

EVM User's Guide: MCF8316DEVM

MCF8316D 评估模块



说明

MCF8316DEVM 使用户能够评估 MCF8316D 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 I2C 格式的数据，然后发送到 MCF8316。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 MCF8316 IC 的许多特性并实现可配置的器件特定设置。

开始使用

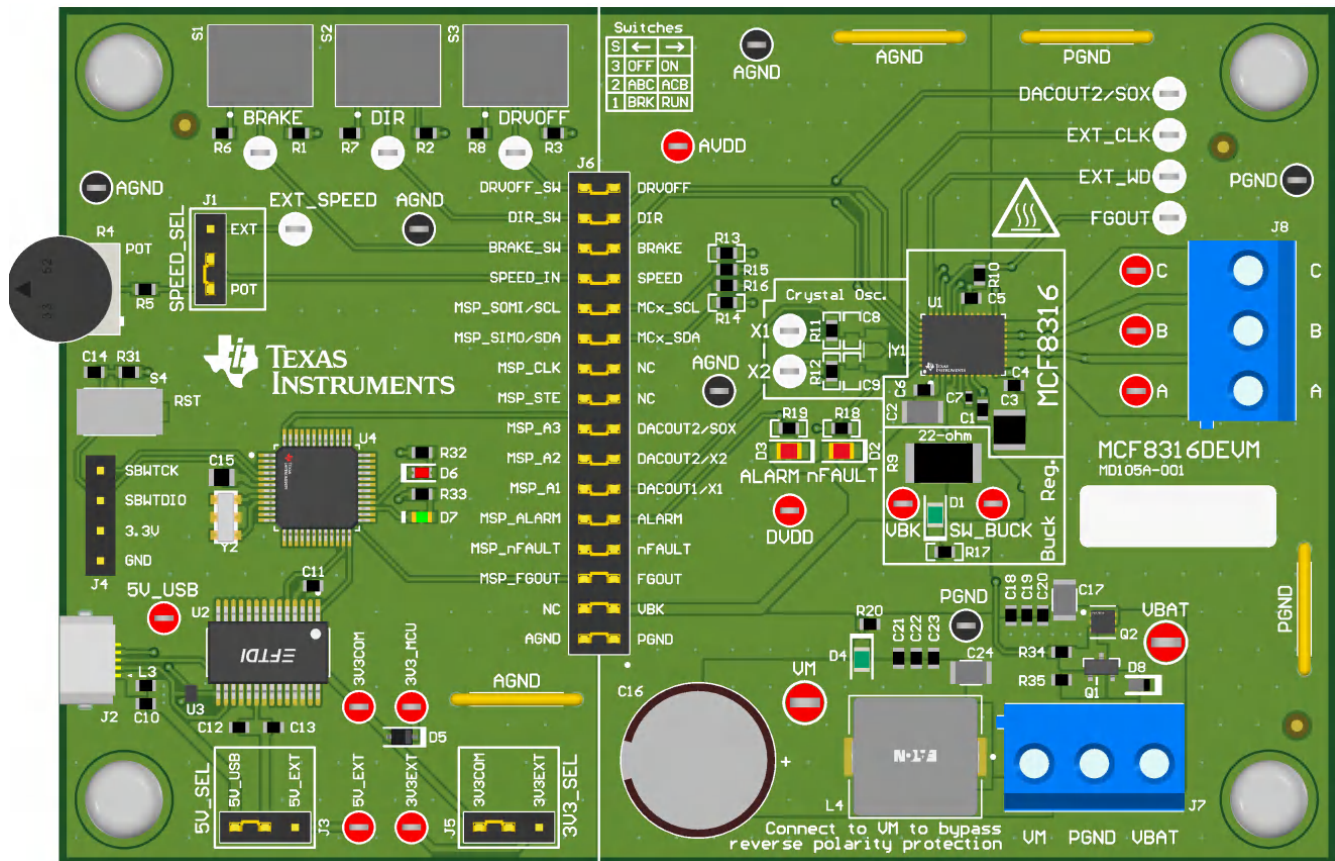
1. 从 TI.com 上的 [MCF8316DEVM 工具页面](#) 下载最新设计文件
2. 从 TI.com 上的 [Motor Studio 工具页面](#) 下载最新版本的 Motor Studio GUI 和固件。

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 MCF8316 IC，或使用 EVM MCU 控制外部 MCF8316 IC，则可以拆下分流器

应用

- 无刷直流 (BLDC) 电机模块
- 洗衣机和洗碗机泵
- 空气净化器和加湿器风扇
- 住宅和起居风扇
- CPAP 呼吸机



MCF8316DEVM (顶视图)

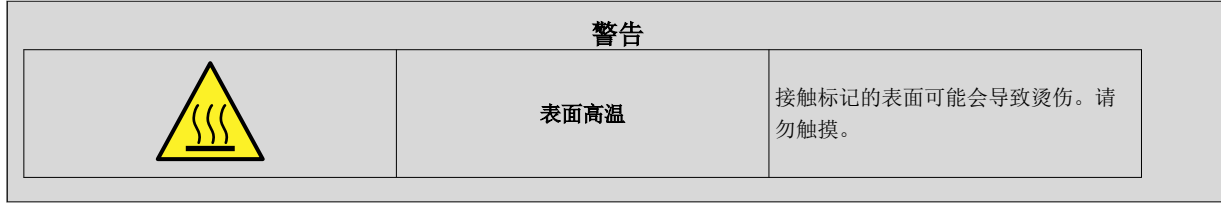
内容

说明.....	1
开始使用.....	1
特性.....	1
应用.....	1
1 评估模块概述.....	3
1.1 引言.....	3
1.2 套件内容.....	3
1.3 器件信息.....	3
1.4 规格.....	4
2 硬件.....	5
2.1 快速入门指南.....	5
2.2 硬件设置.....	5
3 硬件连接概述.....	7
4 连接详细信息.....	8
5 MSP430FR2355 微控制器和用户界面.....	10
6 LED 指示灯.....	11
7 用户可配置设置.....	12
8 软件.....	13
8.1 固件和 GUI 应用.....	13
8.2 下载并运行 Motor Studio.....	13
8.3 下载 Code Composer Studio 并导入 GUI 固件.....	14
8.4 使用 eZ-FET 对板载 MSP430FR2355 进行编程.....	14
9 硬件设计文件.....	16
9.1 原理图.....	16
9.2 PCB 布局.....	21
9.3 物料清单 (BOM).....	27
10 其他信息.....	33
11 修订历史记录.....	33

1 评估模块概述

1.1 引言

本用户指南详细介绍了如何设置、配置和操作 Motor Studio GUI 和 MCF8316DEVM。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等所有术语均指 MCF8316DEVM。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

条目	数量
MCF8316DEVM	1
USB-A 转 USB-B Micro 电缆	1

1.3 器件信息

MCF8316D 是一款 4.5V 至 35V、8A 峰值集成式三相栅极驱动器 IC，具有无代码无传感器磁场定向控制 (FOC)，适用于电机驱动应用。它提供了三个高精修整和温度补偿的半桥 MOSFET、栅极驱动器、电荷泵、电流检测放大器、用于外部负载的线性稳压器和可调降压稳压器。

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。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。MCF8316 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
MCF8316D1VRGFR	D

1.4 规格

MCF8316DEVM 的额定工作电压为 40V (绝对最大值)，峰值电流高达 8A。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。

MCF8316DEVM 可支持 MCF8316 的多个型号。要检查 EVM 上组装了哪款 MCF8316 芯片，请查看默认组装的芯片的器件型号贴纸标签。

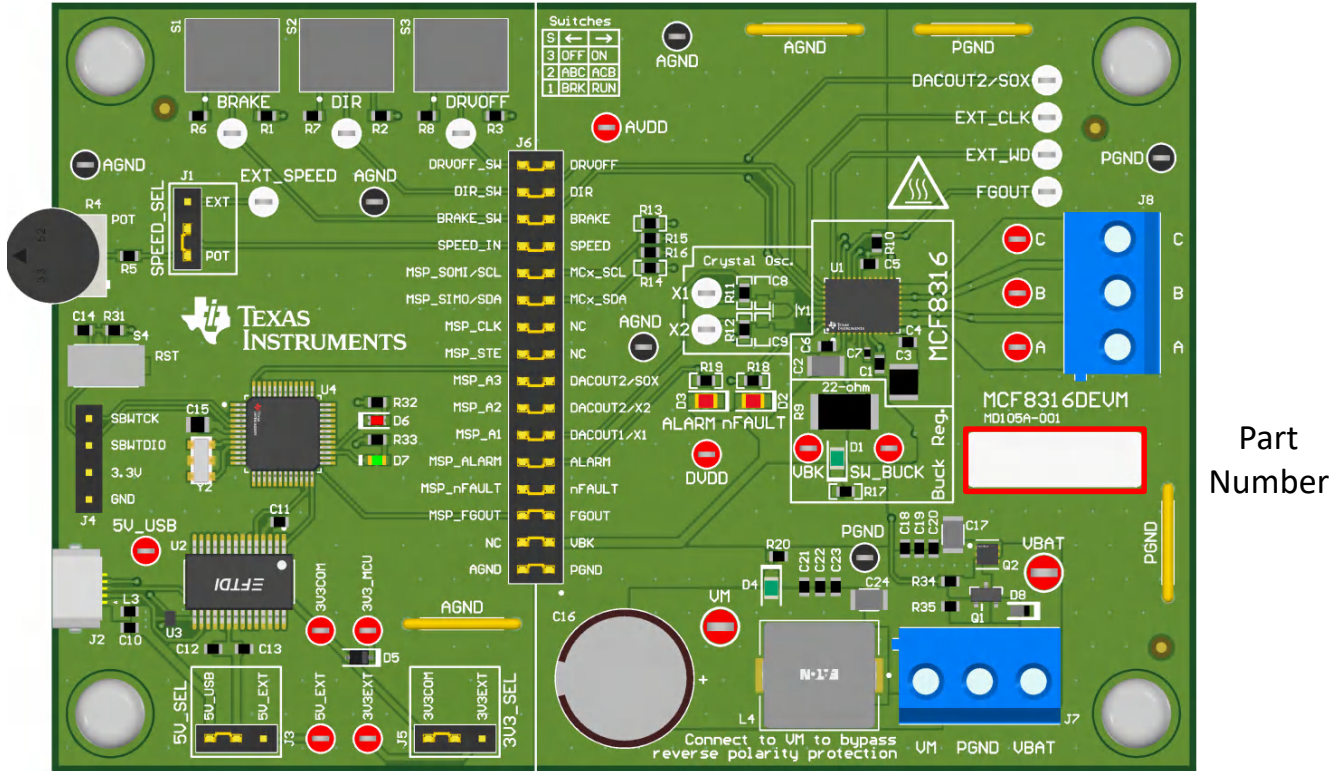


图 1-1. MCF8316DEVM 器件型号

2 硬件

2.1 快速入门指南

MCF8316DEVM 需要一个建议工作电压范围为 4.5V 至 35V 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 J8 上的 A、B 和 C。
2. 请勿打开电源。将电机电源连接到连接器 J7 上的 VBAT/VM 和 PGND。
 - a. 连接至 VBAT，以启用反极性保护和 π 型滤波器。请注意，当连接到 VBAT 时，由于反极性保护电路中的二极管压降，VM 将减少 0.7V。
 - b. 若要禁用反极性保护和 π 型滤波器，请连接到 VM。
3. 选择 J3 为 5V_USB 和 J5 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. 向右拨动开关 S1 以配置 BRAKE = RUN，向左拨动 S2 以配置 DIR = ABC，向右拨动 S3 以配置 DRVOFF = ON
7. 打开电机电源。
8. 使用电位器 R4 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 Motor Studio GUI 来监控电机的实时速度，将 MCF8316D 置于低功耗睡眠模式，并读取 LED 的状态，如节 8 所示。

