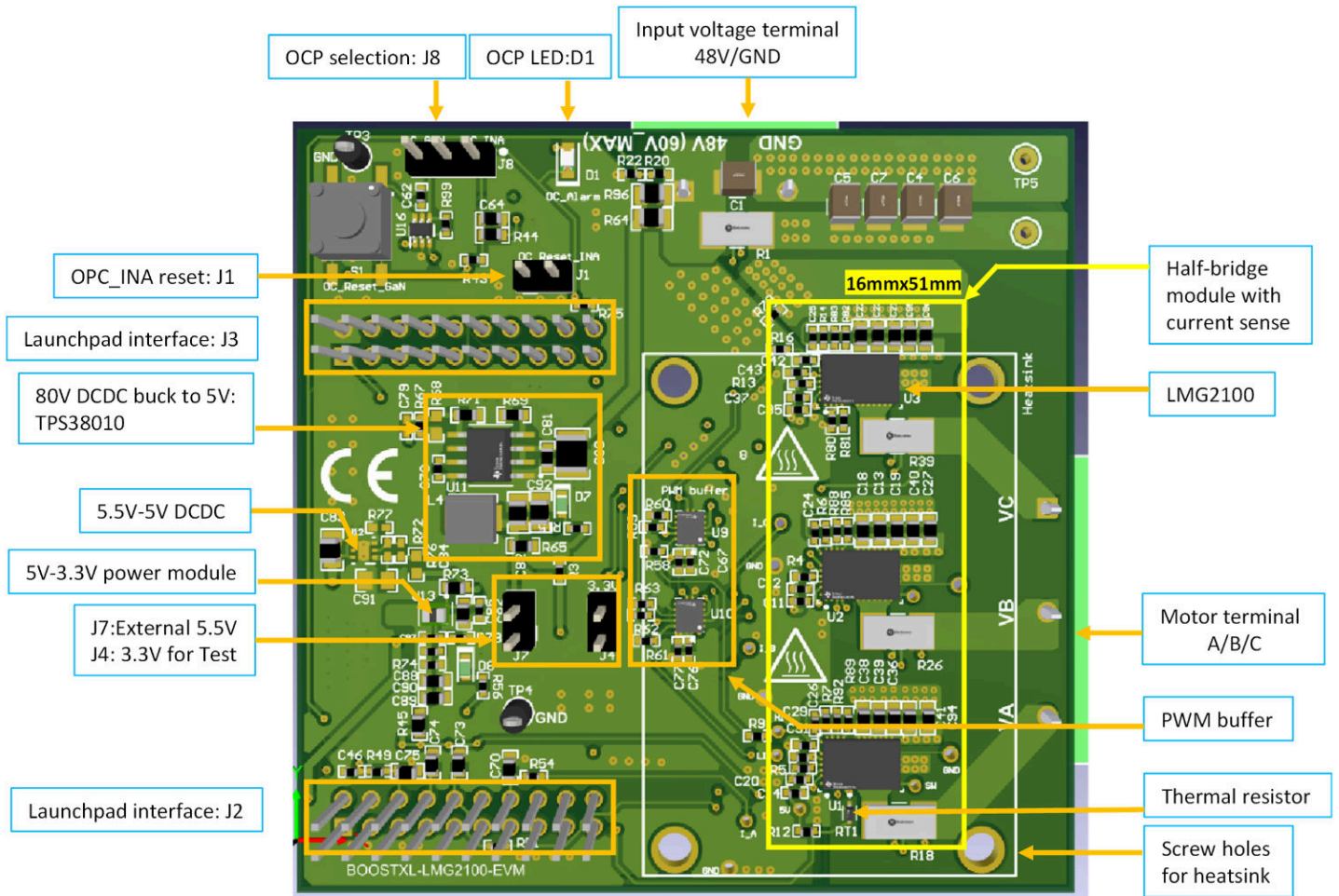


图 2-1. BOOSTXL-LMG2100-MD 方框图

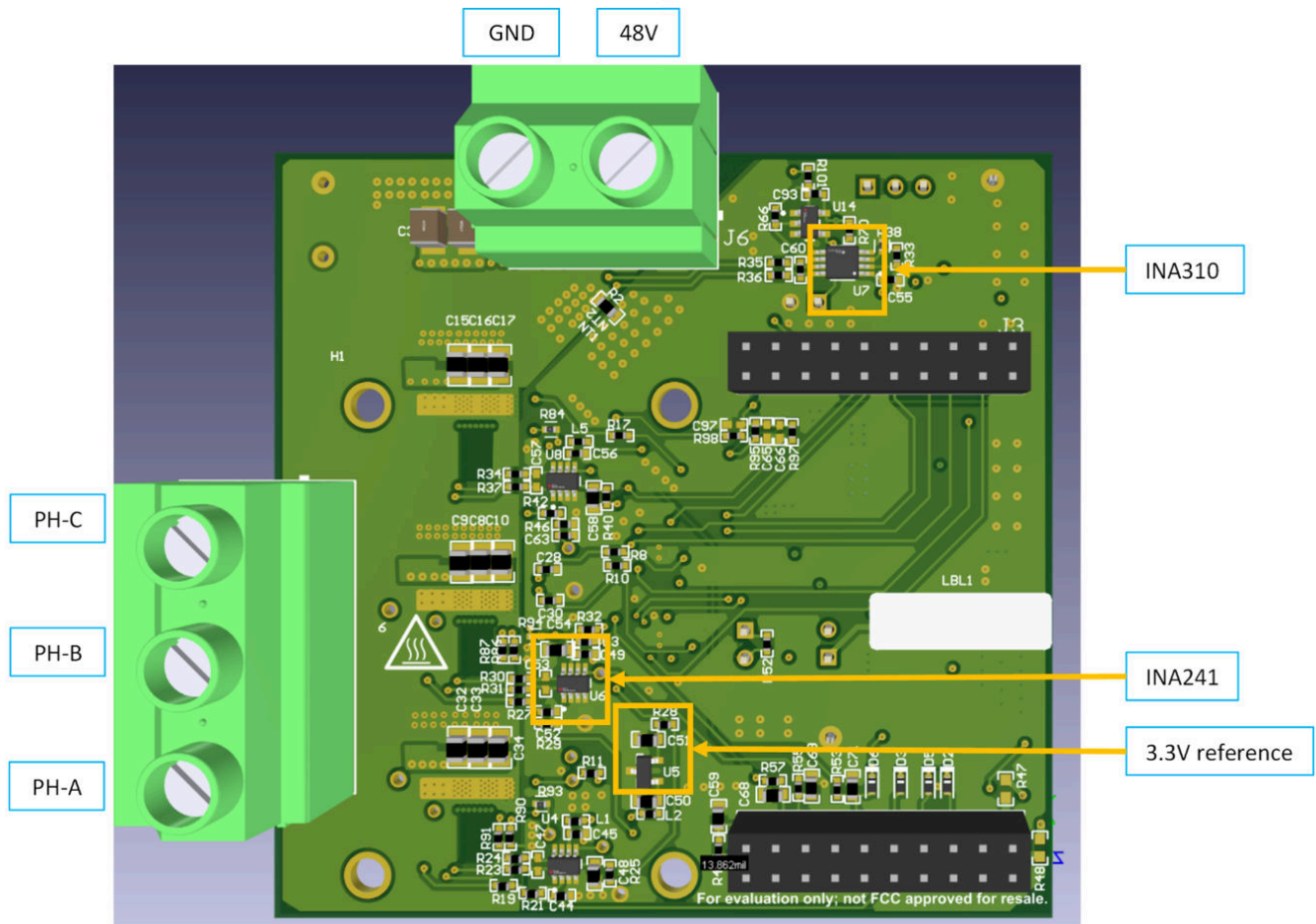


图 2-2. BOOSTXL-LMG2100-MD 方框图

2.2 散热器

BOOSTXL-LMG2100-MD 电机驱动器包含用于安装散热器的孔 (不包含散热器)。孔位置的测量数据显示在图 2-4 中。孔的直径为 3.175mm。该电路板使用 Alphanovatech 的 S05MZZ14 进行了测试。

