

EVM User's Guide: MCF8329RRYEVM

MCF8329RRYEVM 评估模块



说明

MCF8329RRYEVM 可供用户评估采用 32 引脚 VQFN 封装的 MCF8329 电机驱动器的性能。EVM 包括一个板载 FTDI 芯片，用于将 USB 通信从 Micro-USB 连接器转换为 UART。板载 MSP430FR2355 微控制器 (MCU) 将 UART 通信转换为控制信号或 SPI 格式的数据，然后发送到 MCF8329。提供的多个可供用户选择的跳线、电阻、连接器和测试点可协助评估 MCF8329 IC 的许多特性并实现可配置的器件特定设置。

开始使用

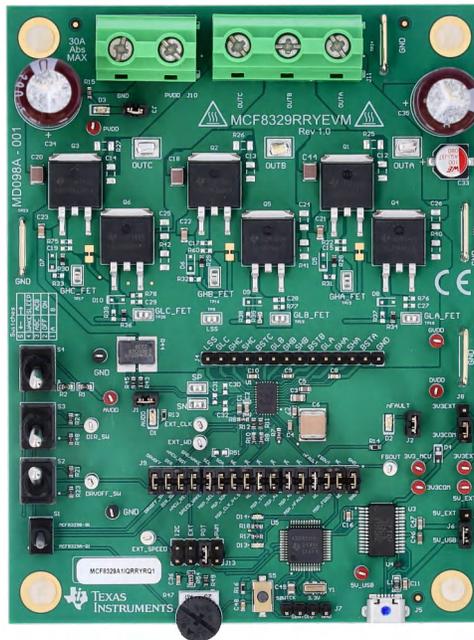
1. 从 TI.com 上的 [MCF8329RRYEVM 工具页面](#) 下载最新设计文件
2. 从 TI.com 上的 [Motor Studio 工具页面](#) 下载最新版本的 Motor Studio GUI 和固件。

特性

- 用于简化 MCx 调优过程和性能评估的 GUI 软件
- MCU 到 MCx 分流跳线接头通过可拆卸分流器来断开进入电机驱动器 IC 的主信号与 MCU 的连接
 - 如果用户想要通过外部 MCU 控制 MCF8329 IC，或使用 EVM MCU 控制外部 MCF8329 IC，则可以拆下分流器

应用

- 无刷直流 (BLDC) 电机模块
- 冷却液泵、水泵、燃油泵和机油泵
- 汽车车身电子设备
- 汽车热管理

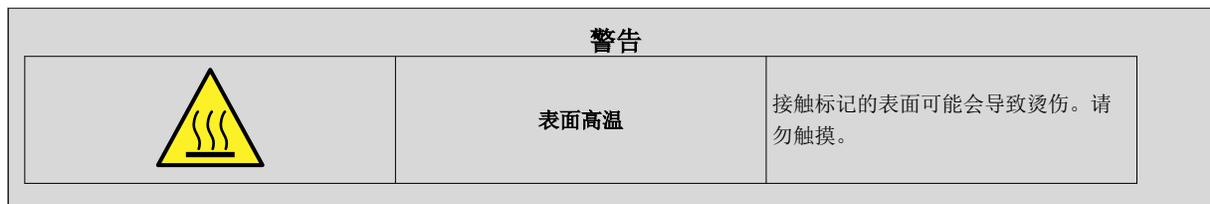


MCF8329RRYEVM (顶视图)

1 评估模块概述

1.1 简介

本用户指南详细介绍了如何设置、配置和操作 Motor Studio GUI 和 MCF8329RRYEVM。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等所有术语均指 MCF8329RRYEVM。本文档还提供了有关此 EVM 的操作过程、输入和输出连接、电气原理图、印刷电路板 (PCB) 布局图和物料清单 (BOM) 的信息。



1.2 套件内容

表 1-1 中详细列出了 EVM 套件的内容。如果缺少任何元件，请与离您最近的德州仪器 (TI) 产品信息中心联系。TI 强烈建议用户查看 TI 网站 <https://www.ti.com>，以验证是否使用了相关软件的最新版本。

表 1-1. 套件内容

物品	数量
MCF8329RRYEVM	1
USB-A 转 USB-B Micro 电缆	1

1.3 器件信息

MCF8329 是一款具有无代码无传感器磁场定向控制 (FOC) 的 4.5V 至 60V 三相无刷直流栅极驱动器 IC，适用于电机驱动应用。MCF8329 集成了一个电荷泵，并使用自举架构来驱动三个高侧和三个低侧 N 沟道 MOSFET，具有高达 1A 的峰值拉电流和 2A 的峰值灌电流。MCF8329 还集成了涓流电荷泵，以支持 100% PWM 占空比。

内部无传感器 FOC 算法寄存器配置可存储在非易失性 EEPROM 中，从而允许器件在算法配置完毕后独立运行。可使用支持单个外部电流采样电阻的集成电流检测放大器来检测电机电流。该器件可通过 PWM 输入、模拟电压、可变频率方波或 I2C 命令接收速度命令。MCF8329 集成了多种保护特性，可出现故障事件时保护该器件、电机和系统。

器件型号	固件版本
MCF8329A1IQRYYRQ1	A

1.4 规格

MCF8329RRYEVM 的额定工作电压为 60V (绝对最大值)，峰值电流高达 30A。为防止人身伤害、电击危险、损坏 EVM 或以上几种情况，请确保不能超出 EVM 的电压和电流规格。

MCF8329EVM 可支持 MCF8329 的多个型号。要检查 EVM 上组装了哪款 MCF8329 芯片，请查看默认组装的芯片的器件型号贴纸标签。

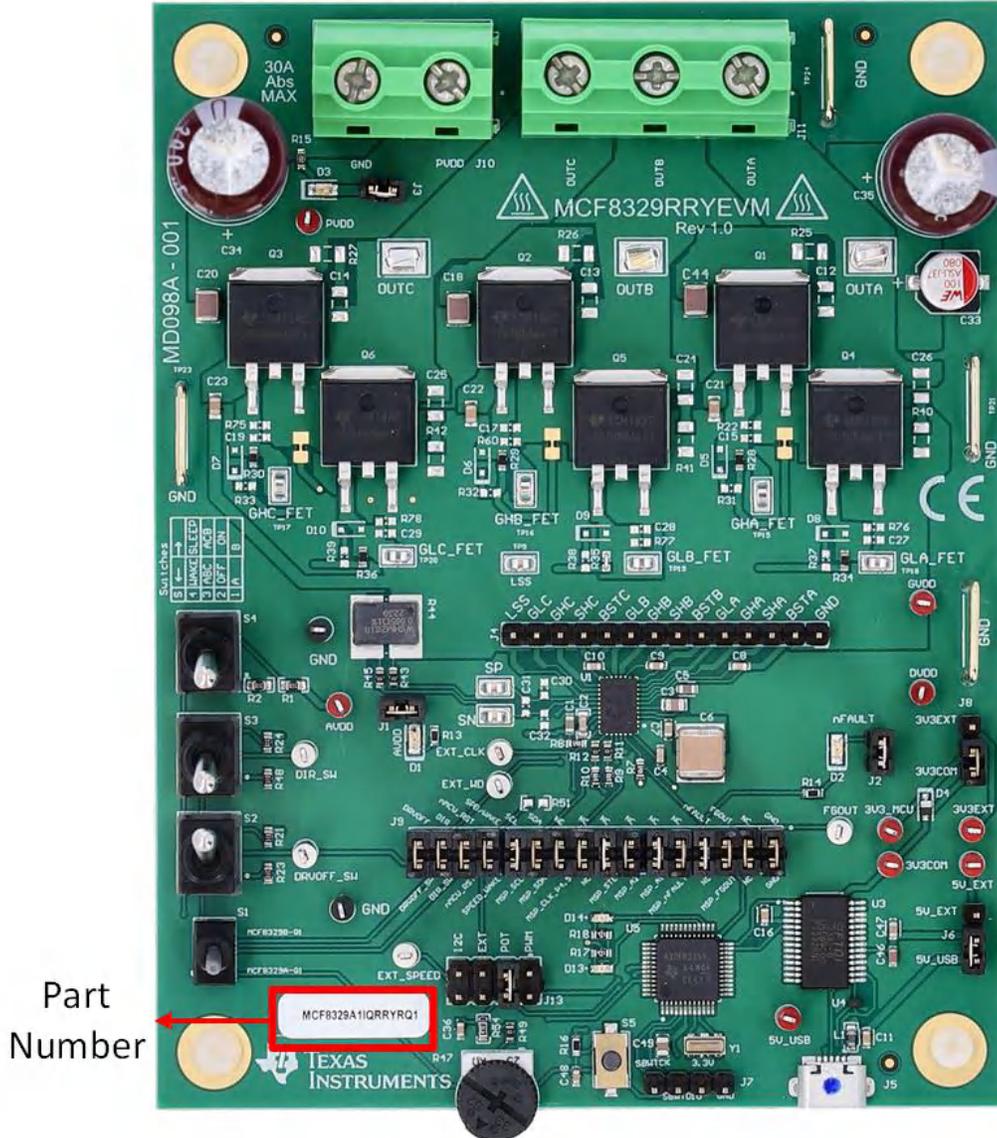


图 1-1. MCF8329RRYEVM 器件型号

2 硬件

2.1 快速入门指南

MCF8329RRYEVM 需要一个建议工作电压范围为 4.5V 至 60V 的电源。若要设置 EVM 并为其供电，请按照以下顺序操作：

1. 将电机相位连接到连接器 J11 上的 A、B 和 C。
2. 请勿打开电源。将电机电源连接到连接器 J10 上的 PVDD 和 GND。
3. 选择 J6 为 5V_USB 和 J8 为 3V3COM 以便通过 USB 电源为 MSP430 供电。
4. 将 Micro-USB 线缆连接到计算机中。
5. 将电位计按顺时针旋转，使电机上电后速度为零。
6. 将开关 S2 切换至顶部以将 DRVOFF 设置为打开，将 S3 切换至底部以将 DIR 设置为 ABC，并将 S4 切换至底部以将器件设置为唤醒状态。
7. 将开关 S1 切换至向下位置，以将 EVM 设置为支持 MCF8329A-Q1。
8. 将 J13 上的跳线设置为 POT 位置，以将电位器 R47 的模拟电压施加到 SPEED/WAKE 引脚。
9. 打开电机电源。
10. 使用电位器 R47 来控制电机的速度，使用开关来禁用电机驱动器、改变方向或对电机施加制动。或者，使用 GUI 来监控电机的实时速度，将 MCF8329 置于低功耗睡眠模式，并读取 LED 的状态，如节 3 所示。

