

Application Note

基于 MSPM0C1104 的 MCF8315D 控制



Joe Ji and Janz Bai

摘要

低压 BLDC 电机因其安全高效和出色的功能而广泛应用于电器中。本应用手册详细介绍了使用 MSPM0C1104 MCU 和 MCF8315D BLDC 电机控制器打造的低压电机控制系统。通过这两款器件，该设计可实现免编码的无传感器 FOC 控制，并具备高度的系统级灵活性。本应用手册旨在加快客户软件开发，并帮助产品上市。本应用手册展示了使用 TI EVM 的硬件设置与软件架构、展示测试设置的系统测试，以及演示系统的控制结果。用户还可以使用系统配置工具 (SYSCONFIG) 轻松地将此代码移植到其他 MSPM0 器件。现在可以从 [E2E](#) 访问演示代码了。有关硬件设计，请参阅 [如何优化风扇应用中的 MCF8315 硬件设计应用手册](#)。

内容

1 简介.....	2
1.1 系统简介.....	2
1.2 MSPM0C110x 简介.....	2
1.3 MCF8315D 简介.....	4
2 硬件设置.....	5
2.1 LP-MSPM0C1104 硬件设置.....	5
2.2 MCF8315PWPEVM 硬件设置.....	5
3 软件结构.....	6
3.1 软件功能和流程图.....	6
3.2 工程文件结构.....	7
3.3 配置并控制 MCF8315.....	7
4 系统测试.....	10
4.1 测试设置.....	10
4.2 系统值监控.....	11
5 总结.....	11
6 参考资料.....	11

插图清单

图 1-1. LV BLDC 控制的系统方框图.....	2
图 1-2. MSPM0C110x 功能方框图.....	3
图 1-3. MCF8315D (PWP) 功能方框图.....	4
图 2-1. LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 硬件连接.....	5
图 3-1. MSPM0 软件图.....	6
图 3-2. MCF8315D I2C 写入事务序列.....	8
图 3-3. MCF8315D I2C 读取事务序列.....	8
图 4-1. 测试环境设置.....	10
图 4-2. MSPM0C1104 仿真器测试连接.....	10
图 4-3. MCU 变量监控窗口.....	11

表格清单

表 2-1. LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 之间的信号连接.....	5
表 3-1. 工程文件结构.....	7
表 3-2. I2C 数据字格式.....	7
表 3-3. 24 位控制字格式.....	7

商标

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

1.1 系统简介

低压直流电源结构有助于电器系统设计达到更高的效率和安全水平。为了让系统设计更简单、更实用，TI 将数十年的 BLDC 控制经验运用于 MCF8315D，帮助客户无需编码即可实现 BLDC 控制。

本应用手册介绍了一个高度灵活且仅有两个集成电路 (IC) 的 LV BLDC 控制系统。如图 1-1 所示，MCF8315D 集成了实现无代码 LV BLDC 控制所需的所有元件；MSPM0C1104 用于初始化、控制或监控 MCF8315D，从而满足各种系统需求。

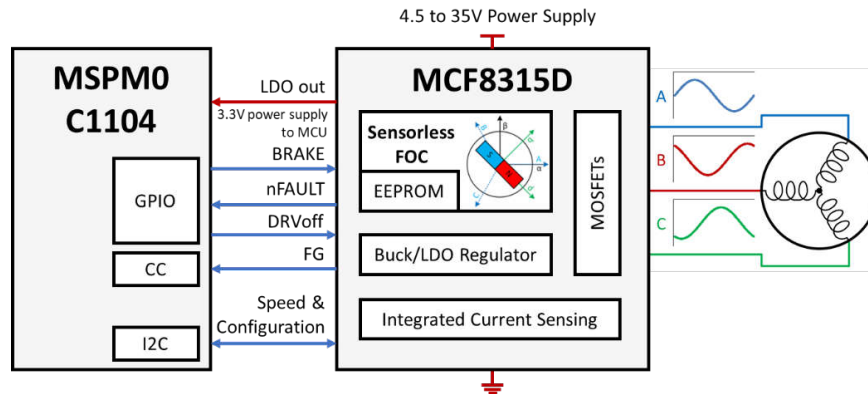


图 1-1. LV BLDC 控制的系统方框图

1.2 MSPM0C110x 简介

MSPM0C110x 微控制器 (MCU) 属于 MSP 高度集成的超低功耗 32 位 MCU 系列，该 MCU 系列基于增强型 Arm® Cortex®-M0+ 内核平台，工作频率最高可达 24MHz。这些 MCU 可提供高性能模拟外设集成。