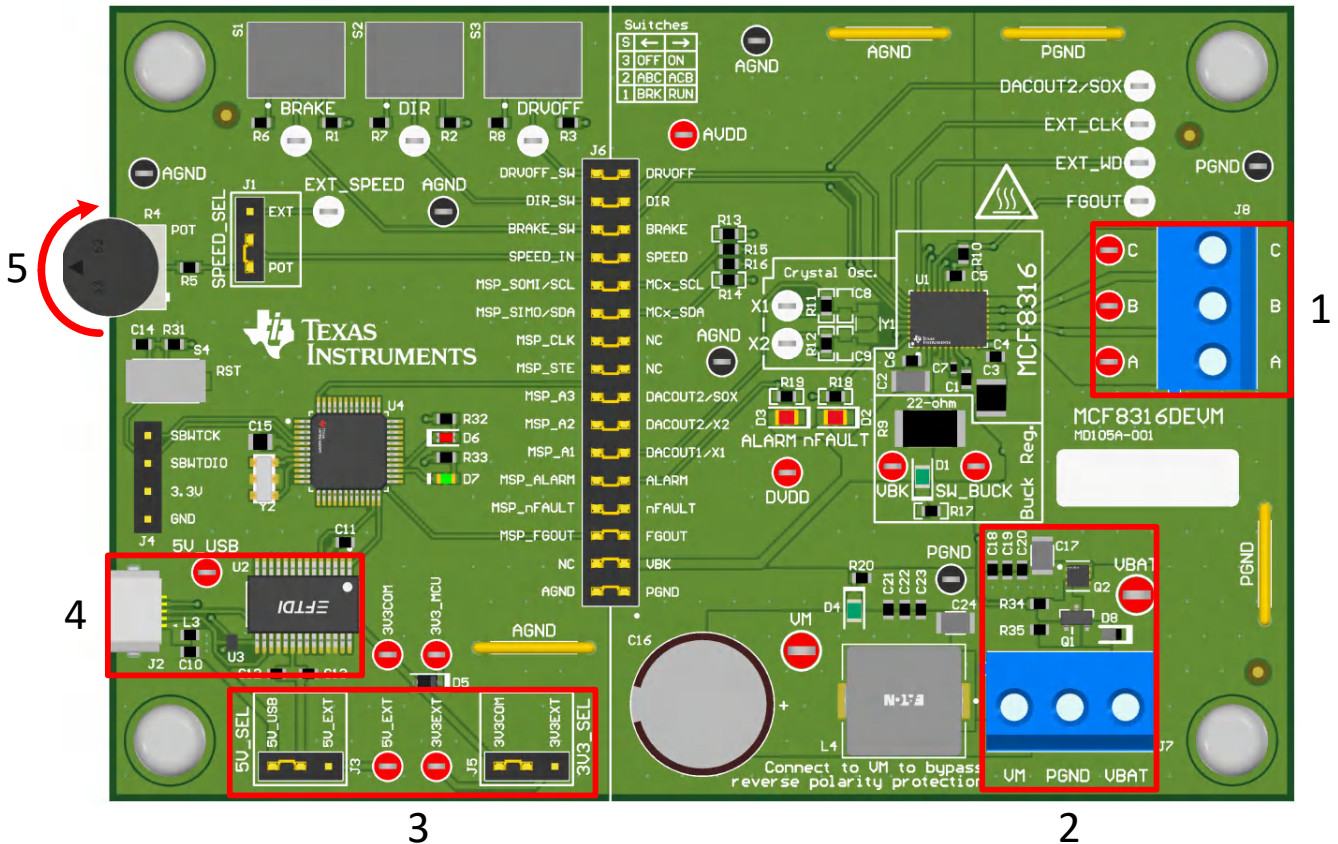


图 2-1. 快速入门指南参考

2.2 硬件设置

运行电机所需的硬件是 MCF8316DEVM、Micro-USB 电缆和直流输出为 4.5V 至 35V 的电源。按照以下步骤启动 MCF8316DEVM：

1. 将直流电源连接到接头 J7。连接到 VBAT 和 PGND，以便对 EVM 应用反极性保护和 π 型滤波器。否则，连接到 VM 和 PGND 以绕过反极性保护和 π 型滤波器。
2. 应用用户可配置的跳线设置。有关更多信息，请参阅节 7。
3. 程序闪存到 MCU 中，如节 5 中所述。在 GUI 编译器中启动 GUI 并断开 4 引脚 JTAG 连接。
4. 将 Micro-USB 电缆连接到 MCF8316DEVM 和计算机。
5. 打开电源并为 PCB 上电。

如果将 MCF8316DEVM 与外部微控制器一起使用，请从跳线桥 J6 上移除所有分流跳线。将外部跳线从外部 MCU 连接到跳桥的左侧。

3 硬件连接概述

图 3-1 展示了 MCF8316D 评估模块的主要组成块。MCF8316DEVM 设计为可在 4.5V 至 35V 的输入电源电压下运行。MCF8316D 包括三个集成半桥，并实现了无传感器 FOC 算法，以高达 8A 的峰值电流旋转电机。它还集成了一个可调节降压稳压器。MCF8316DEVM 具有板载 FTDI 芯片和 MSP430FR2355，用于与 GUI 连接。

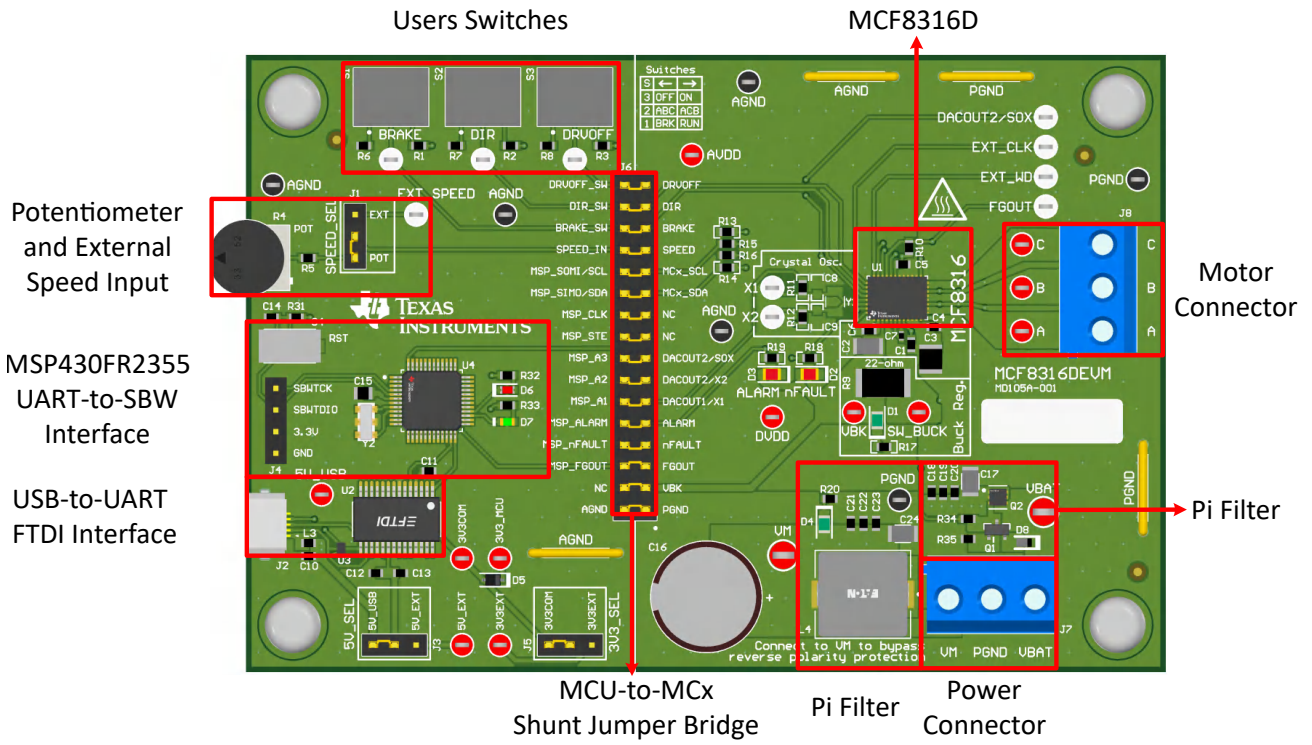


图 3-1. MCF8316DEVM 主要硬件模块

4 连接详细信息

图 4-1 显示了与 MCF8316DEVM 的连接，用于旋转三相无传感器无刷直流电机。

4.5V 至 35V 电源或电池连接到连接器 J7 上的 VBAT 或 VM 和 PGND 端子。在 VBAT 和 PGND 端子上实现了反极性保护和 π 型滤波器。若要绕过反极性保护和 π 型滤波器，请将电源连接到电路板上的 VM 端子或 VM 测试点和 PGND。

BLDC 电机的三相直接连接到螺钉端子连接器 J8 的 A、B 和 C 端子。

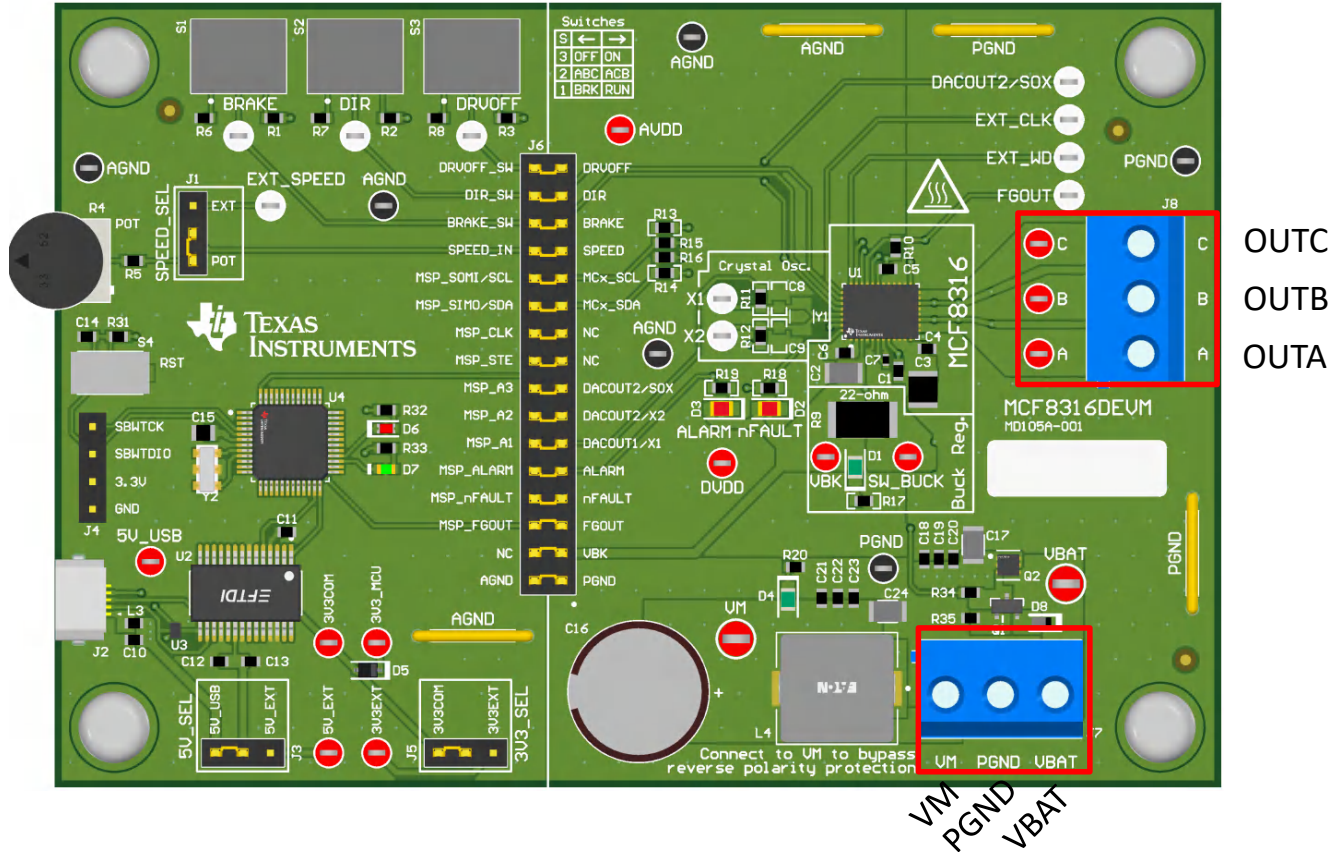


图 4-1. 从电机到 MCF8316DEVM 的连接

图 4-2 展示了 MCF8316DEVM 为实现评估模块和 GUI 之间的通信而插入 Micro-USB 电缆的位置。USB 数据和 USB 的 5V 电源转换为 UART 数据和 3.3V 电源，以为 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。如果用户希望为这些电源轨提供更多电流，可以使用 5V_SEL 跳线 J3 和 3V3_SEL 跳线 J5 连接外部电源轨。

