

摘要

本文件隨附於 MCF8316A 客戶評估模組 (EVM)，以做為 MCF8316Ax 產品規格表 (MCF8316A 三相無感測器 FOC BLDC 馬達驅動器) 的補充資料。本使用指南詳細說明評估模組的硬體實作，以及如何設定電路板並為其供電。

目錄

1 注意和警告	2
2 介紹	3
3 快速入門指南	4
4 硬體和軟體概覽	5
4.1 硬體連線概覽 - MCF8316A EVM.....	5
4.2 連線的詳細資料.....	5
4.3 MSP430FR2355 微控制器和使用者介面.....	7
4.4 LED 指示燈.....	8
4.5 使用者可配置設定.....	9
5 硬體設定	11
6 MCF8316A GUI 應用	12
6.1 執行 GUI.....	12
6.2 離線安裝程式.....	12
7 MSP430FR2355 介面韌體	14
7.1 下載 Code Composer Studio 並匯入 MSP430FR2355 介面韌體程式碼.....	14
7.2 使用 eZ-FET 以編程 MSP430FR2355.....	14
8 電路圖	16
8.1 主電源和 Pi 濾波器.....	16
8.2 接頭和介面.....	16
8.3 USB 轉 UART.....	17
8.4 MCU 編程與偵錯.....	17
8.5 MSP430FR2355 MCU.....	18
8.6 MCF8316A 三相無感測器 FOC 整合式驅動器.....	18
8.7 降壓穩壓器.....	19
8.8 狀態 LED.....	20
8.9 開關和快速輸入.....	20
9 修訂記錄	21

註冊商標

LaunchPad™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商標均為其各自所有者的財產。

1 注意和警告

請遵守下列印刷於 EVM 基板上的注意和警告資訊。

高溫表面：



注意，高溫表面！接觸可能會造成燒燙傷。請勿碰觸。操作時，請採取適當的預防措施。

2 介紹

MCF8316A 是 4.5-V 至 35-V、8-A 尖峰電流的整合式三相開極驅動器 IC，並具備無感測器磁場定向控制功能，適用於馬達驅動應用。其提供三個經準確修整和溫度補償的半橋 MOSFET、開極驅動器、充電幫浦、電流感測放大器、用於外部負載的線性穩壓器，以及可調式降壓穩壓器。I2C 介面版本 (MCF8316A) 也提供標準的 I2C 介面，以配置不同的產品設定，並可透過外部控制器讀取故障診斷資訊。

MCF8316AEVM 包含板載 FTDI 晶片，可將來自 micro-USB 接頭的 USB 通訊轉換為 UART，並且包含板載 MSP430FR2355 MCU，可接 MCF8316A。它也提供適用於 MCF8316A 產品 SPI 版本的 SPI 通訊功能。此產品具備許多使用者可選擇的跨接器、電阻器、接頭和測試點，可評估產品的多項功能，並配置產品的專屬設定。

本文件為入門指南，可做為 MCF8316AEVM 的補充資料。本文件旨在協助工程師設計、實作並驗證 MCF8316A 產品的參考硬體。

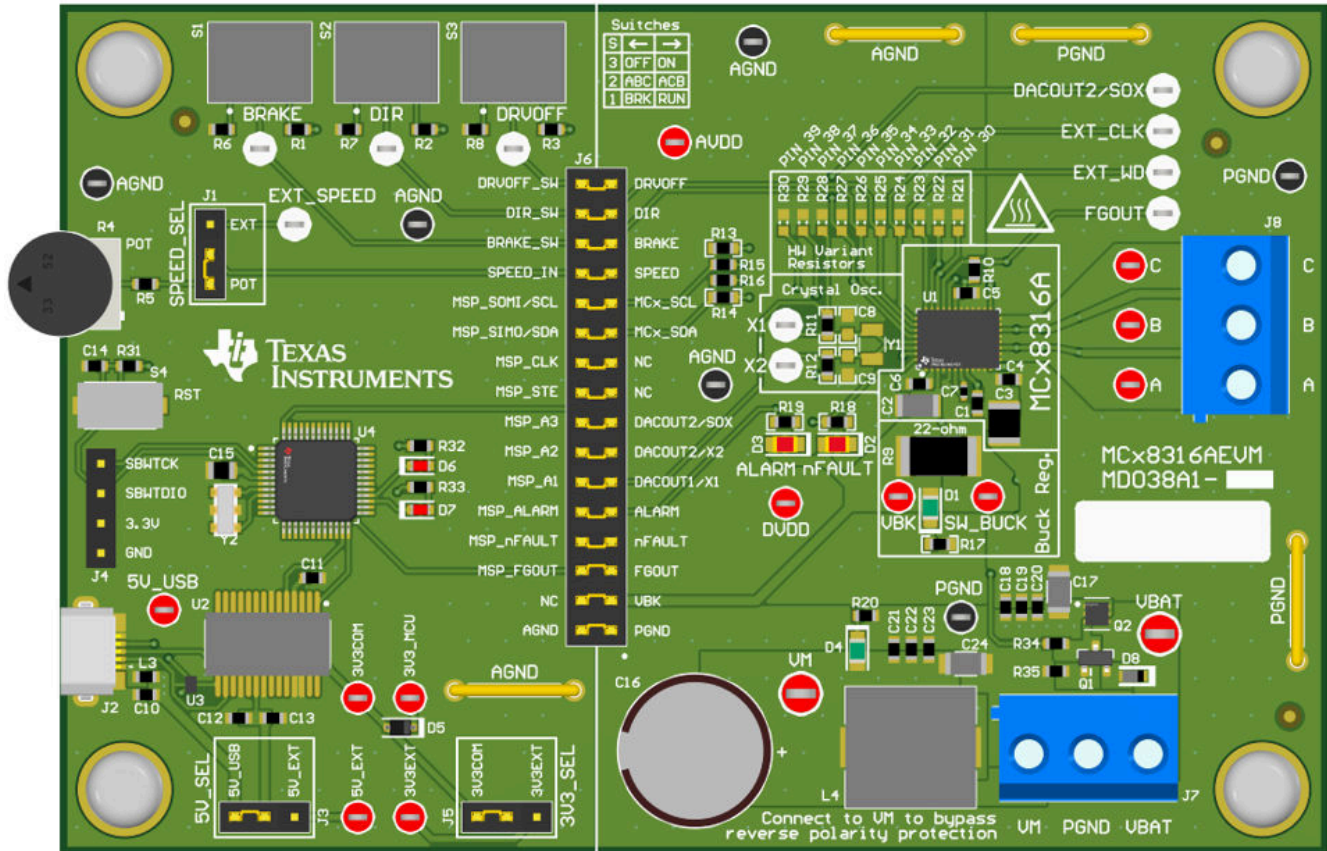


圖 2-1. MCF8316AEVM 印刷電路板 (PCB - 俯視圖)