MSPM0C110x 器件提供高达 16KB 的嵌入式闪存程序存储器和 1KB 的 SRAM。该器件集成了各种高性能模拟外设，例如一个以 VDD 作为电压基准的 12 位 1.5Msps ADC 和片上温度传感器。该些器件还提供智能数字外设，例如一个 16 位高级计时器、两个 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 (包括一个 UART、一个 SPI 和一个 I2C)。这些通信外设为 LIN、IrDA、DALI、Manchester、Smart Card、SMBus 和 PMBus 提供协议支持。有关更多信息，请参阅“MSPM0C110x、MSPS003 混合信号微控制器”数据表。

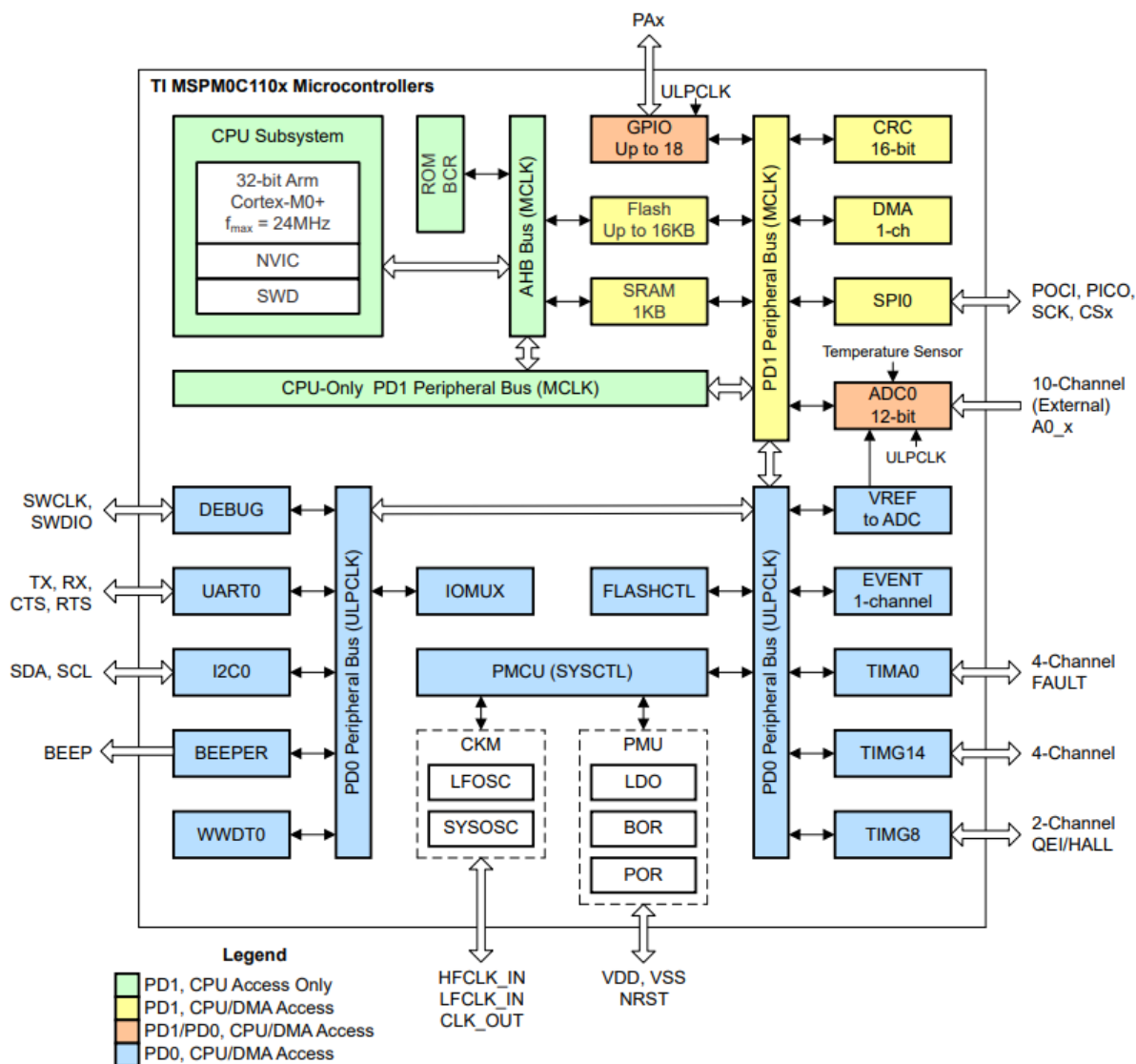


图 1-2. MSPM0C110x 功能方框图

1.3 MCF8315D 简介

MCF8315D 为驱动峰值电流高达 4A 的速度控制型 12V 至 24V 无刷直流电机 (BLDC) 或永磁同步电机 (PMSM) 的客户提供了一个单芯片、无代码、无传感器 FOC 器件。MCF8315D 集成了三个半桥，具有 40V 的绝对最大电压和超低 RDS(ON)。集成式电源管理电路，包括可用于为外部电路供电的电压可调节降压稳压器 (3.3V、5V，170mA) 和 LDO (3.3V，20mA)。MCF8315D 集成了多种保护功能，例如在出现故障事件时保护该器件、电机和系统。有关更多信息，请参阅 [MCF8315D 无传感器磁场定向控制 \(FOC\) 集成式 FET BLDC 驱动器](#)。