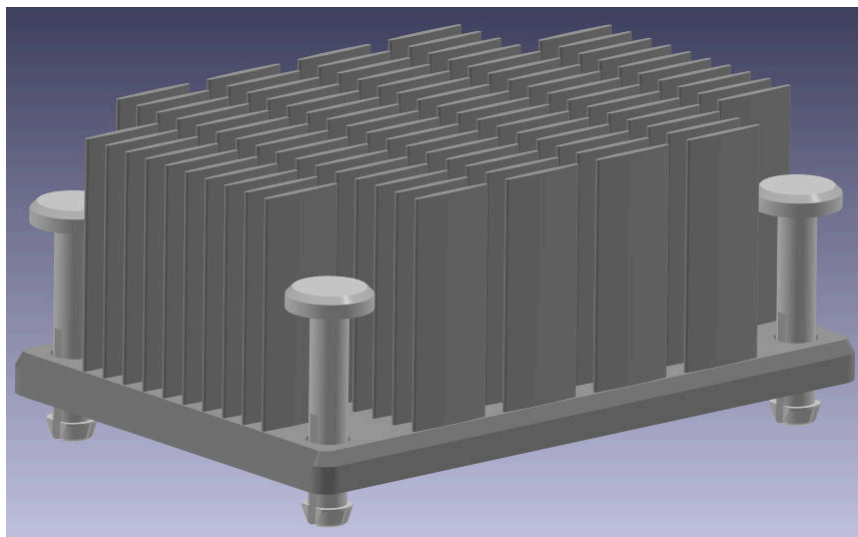


图 2-3. S05MZZ14 散热器

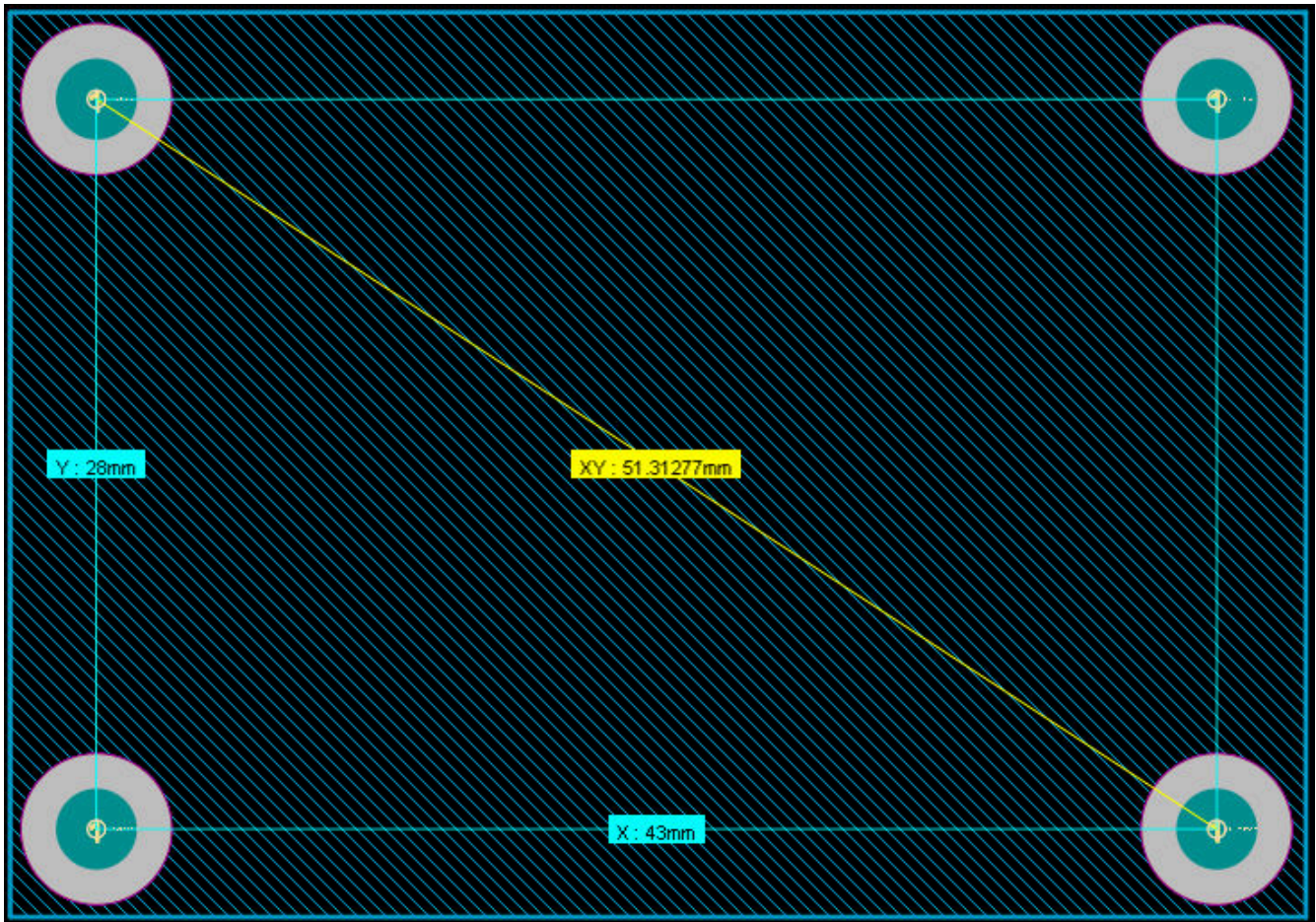


图 2-4. 散热器孔测量数据

2.3 跳线信息

表 2-1. 跳线配置

跳线	功能	已组装 / LED_ON	默认值
S1	INA310 过流保护复位	复位 OCP 信号	
J1	INA310 /RESET 引脚访问	组装：INA310 锁存模式 未组装：INA310 透明模式	未组装
J4	PWM 缓冲器电压输入的测试选项，默认情况下已组装 R52		未组装
J7	5.5V 至 TPS74601PDRVR 的测试选项 (未组装)		未组装
J8	选择过流保护模式	1-2 引脚：启用 INA310 2-3 引脚：启用 GaN OCP	引脚 1-2
D1 (红色)	过流故障报告	短路	/
D7 (绿色)	5V 电源轨	5V 板载	/
D8 (绿色)	3.3V 电源轨	3.3V 板载	/