3 快速入門指南

MCF8316AEVM 需要電源供應器來源，且該電源供應器的建議操作範圍為 4.5-V 至 35-V。若要設定並為 EVM 供電，請依循下列順序：

1. 將馬達相位連接至接頭 J8 的 A、B、C。
2. 這時請勿開啟電源供應器。將馬達電源連接至接頭 J7 的 VBAT/VM 和 PGND。
 - a. 若要啟動反向極性保護和 Pi 濾波器功能，則連接至 VBAT。請注意在連接至 VBAT 時，因為反向極性保護電路會發生二極體壓降，因此 VM 為 $VM - 0.7 V$ 。
 - b. 若要停用反向極性保護和 Pi 濾波器功能，則連接至 VM。
3. 選擇 J3 至 5V_USB 和 J5 至 3V3COM，以從 USB 電源供應器向 MSP430 供電。
4. 將 micro-USB 線連接至電腦。
5. 往順時針方向滿旋電位計，以在啟動時將馬達設定為零速度。
6. 將開關 S1 切換至右側，以設定 BRAKE = RUN，並將開關 S2 切換至左側，以設定 DIR = ABC，同時將開關 S3 切換至右側，以設定 DRVOFF = ON
7. 開啟馬達電源供應器。
8. 使用電位計 R4 來控制馬達速度和開關，以停用馬達驅動器、改變方向，或是對馬達施加制動。您可選擇使用 GUI (如節 6 所示)，以監控馬達的即時速度、讓 MCF8316A 進入低功率的睡眠模式，以及讀取 LED 的狀態。

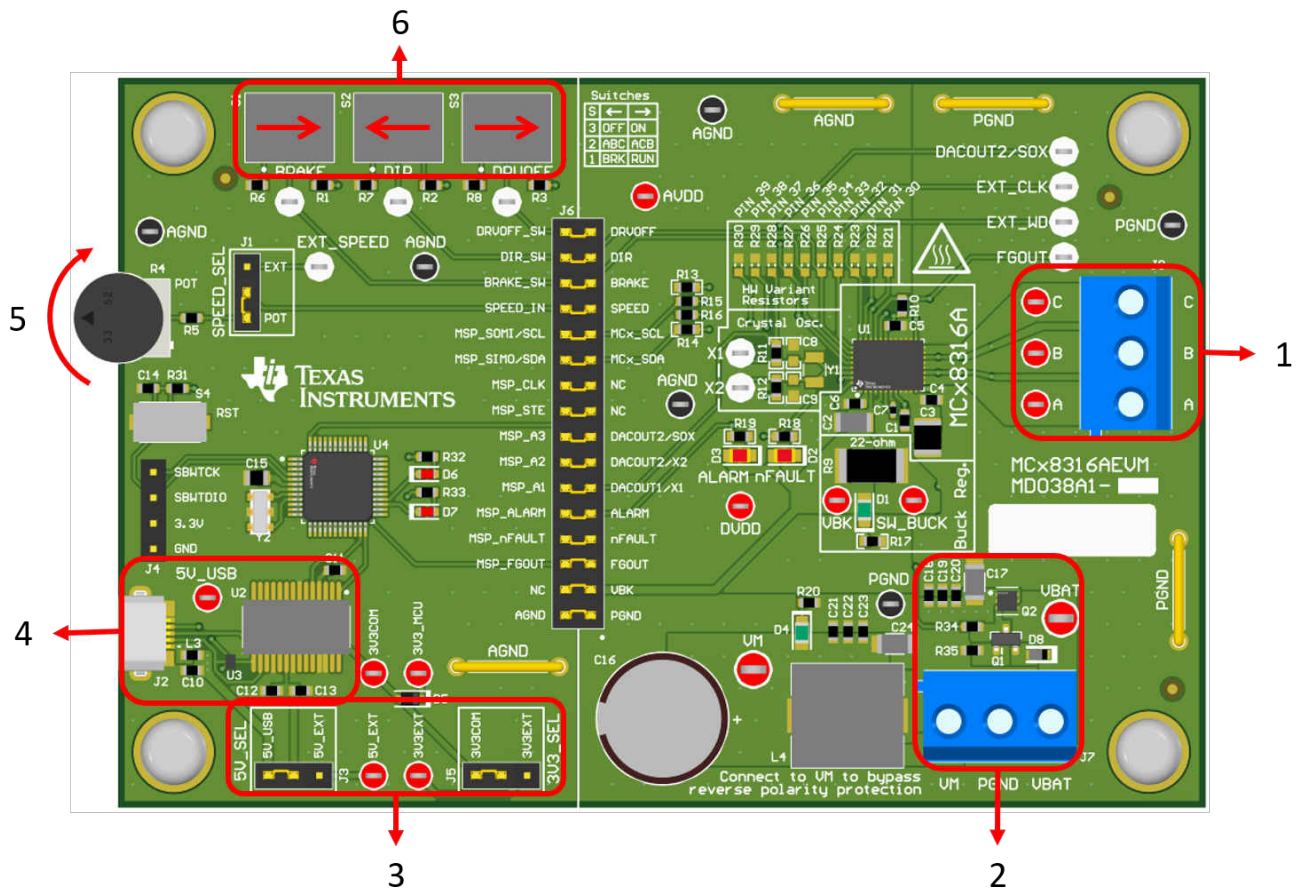


圖 3-1. 快速入門指南的參考

4 硬體和軟體概覽

4.1 硬體連線概覽 - MCF8316AEVM

圖 4-1 所示為 MCF8316AEVM 評估模組的主要區塊。MCF8316AEVM 是針對 4.5-V 至 35-V 的輸入電源所設計。MCF8316A 包含三個整合式半橋，並且執行無感測器 FOC 演算法，能以最高達 8-A 的尖峰電流來轉動馬達。其也整合了可調式降壓穩壓器，並且可支援多種霍爾感測器設定。