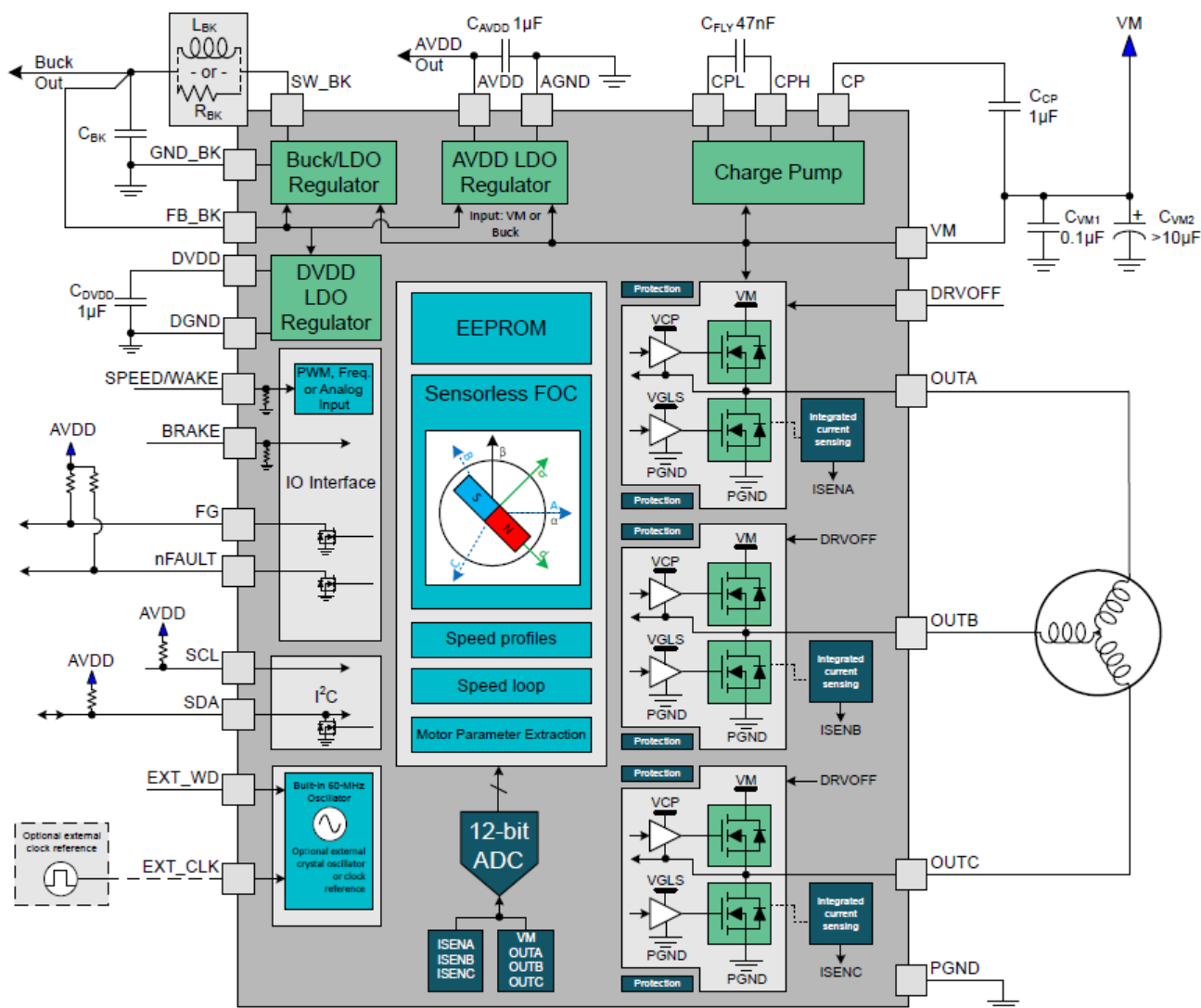


图 1-3. MCF8315D (PWP) 功能方框图

2 硬件设置

图 2-1 展示了 LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 的评估系统设置。信号连接用蓝色表示，电源连接用红色表示。节 4 展示了真实的硬件连接。

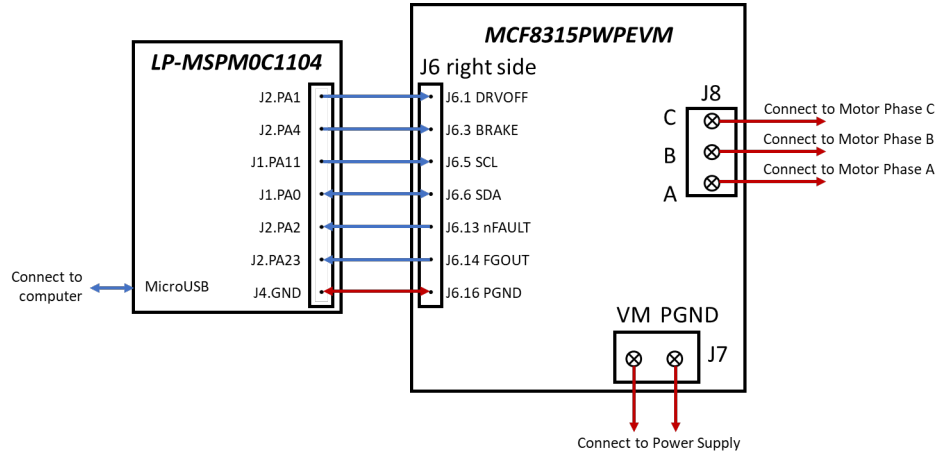


图 2-1. LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 硬件连接

2.1 LP-MSPM0C1104 硬件设置

有关 LP-MSPM0C1104 的详细信息和原理图，请参阅 [LP-MSPM0C1104 评估模块用户指南](#)，下表显示了 LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 之间的连接以及相应的功能。

表 2-1. LP-MSPM0C1104 和 MCF8315PWPEVM 之间的信号连接

MCF8315PWPEVM 引脚名称	LP-MSPM0C1104 引脚名称	功能
DRVOFF	PA1	禁用 MCF 栅极驱动器
BRAKE	PA4	打开所有 MCF 低侧 MOSFET
SCL	PA11	I2C 通信时钟
SDA	PA0	I2C 通信数据
nFAULT	PA2	向 MCU 报告 MCF8315 故障