备注

如果使用 MCF8329B-Q1，则将 S1 设置到向上位置，以将 EVM 设置为支持 MCF8329B-Q1。

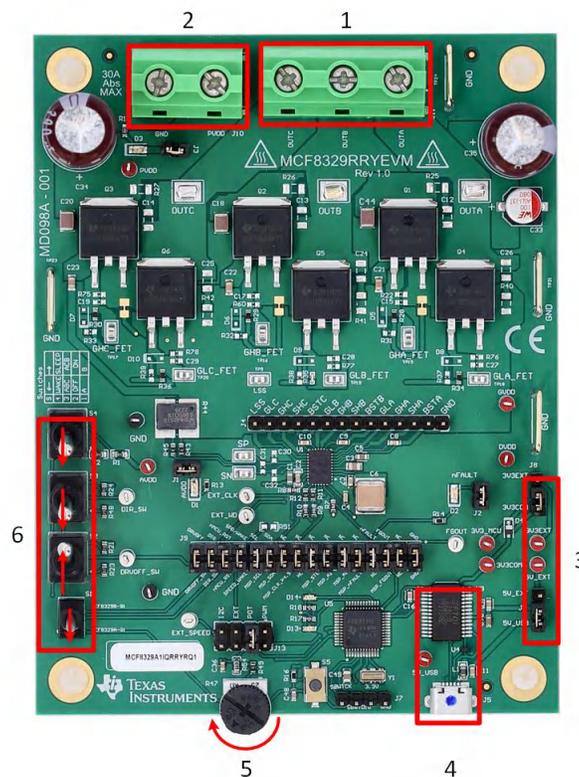


图 2-1. 快速入门指南参考

2.2 硬件设置

运行电机所需的硬件是 MCF8329RRYEVM、Micro-USB 电缆和直流输出为 4.5V 至 60V 的电源。按照以下步骤启动 MCF8329RRYEVM：

1. 将直流电源连接到接头 J10。连接到 PVDD 和 GND。

2. 设置用户可配置的跳线设置。有关更多信息，请参阅节 2.7。
3. 将固件刷入 MCU，如节 3.4 中所述。启动 Motor Studio 并断开 4 引脚 JTAG 连接。
4. 打开电源，为 MCF8329RRYEVM 上电。
5. 将 Micro-USB 电缆连接到 MCF8329RRYEVM 和计算机。

如果将 MCF8329RRYEVM 与外部微控制器一起使用，则从跳线桥 J9 上移除所有分流跳线。将外部 MCU 引脚连接到跳线桥 J9 右侧的相应跳线。

2.3 硬件连接概述

MCF8329RRYEVM 的主要块如图 2-2 中所示。MCF8329RRYEVM 的设计输入电源电压为 4.5V 至 60V，最大电流为 30A。MCF8329RRYEVM 包含具有六个外部 N 沟道功率 MOSFET 的功率级，并支持包括 5mΩ 电流检测分流电阻器在内的无源器件。MCF8329RRYEVM 具有板载 FTDI 芯片和 MSP430FR2355，用于与 GUI 连接。