小心

当 Launchpad 上的 C2000 将由 USB 供电时，不应组装 R47 和 R48。

组装 R48 和 R47 后，C2000 LaunchPad 将通过 GaN 板供电，应当移除 F280039C LaunchPad 中的两个 JP2 跳线。

2.4 接头信息

BOOSTXL-LMG2100-MD 接口设计为按照 TI BoosterPack 标准工作。BOOSTXL-LMG2100-MD 可以通过下面任何一组接头连接到 LAUNCHXL-F280039C 板：

- J1/J3 (LaunchXL) 到 J2 (BoostXL) 和 J4/J2 (LaunchXL) 到 J3 (BoostXL)

小心

- 由于存在 VA、VB 和 VC (电机驱动输出) 连接器，因此需要一个额外的连接器来升高 GaN 板
- SDK 仅支持 J1-J4 (上部) 连接；对于 J5-J8 (下部) 连接，需要修改软件

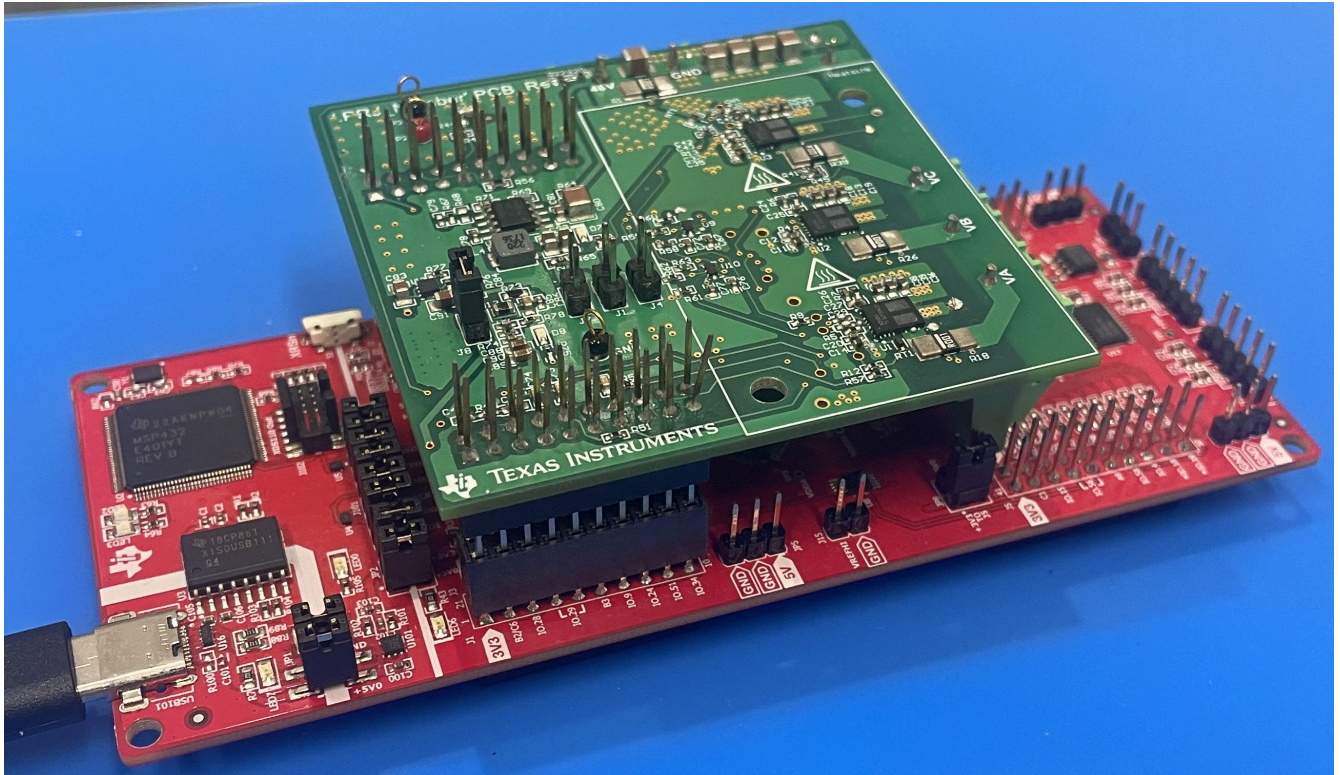


图 2-5. BOOSTXL-LMG2100-MD LaunchPad 连接示例

2.5 设置

将直流电源 (12V 至 60V，额定电压为 48V) 连接到直流输入电压连接器 (J6)，并将三相电机连接到三相输出电压连接器 (J5)。验证三相电机可以在 PWM 开关期间处理相电压的高压摆率；否则，请考虑使用低通 LCR 滤波器来根据电机的要求降低相电压的压摆率。

已使用 [LVSERVOMTR](#) 完成测试。

3 软件

3.1 软件说明

软件示例系使用接头 J1/J3 和 J2/J4 为 LAUNCHXL-F280039C 创建。确保 EVM 板连接到 LAUNCHXL-F280039C，如图 2-5 中所示。