FGOUT	PA23	将电机转速反馈给 MCU
PGND	GND	GND

2.2 MCF8315PWPEVM 硬件设置

有关 MCF8315PWPEVM 的总体硬件说明和设置，请参阅 [MCF8315PWPEVM 评估模块用户指南](#)。由于 EVM 由 MSPM0C1104 控制，因此必须断开并重新连接 J6 中的所有跳线，如表 2-1 所示。如果表中未提及这些引脚，则将这些引脚保持断开状态。直流电压源需要连接到 VM 和 PGND。电机相位 A、B 或 C 需要连接到 J8 接口，并通过 Motor Studio GUI 用于电机调试及导出配置数据，这些数据用于 MCF8315 初始化。[如何优化风扇应用中的 MCF8315 硬件设计](#)应用手册中展示了 MCF8315D 硬件设计。

3 软件结构

3.1 软件功能和流程图

MSPM0C1104 通过更改 MCF8315D 寄存器，利用 I2C 接口来配置和控制 MCF8315D。演示代码包含以下 MCF8315D 功能的 API：EEPROM 数据校验与更新、MCF8315D RAM 编程、电机转速控制、通过 FG 引脚的速度反馈以及 VM 检查。

代码从 MSPM0C1104 初始化开始，然后通过 EEPROM 检查和 RAM 编程完成 MCF 初始化，并在所有初始化完成后将电机旋转命令发送到 MCF8315D。在定时器 A 中断期间更新电机转速命令。速度反馈和 VM 电压监控在主环路中完成。图 3-1 显示了软件流程图。