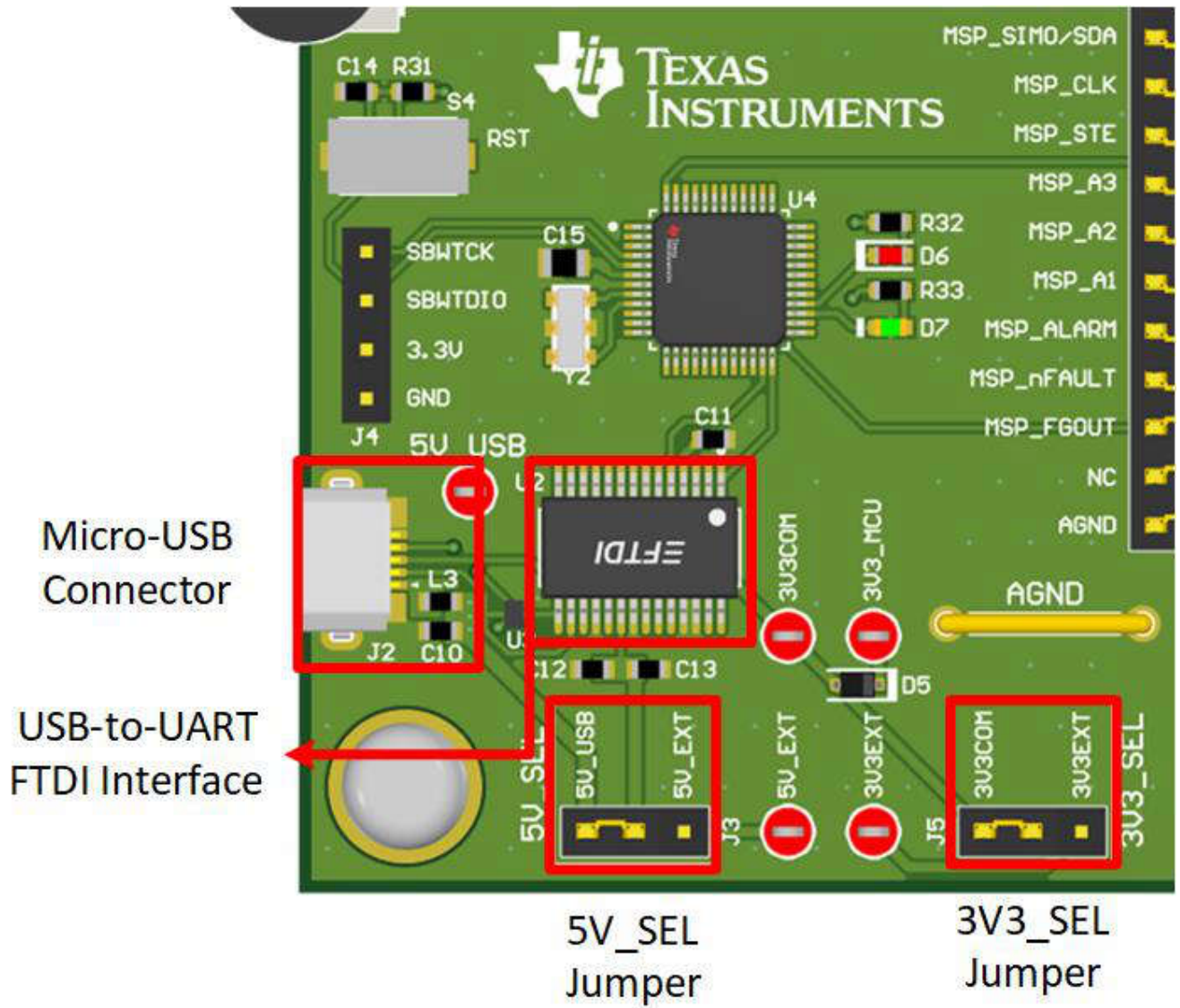


图 4-2. MCF8316DEVM 的 Micro-USB 连接器和 UART

5 MSP430FR2355 微控制器和用户界面

MCF8316DEVM 包括 MSP430FR2355 低功耗 MCU (如图 5-1 所示), 以便通过 I2C 与 MCF8316 通信。MSP430FR2355 默认安装了必要的固件, 以便在图形用户界面和 MCF8316 之间实现通信。

要对 MSP430FR2355 进行编程, 必须将外部 MSP430 FET 编程器 (如 eZ-FET 调试探针) 连接到 Spy-Bi-Wire (SBW) 接口连接器 J4。许多 MSP430 LaunchPad™ 提供板载 eZ-FET 调试探针, 可通过跳线连接到 MCF8316DEVM, 从而将固件刷写到 MSP430FR2355 微控制器中。

可以随时使用复位 (RST) 按钮复位并重启 MCU 程序。两个低电平有效 LED (D6 和 D7) 也可用于调试目的。

最后, 32 引脚连接器 J6 上的分流跳线桥连接微控制器和 MCF8316D 之间的所有信号。可以根据需要插入或拆下这些跳线, 以便将微控制器与栅极驱动器相隔离。这可用于微控制器信号调试或将 MCF8316DEVM 作为带有外部微控制器的独立栅极驱动器使用。

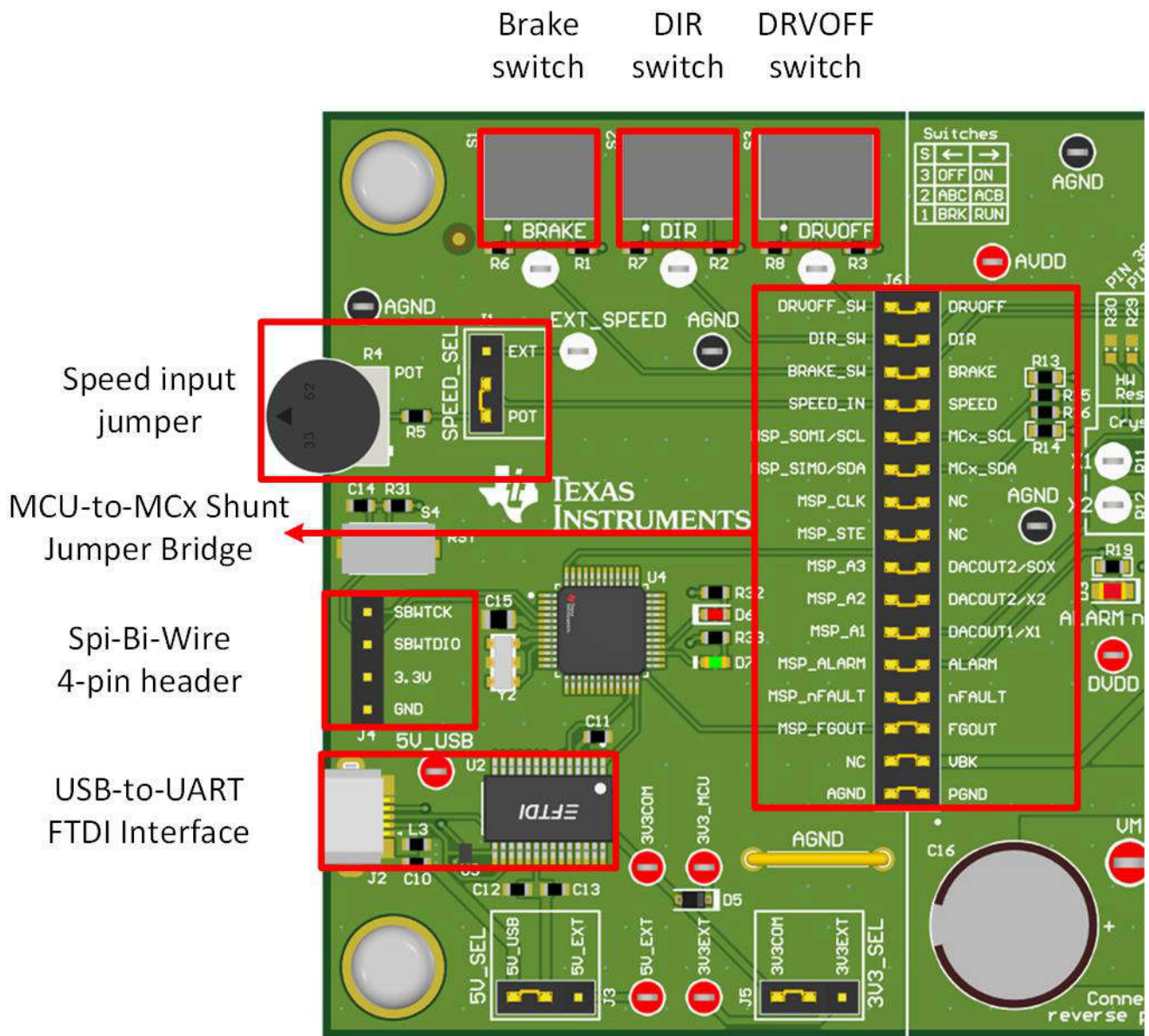


图 5-1. MCF8316DEVM 上的 MSP430FR2355 MCU

6 LED 指示灯

MCF8316DEVM 具有 6 个状态 LED，可提供电源的状态和评估模块的各项功能。默认情况下，电路板上电时 VM LED 和 3.3V AVDD LED 会亮起。表 6-1 显示 LED 的说明，包括加电过程中点亮的说明加粗显示，图 6-1 显示 LED 的位置。

表 6-1. MCF8316DEVM LED 说明

位号	名称	颜色	说明
D1	降压稳压器	绿色	内部降压稳压器是电压输出
D2	nFAULT	红色	当 MCF8316D 发生故障时亮起
D3	ALARM	红色	当 MCF8316D 满足报警条件时亮起
D4	VM	绿色	电机电源供应给电路板
D5	MSP_LED1	红色	用于 UART 或调试
D6	MSP_LED2	红色	用于 UART 或调试

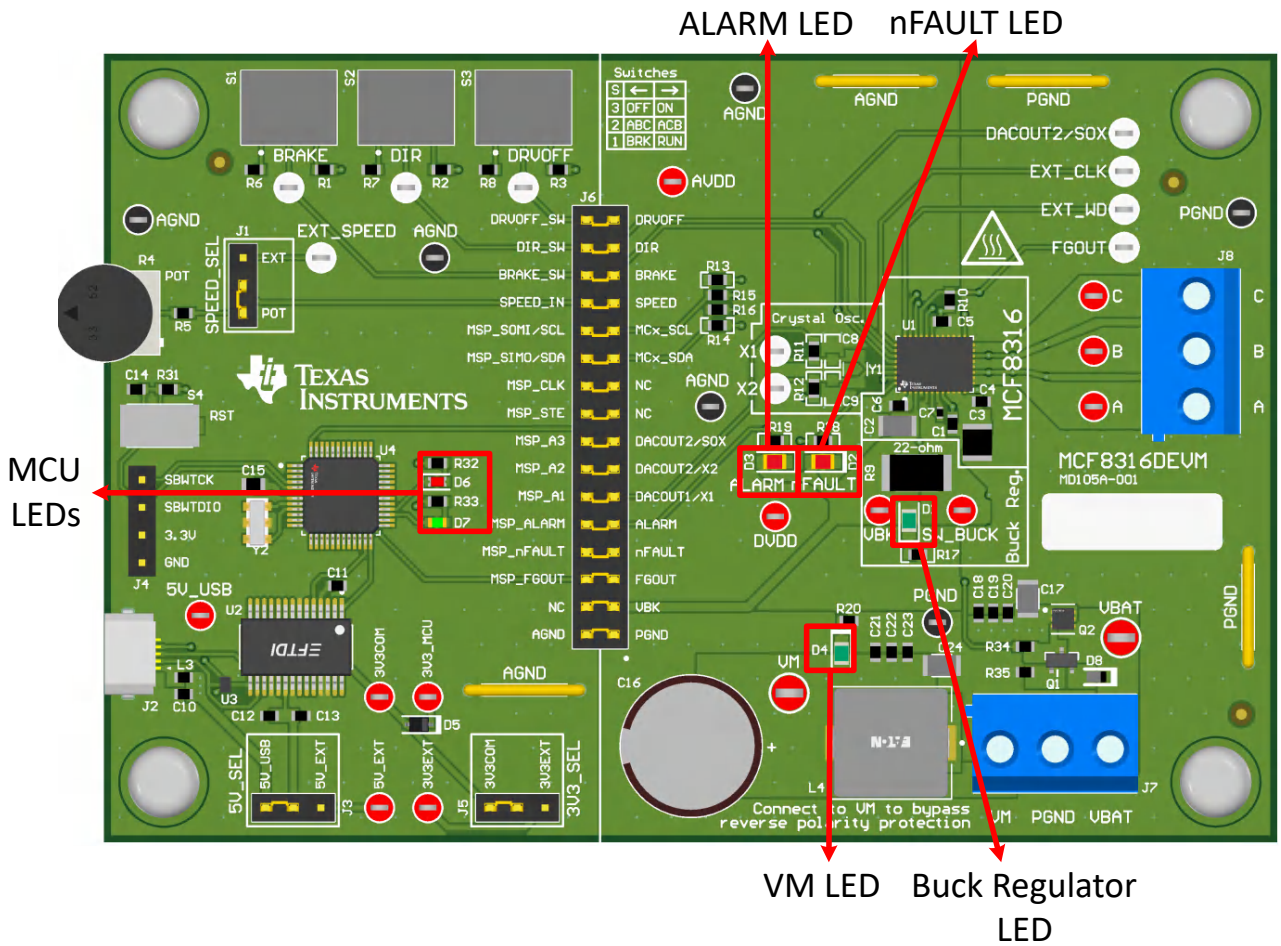


图 6-1. MCF8316DEVM LED 位置

7 用户可配置设置

MCF8316DEVM 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 7-1 总结了所有这些可配置的设置。