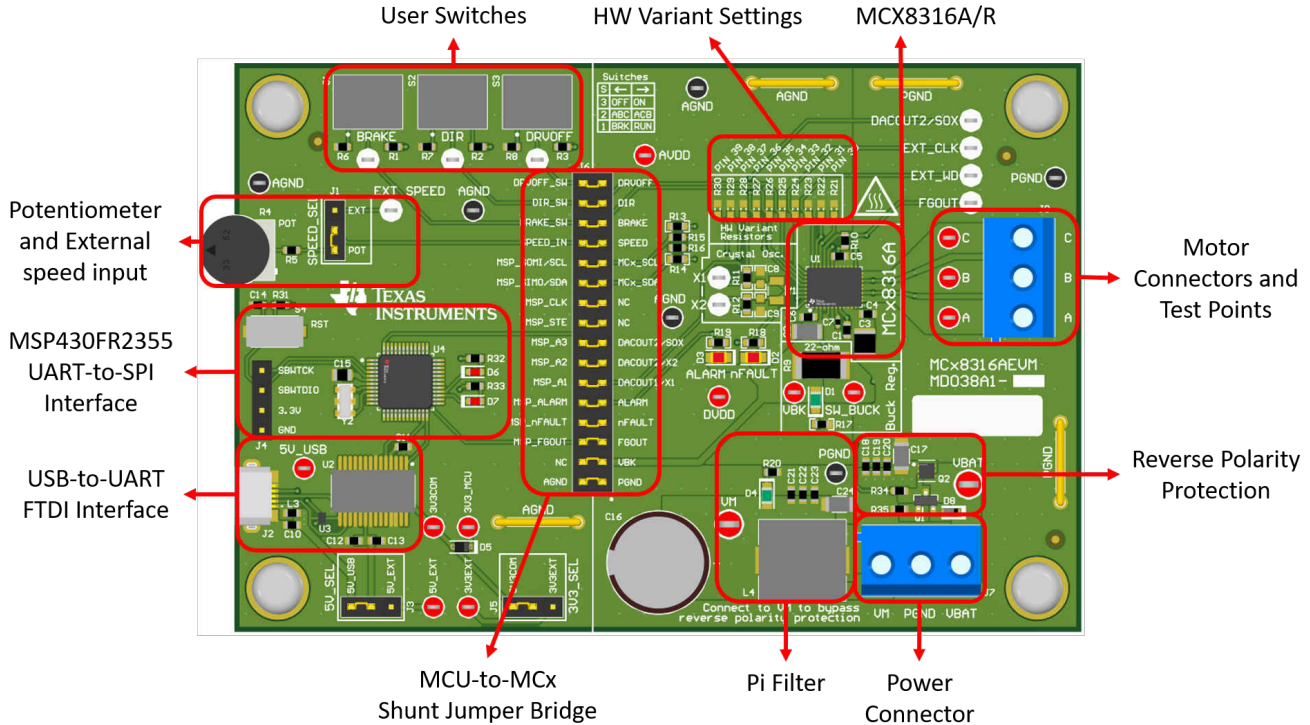


圖 4-1. MCF8316AEVM 主要硬體區塊

4.2 連線的詳細資料

圖 4-2 所示為連接至 MCF8316AEVM 的連線，以轉動三相無感測器無刷 DC 馬達。

一個 4.5-V 至 35-V 電源供應器或電池連接至接頭 J7 的 VBAT 或 VM 和 PGND 端子。反向極性保護和 Pi 濾波器功能為在 VBAT 和 PGND 端子上執行。若要略過反向極性保護和 Pi 濾波器功能，則將電源供應器連接至基板上的 VM 端子或 VM 測試點，以及 PGND。

BLDC 馬達的三相為直接連接至 MCF8316AEVM 上之螺絲端子接頭 J8 的 A、B 和 C 端子。

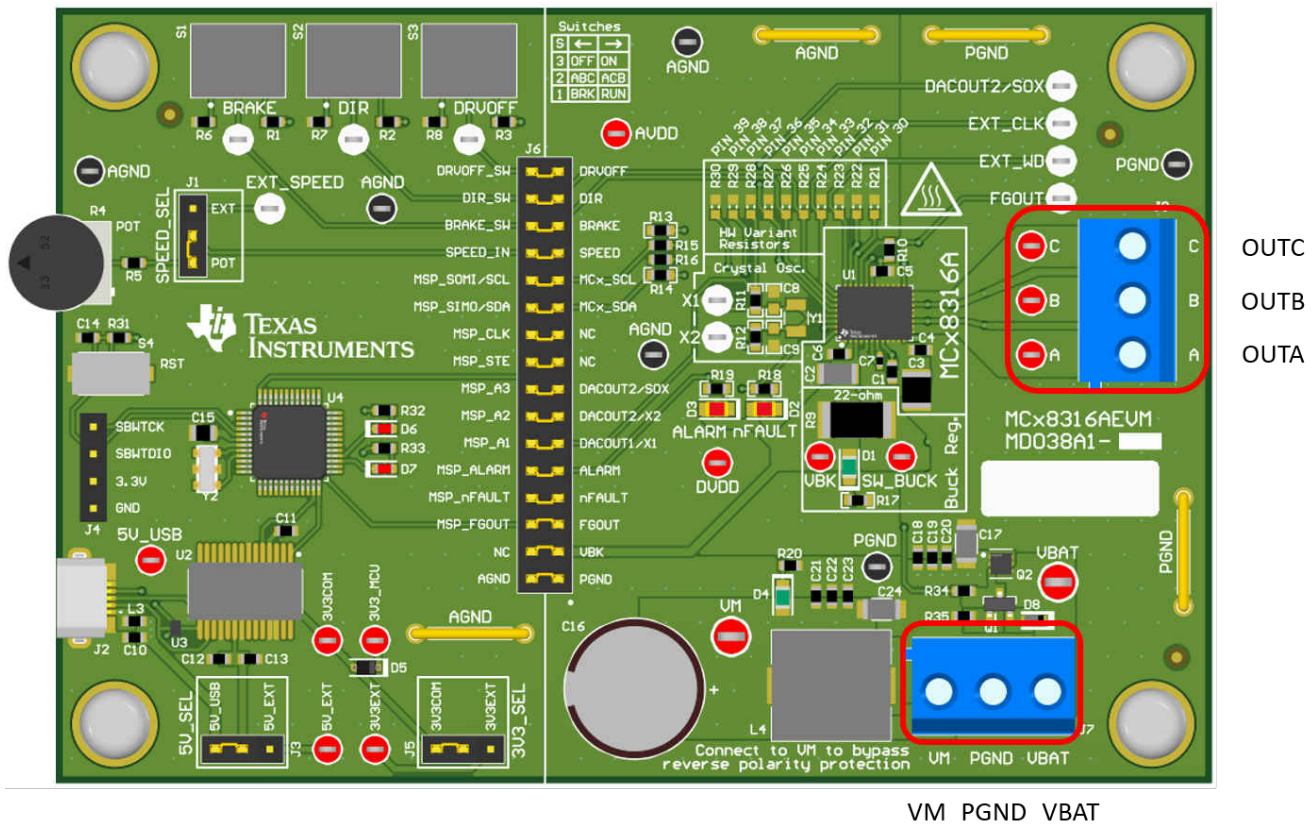


圖 4-2. 從馬達連接至 MCF8316AEVM 的連線

圖 4-3 MSP430FR2355 微控制器顯示 micro-USB 線插入 MCF8316AEVM 的位置，以在評估模組和 GUI 之間提供通訊功能。USB 數據和來自 USB 的 5 V 電源，會轉換為 UART 數據和 3.3 V 電源，以向 MSP430FR2355 微控制器供電。USB 電源的 5 V 會限制為 500 mA，而 FTDI 晶片的 3.3 V 則限制為 30 mA。若使用者希望對這些軌道供應更多電流，則可使用 5V_SEL 跨接器 J3 和 3V3_SEL 跨接器 J5 來連接外部輸電軌道。