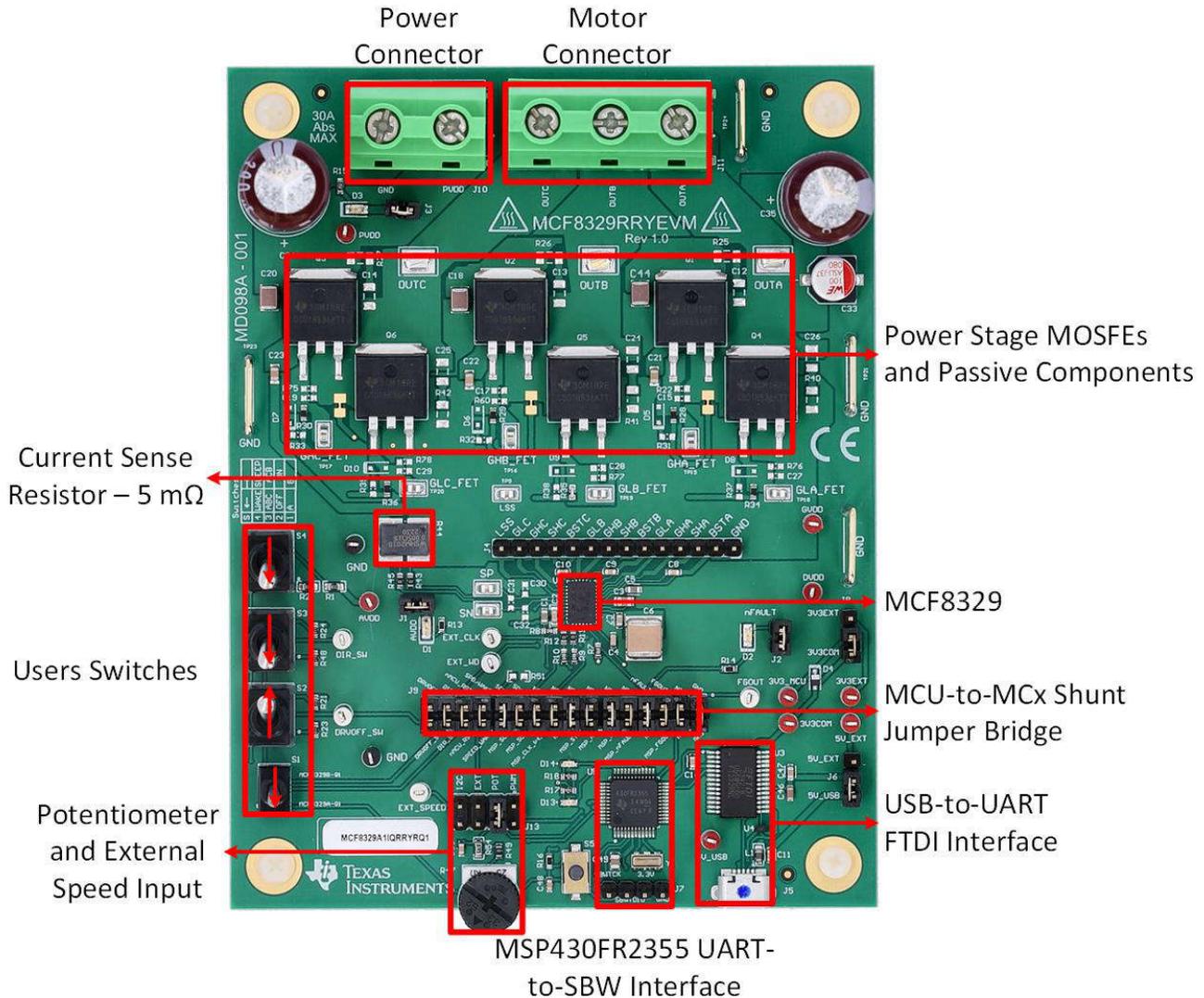


图 2-2. MCF8329RRYEVM 主要硬件模块

2.4 连接详细信息

图 2-3 展示了 MCF8329RRYEVM 必须进行的特定连接以使三相无传感器无刷直流电机旋转。

将 4.5V 至 60V 电源连接到连接器 J10 上的 PVDD 和 GND 端子。

将 BLDC 电机的三个相位连接到螺钉端子连接器 J11 的 A、B 和 C 端子，或连接到 OUTA、OUTB 和 OUTC 测试点。

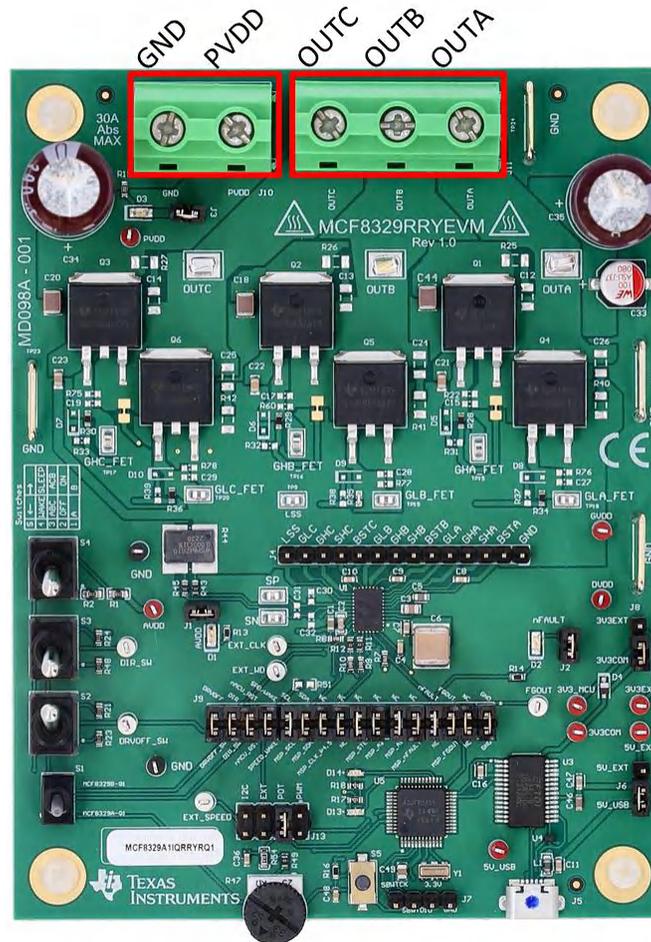


图 2-3. 从电机到 MCF8329RRYEVM 的连接

图 2-4 显示了 Micro-USB 电缆插入 MCF8329RRYEVM 中以提供评估模块和 GUI 之间的通信。USB 数据和 USB 的 5V 电源由 FTDI 芯片转换为 UART 数据和 3.3V 电源，用于为 MSP430FR2355 微控制器供电。USB 电源在 5V 电压下电流被限制在 500mA，FTDI 芯片在 3.3V 电压下电流被限制在 30mA。要为这些电源轨提供更多电流，请将 5V_SEL 跳线 J3 设置为 5V_EXT，将 3V3_SEL 跳线 J5 设置为 3V3EXT，并将外部电源连接至 5V_EXT 和 3V3EXT 测试点。

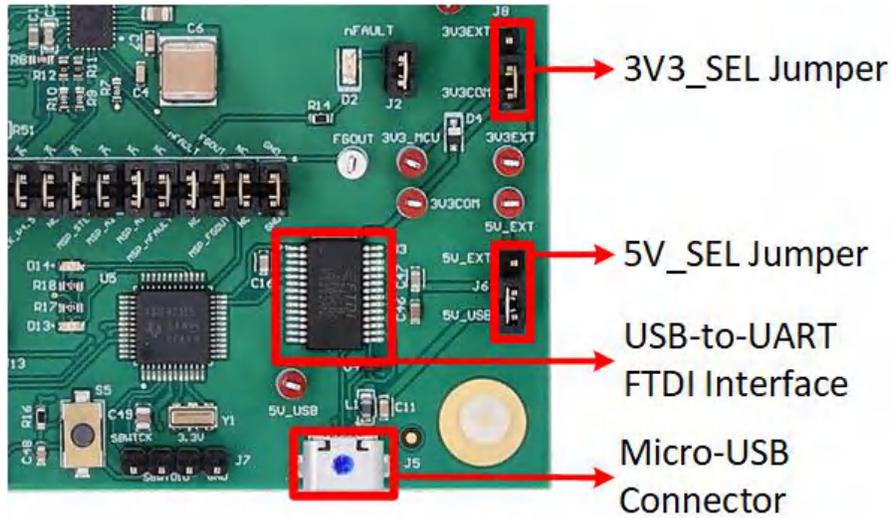


图 2-4. Micro-USB 连接器和 USB 转 UART 接口

2.5 MSP430FR2355 微控制器

MCF8329RRYEVM 包括 MSP430FR2355 低功耗 MCU (如图 2-5 所示), 以便通过 I2C 与 MCF8329 IC 通信。

要对 MSP430FR2355 进行编程, 必须将外部 MSP430 FET 编程器连接到 Spy-Bi-Wire (SBW) 接口连接器 J7。许多 MSP430 LaunchPad™ 提供板载 eZ-FET 调试探针, 可通过跳线连接到 MCF8329RRYEVM, 从而将固件刷入板载 MSP430FR2355 微控制器中。

可以随时使用复位 (RST) 按钮重启 MCU 程序。两个低电平有效 LED (D13 和 D14) 也可用于调试目的。

32 引脚分流跳线桥 J9 连接微控制器和 MCF8329 IC 之间的所有信号。可以根据需要插入或移除这些跳线, 将微控制器与栅极驱动器隔离。这可用于微控制器信号调试或将 MCF8329RRYEVM 作为带有外部微控制器的独立栅极驱动器使用。

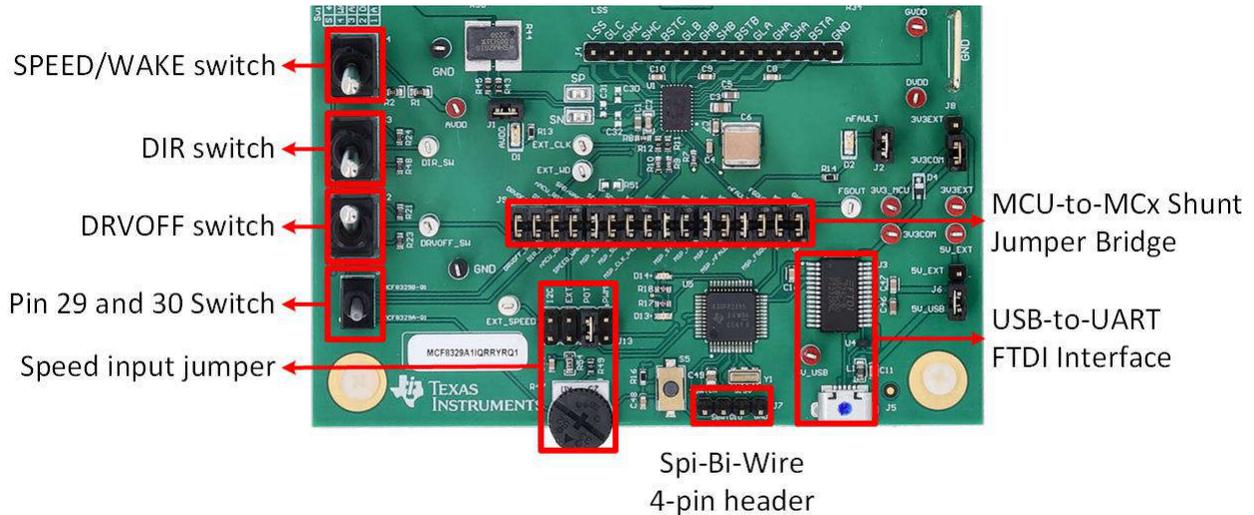


图 2-5. MCF8329RRYEVM 上的 MSP430FR2355 MCU

2.6 LED 指示灯

MCF8329RRYEVM 具有 5 个状态 LED，可指示电源的状态和评估模块的功能。默认情况下，PVDD LED 和 AVDD LED 会在电路板通电且程序已刷入微控制器时亮起。表 2-1 显示 LED 说明，上电过程中点亮的 LED 以粗体显示，图 2-6 显示 LED 的位置。

表 2-1. MCF8329RRYEVM LED 说明

位号	名称	颜色	说明
D1	3.3V	绿色	接通 AVDD 时亮起
D2	nFAULT	红色	当 MCF8329 发生故障时亮起
D3	PVDD	绿色	在 PVDD 上施加电压时亮起
D13	MSP_LED1	红色	用于 UART 或调试
D14	MSP_LED2	红色	用于 UART 或调试