表 7-1. MCF8316DEVM 上用户可选设置的说明

位号	设置名称	说明	层	位置	功能
L1/L2/R9	降压稳压器模式	用户组装 L1、L2 或 R9 以选择降压稳压器的开关元件	顶层	L1 = 47 μ H 电感器	电感器模式
			底层	L2 = 22 μ H	电感器模式
			底层	R1 = 22 Ω	电阻器模式
J5	3V3_SEL	为 MCU 电源选择 3.3V	顶层	J5 = 3V3EXT	外部
				J5 = 3V3COM	来自 FTDI (30 mA)
J3	5V_SEL	为 FTDI 电源选择 5V	顶层	J3 = 5V_EXT	外部
				J3 = 5V_USB	来自 USB 电源 (500mA)
J1	SPEED_SEL	选择 SPEED 输入源	顶层	J1 = EXT	外部 EXT_SPEED 测试点
				J1 = POT	来自电位计 R4
				J1 被移除	悬空
J6	MSP 到 MCx 分流跳桥	插入跳线时，将来自 MCU 和用户开关的信号连接到 MCx8316A	顶层	DRVOFF_SW	DRVOFF
				DIR_SW	DIR
				BRAKE_SW	BRAKE
				SPEED_IN	SPEED
				MSP_SOMI/SCL	MCx_SCL
				MSP_SIMO/SDA	MCx_SDA
				MSP_CLK	NC
				MSP_STE	NC
				MSP_A3	DACOUT2/SOX
				MSP_A2	MCX_DACOUT2/X2
				MSP_A1	MCX_DACOUT1/X1
				MSP_ALARM	ALARM
				MSP_nFAULT	nFAULT
				MSP_FGOUT	FGOUT
NC	VBK				
AGND	AGND				
S1	BRAKE	打开所有低侧 MOSFET	顶层	左侧	启用制动
				右侧	禁用制动
S2	DIR	控制电机方向	顶层	左侧	ABC
				右侧	ACB
S3	DRVOFF	禁用栅极驱动器	顶层	左侧	启用 MCF8316D
				右侧	禁用 MCF8316D

8 软件

8.1 固件和 GUI 应用

MCF8316DEVM 包括 FTDI 芯片和 MSP430FR2355 微控制器，它们作为主机 PC 和 MCF8316 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，MC8316DEVM 可以连接到 Motor Studio GUI 以配置 MCF8316。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 MCF8316 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 8.4 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 8.4 中的示例使用 MSP-EXP430FR2355 LaunchPad 开发套件来提供 eZ-FET 调试探针。

8.2 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 MCF8316DEVM 后，点击 *Quick Spin* 以开始配置器件。

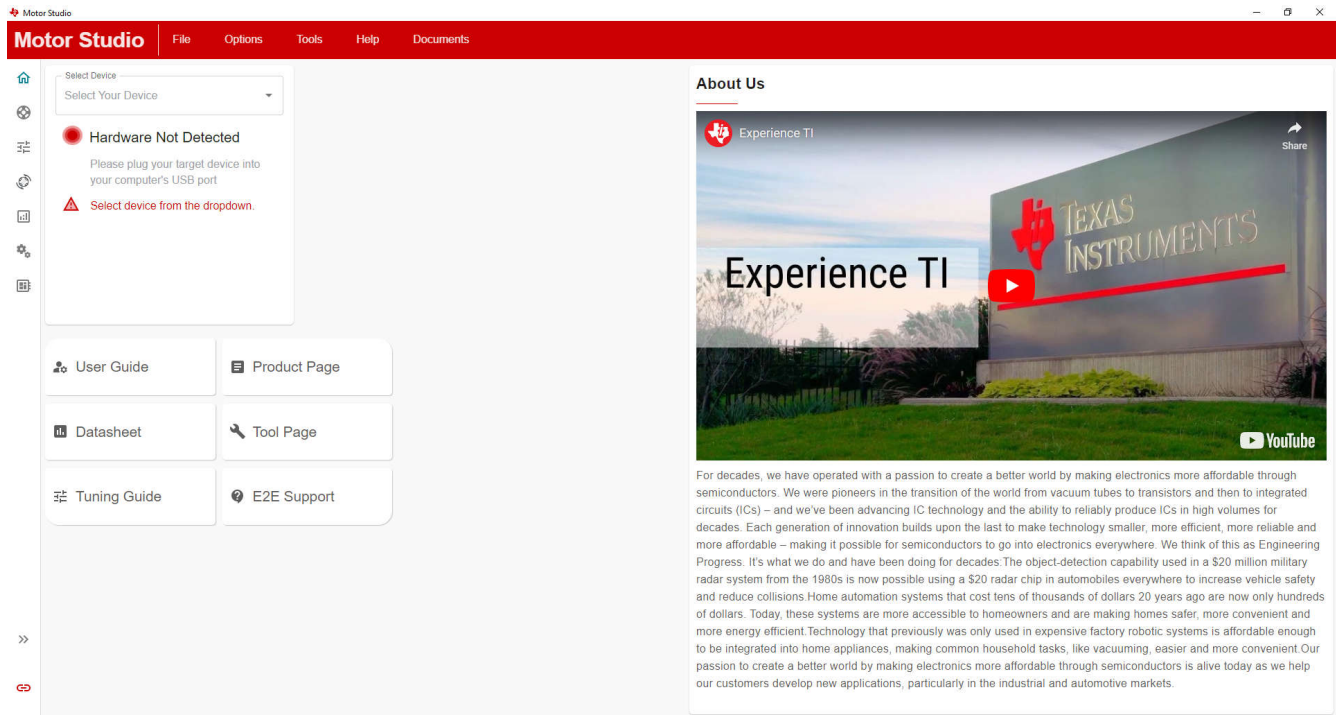


图 8-1. Motor Studio GUI 主页

8.3 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 8-2 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 * 1. Redistributions of source code must retain the above copyright
10 * notice, this list of conditions and the following disclaimer.
11 *
12 * 2. 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
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

图 8-2. Code Composer Studio 中的 MSP430FR2355 接口固件代码

8.4 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 MCF8316DEVM 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 GND、3V3、SBWTCK 和 SBWTDIO 信号 LaunchPad eZ-FET 侧的顶部引脚连接到 MCF8316DEVM 的 J4 上的各自引脚，如表 8-1 和图 8-3 所示。
3. 将 Micro-USB 电缆连接到 MSP430 LaunchPad 和 PC。
4. 点击“Build Project”图标或 CTRL+ B，确保成功构建工程。如有需要，从“Console”（控制台）上接受任何更新。
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-by-Wire 跳线，并从 MSP430 LaunchPad 上拔下 Micro-USB 电缆。

表 8-1. 对 MSP430FR2355 进行编程所需的 Spy-Bi-Wire 接口

MSP430 LaunchPad™ (eZ-FET 调试探针侧) (J101)	MCF8316DEVM 4 引脚 Spi-Bi-Wire 接头 (J4)
GND	GND

表 8-1. 对 MSP430FR2355 进行编程所需的 Spy-Bi-Wire 接口 (续)

MSP430 LaunchPad™ (eZ-FET 调试探针侧) (J101)	MCF8316DEVM 4 引脚 Spi-Bi-Wire 接头 (J4)
3V3	3.3V
SBWTDIO	SBWTDIO
SBWTCK	SBWTCK