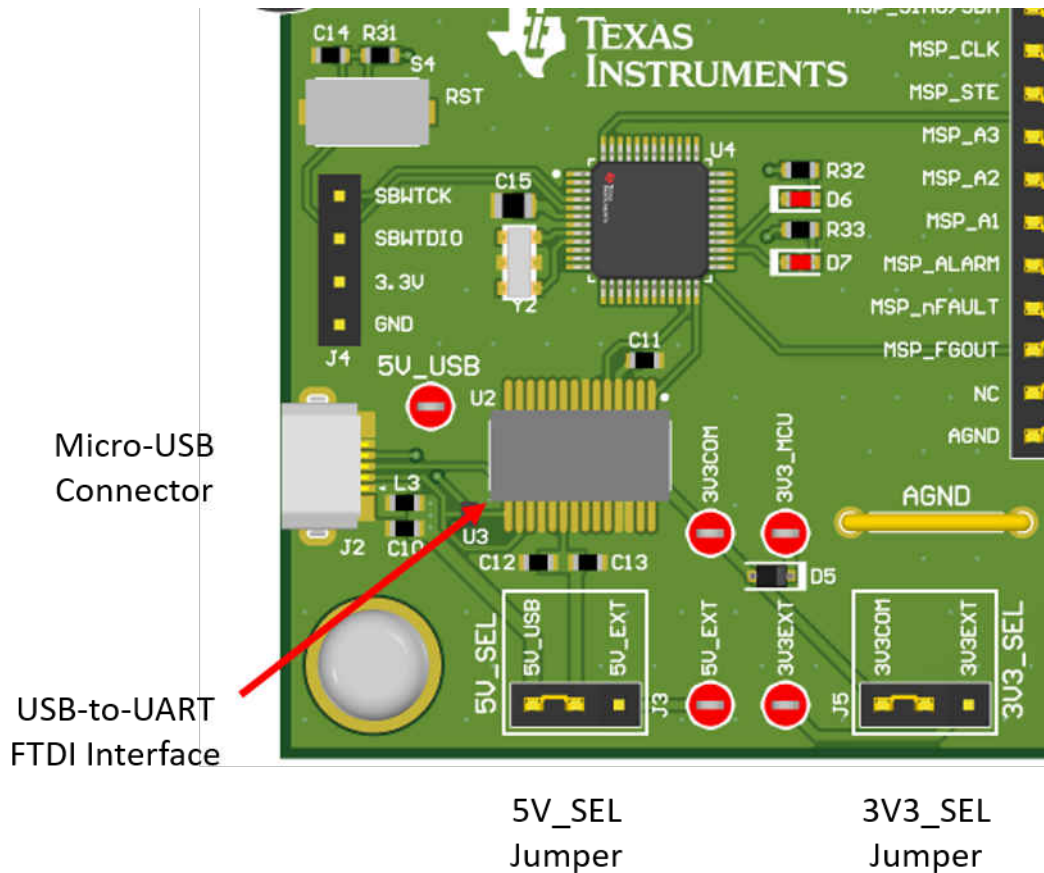


圖 4-3. MCF8316AEVM 的 Micro-USB 接頭和 UART

4.3 MSP430FR2355 微控制器和使用者介面

MCF8316AEVM 包含 MSP430FR2355 低功率 MCU (如圖 4-4 所示)，以透過 I2C 與 MCF8316A 通訊。

為了對 MSP430FR2355 進行編程，必須將外部 MSP430 FET 程式設計工具連接至 Spy-Bi-Wire (SBW) 介面接頭 J4。許多 MSP430 LaunchPad™ 都提供板載 eZ-FET 偵錯探測器，能以跳線連接至 MCF8316AEVM，藉此將韌體快閃至 MSP430FR2355 微控制器。

使用者可隨時使用「重設」(RST) 按鈕，以重設並重新啟動 MCU 程式。D6 和 D7 等兩個低態動作 LED 也可用於偵錯。

最後，32 針腳接頭 J6 上的分流跨接橋接器，可連接微控制器和 MCF8316A 間的所有訊號。您可視需要插入或移除這些跨接器，以將微控制器和閘極驅動器互相隔離。如此即可對微控制器訊號進行偵錯，或將 MCF8316AEVM 做為具有外部微控制器的獨立閘極驅動器使用。

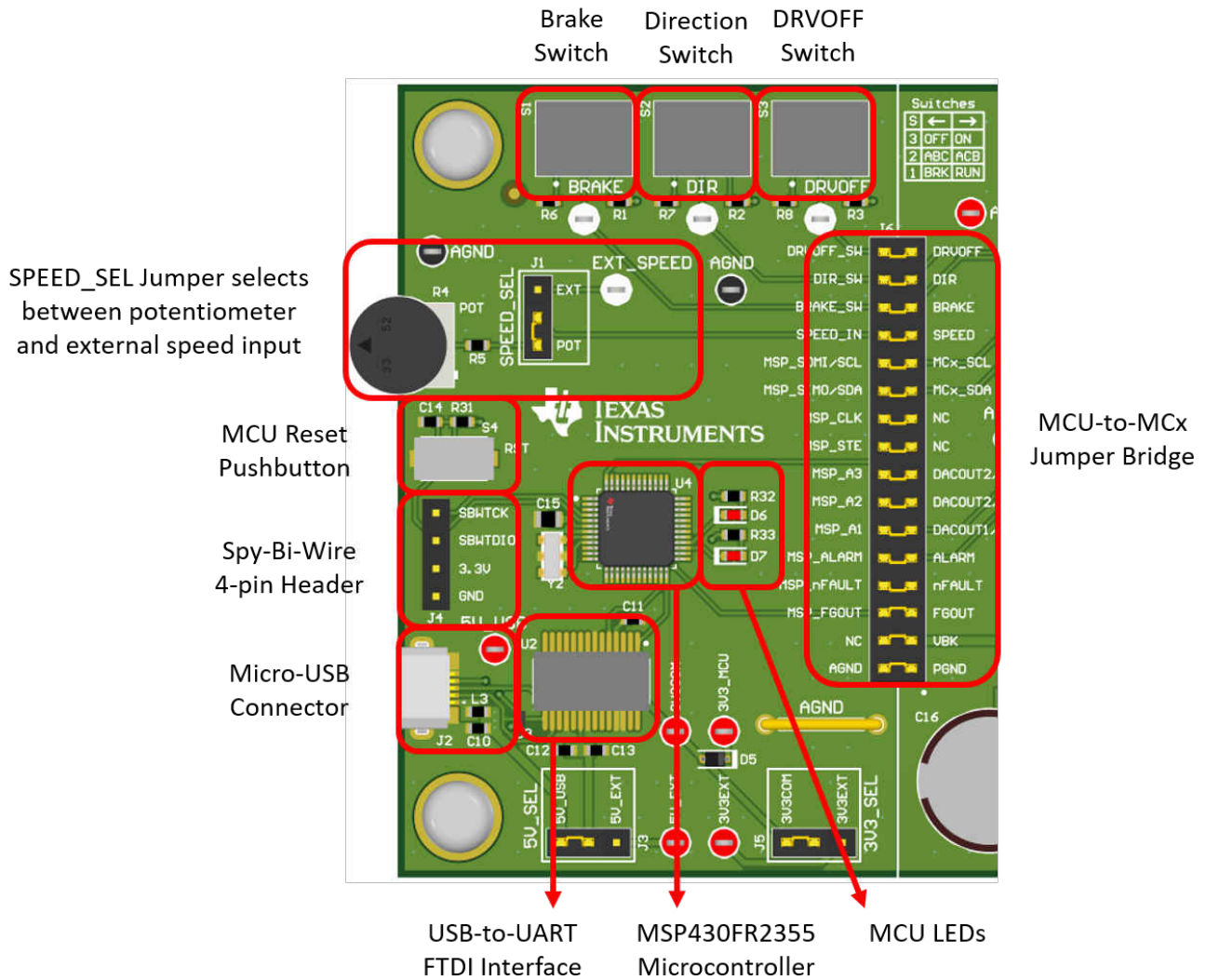


圖 4-4. MCF8316AEVM 上的 MSP430FR2355 MCU 和使用者介面

4.4 LED 指示燈

MCF8316AEVM 設有 5 個狀態 LED，可提供關於電源供應器狀態和評估模組功能的資訊。根據預設，在對基板供電且已將程式快閃至微控制器內時，VM LED 和 3.3 V 降壓 LED 會亮起。表 4-1 所示為 LED 的說明，其中以粗體顯示會在開機期間亮起的 LED，而圖 4-5 所示則為 LED 的位置。

表 4-1. MCF8316AEVM LED 的說明 (開機後預設開啟者皆以粗體顯示)