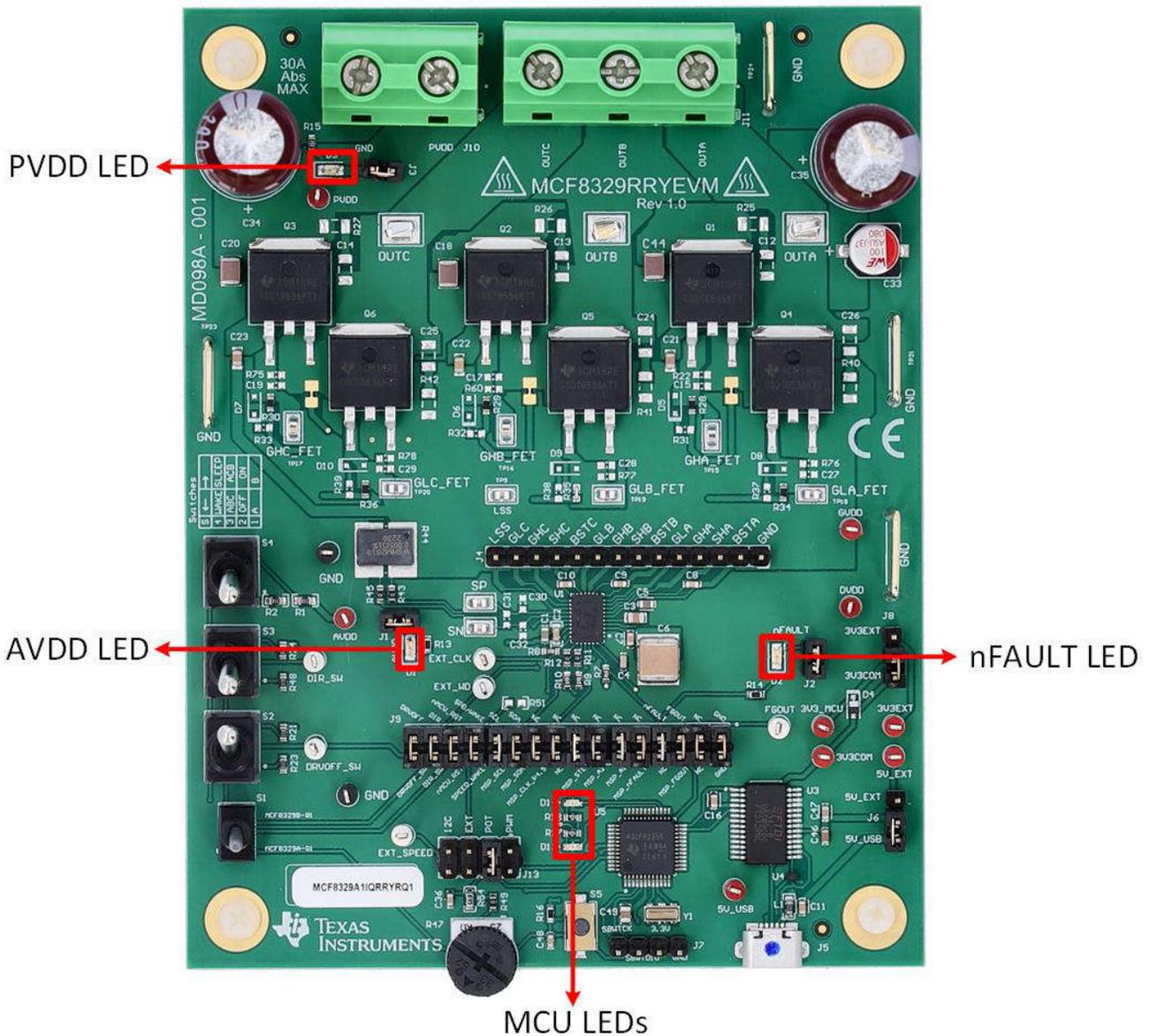


图 2-6. MCF8329RRYEVM LED 位置

2.7 用户可配置设置

MCF8329RRYEVM 整个评估板上包含各种用户可选的跳线、开关和电阻器，用于配置设置。表 2-2 中汇总了所有这些可配置设置。

表 2-2. MCF8329RRYEVM 上用户可选设置的说明

位号	设置名称	说明	层	位置	功能
J8	3V3_SEL	为 MCU 电源选择 3.3V 电源	顶层	J8 = 3V3EXT	外部
				J8 = 3V3COM	来自 FTDI (30mA)
J6	5V_SEL	为 FTDI 电源选择 5V 电源	顶层	J6 = 5V_EXT	外部
				J6 = 5V_USB	来自 USB 电源 (500mA)
J13	SPEED_SEL	选择 SPEED 输入源	顶层	J13 = I2C	从 S4 开关
				J13 = EXT	外部 EXT_SPEED 测试点
				J13 = POT	来自电位计 R47
				J13 = INT_PWM	来自内部 PWM。通过旋转 POT R47 可改变 PWM 占空比
J9	MSP 到 MCx 分流跳桥	插入跳线时，将来自 MVU 和用户开关的信号连接到 MCF8329	顶层	DRVOFF_SW	DRVOFF
				DIR_SW	引脚 29
				MCU_RST	引脚 30
				SPEED_WAKE	SPEED/WAKE
				MSP_SCL	SCL
				MSP_SDA	SDA
				MSP_CLK_P4.5	NC
				NC	NC
				MSP_STE	NC
				MSP_A2	NC
				MSP_A1	GCTRL
				NC	NC
				MSP_nFAULT	nFAULT
				MSP_FGOUT	FGOUT
NC	NC				
GND	GND				
J12	VREG_SEL	选择 VREG 电源	顶层	右侧位置	VREG 由 MOSFET Q7 供电
J1	AVDD LED	将 AVDD LED 连接至 3.3V 上拉电阻	顶层	连接	接通 AVDD 时，D1 亮起
J2	nFAULT LED	将 nFAULT LED 连接至 3.3V 上拉电阻	顶层	连接	当 nFAULT 被拉至低电平时，D2 亮起
J3	PVDD LED	将 PVDD LED 连接至 3.3V 上拉电阻	顶层	连接	向 PVDD 施加电压时，D3 亮起
S1	不适用	根据 MCF8329 型号，将引脚 29 和 30 连接到适当的信号	顶层	底层	为 MCF8329A 配置设置引脚 29 和 30
				顶层	为 MCF8329B 配置设置引脚 29 和 30
S2	DRVOFF	禁用栅极驱动器	顶层	底层	MCF8329 已禁用
				顶层	启用 MCF8329
S3	DIR	控制电机旋转方向	顶层	底层	ABC
				顶层	ACB
S4	SPEED/WAKE	将 SPEED/WAKE 引脚拉至高电平或低电平。用于在 I2C 速度模式下使 MCF8329 保持唤醒状态而不会空闲	顶层	底层	将 SPEED/WAKE 引脚拉至低电平
				顶层	将 SPEED/WAKE 引脚拉至高电平

3 软件

3.1 固件和 GUI 应用

MCF8329RRYEVM 包括 FTDI 芯片和 MSP4302355 微控制器，它们作为主机 PC 和 MCF8329 器件之间的通信桥梁，用于配置各种器件设置和读取故障诊断信息。借助该通信接口，MCF8329RRYEVM 可以连接到 Motor Studio GUI 以配置 MCF8329。Motor Studio GUI 提供引导式调优说明和用于实时变量监控的虚拟示波器等，简化了 MCF8329 的调优过程。可在 TI.com 上下载最新版本的 [Motor Studio GUI](#)。

默认情况下，板载 MSP430FR2355 已包含与 Motor Studio GUI 进行通信所需的固件。如有固件更新，或 GUI 未连接到 EVM，则用户必须按照节 3.4 中概述的步骤，将固件代码刷入 MSP430。

将固件刷写到 EVM 上需要外部 MSP430 LaunchPad™，其中包含 eZ-FET 调试探针和 Code Composer Studio™ (CCS)。节 3.4 中的示例使用 MSP-EXP430FR2355 LaunchPad 开发套件来提供 eZ-FET 调试探针。

3.2 下载并运行 Motor Studio

1. 连接 MCF8329RRYEVM，如节 2.2 所述。
2. 下载最新版本的 [Motor Studio GUI](#)。
3. 安装 Motor Studio GUI 后，运行 Motor Studio GUI 应用程序。
4. 点击 **Setup Now** 按钮，并按照说明设置 EVM。
5. 设置 MCF8329RRYEVM 后，点击 **Quick Spin** 以开始配置器件。