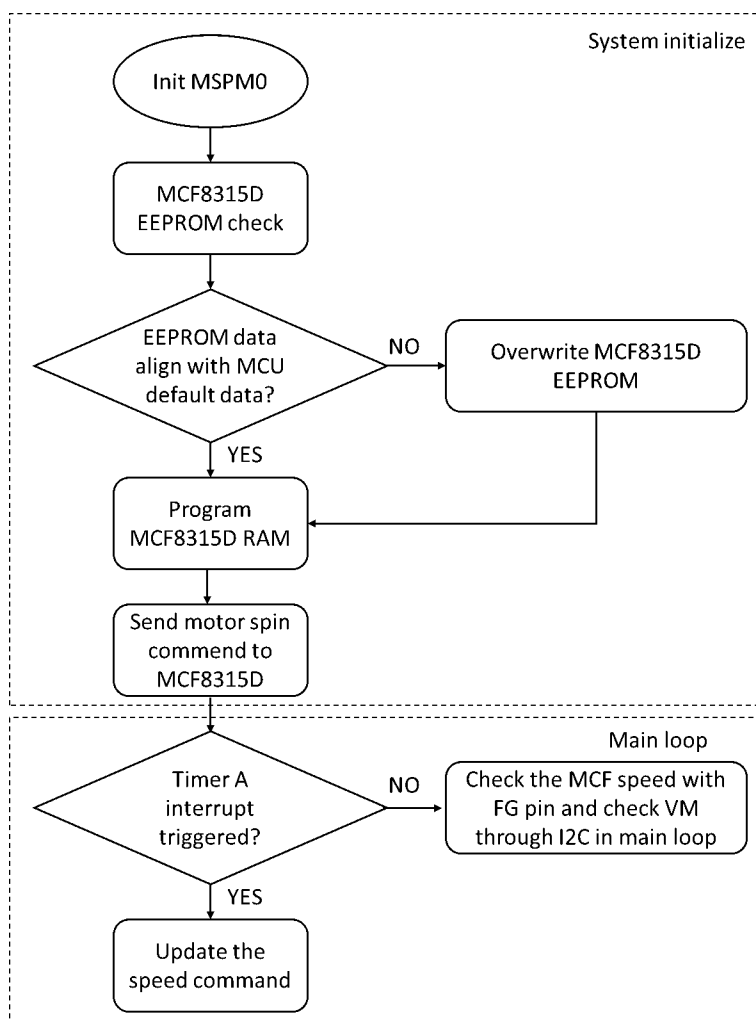


图 3-1. MSPM0 软件图

3.2 工程文件结构

客户可以使用系统配置工具轻松将此工程从 MSPM0C1104 迁移到其他 MSPM0 器件。表 3-1 列出了该工程中的关键文件

表 3-1. 工程文件结构

文件	说明
C1104LP_MCF8315D.c	程序入口
C1104_Config.syscfg	MSPM0C1104 系统和外设配置
mcf_configuration.h	MCF8315D EEPROM 寄存器偏移和默认设置的预定义
mcf_i2c.c	MCF 寄存器读写函数，可根据所需的协议执行 MCF 寄存器读写
mcf_i2c.h	用于定义 MCF 寄存器读写函数的头文件
crc8.c	使用 CRC 表进行 8 位 CRC 计算
crc8.h	用于定义 CRC 验证的头文件
parity_even.c	数据奇偶校验与 MCF8315D EEPROM 奇偶校验规则保持一致
parity_even.h	用于定义 parity_even 函数的头文件

3.3 配置并控制 MCF8315

3.3.1 MCF8315D I2C 协议说明

MSPM0C1104 通过 I2C 串行接口与 MCF8315D 通信。MSPM0C1104 用作 I2C 控制器，MCF8315D 用作 I2C 目标。I2C 通信遵循表 3-2 中所示的 I2C 数据字格式。

表 3-2. I2C 数据字格式

TARGET_ID	R/W	CONTROL WORD	DATA	CRC-8
A6 - A0	W0	CW23 - CW0	D15、D31、D63 - D0	C7 - C0

目标 ID 和 R/W 位：第一个字节包含 7 位 I2C 目标 ID，后跟读取或写入命令位。对于 MCF8315D 中的每个数据包，通信协议都以写入 24 位控制字开始，因此 R/W 位始终为 0。