編號	名稱	顏色	說明
D1	降壓穩壓器	綠色	內部降壓穩壓器為電壓輸出
D2	nFAULT	紅色	會在 MCF8316A 發生故障情況時亮起
D3	警報	紅色	會在 MCF8316A 發生警報情況時亮起
D4	VM	綠色	已向基板供應馬達電源
D5	MSP_LED1	紅色	用於 UART 或偵錯
D6	MSP_LED2	紅色	用於 UART 或偵錯

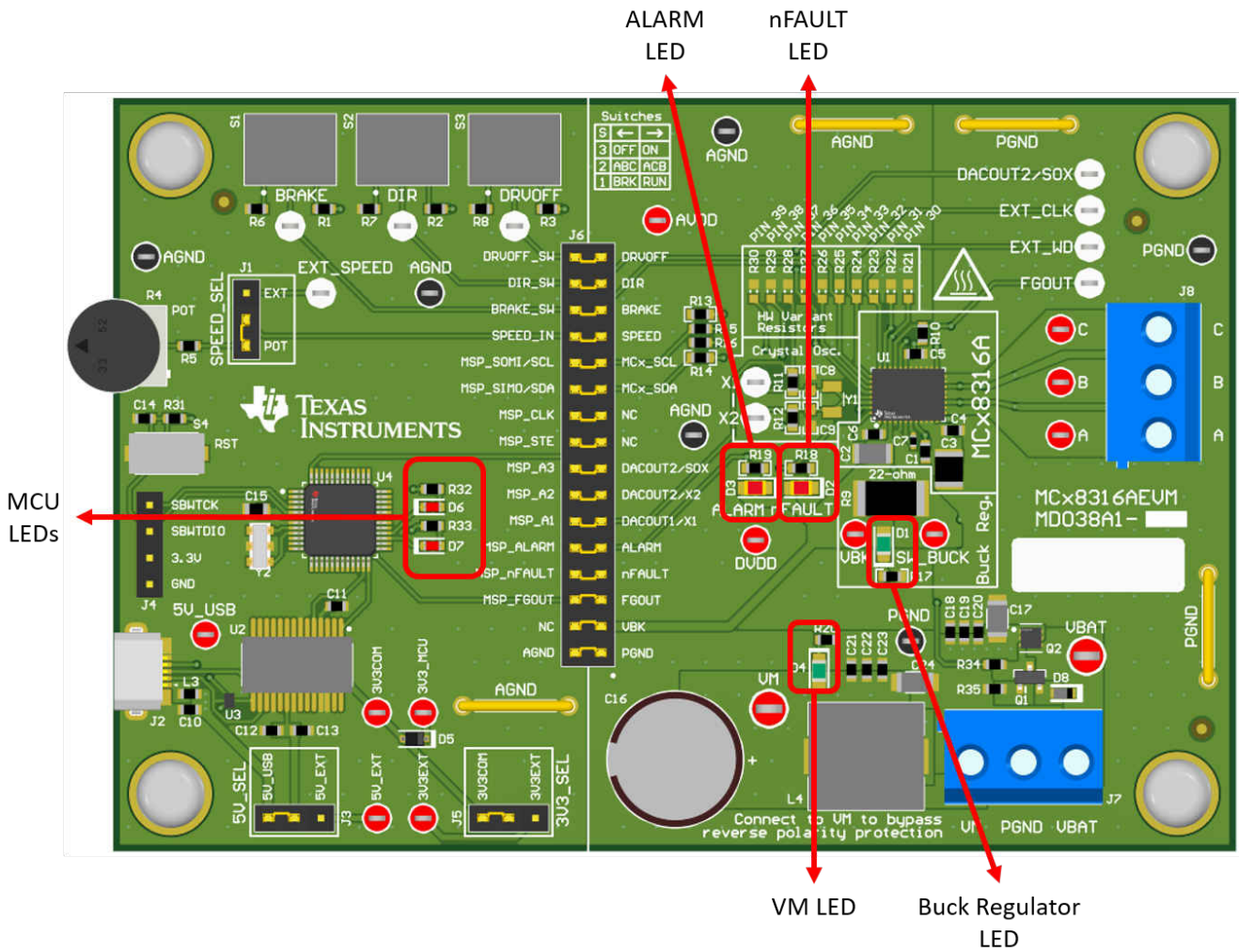


圖 4-5. MCF8316AEVM LED

4.5 使用者可配置設定

在 MCF8316AEVM 的整個評估基板上，包含各種使用者可選擇的跨接器、開關和電阻器，以配置設定。表 4-2 歸納了所有前述可配置設定。

表 4-2. MCF8316AEVM 上使用者可選擇的設定說明 (預設者為粗體)

編號	設定名稱	說明	層	位置	功能
L1/L2/R9	降壓穩壓器模式	使用者填入 L1、L2 或 R9，以選擇切換降壓穩壓器的元件	上	L1 = 47 μ H 電感器	電感器模式
			下	L2 = 22 μ H	電感器模式
			下	R1 = 22 Ω	電阻模式
J5	3V3_SEL	為 MCU 電源選擇 3.3 V	上	J5 = 3V3EXT J5 = 3V3COM	外部 來自 FTDI (30 mA)
J3	5V_SEL	為 FTDI 電源選擇 5 V	上	J3 = 5V_EXT J3 = 5V_USB	外部 來自 USB 電源 (500 mA)
J1	SPEED_SEL	選擇快速輸入來源	上	J1 = EXT	外部 EXT_SPEED 測試點
				J1 = POT	來自電位計 R4
				J1 已移除	浮動

表 4-2. MCF8316AEVM 上使用者可選擇的設定說明 (預設者為粗體) (continued)

編號	設定名稱	說明	層	位置	功能
J6	MSP 至 MCx 分流跨接橋接器	在插入跨接器時，將來自 MCU 和使用者開關的訊號連接至 MCx8316A	上	DRVOFF_SW	DRVOFF
				DIR_SW	DIR
				BRAKE_SW	制動
				SPEED_IN	快速
				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	警報
				MSP_nFAULT	nFAULT
				MSP_FGOUT	FGOUT
				NC	VBK
AGND	AGND				
S1	制動	開啟所有低壓側 MOSFET	上	左	已啟用制動功能
				對	已停用制動功能
S2	DIR	控制馬達方向	上	左	ABC
				對	ACB
S3	DRVOFF	停用閘極驅動器	上	左	已啟用 MCF8316A
				對	已停用 MCF8316A

5 硬體設定

運轉馬達的所需硬體為 MCF8316AEVM、Micro-USB 線，以及具備 4.5-V 至 35-V DC 輸出的電源供應器。請依循下列步驟來啟動 MCF8316AEVM：

1. 將 DC 電源供應器連接至接頭 J7。連接至 VBAT 和 PGND，以對 EVM 施加反向極性保護和 pi 濾波器功能。如無此需要，則連接至 VM 和 PGND，以略過反向極性保護和 pi 濾波器功能。
2. 應用使用者可配置的跨接器設定。請參閱 [節 4.5](#) 一節以瞭解詳細資訊。
3. 如同 [節 4](#) 所述，將程式快閃至 MCU。在 GUI Composer 中啟動 GUI，並斷開 4 針腳 JTAG 連線。
4. 將 Micro-USB 線連接至 MCF8316AEVM 和電腦。
5. 開啟電源供應器，並啟動 PCB。