确保将德州仪器 (TI) 的 [C2000WARE_MotorControl_SDK V5.02.00.00](#) 或更高版本的软件包安装在默认安装路径中，例如 `C:\ti\c2000\C2000WARE_MotorControl_SDK_5_02_00`。

按照 [节 3.2](#) 中的步骤创建通用电机控制工程来评估 BOOSTXL-LMG2100-MD。请确保更改了 [节 3.3](#) 中的软件，以使软件可与 BOOSTXL-LMG2100-MD 一同使用。

3.2 在 CCS 内打开工程

导航至 C2000WARE_MotorControl_SDK 下的 “\solution” 文件夹，从 CCS 中的 “solutions\universal_motorcontrol_lab\28003x” 下导入工程。右键单击导入的工程名称，单击 **Build Configurations**，并在 **Set Active** 下选择 **Flash_lib_3phGaN_3SC**，如图 3-1 中所示。确保目标配置 **TMS320F280039C_LaunchPad.ccxml** 为活动状态，否则右键单击 **TMS320F280039C_LaunchPad.ccxml**，然后点击 **Set as Active Target Configuration**。

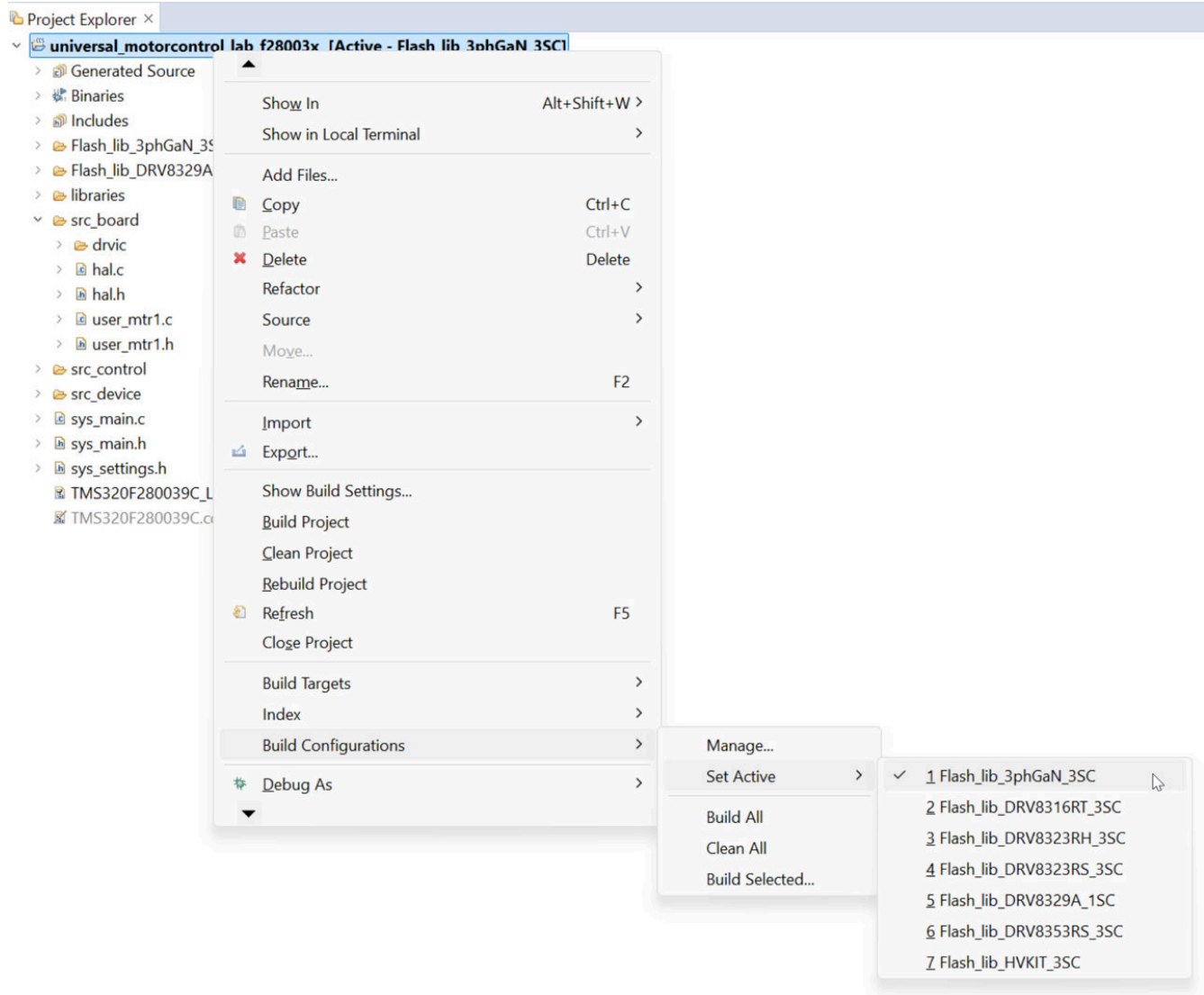


图 3-1. 选择合适的构建配置