24 位控制字：表 3-2 展示了控制字格式。有关详细说明，请参阅 [MCF8315D 无传感器磁场定向控制 \(FOC\) 集成式 FET BLDC 驱动器](#) 数据表。在演示代码中，CRC_EN 设置为 1 以启用 CRC 验证，DLEN 设置为 01b 以使用 32 位数据长度，MEM_SEC 和 MEM_PAGE 设置为 0，因为所有其他存储器扇区和页均不供外部使用。

表 3-3. 24 位控制字格式

OP_R/W	CRC_EN	DLEN	MEM_SEC	MEM_PAGE	MEM_ADDR
CW23	CW22	CW21 - CW20	CW19 - CW16	CW15 - CW12	CW11 - CW0

数据字节：需要将数据输入到对应的 MEM_ADDR 中，控制字中的 DLEN 字段与本节传输的字节数对应。如果数据字节数与 DLEN 不匹配，则写入操作将被丢弃。

CRC 字节：如果在控制字中启用了 CRC 功能，则必须在写入事务结束时发送 CRC 字节。3.3.2 CRC 验证和奇偶校验中介绍了 CRC 字节计算的详细信息

图 3-2 和图 3-3 展示了 MCF8315D I2C 协议的 I2C 读取或写入序列。为了与 MCF8315D 正确通信，MCU 需要支持 I2C 时钟延展。有关更多信息，请参阅 [MSPM0C110x、MSPS003 混合信号微控制器](#) 数据表和 [MCF8315D 无传感器磁场定向控制 \(FOC\) 集成式 FET BLDC 驱动器](#) 数据表。

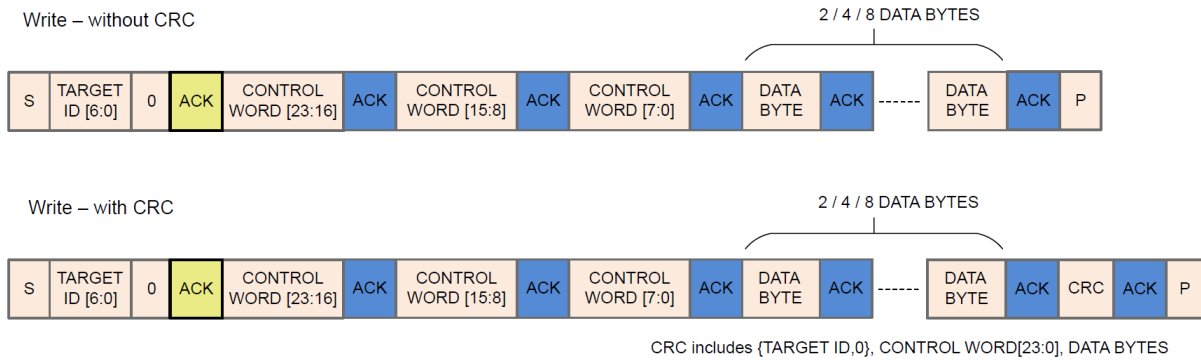


图 3-2. MCF8315D I2C 写入事务序列

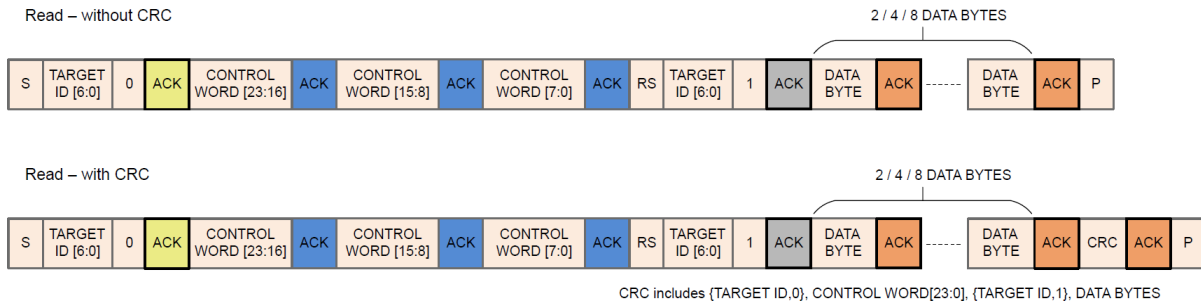


图 3-3. MCF8315D I2C 读取事务序列

3.3.2 CRC 验证和奇偶校验

8 位 CCIT 多项式 ($x^8 + x^2 + x + 1$) 和 CRC 初始值 0xFF 用于 CRC 计算。

写入操作中的 CRC 计算：当外部 MCU 写入 MCF8315D 并且启用 CRC 时，MCF8315D 会检查 MCU CRC 字节是否与 CCIT 多项式一致。如果不匹配，则写入请求将被丢弃。外部 MCU 在执行写入操作时用于 CRC 计算的输入数据如下：