若使用 MCF8316AEVM 搭配外部微控制器，則將所有分流跨接器從跨接橋接器 J6 上移除。從外部 MCU 將外部跨接器連接至跨接橋接器的左側。

6 MCF8316A GUI 應用

MCF8316AEVM 包含 USB-UART 介面，並使用 MSP430FR2355 微控制器，可做為主機電腦和 MCF8316A 產品之間的通訊橋梁，以配置不同的產品設定並讀取故障診斷資訊。其提供 MCF8316A GUI，您可使用此通訊界面來介接並配置 MCF8316A。

透過 TI Cloud Gallery 存取 [MCF8316A GUI](#)。

6.1 執行 GUI

MCF8316A GUI 可直接在網路瀏覽器中執行 (Google Chrome 和 Firefox 皆支援)。

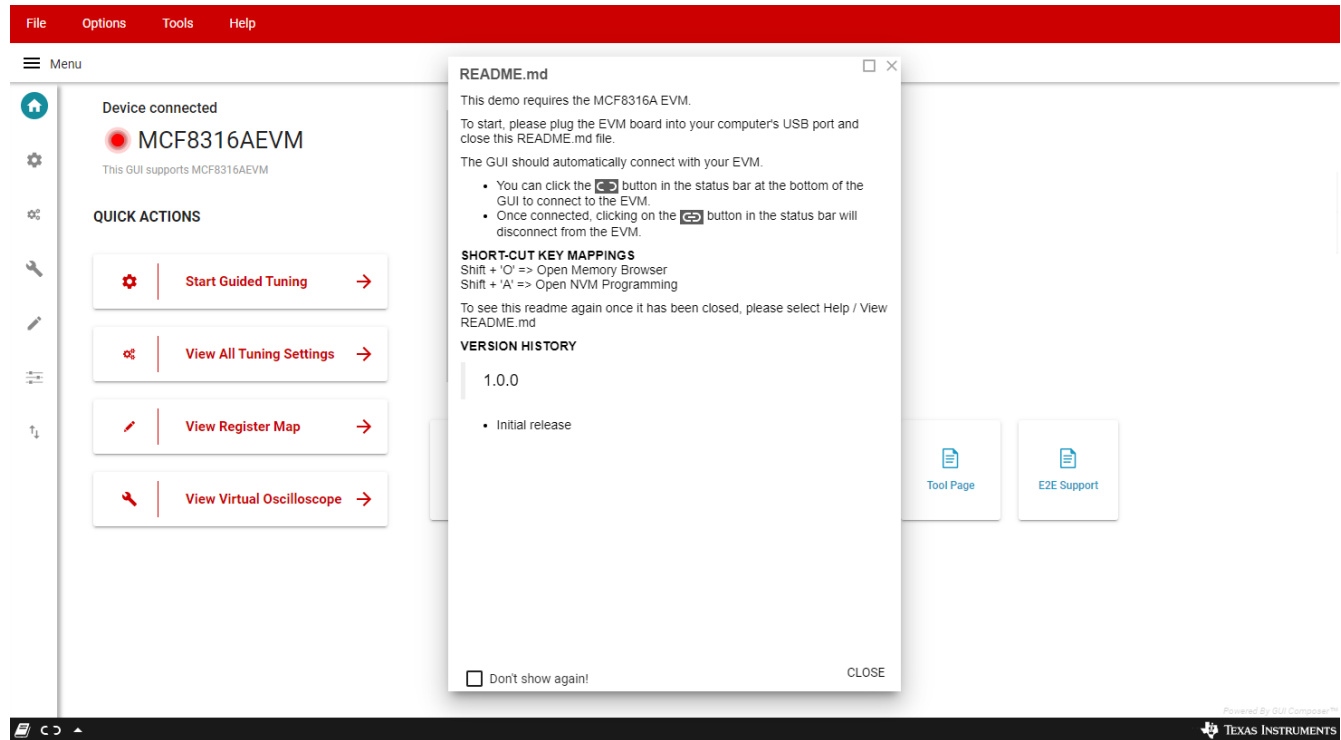


圖 6-1. MCF8316A GUI

載入 GUI 後，請依循 GUI 的逐步導引式調整章節來配置產品。

6.2 離線安裝程式

或者，您也可使用 TI Cloud Gallery 中的下載功能來下載 MCF8316A GUI，並離線安裝。



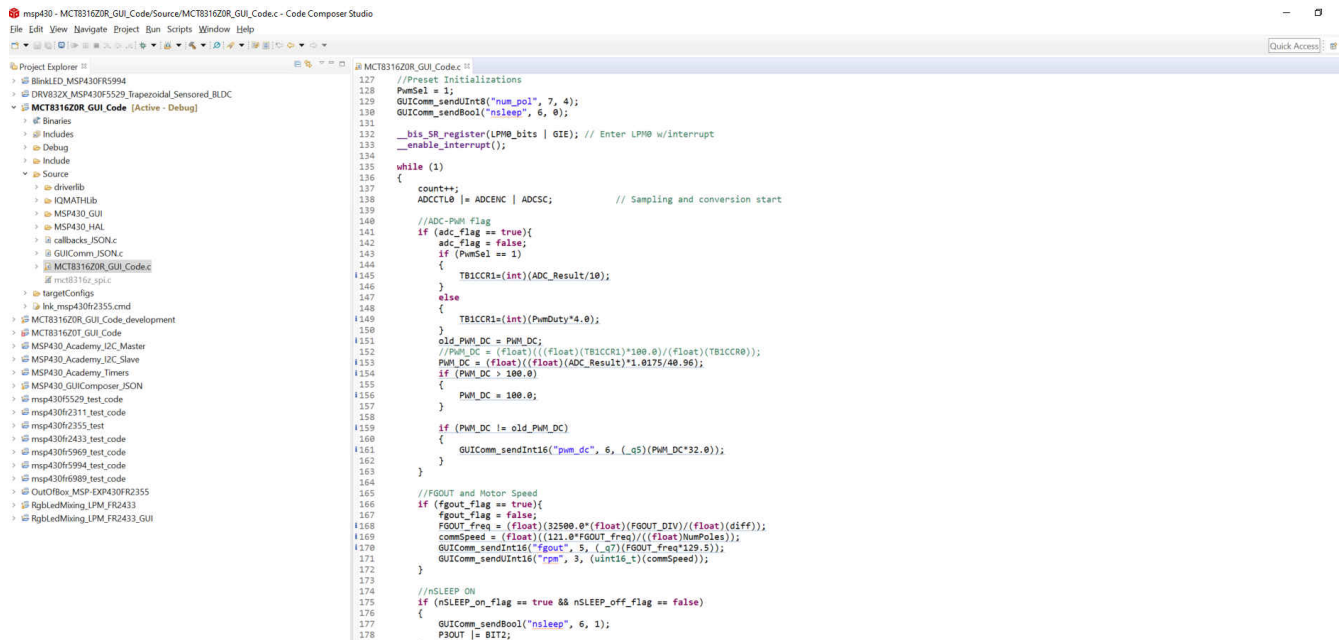
圖 6-2. MCF8316A GUI 離線安裝程式

7 MSP430FR2355 介面軟體

MCF8316AEVM 上的 MSP430FR2355 已預先編程，具備與電腦 GUI 和 MCF8316A 通訊所需的軟體。如需重新編程或將自訂程式碼快閃至 MSP430FR2355，您需要使用包含 eZ-FET 偵錯探測器的 MSP430 LaunchPad™。在此範例中，我們使用 [MSP-EXP430FR2355 LaunchPad 開發套件](#) 來提供偵錯探測器。請依循下列步驟為 MCF8316AEVM 下載程式碼，以搭配 GUI 使用。