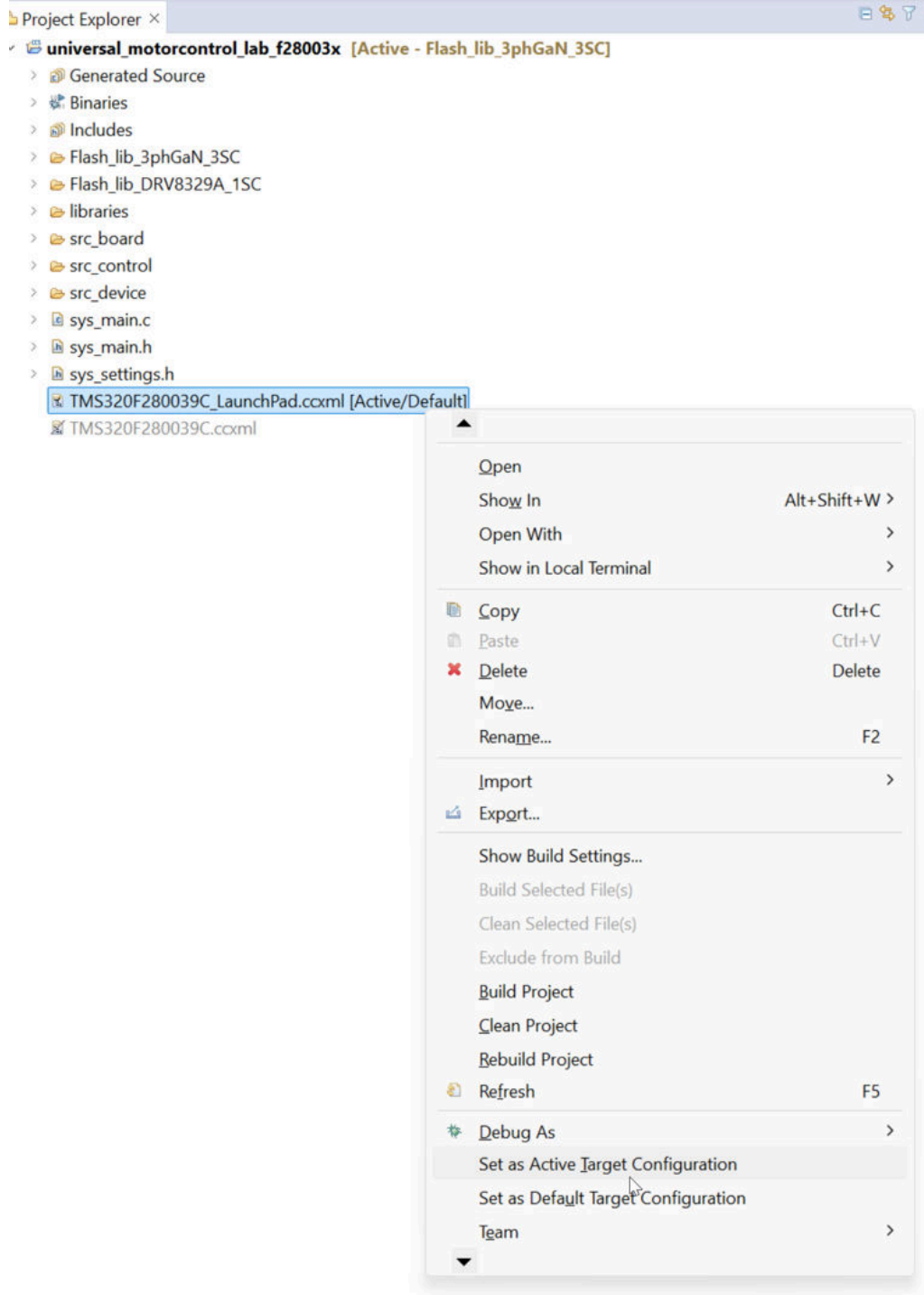


图 3-2. 选择合适的构建配置

3.3 修改通用电机控制实验室示例

需要对通用电机控制实验室软件示例进行一些细微的软件修改，以支持具有 BOOSTXL-LMG2100-MD 的 LAUNCHXL-F280039C。请参阅下列步骤进行修改。

1. 转至“src_board/hal.c”，注释掉 GPIO23 的定义（第 3606 行至第 3609 行）。

```

3599 // GPIO22->nEN_uC (only for TEST)
3600 GPIO_setPinConfig(GPIO_22_GPIO22);
3601 GPIO_writePin(20, 0);
3602 GPIO_setDirectionMode(22, GPIO_DIR_MODE_OUT);
3603 GPIO_setPadConfig(22, GPIO_PIN_TYPE_STD);
3604
3605 // GPIO23->M1_DRV_CAL (Low)
3606 // GPIO_setPinConfig(GPIO_23_GPIO23);
3607 // GPIO_writePin(23, 0);
3608 // GPIO_setDirectionMode(23, GPIO_DIR_MODE_OUT);
3609 // GPIO_setPadConfig(23, GPIO_PIN_TYPE_STD);