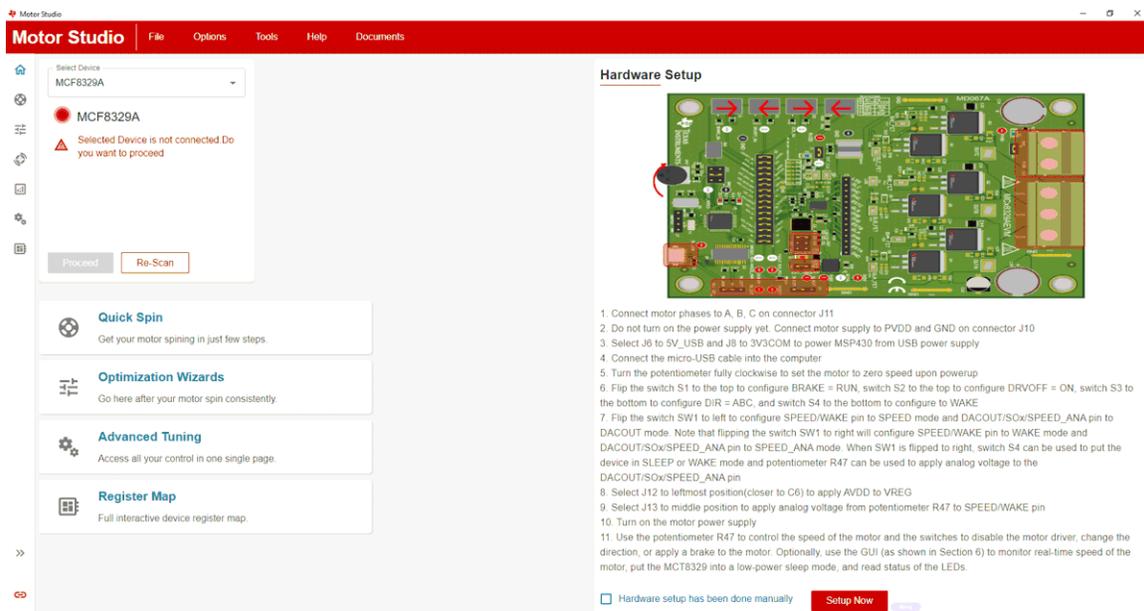


图 3-1. Motor Studio GUI MCF8329A 主页

3.3 下载 Code Composer Studio 并导入 GUI 固件

1. 下载 [Motor Studio 固件](#) 并解压到计算机上的某个位置。
2. 下载最新版本的 [Code Composer Studio](#)，在目录 C:\ti 中设置一个文件夹。
 - a. 接受所有协议和默认安装说明，然后选择 *Next* 继续完成菜单操作。
 - b. 在 *Selected Components* 窗口中，确保选中 *MSP430 Low-Power MCUs*，安装 *MSP430 LaunchPad* 评估套件所需的软件包。
3. 安装后，运行 *CCS* 并选择一个文件夹或默认文件夹作为工作区来存储任何新项目。可以根据用户的偏好更改位置和命名规则。点击“OK”按钮以接受。
4. 在 *CCS* 中，点击“Project”选项卡并选择 *Import CCS Projects*。点击 *Browse*。
5. 通过解压 *Motor Studio* 固件，选择在步骤 1 中创建的文件夹。
6. 将该工程导入您的工作区，如图 3-2 所示

```

1/* --COPYRIGHT--.BSD
2 * Copyright (c) 2018, Texas Instruments Incorporated
3 * All rights reserved.
4 *
5 * Redistribution and use in source and binary forms, with or without
6 * modification, are permitted provided that the following conditions
7 * are met:
8 *
9 *   Redistributions of source code must retain the above copyright
10 *   notice, this list of conditions and the following disclaimer.
11 *
12 *   Redistributions in binary form must reproduce the above copyright
13 *   notice, this list of conditions and the following disclaimer in the
14 *   documentation and/or other materials provided with the distribution.
15 *
16 *   Neither the name of Texas Instruments Incorporated nor the names of
17 *   its contributors may be used to endorse or promote products derived
18 *   from this software without specific prior written permission.
19 *
20 * THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE COPYRIGHT HOLDERS AND CONTRIBUTORS "AS IS"
21 * AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO,
22 * THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR
23 * PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT OWNER OR
24 * CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL,
25 * EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO,
26 * PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS;
27 * OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY,
28 * WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR
29 * OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE,
30 * EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.
31 * --/COPYRIGHT--*/
32//*****
33//
34// MSP430FR2355 firmware for compatibility with Motor Studio
35//
36// E. Chen
37// Texas Instruments Inc.
38// May 2018
39//*****
40
41#include <driverlib.h>
42#include <stdint.h>
43#include <stdbool.h>
44#include <stdio.h>
45#include <stdlib.h>
46#include <string.h>
47#include <jsmn.h>
48
49/* Constants */
50#define MAX_STR_LEN      256
51#define INTER_BYTE_DELAY 2000 // at least 100 us
52#define I2C_TIMEOUT      65535
53

```

图 3-2. Code Composer Studio 中的 MSP430FR2355 接口固件代码

3.4 使用 eZ-FET 对板载 MSP430FR2355 进行编程

MSP430FR2355 LaunchPad 上的 eZ-FET 调试探针使用 Spy-Bi-Wire JTAG 接口对 MCF8329RRYEVM 上的 MSP430FR2355 MCU 进行编程。有关包含板载 eZ-FET 调试探针的 MSP430 LaunchPad，请参阅 [MSP430 LaunchPad 开发套件](#)。

1. 从 MSP430 LaunchPad 上移除 GND、3V3、SBWTDIO 和 SBWTCK 跳线。
2. 将 LaunchPad eZ-FET 侧的顶部引脚 GND、3V3、SBWTDIO 和 SBWTCK 信号连接到 MCF8329RRYEVM 的 J7 上的相应引脚，如表 3-1 和图 3-3 所示。
3. 将 Micro-USB 电缆连接到 MSP430 LaunchPad 和 PC。
4. 点击 **Build Project** 图标或按 CTRL + B，确保成功构建工程。如有需要，从控制台接受所有更新
5. 点击 **Debug Project** 以设置调试会话，然后按 **Play** 按钮运行代码。
6. 停止调试会话，关闭 Code Composer Studio，断开 Spy-Bi-Wire 跳线，并从 MSP430 LaunchPad 上拔下 Micro-USB 电缆。

表 3-1. 对 MSP430FR2355 进行编程所需的 Spy-Bi-Wire 接口

MSP430 LaunchPad (eZ-FET 调试探针侧) (J101)	MCF8329RRYEVM 4 引脚 Spy-Bi-Wire 接头 (J7)
GND	GND
3V3	3V3
SBWTDIO	SBWTDIO
SBWTCK	SBWTCK