- 目标 ID + 写入位
- 控制字 - 3 字节
- 数据字节 - 2/4/8 字节

读取操作中的 CRC 计算：当外部 MCU 从 MCF8315D 进行读取时，如果启用了 CRC，则 MCF8315D 会在数据末尾发送 CRC 字节。外部 MCU 用于验证 MCF8315D 发送数据时进行 CRC 计算的输入数据如下：

- 目标 ID + 写入位
- 控制字 - 3 字节
- 目标 ID + 读取位
- 数据字节 - 2/4/8 字节

读取/写入操作中的奇偶校验计算：一旦对 EEPROM 进行编程并忽略向 EEPROM 奇偶校验位写入数据，MCF8315D 就会按照以下规则在内部计算奇偶校验。

- 如果位之和为偶数，则奇偶校验为 0。
- 如果位之和为奇数，则对奇偶校验加 1，使其成为偶数。

3.3.3 MCF EEPROM 或 RAM 程序

MCF8315D 集成了 EEPROM，可对默认配置进行编程，从而支持系统快速上电。相应的 RAM 地址为 0x000080-0x0000AE。快速上电在便携式风扇等电池电源应用中非常实用。这还可以支持 MCF8315D 在器件配置完成后独立运行。受 EEPROM 的写入周期限制，TI 建议仅在首次上电时对 EEPROM 进行编程。对 EEPROM 进行编程后，MCU 需要在系统再次上电时检查 EEPROM 数据是否正确。

如果需要在 MCF8315D 运行期间更改配置，则更改 RAM 中的数据 (0x000080-0x0000AE) 以实时做出更改，而不更改 EEPROM 数据。

EEPROM 写入程序：

- 将所有默认配置数据写入影子或 RAM 寄存器 (0x000080-0x0000AE)
- 将 0x8A500000 写入寄存器 0x0000EA，以将影子或 RAM 寄存器 (0x000080-0x0000AE) 值写入 EEPROM
- 等待 750ms 以便 EEPROM 写入操作完成。
- 750ms 后，读取 0x0000EA 寄存器，以确保其已复位为 0x0

EEPROM 写入程序：

- 将 0x40000000 写入寄存器 0x0000EA，以将 EEPROM 数据复制到影子/RAM 寄存器 (0x000080-0x0000AE)
- 等待 100ms 以便 EEPROM 读取操作完成
- 读取影子/RAM 寄存器值

备注

仅在电机未旋转时，MCF8315D 才允许进行 EEPROM 写入和读取操作。可以使用 I2C 串行接口对 EEPROM 进行写入和读取，但无法使用 I2C 串行接口执行擦除操作。

4 系统测试

本节介绍了如何使用 LP-MSPM0C1104 和 MCF8316AEVM 设置测试环境。由于这些器件具备引脚兼容性，可将该器件更改为搭配 MCF8316AEVM 的 MCF8315D。MSPM0 调试窗口中会显示 VM 反馈和速度反馈测试结果。