7.1 下載 Code Composer Studio 並匯入 MSP430FR2355 介面軟體程式碼

1. 將「MCF8316AEVM_MSP430FR2355_Firmware_GUI.zip」解壓縮至電腦內的某個位置。
2. 下載最新版本的 [Code Composer Studio](#)。這將會在目錄 C:\ti 下建立一個 ti 資料夾。
 - a. 接受所有協議、預設安裝位置，並點擊「Next」，以繼續瀏覽選單。
 - b. 在「Select Components」視窗中，請確定已核取「MSP430 Low-Power MCUs」，以安裝 MSP430 LaunchPad 評估套件的所需套件。
3. 安裝後，請執行 CCS，並選擇一個資料夾或預設資料夾，以做為儲存任何新專案的工作區使用。位置和命名慣例可根據使用者的偏好變更。按一下「OK」按鈕以接受。
4. 在 CCS 中，按一下「Project」標籤，並選擇「Import CCS Projects」。按一下「Browse」。
5. 選擇於步驟 1 中所安裝的「MCF8316AEVM_MSP430FR2355_Firmware_GUI」資料夾。
6. 將專案「MCF8316AEVM_MSP430FR2355_Firmware_GUI」匯入工作區，如圖 7-1 所示。



```

127 //Preset Initializations
128 PwmSel = 1;
129 GUIComm_sendInt8("num_poi", 7, 4);
130 GUIComm_sendBool("nsleep", 6, 0);
131
132 __bis_SR_register(LPM0_bits | GIE); // Enter LPM0 w/interrupt
133 __enable_interrupt();
134
135 while (1)
136 {
137     count++;
138     ADCCTL0 |= ADCENC | ADCSC; // Sampling and conversion start
139
140     //ADC-PWM flag
141     if (adc_flag == true){
142         adc_flag = false;
143         if (PwmSel == 1)
144         {
145             TBCCR1=(int)(ADC_Result/10);
146         }
147         else
148         {
149             TBCCR1=(int)(PwmDuty*4.0);
150         }
151         old_PWM_DC = PWM_DC;
152         //PWM_DC = (float)((float)(TBCCR1*100.0)/((float)(TBCCR0));
153         PWM_DC = (float)((float)(ADC_Result)*1.0375/40.90);
154         if (PWM_DC > 100.0)
155         {
156             PWM_DC = 100.0;
157         }
158         if (PWM_DC != old_PWM_DC)
159         {
160             GUIComm_sendInt16("pwm_dc", 6, (_as)(PWM_DC*32.0));
161         }
162     }
163
164     //FGOUT and Motor Speed
165     if (fgout_flag == true){
166         fgout_flag = false;
167         FGOUT_freq = (float)(32500.0*(float)(FGOUT_DTV)/((float)(diff)));
168         commspeed = (float)((float)(123.0*FGOUT_freq)/((float)NumPoles));
169         GUIComm_sendInt16("fgout", 5, (_as7)(FGOUT_freq*129.5));
170         GUIComm_sendInt16("rpm", 3, (_as)(commspeed));
171     }
172 }
173
174 //nSLEEP ON
175 if (nSLEEP_on_flag == true && nSLEEP_off_flag == false)
176 {
177     GUIComm_sendBool("nsleep", 6, 1);
178     PSOUT |= BIT2;

```

圖 7-1. Code Composer Studio 中的 MSP430FR2355 介面軟體程式碼

7.2 使用 eZ-FET 以編程 MSP430FR2355

MSP430FR2355 LaunchPad 上的 eZ-FET 偵錯探測器使用 SPI-by-Wire JTAG 介面，以針對 MCF8316AEVM 上的 MSP430FR2355 進行編程。請查看 [MSP430 LaunchPad 開發套件](#)，以取得包含板載 eZ-FET 偵錯探測器的 MSP430 LaunchPad。

1. 移除 MSP430 LaunchPad 上的 GND、3V3、SBWTDIO 和 SBWTCK 跨接器。
2. 將 GND、3V3、SBWTCK 和 SBWTDIO 訊號於 LaunchPad eZ-FET 側的頂端針腳，分別連接至 MCF8316AEVM 的 J4 針腳，如表 7-1 和圖 7-2 所示。
3. 將 micro-USB 線連接至 MSP430 LaunchPad 和電腦。
4. 按一下「建立專案」圖示或「Ctrl」+ B，以確保成功建立專案。如有需要，則接受來自中控台的任何變更。
5. 按一下「Debug Project」以建立偵錯工作階段，並按下「Play」按鈕以執行程式碼。
6. 停止偵錯工作階段、關閉 Code Composer Studio、斷開 SPI-by-Wire 跨接器，並從 MSP430 LaunchPad 上拔下 micro-USB 線。

表 7-1. 對 MSP430FR2355 進行編程所需的 SPY-BI-Wire 連線

MSP430 LaunchPad™ (eZ-FET 偵錯探測器側) (J101)	MCF8316AEVM 4 針腳 SPI-by-Wire 接頭 (J4)
GND	GND
3V3	3.3V
SBWTDIO	SBWTDIO
SBWTCK	SBWTCK