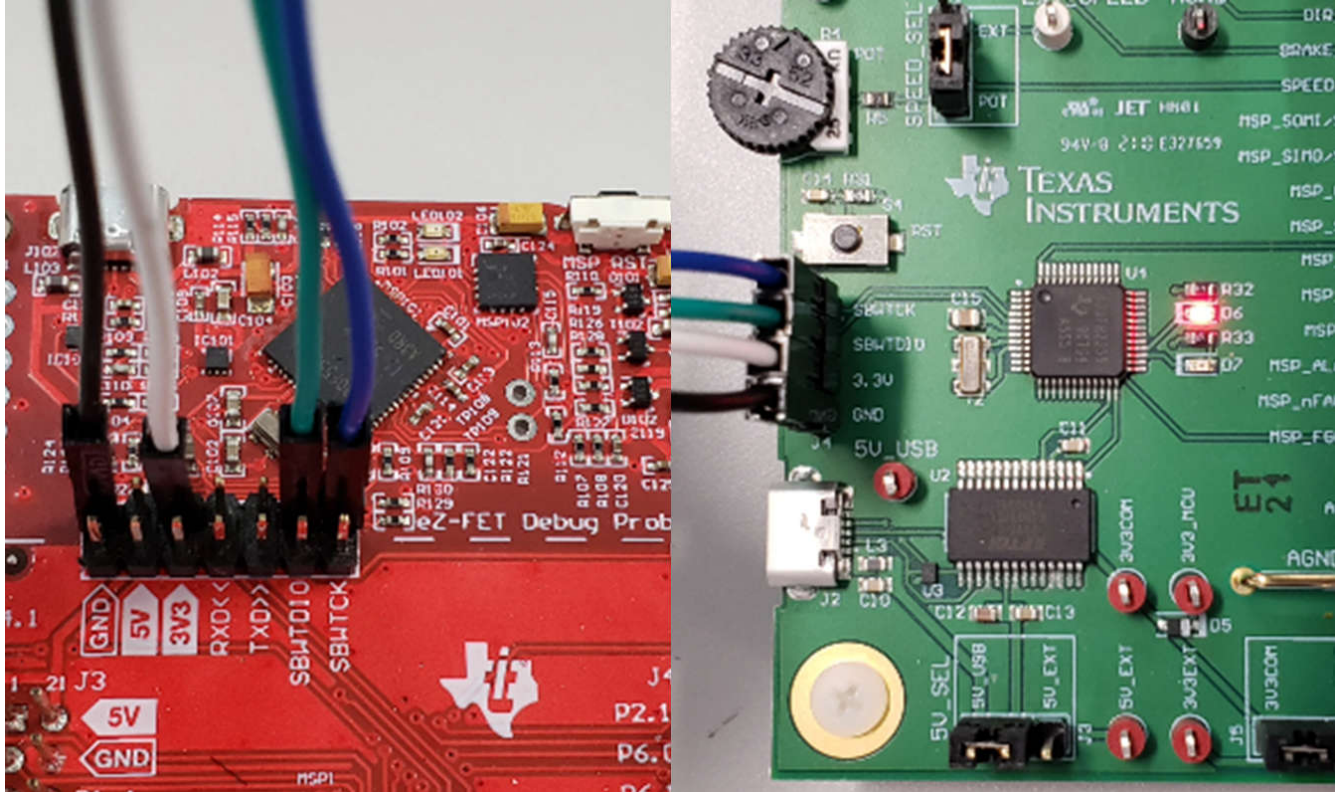


图 8-3. MSP430 LaunchPad eZ-FET 调试探针连接到 MSP430FR2355

9 硬件设计文件

9.1 原理图

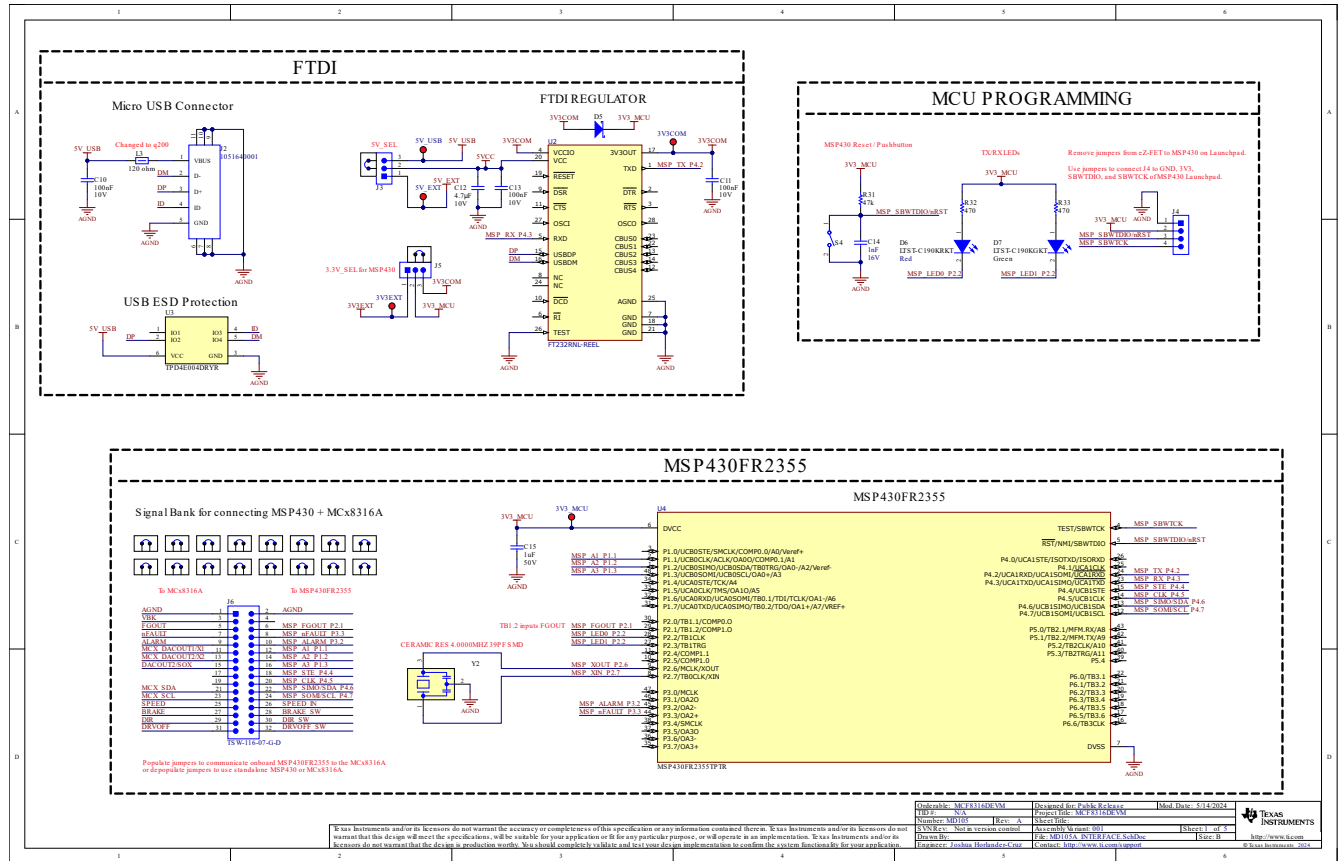


图 9-1. 接口

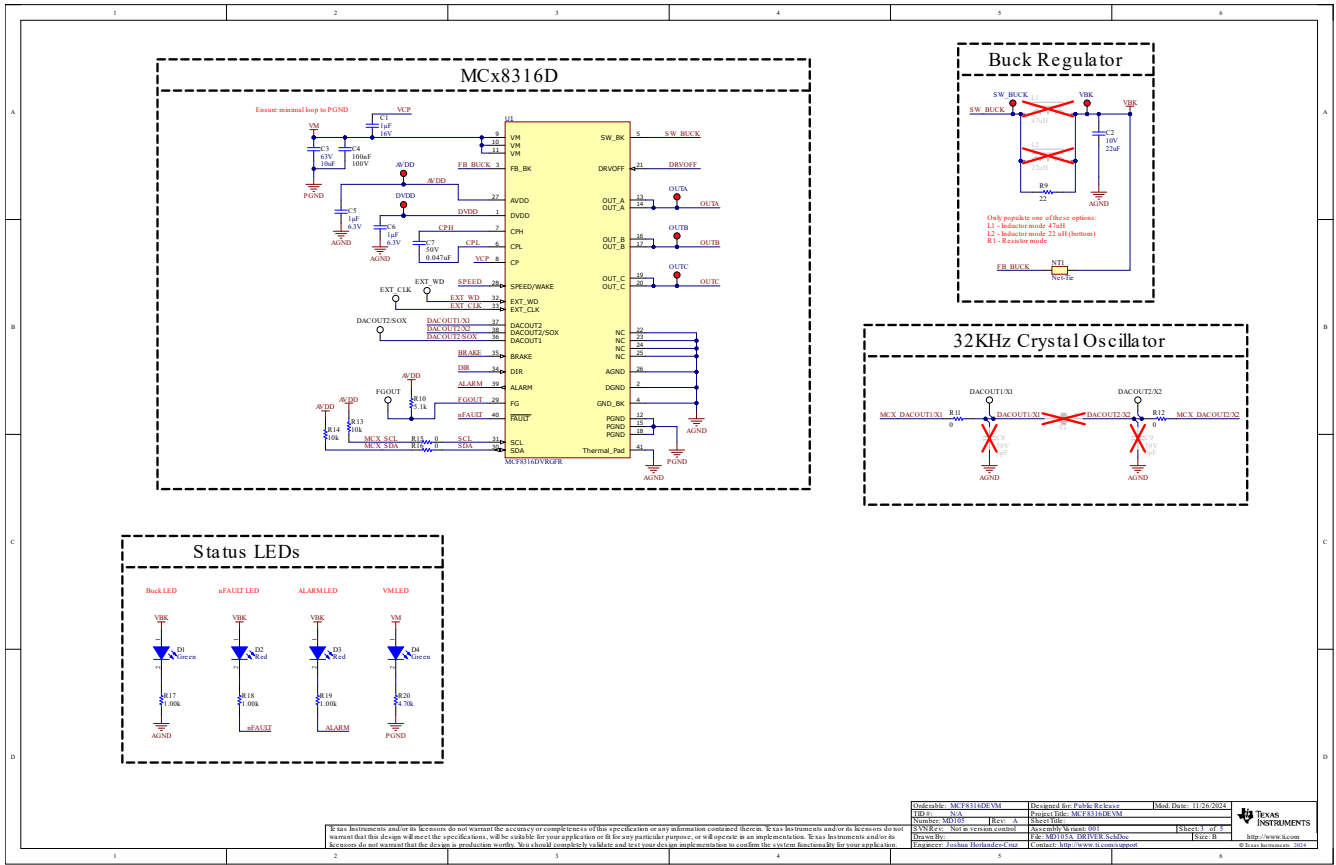


图 9-2. 驱动器

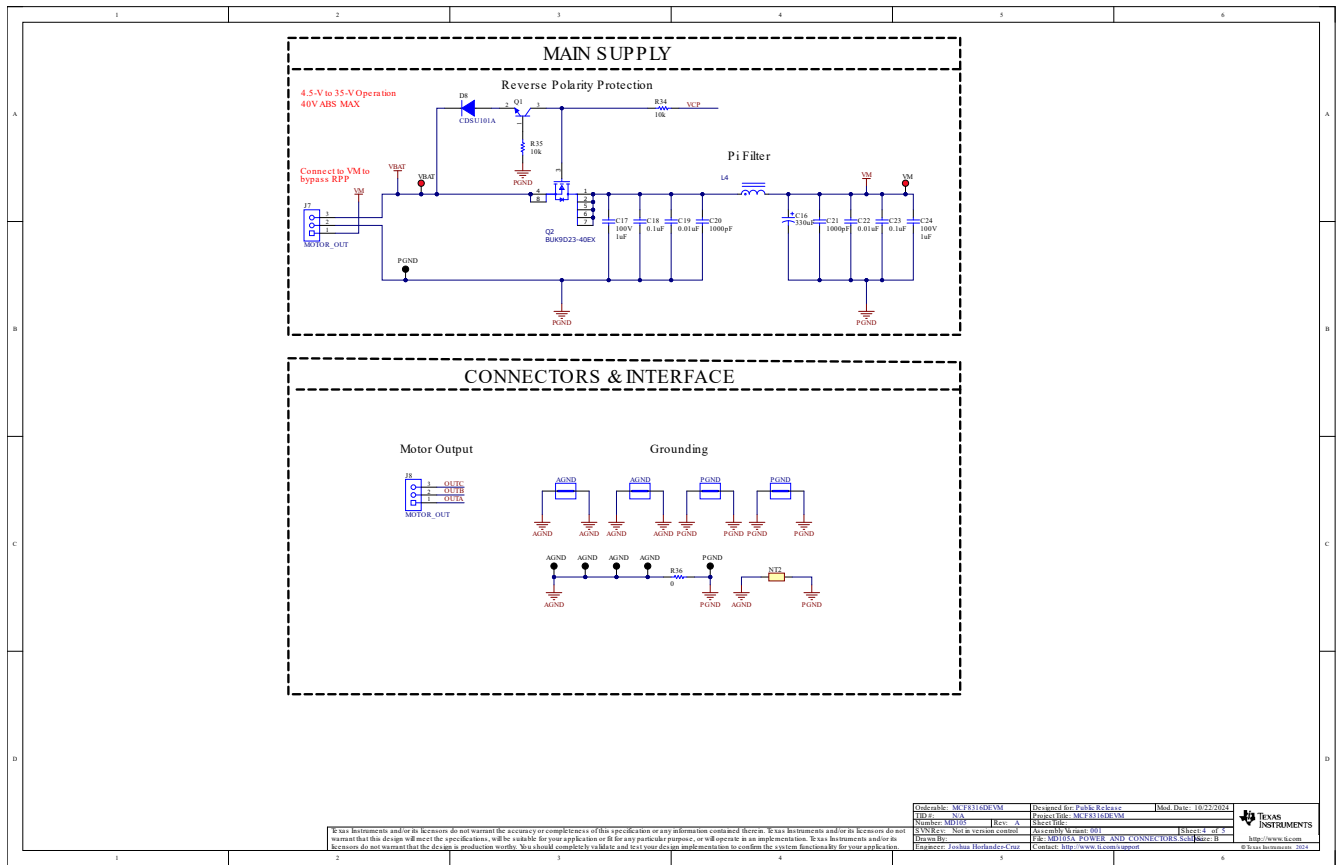


图 9-3. 电源和连接器

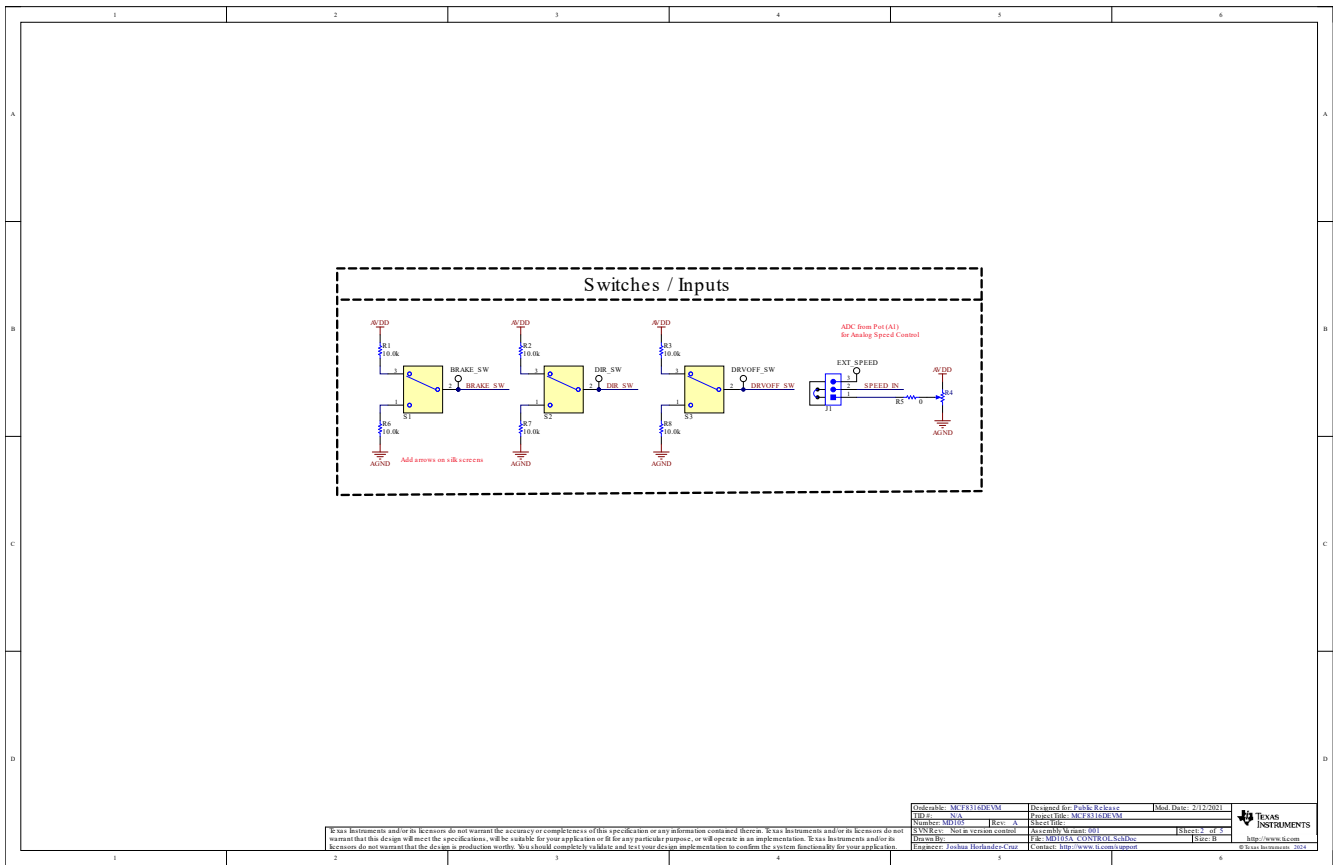


图 9-4. 控制

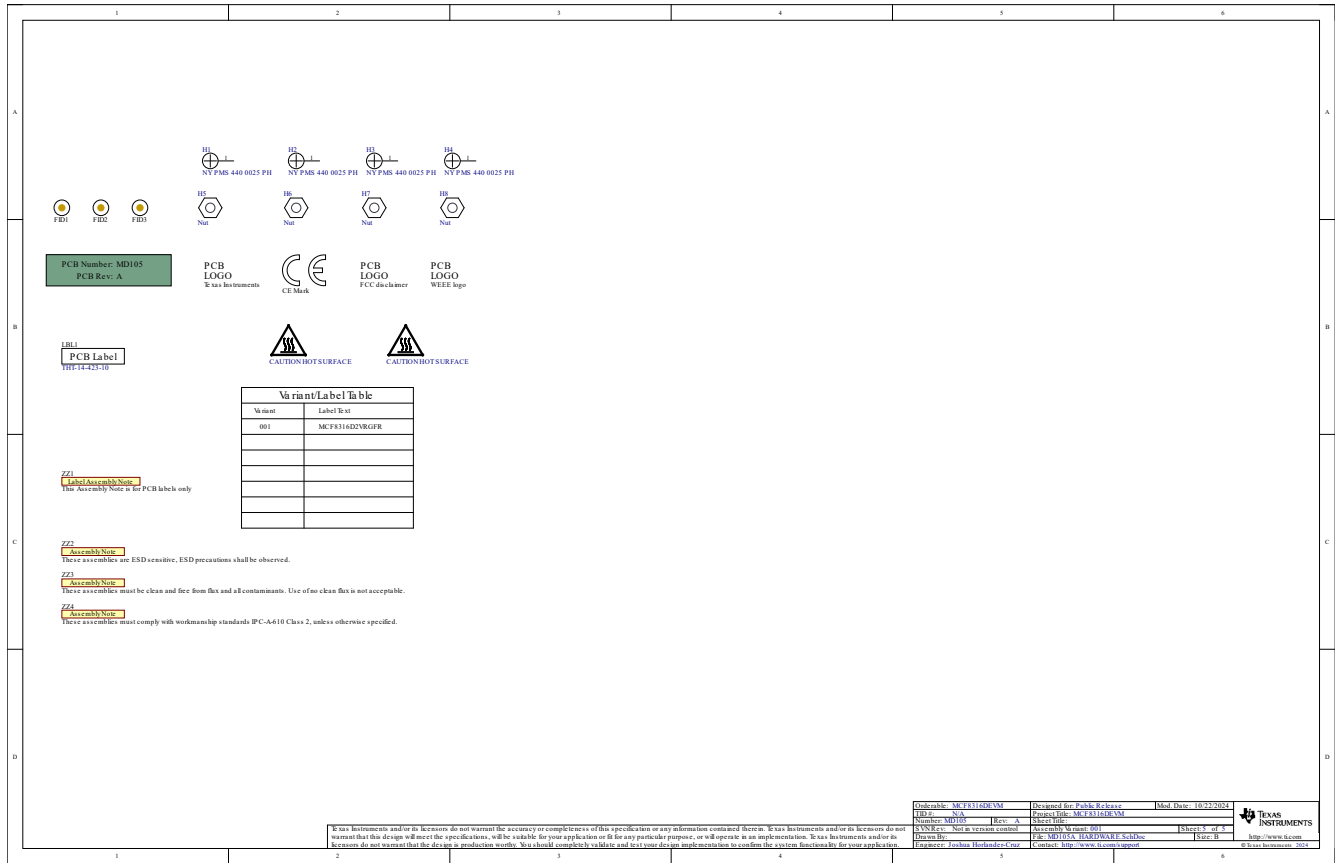


图 9-5. 硬件

9.2 PCB 布局

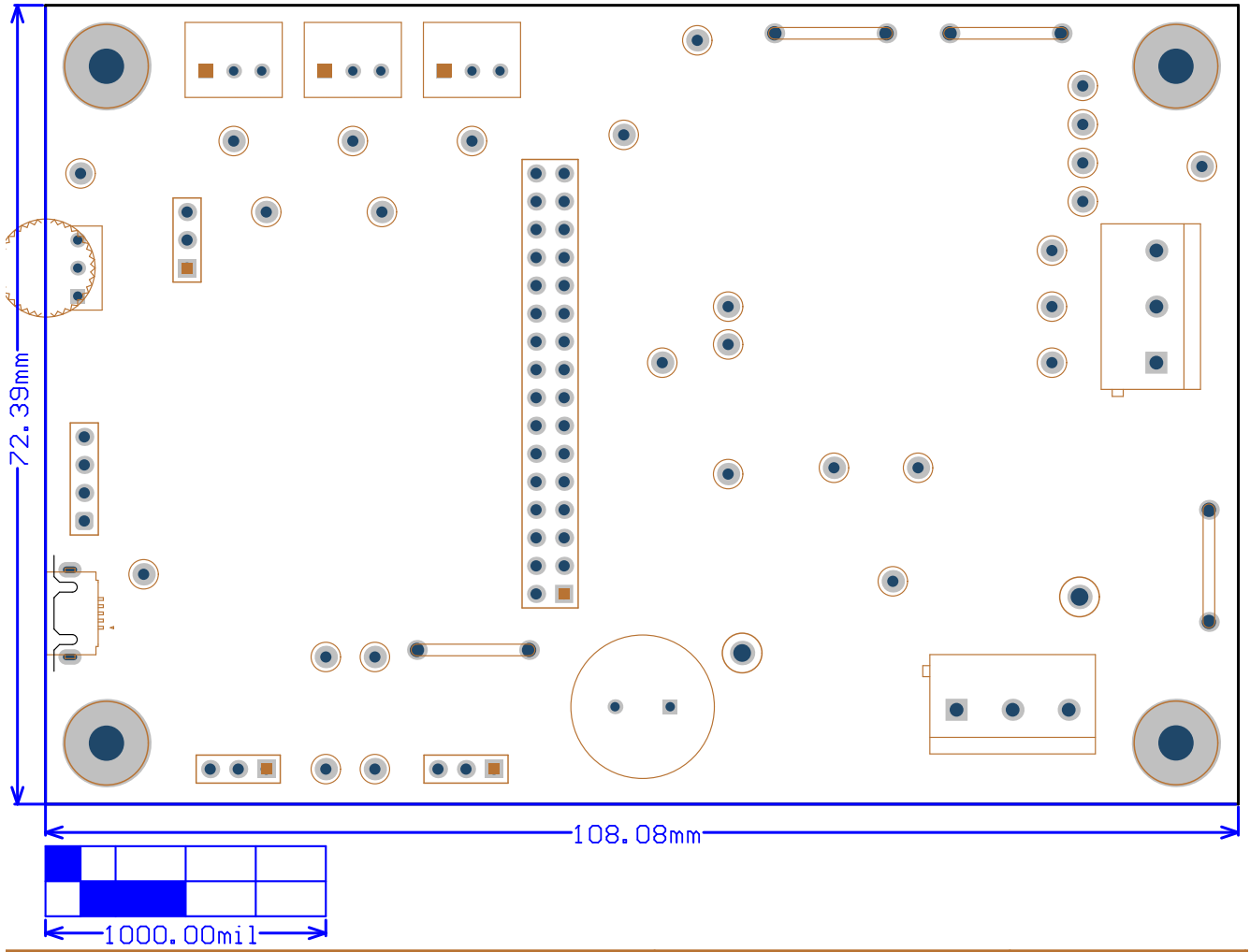


图 9-6. EVM 电路板尺寸

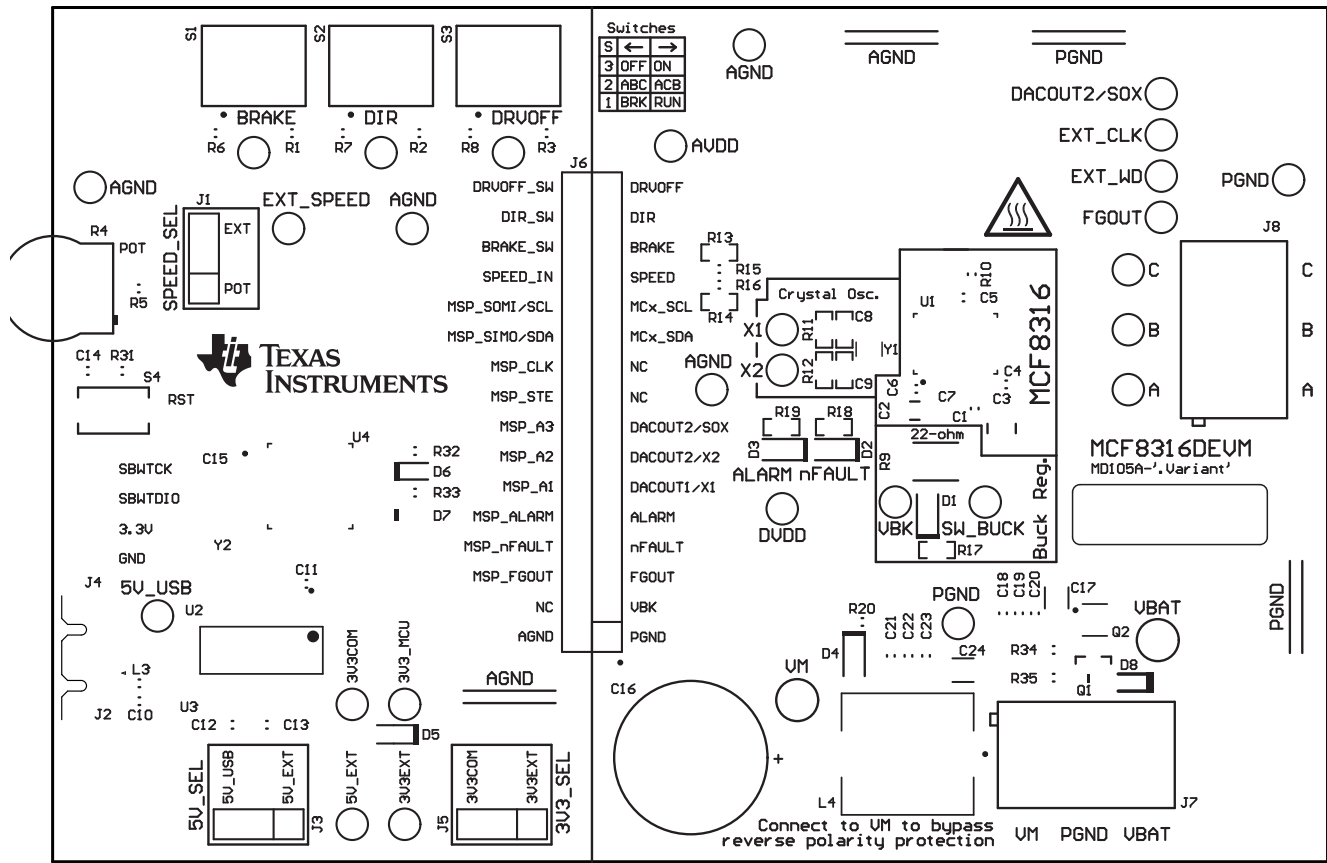


图 9-7. EVM 顶部覆盖层

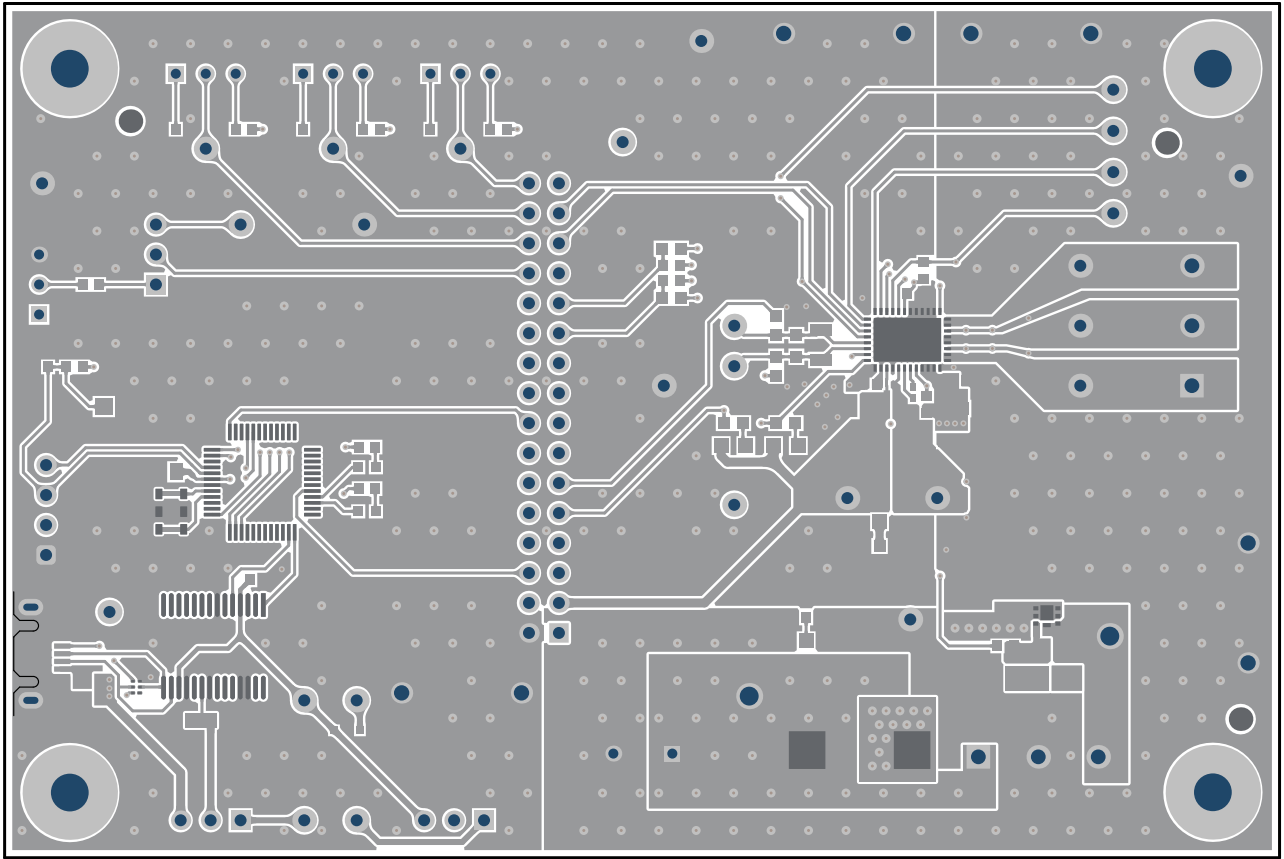


图 9-8. EVM 顶层

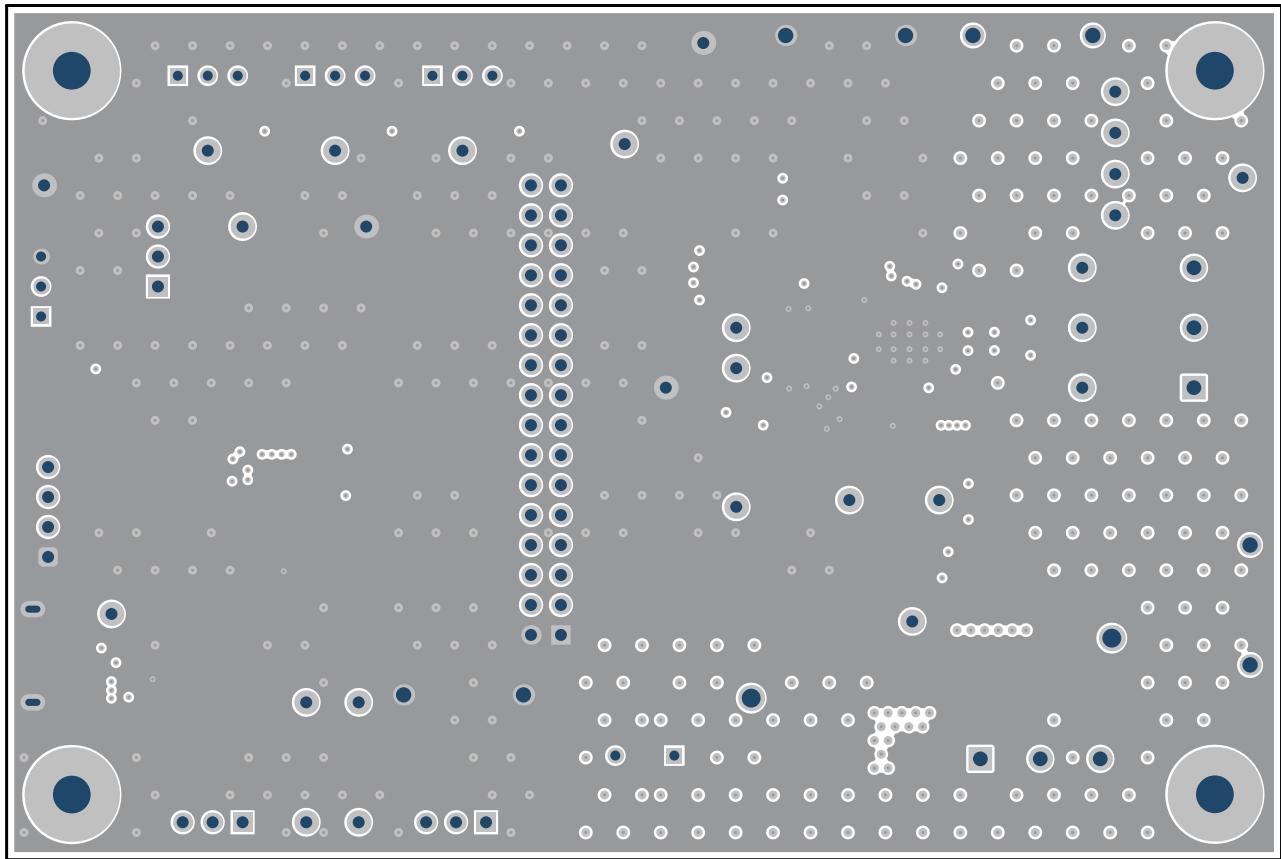


图 9-9. EVM 信号层 1

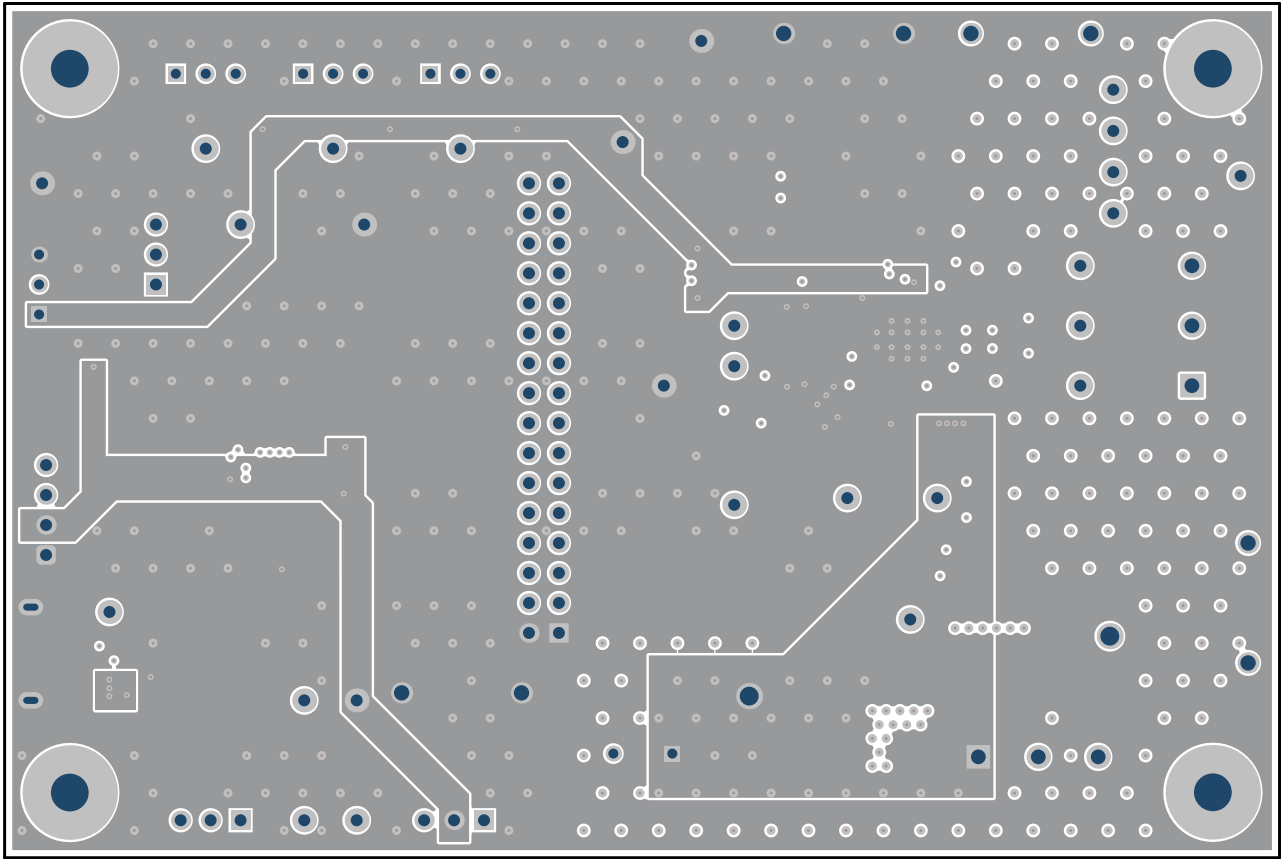


图 9-10. EVM 信号层 2

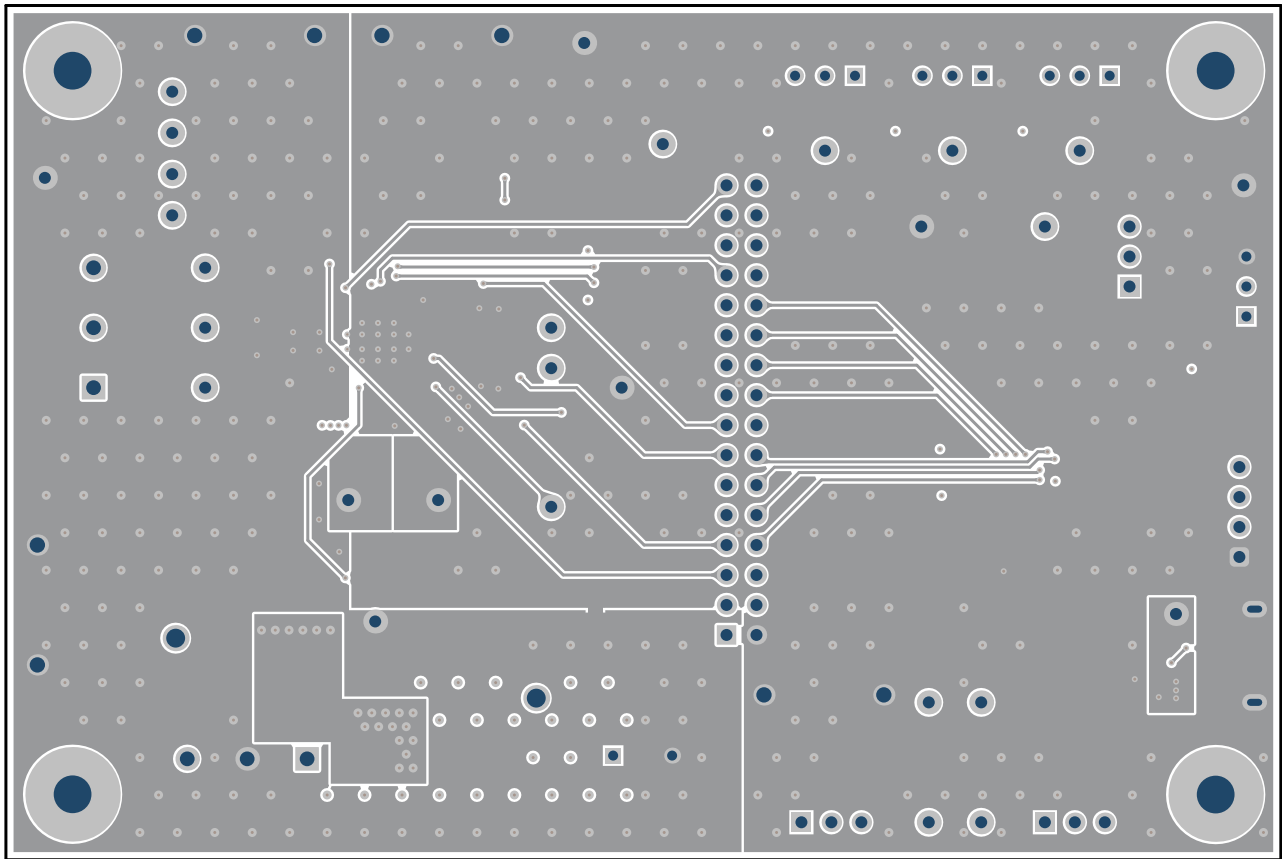


图 9-11. EVM 底层

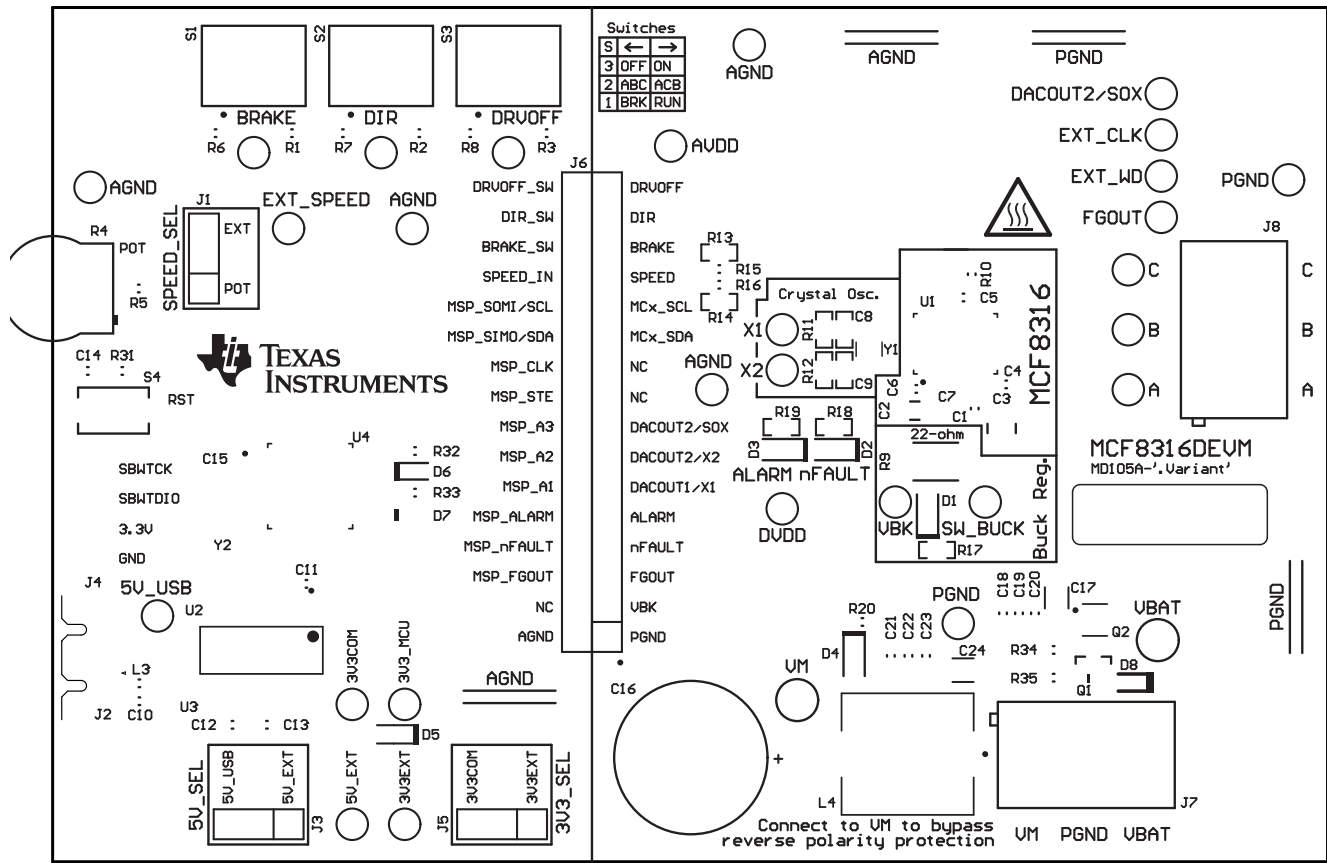


图 9-12. EVM 底部覆盖层

9.3 物料清单 (BOM)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1	1	1uF	电容, 陶瓷, 1μF, 16V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	603	EMK107B7105KA HT	Taiyo Yuden
C2	1	22uF	电容, 陶瓷, 22uF, 10V, +/-10%, X7R, 1206	1206	GRM31CR71A226 KE15L	MuRata
C3	1	10uF	电容, 陶瓷, 10μF, 63V, +/-10%, X7R, 1210	1210	GRM32ER71J106 KA12L	MuRata
C4	1	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1μF, 100V, +/-10%, X7R, 0603	603	0603BB104KW10 1	Passive Plus

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C5, C6	2	1uF	电容, 陶瓷, 1μF, 6.3V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	603	C0603C105K9RA CAUTO	Kemet
C7	1	0.047uF	电容, 陶瓷, 0.047 μ F, 50V, +/-10%, X7R, 0402	402	C1005X7R1H473 K050BB	TDK
C10、C11、C13	3	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1uF, 10V, +/-10%, X7R, 0603	603	0603ZC104KAT2A	AVX