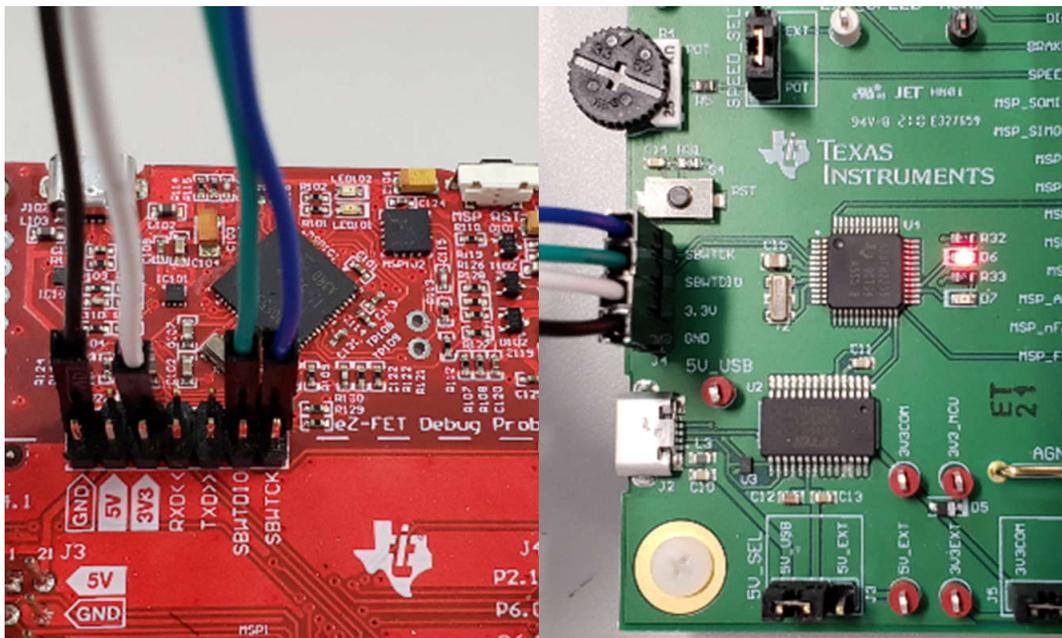


图 3-3. MSP430 LaunchPad eZ-FET 调试探针连接到 MSP430FR2355

4 硬件设计文件

4.1 原理图

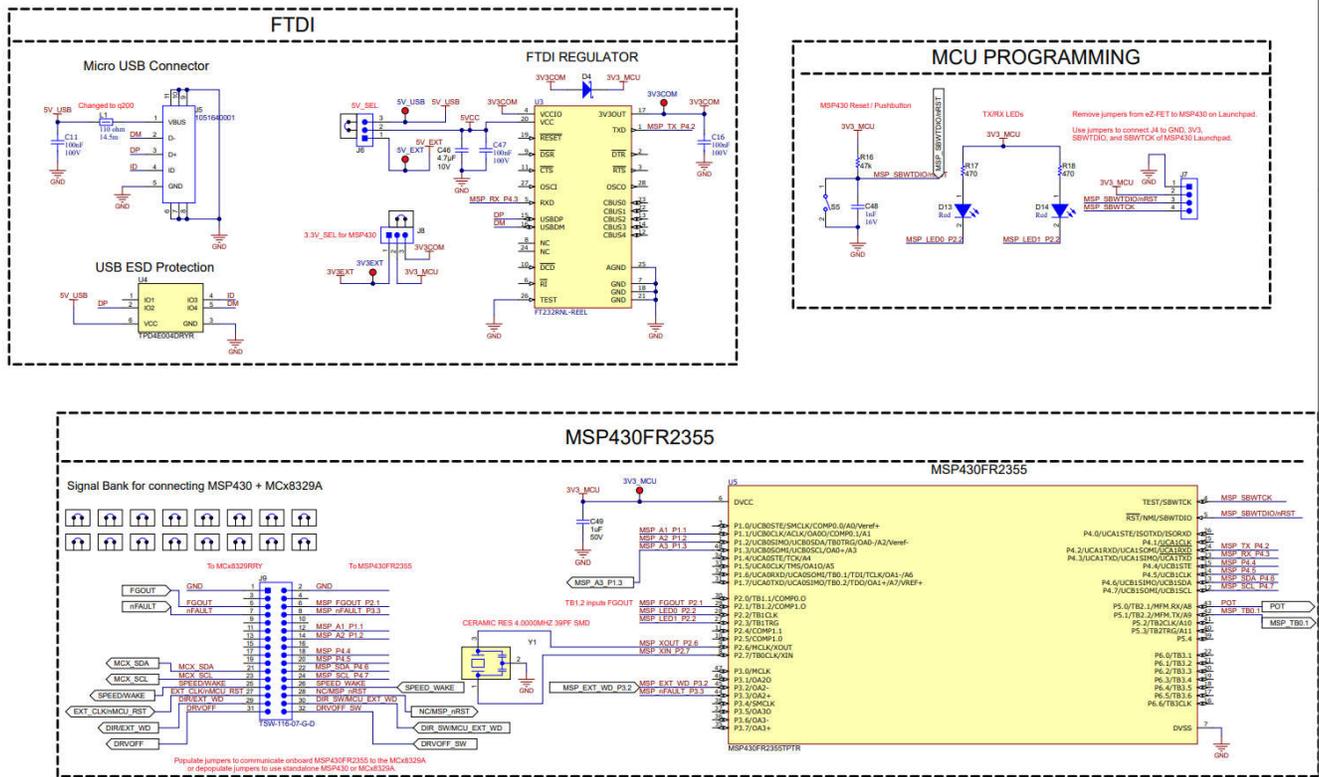


图 4-1. 接口

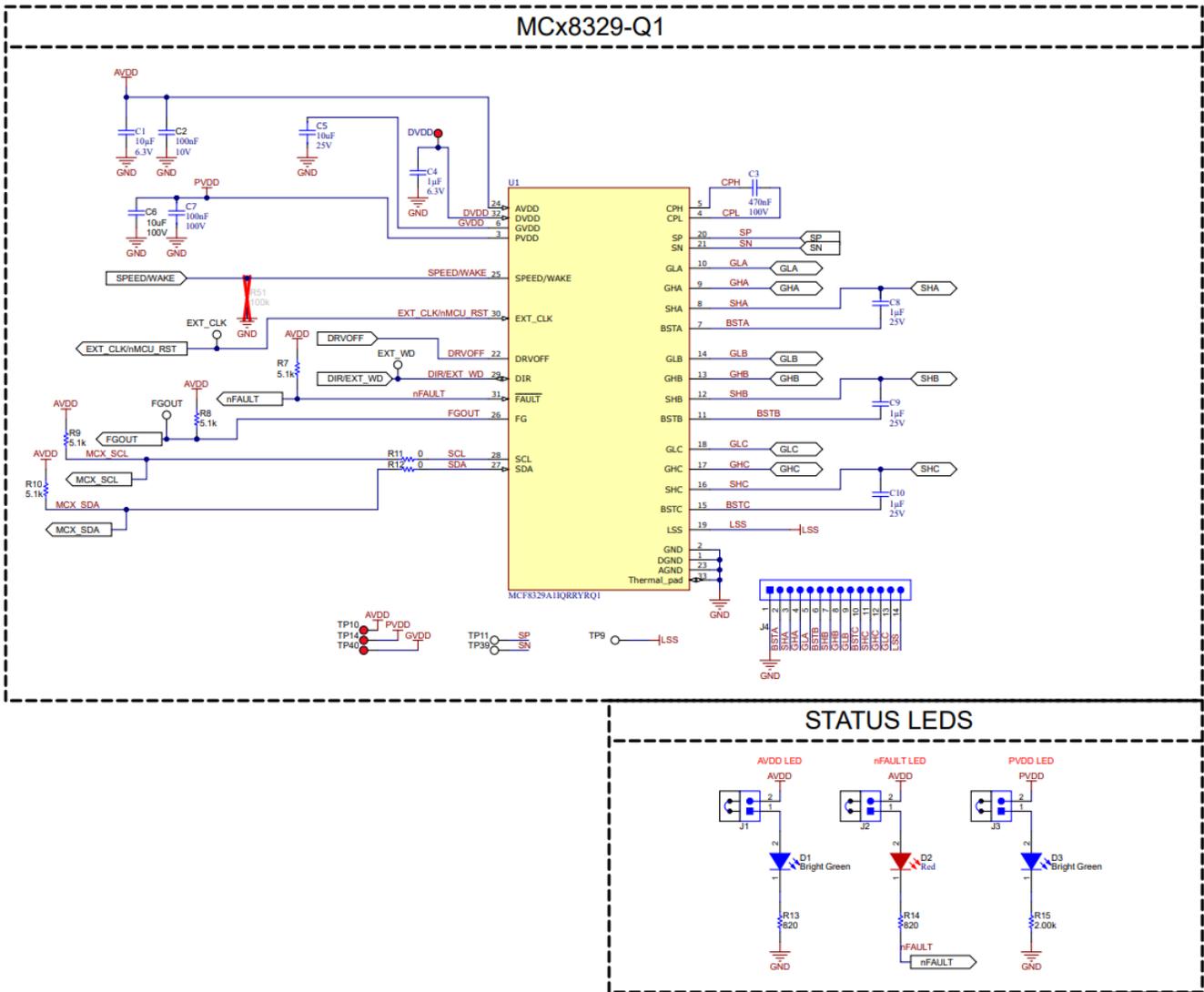


图 4-2. 驱动器

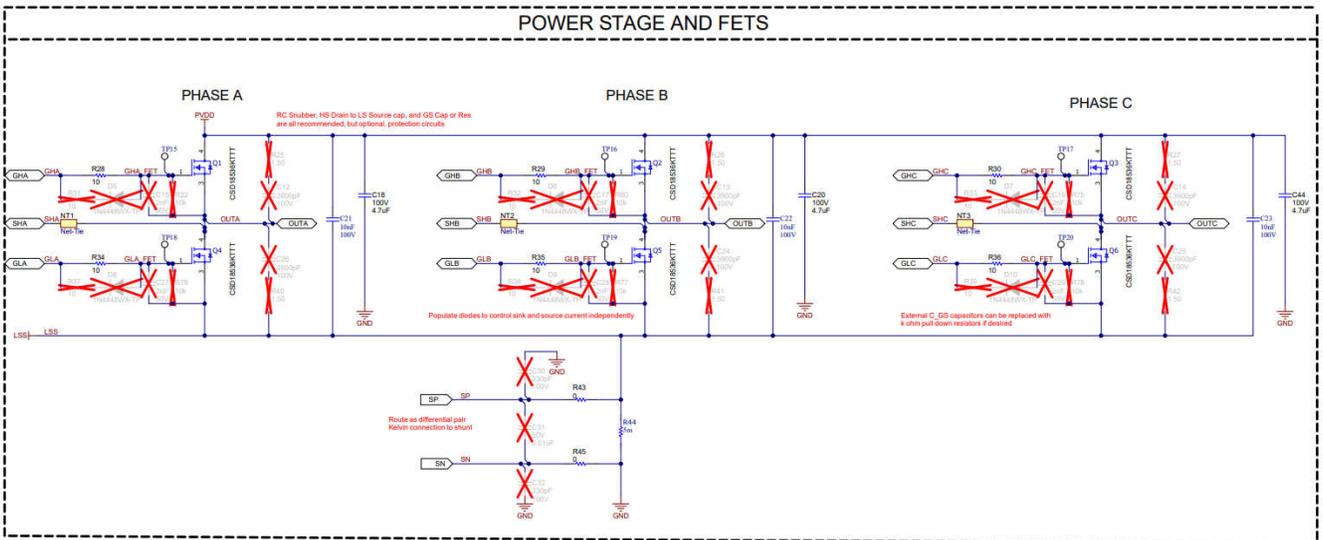


图 4-3. MOSFET 和功率级

4.2 PCB 布局

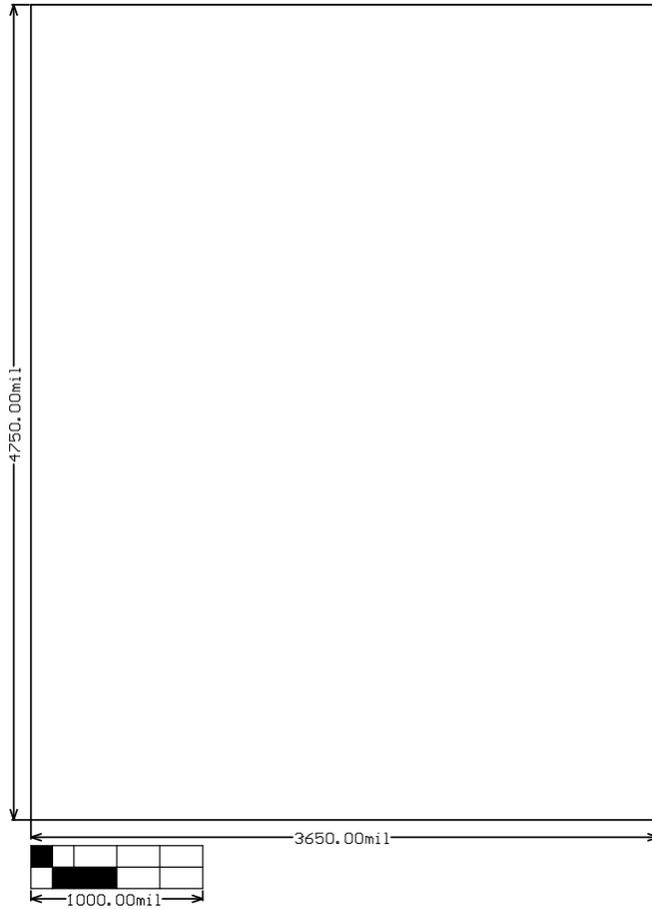


图 4-5. EVM 电路板尺寸