```

图 3-3. 注释掉 GPIO23 的定义

2. 打开“src_board/user_mtr1.h”，将宏定义 **USER_M1_SIGN_CURRENT_SF** 更改为 (1.0f) (第 628 行)。

```

619/// the "sign" = -1.0f if the current feedback polarity is positive that
620/// means the same pin of the inline shunt resistor is connected to the
621/// output of the three-phase power inverter and is also connected to
622/// the inverting pin of the operational amplifier
623///
624/// the "sign" = 1.0f if the current feedback polarity is positive that
625/// means the same pin of the inline shunt resistor is connected to the
626/// output of the three-phase power inverter and is also connected to
627/// the non-inverting pin of the operational amplifier
628#define USER_M1_SIGN_CURRENT_SF (1.0f)

```

图 3-4. 确保 USER_M1_SIGN_CURRENT_SF 为 (1.0f)

3. 打开“src_board/user_mtr1.h”，更改定义 **USER_M1_OVER_VOLTAGE_FAULT_V** (58.0f) 和定义 **USER_M1_OVER_VOLTAGE_NORM_V** (55.0f) (第 644 行和第 647 行)。

```

643/// \brief DC bus over voltage threshold
644#define USER_M1_OVER_VOLTAGE_FAULT_V (58.0f)
645
646/// \brief DC bus over voltage threshold
647#define USER_M1_OVER_VOLTAGE_NORM_V (55.0f)

```

图 3-5. 更改过压保护阈值

4. 打开“src_board/user_mtr1.h”，更改定义 **USER_M1_ADC_FULL_SCALE_CURRENT_A** (66.0f) (第 614 行)。

```

605#define USER_M1_NOMINAL_DC_BUS_VOLTAGE_V (48.0f)
606
607/// \brief Defines the maximum voltage at the AD converter
608#define USER_M1_ADC_FULL_SCALE_VOLTAGE_V (81.49905213f)
609
610/// \brief Defines the analog voltage filter pole location, Hz
611#define USER_M1_VOLTAGE_FILTER_POLE_Hz (1103.026917f) // 33nF
612
613/// \brief Defines the maximum current at the AD converter
614#define USER_M1_ADC_FULL_SCALE_CURRENT_A (66.0f) // gain=20