C12	1	4.7uF	电容, 陶瓷, 4.7uF, 10V, ±20%, X7R, 0603	603	GRM188Z71A475 ME15D	MuRata
C14	1	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 16V, +/-10%, X7R, 0603	603	8.85012E+11	Würth Elektronik
C15	1	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 50V, +/- 10%, X7R, 0805	805	8.85012E+11	Würth Elektronik
C16	1	330uF	电容, 铝制, 330uF, 63V, +/- 20%, AEC-Q200 2 级, TH	D12.5xL20mm	ELXZ630ELL331 MK20S	Chemi-Con
C17, C24	2	1uF	电容, 陶瓷, 1uF, 100V, +/- 10%, X7R, 1206	1206	CL31B105KCHNN NE	Samsung
C18, C23	2	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1uF, 100V, +/- 10%, X7S, AEC-Q200 1 级, 0603	603	CGA3E3X7S2A10 4K080AB	TDK
C19, C22	2	0.01uF	电容, 陶瓷, 0.01uF, 100V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	603	CGA3E2X7R2A10 3K080AA	TDK
C20, C21	2	1000pF	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/- 10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0603	603	CGA3E2X7R2A10 2K080AA	TDK
D1, D4	2	绿色	LED, 绿色, SMD	LED_0805	LTST-C170KGKT	Lite-On
D2, D3	2	红色	LED, 红色, SMD	红色 0805 LED	LTST-C170KRKT	Lite-On

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
D5	1	40V	二极管, 肖特基, 40V, 0.75A, AEC-Q101, SOD-323	SOD-323	BAT165E6327HT SA1	Infineon Technologies
D6	1	红色	LED, 红色, SMD	红色 LED, 1.6mm x 0.8mm x 0.8mm	LTST-C190KRKT	Lite-On
D7	1	绿色	LED, 绿色, SMD	1.6mm x 0.8mm x 0.8mm	LTST-C190KGKT	Lite-On
D8	1	90V	二极管, 开关, 90V, 0.1A, SOD-523F	SOD-523F	CDSU101A	Comchip Technology
FID1、FID2、FID3	3		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用
H1、H2、H3、H4	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
H5、H6、H7、H8	4		六角螺柱, 0.5"L #4-40, 尼龙	螺柱	1902C	Keystone