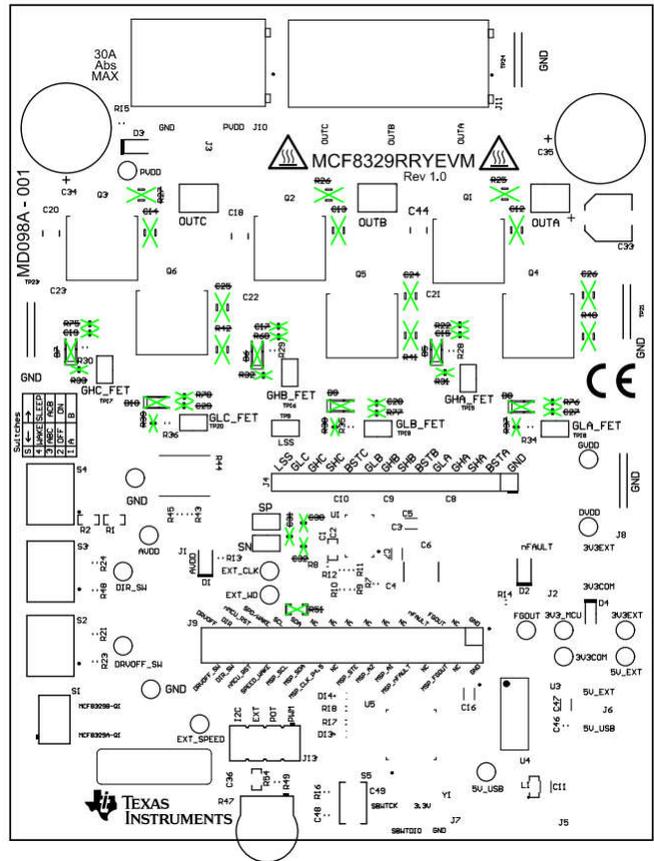


图 4-6. EVM 顶部覆盖层

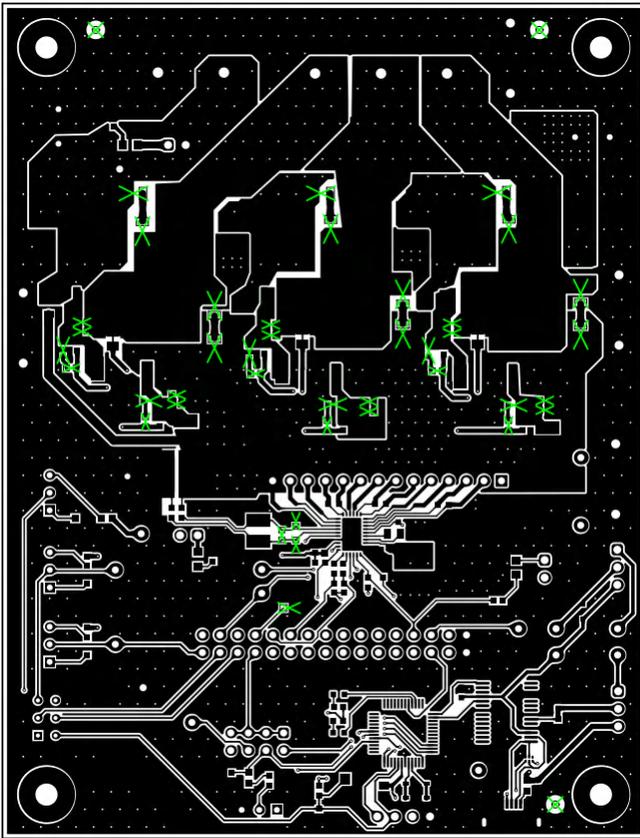


图 4-7. EVM 顶层

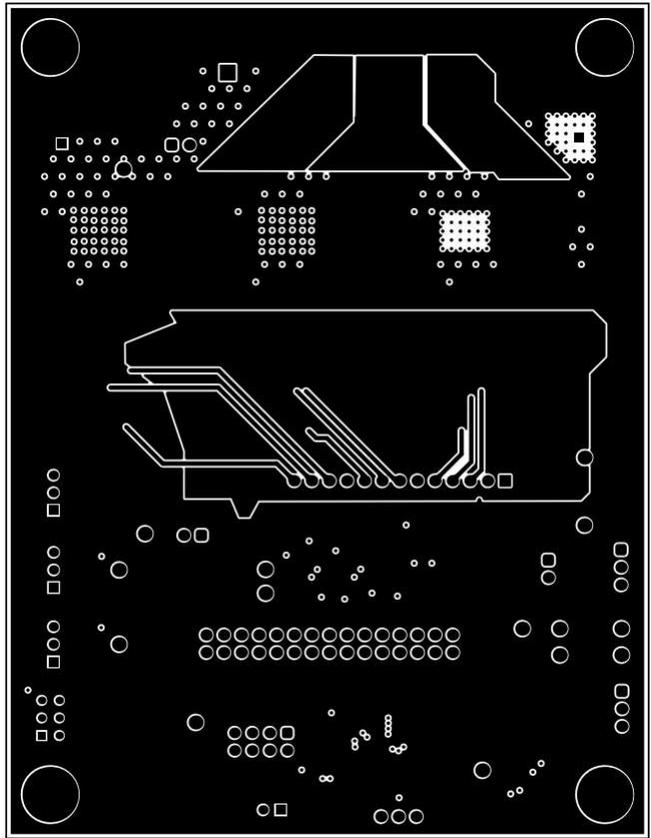


图 4-8. EVM 信号层 1

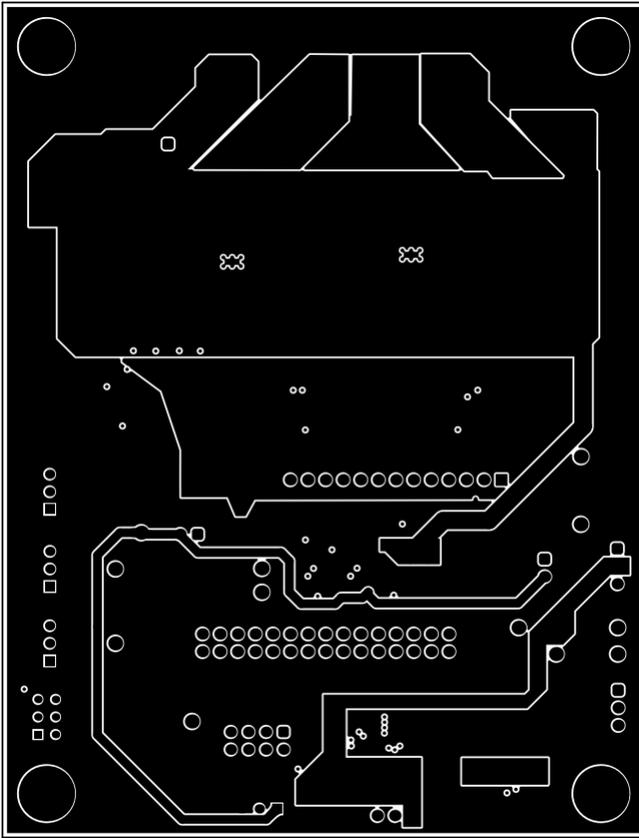


图 4-9. EVM 信号层 2

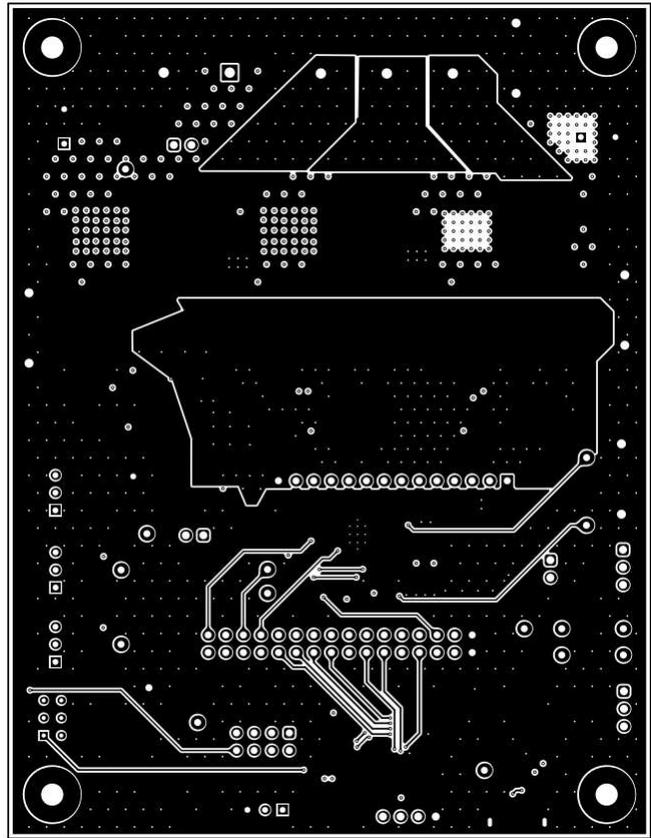


图 4-10. EVM 底层

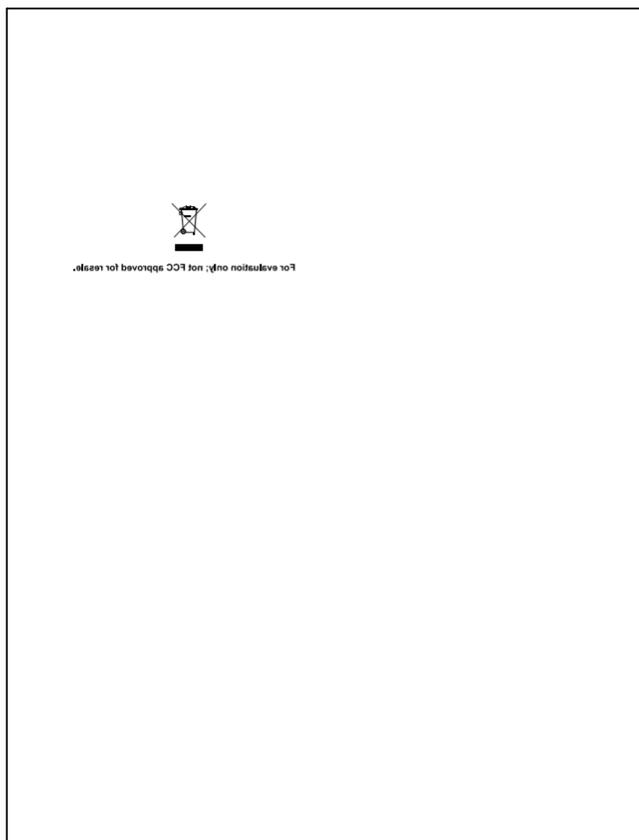


图 4-11. EVM 底部覆盖层

4.3 物料清单 (BOM)