4.1 测试设置

本节详细介绍了设置测试环境的步骤。图 4-1 展示了系统连接方框图的实际测试环境照片。

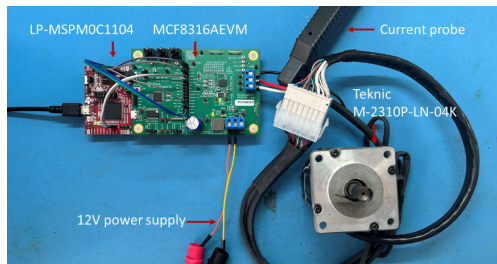
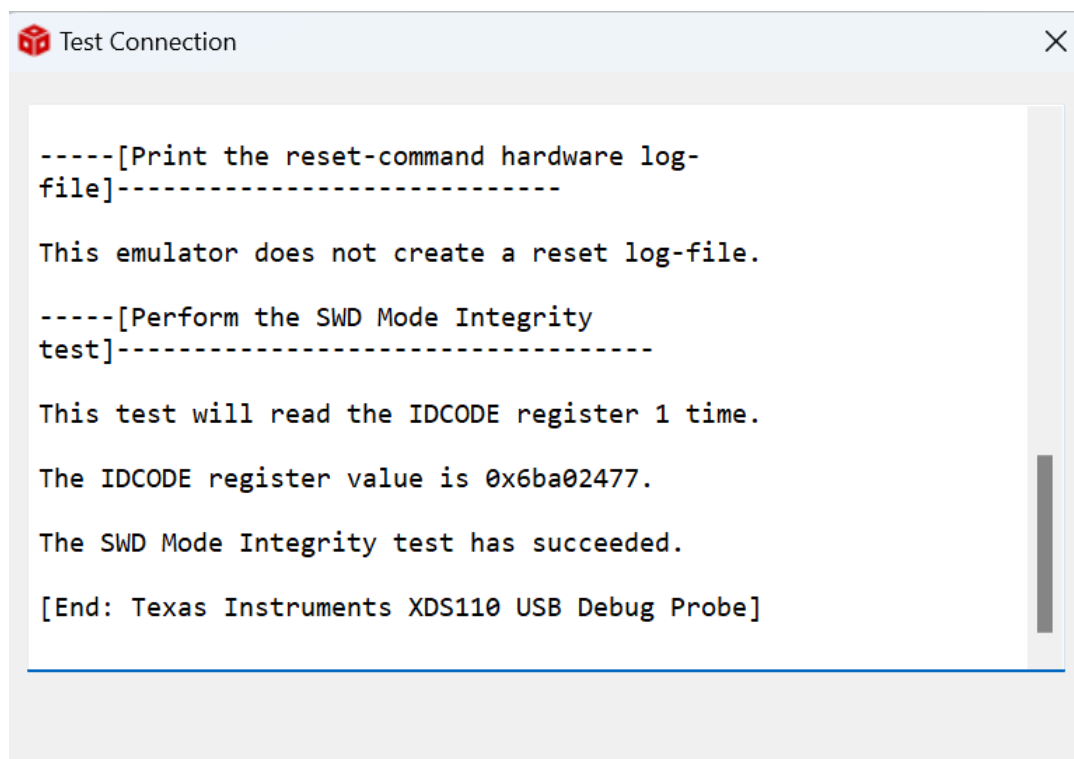


图 4-1. 测试环境设置

根据图 2-1，将 LP-MSPM0C1104 连接至 MCF8316AEVM 电源和电机。使用 12V 直流电源为 MCF8316AEVM 上电，然后绿色 LED D1 和 D4 会亮起。如果 nFault LED 亮起，请对 EVM 执行下电上电。

使用 USB 电缆将 LP-MSPM0C1104 连接到 PC 以进行调试，并测试与 MC 的仿真器连接。如果连接正确，则可以查看下面提供的信息。



将演示代码导入 CCS。点击 **Debug** 并运行程序。

图 4-2. MSPM0C1104 仿真器测试连接

4.2 系统值监控

向“Expressions”窗口添加 VOLT_feedback (V) 和 SPEED_feedback (Hz) 以监控数据。通过设置 SetMotorspeed 值改变电机转速，并且可在此示波器中监控电机电流波形。

Expression	Type	Value	Address
VOLT_feedback	unsigned long	12	0x20000048
SPEED_feedback	unsigned long	997	0x20000044

图 4-3. MCU 变量监控窗口

5 总结

本应用手册介绍了采用 MCF8315D 和 MSPM0C1104 且易于使用的 LV BLDC 系统。该文档可帮助设计人员加快 LV BLDC 系统的评估和开发。为了构建特定 LV BLDC 系统，用户还可以使用系统配置工具 (SYSCONFIG) 轻松地将此代码移植到其他 MSPM0 器件。演示代码可从 E2E 访问。有关硬件设计，请参阅 [如何优化风扇应用中的 MCF8315 硬件设计应用手册](#)。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[MCF8315D 无传感器磁场定向控制 \(FOC\) 集成式 FET BLDC 驱动器](#)，数据表
- 德州仪器，[MCF8315PWPEVM 评估模块](#)，用户指南
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0C110x、MSPS003 混合信号微控制器](#)数据表
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0 C 系列微控制器](#)，技术参考手册
- 德州仪器 (TI)，[如何优化风扇应用中的 MCF8315 硬件设计](#)，应用手册
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0C1104：\[无问题\] 使用 MSPM0C 进行 MCF8315 配置](#)

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