J1、J3、J5	3		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	PBC03SAAN	PBC03SAAN	Sullins Connector Solutions
J2	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
J4	1		接头, 100mil, 4x1, 金, TH	4x1 接头	TSW-104-07-G-S	Samtec
J6	1		接头, 100mil, 16x2, 金, TH	16x2 接头	TSW-116-07-G-D	Samtec
J7, J8	2		端子块, 5.08mm, 3x1, 黄铜, TH	3x1 5.08mm 端子块	ED120/3DS	On-Shore Technology
L3	1		电感器, 铁氧体磁珠, 铁氧体, 3A, 120Ω, AEC-Q200 1 级, SMD	603	BLM18SG121TZ1 D	MuRata
L4	1	1uH	1μH 屏蔽线电感器, 19A, 3.1mΩ 最大非标准值	SMD2	HCM1A1104V2-1 R0-R	Eaton
LBL1	1			PCB 标签, 0.650 x 0.200 英寸	THT-14-423-10	Brady
Q1	1	80V	晶体管, NPN, 80V, 1.5A, AEC-Q101, SOT-23	SOT-23	FMMT620TA	Diodes Inc.

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
Q2	1		N 沟道 40V 8A (Ta) 15W (Tc) 表面贴装 DFN2020MD-6	SOT1220	BUK9D23-40EX	Nexperia
R1、R2、R3、R6、R7、R8	6	10.0k	电阻, 10.0k, 0.05%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	ERA-3ARW103V	Panasonic
R4	1	25k Ω	微调电位计, 25k Ω , 0.5W, TH	9.53mm x 8.89mm	3352T-1-253LF	Bourns
R5、R11、R12、R15、R16	5	0	电阻, 0, 5%, 0.1 W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	ERJ-3GEY0R00V	Panasonic
R9	1	22	电阻, 22, 5%, 1.5W, AEC-Q200 0 级, 2512	2512	CRCW251222R0J NEGHP	Vishay-Dale
R10	1	5.1k	电阻, 5.1k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW06035K10J NEA	Vishay-Dale
R13、R14、R34、R35	4	10k	电阻, 10k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW060310K0J NEA	Vishay-Dale
R17、R18、R19	3	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.1W, 0603	603	RC0603FR-071KL	Yageo
R20	1	4.70k	电阻, 4.70k, 0.1%, 0.1W, 0603	603	RT0603BRD074K 7L	Yageo America
R31	1	47k	电阻, 47k, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-0747K L	Yageo