表 4-1. 物料清单

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1	1	10 μ F	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0603, X5R, 10 μ F, 6.3VDC	603	885012106006	Würth Elektronik
C2	1	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V, +/-10%, X7R, 0603	603	885012206020	Würth Elektronik
C3	1	470nF	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0805, X7R II 类, 470nF, 100VDC	805	885012207130	Würth Elektronik
C4	1	1 μ F	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0603, X5R, 1 μ F, 6.3VDC	603	885012106003	Würth Elektronik
C5	1	10 μ F	10 μ F \pm 20% 25V 陶瓷电容器 X5R 0603 (公制 1608)	603	885012106031	Würth
C6	1	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 100V, +/-20%, X7R, 2220	2220	22201C106MAT2A	AVX
C7、C11、C16、C47	4	100nF	0.1 μ F \pm 10% 100V 陶瓷电容器 X7R 0603 (公制 1608)	603	885012206120	Würth Electronics
C8、C9、C10	3	1 μ F	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0603, X5R, 1 μ F, 25VDC	603	885012106022	Würth Elektronik
C18、C20、C44	3	4.7 μ F	电容器, 陶瓷, 4.7 μ F, 100V, +/-10%, X7S, 1210	1210	GRM32DC72A475KE01L	MuRata
C21、C22、C23	3	0.01 μ F	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0805, X7R, 10nF, 100VDC	805	885012207122	Würth Elektronik
C33	1	10 μ F	WCAP-ASLI 铝电解电容器, V 形芯片, D6.3 x H7.7mm, 10 μ F, 80V	D6.3 x H7.7mm	865081745005	Würth Elektronik
C34、C35	2	390 μ F	电容, 铝制, 390 μ F, 100V, +/-20%, 0.026 Ω , TH	D12.5xL35mm	EKYB101ELL391MK35S	Chemi-Con
C36	1	100pF	WCAP-CSGP 多层陶瓷贴片电容器, 通用, 尺寸 0603, X7R, 100pF, 10VDC	603	885012206003	Würth Elektronik
C46	1	4.7 μ F	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 10V, +/-20%, X7R, 0603	603	GRM188Z71A475ME15D	MuRata
C48	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 16V, +/-10%, X7R, 0603	603	885012206034	Würth Elektronik
C49	1	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0805	805	885012207103	Würth Elektronik
D1、D3	2	亮绿色	LED, 亮绿色, SMD	LED_0805	150080VS75000	Würth Elektronik
D2	1	红色	LED, 红色, SMD	LED_0805	150080RS75000	Würth Elektronik
D4	1	40V	二极管, 肖特基, 40V, 0.75A, AEC-Q101, SOD-323	SOD-323	BAT165E6327HTSA1	Infineon Technologies
D13、D14	2	红色	红色 625nm LED 指示 - 分立式 2V 0603 (公制 1608)	603	150060RS75003	Würth Electronics

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
H1、H2、H3、H4	4		六角螺柱, 1"L #4-40 尼龙	螺柱	1902E	Keystone
H5、H6、H7、H8	4		机械螺钉, 圆头, #4-40 x 1/4, 尼龙, 飞利浦盘形头	螺钉	NY PMS 440 0025 PH	B&F Fastener Supply
J1、J2、J3	3		接头, 2.54mm, 2x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 2x1, TH	61300211121	Würth Elektronik
J4	1		接头, 100mil, 14x1, 金, TH	14x1 接头	TSW-114-07-G-S	Samtec
J5	1		插座, USB 2.0, Micro B, 5 个位置, R/A, SMT	插座, USB 2.0, Micro B, 5 位, 0.65mm 间距, R/A, SMT	1051640001	Molex
J6、J8	2		接头, 2.54mm, 3x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 3x1, TH	61300311121	Würth Elektronik
J7	1		接头, 2.54mm, 4x1, 金, TH	接头, 2.54mm, 4x1, TH	61300411121	Würth Elektronik
J9	1		接头, 100mil, 16x2, 金, TH	16x2 接头	TSW-116-07-G-D	Samtec
J10	1		2 位, 线至板, 端子块, 与板齐平, 0.375" (9.53mm), 穿孔	CONN_TERM_BLK2	691250910002	Würth Electronics
J11	1		3 位, 线至板, 端子块, 与板齐平, 0.375" (9.53mm), 穿孔	CONN_TERM_BLK3	691250910003	Würth Electronics
J13	1		接头, 2.54mm, 4x2, 金, TH	接头, 2.54mm, 4x2, TH	TSW-104-08-L-D	Samtec
L1	1	110 Ω	铁氧体磁珠, 110 Ω (100MHz 时), 4.1A, 0603	603	74279228111	Würth Elektronik
LBL1	1			PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
Q1、Q2、Q3、Q4、Q5、Q6	6		MOSFET 60V N 沟道 NexFET 功率 MOSFET, 单 D2PAK, 1.6mΩ 3-DDPAK/TO-263, -55 至 175	DDPAK	CSD18536KTTT	德州仪器 (TI)
R1、R2、R21、R23、R24、R48	6	10.0k	电阻, 10.0k, 0.05%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	ERA-3ARW103V	Panasonic
R7、R8、R9、R10	4	5.1k	电阻, 5.1k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW06035K10JNEA	Vishay-Dale
R11、R12、R43、R45、R49	5	0	电阻, 0, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic
R13、R14	2	820	电阻, 820, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-07820RL	Yageo

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R15	1	2.00k	电阻, 2.00k, 0.1%, 0.1W, 0603	603	RG1608P-202-B-T5	Susumu Co Ltd
R16	1	47k	电阻, 47k, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-0747KL	Yageo
R17、R18	2	470	电阻, 470, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-07470RL	Yageo
R28、R29、R30、 R34、R35、R36	6	10	电阻, 10, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW060310R0JNEA	Vishay-Dale
R44	1	5m	5m Ω , \pm 1%, 7W, 片上电阻, 非标准, 汽车 AEC-Q200, 电流检测, 可承受脉冲, 防潮金属元件	2818	WSHM28185L000FEA	Vishay
R47	1	25k Ω	微调电位计, 25k Ω , 0.5W, TH	9.53mm x 8.89mm	3352T-1-253LF	Bourns
R54	1	47	电阻, 47.0, 0.1%, 0.1W, 0603	603	RT0603BRD0747RL	Yageo America
S1	1		开关, DPDT, 开-开, 0.4VA, 28V, TH	DPDT 开关, 4.5mm x 7mm	G22AP	NKK 交换机
S2、S3、S4	3		开关, 切换, SPDT 0.4VA 28V	6.8mm x 23.1mm x 8.8mm	B12AP	NKK 交换机
S5	1		开关, 触控式, SPST, 12V, SMD	SMD, 6mm x 3.9mm	434121025816	Würth Elektronik
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5、SH-J6、SH-J8、SH-J10、SH-J11、SH-J12、SH-J13、SH-J14、SH-J15、SH-J16、SH-J17、SH-J18、SH-J19、SH-J20、SH-J21、SH-J22、SH-J23、SH-J24	22	1x2	分流器, 2.54mm, 金, 黑色	分流器, 2.54mm, 黑色	60900213421	Würth Elektronik
TP1、TP10、TP14、TP40、TP41、TP42、TP43、TP44、TP45	9		测试点, 微型, 红色, TH	红色微型测试点	5000	Keystone
TP3、TP4、TP31、TP32、TP33、TP50	6		测试点, 微型, 白色, TH	白色微型测试点	5002	Keystone
TP8、TP12	2		测试点, 微型, 黑色, TH	黑色微型测试点	5001	Keystone

表 4-1. 物料清单 (续)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
TP9、TP11、 TP15、TP16、 TP17、TP18、 TP19、TP20、TP39	9		测试点, 微型, SMT	Testpoint_Keystone_M iniature	5015	Keystone
TP21、TP22、 TP23、TP24	4		1mm 非绝缘短路插头, 10.16mm 间距, TH	短路插头, 10.16mm 间距, TH	D3082-05	Harwin
TP27、TP28、TP29	3		测试点, 紧凑型, SMT	Testpoint_Keystone_C ompact	5016	Keystone
U1	1		汽车级无传感器磁场定向控制 (FOC) 三相 BLDC 栅极驱动器	WQFN32	MCF8329A11QRRYRQ1	德州仪器 (TI)
U3	1		UART 接口 IC USB 全速至串行 UART IC, 包含振荡器和 EEPROM, SSOP-28	SSOP28	FT232RNL-REEL	FTDI
U4	1		适用于高速数据接口的 4 通道 ESD 保护阵列, DRY0006A (USON-6)	DRY0006A	TPD4E004DRYR	德州仪器 (TI)
U5	1		CPU16 MSP430™ FRAM 微控制器 IC, 16 位 24MHz 32KB (32K x 8) FRAM 48-LQFP (7x7)	LQFP48	MSP430FR2355TPTR	德州仪器 (TI)
Y1	1		谐振器, 4MHz, 39pF, AEC-Q200 1 级, SMD	4.5mm x 1.2mm x 2mm	CSTCR4M00G55B-R0	MuRata

5 其他信息

5.1 商标

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。

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