```

图 3-6. 更改电流检测范围

3.4 更改 PWM 频率和死区时间

默认 PWM 开关频率为 15kHz。本节介绍了如何更改 PWM 频率和死区时间，以便进一步评估 GaN 器件。

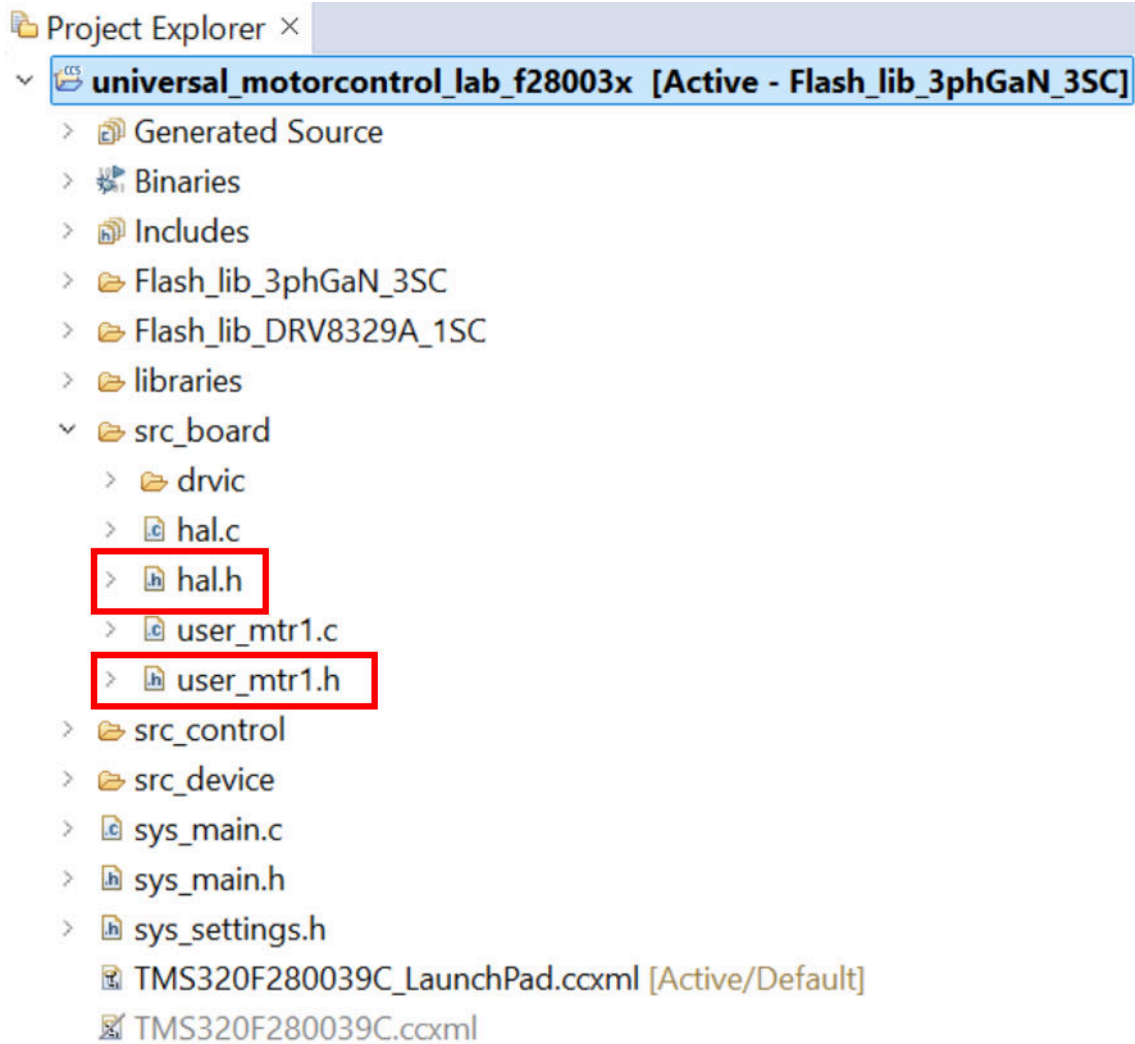


图 3-7. 包含改变 PWM 频率和死区时间的关键变量的文件

- 要更改 PWM 频率，打开“src_board\user_mtr1.h”，将宏定义“USER_M1_PWM_FREQ_kHz”更改为所需的 PWM 频率（第 834 行）。

小心

请注意，随着 PWM 频率的增加，控制环路频率可能需要相应地变化，这可以通过宏定义 **USER_M1_NUM_TICKS_PER_ISK_TICK**（第 811 行）进行设置，默认值为 1，表示控制计算周期与 PWM 周期相同。

根据使用 FAST 作为速度估算器的无传感器 FOC 方法，TI 实验室已经验证了以下组合。

PWM 开关频率 (kHz)	控制环路频率 (USER_M1_NUM_TICKS_PER_ISK_TICK 值)	死区时间 (ns)
40	40kHz (1)	50
60	30kHz (2)	50
80	40kHz (2)	50
120	40kHz (3)	50

死区时间可以通过“src_board/hal.h”中的宏 MTR1_PWM_DBFED_CNT 和 MTR1_PWM_DBRED_CNT (第 1479 行和第 1482 行) 来更改。默认值为 5, 这在默认情况下相当于 50ns。在不对 ePWM 配置进行任何更改的情况下, PWM 时基时钟 TBCLK = EPWMCLK = 100MHz, 死区时间的计算方式如下:

$$\text{Falling edge delay: } \text{MTR1_PWM_DBFED_CNT} \times \text{TBCLK} = 5 \times (1/100\text{M}) = 50\text{ns} \quad (1)$$

$$\text{Rising edge delay: } \text{MTR1_PWM_DBRED_CNT} \times \text{TBCLK} = 5 \times (1/100\text{M}) = 50\text{ns} \quad (2)$$

3.5 软件指南

要探索此电路板的完整选项和相关实验, 请查看软件指南, 获取相关代码。软件指南位于为 MotorControl_SDK 下载的文件夹中。如需查找软件指南, 请找到 MotorControl_SDK 文件夹, 然后按下面的顺序找到: C2000Ware_MotorControl_SDK_x_xx_xx_xx → solutions → boostxl_3phganinv → docs → slubp1a_BOOSTXL-3PhGaNInv Evaluation Module User Guide (Rev. A).pdf。本指南介绍 BOOSTXL-LMG2100-MD 的软件。[Motor Control SDK 通用工程和实验](#)中也提供了有用的信息。

4 硬件设计文件

4.1 设计文件

如需获取 BOOSTXL-LMG2100-MD 设计文件, 可前往 TI.com 查看该 EVM 的产品页面。

<https://www.ti.com/tool/BOOSTXL-LMG2100-MD#design-files>

5 其他信息

5.1 商标

BoosterPack™, C2000™, and LaunchPad™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 相关文档

- [TIDA-010936](#)
- [BOOSTXL-3PHGANINV](#)
- [C2000WARE-MOTORCONTROL-SDK](#)
- [应用简报: 类人机器人中的 GaN FET](#)
- [应用简报: 类人机器人中的电机控制](#)

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。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
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司