R32, R33	2	470	电阻, 470, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-07470 RL	Yageo
R36	1	0	电阻, 0, 5%, 0.25W, AEC-Q200 0 级, 1206	1206	RCA12060000ZS EA	Vishay-Dale
S1、S2、S3	3		开关, 切换, SPDT 0.4VA 28V	6.8mm x 23.1mm x 8.8mm	B12AP	NKK 开关
S4	1		开关, 触控式, SPST, 12V, SMD	SMD, 6mm x 3.9mm	4.34121E+11	Würth Elektronik

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
SH-J1、SH-J2、 SH-J3、SH-J4、 SH-J5、SH-J6、 SH-J7、SH-J8、 SH-J9、SH-J10、 SH-J11、SH- J12、SH-J13、 SH-J14、SH- J15、SH-J16、 SH-J17、SH- J18、SH-J19	19	1x2	分流器，100mil， 镀金，黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec
TP1、TP2、 TP3、TP4、 TP12、TP13、 TP14、TP15、 TP16、TP17	10		测试点，微型，白 色，TH	白色微型测试点	5002	Keystone
TP5、TP6、 TP7、TP8、 TP9、TP10、 TP11、TP18、 TP19、TP20、 TP21、TP22	12		测试点，微型，红 色，TH	红色微型测试点	5000	Keystone
TP23，TP24	2		测试点，紧凑，红 色，TH	红色紧凑型测试点	5005	Keystone
TP25、TP30、 TP31、TP32、 TP33、TP34	6		测试点，微型，黑 色，TH	黑色微型测试点	5001	Keystone
TP26、TP27、 TP28、TP29	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
U1	1		MCF8316DVRGF R	VQFN40	MCF8316DVRGF R	德州仪器 (TI)
U2	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
U3	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)
U4	1		CPU16 MSP430™ FRAM 微控制器 IC，16 位 24MHz 32KB (32K x 8) FRAM 48-LQFP (7x7)	LQFP48	MSP430FR235T PTR	德州仪器 (TI)

位号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
Y2	1		谐振器, 4MHz, 39pF, AEC-Q200 1级, SMD	4.5x1.2x2mm	CSTCR4M00G55 B-R0	MuRata

10 其他信息

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。

11 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

日期	修订版本	注释
2021 年 8 月	*	初始发行版

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