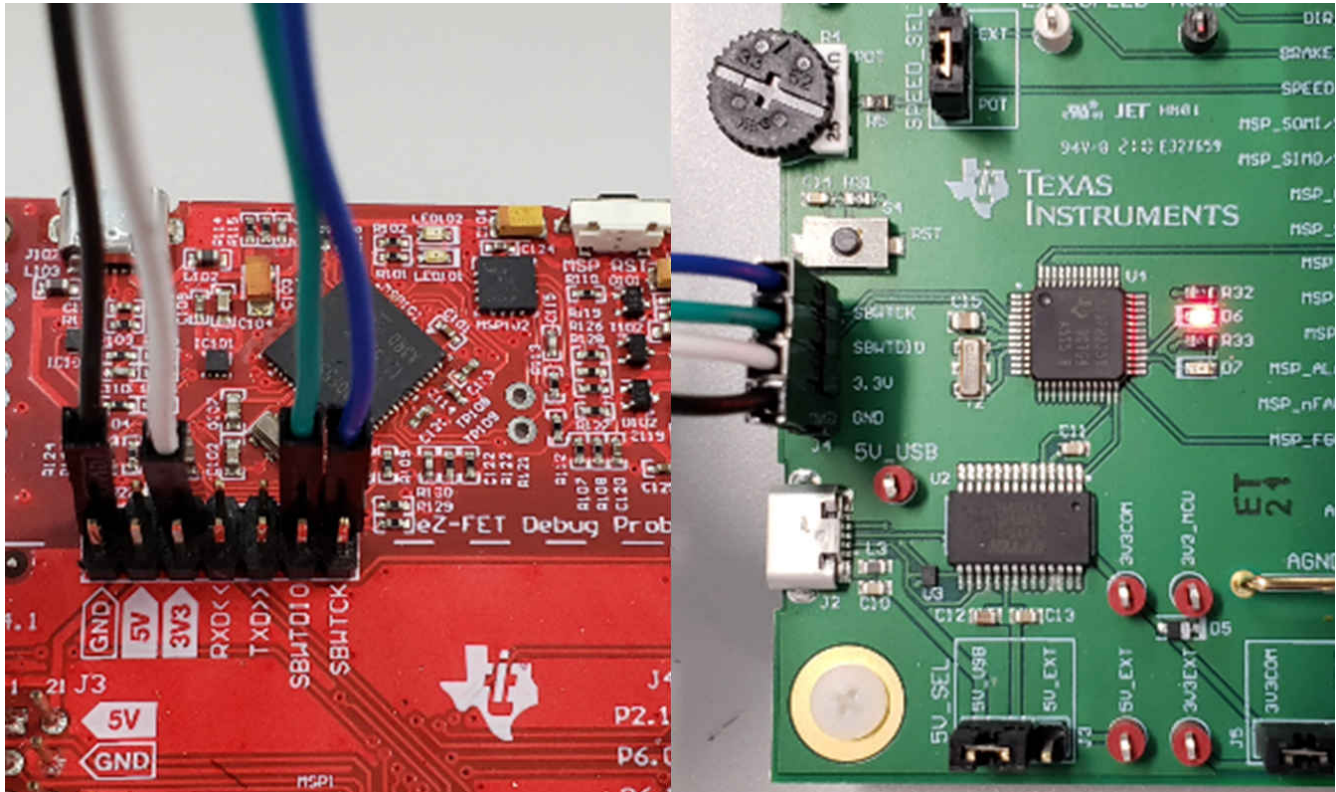


圖 7-2. MSP430 LaunchPad™ eZ-FET 探測器連接至 MCF8316AEVM

8 電路圖

8.1 主電源和 Pi 濾波器

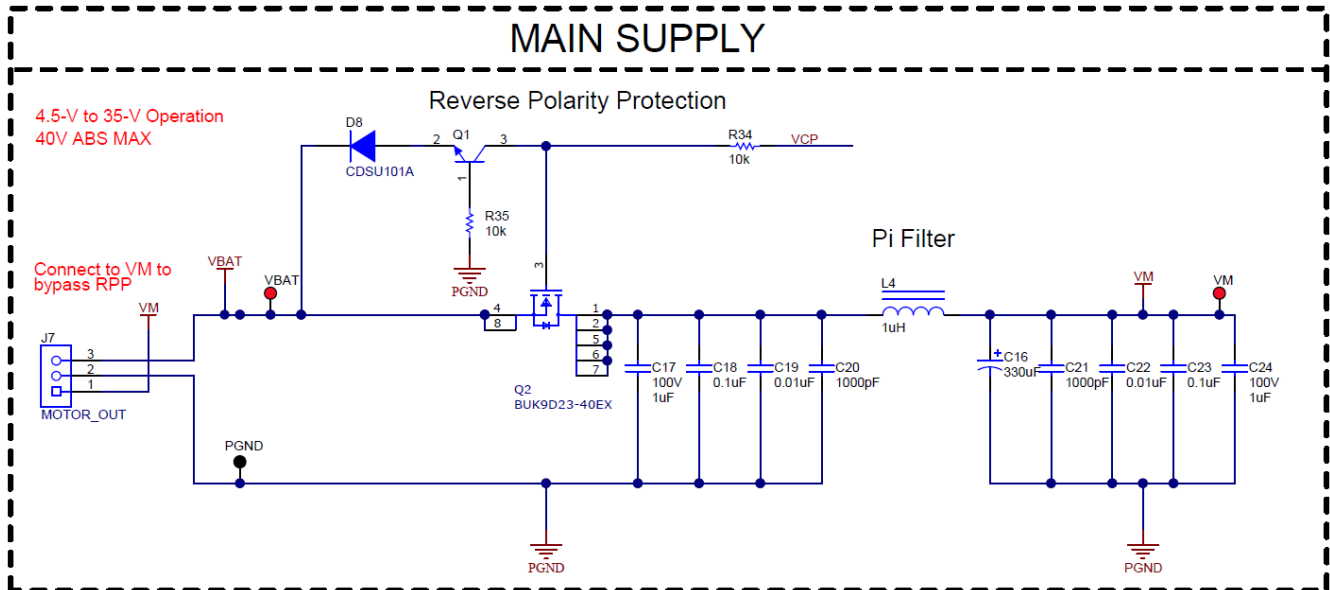


圖 8-1. 主電源和 Pi 濾波器電路圖

8.2 接頭和介面

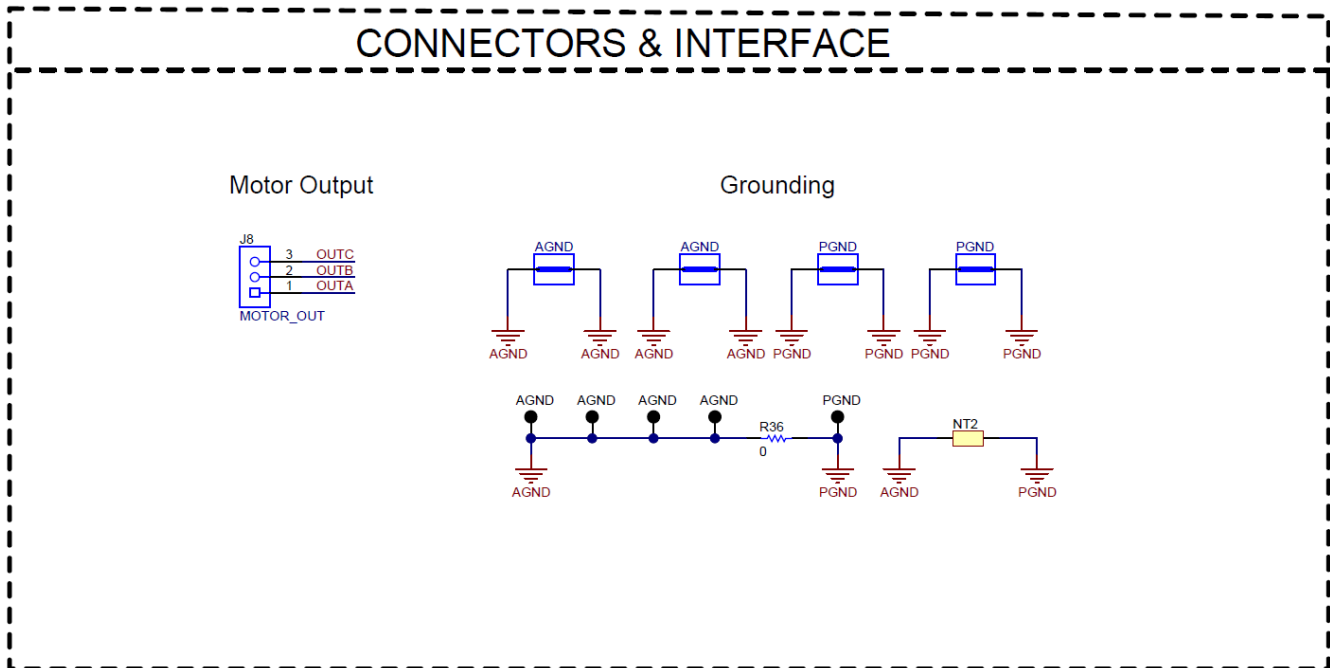


圖 8-2. 接頭和介面電路圖

8.3 USB 轉 UART

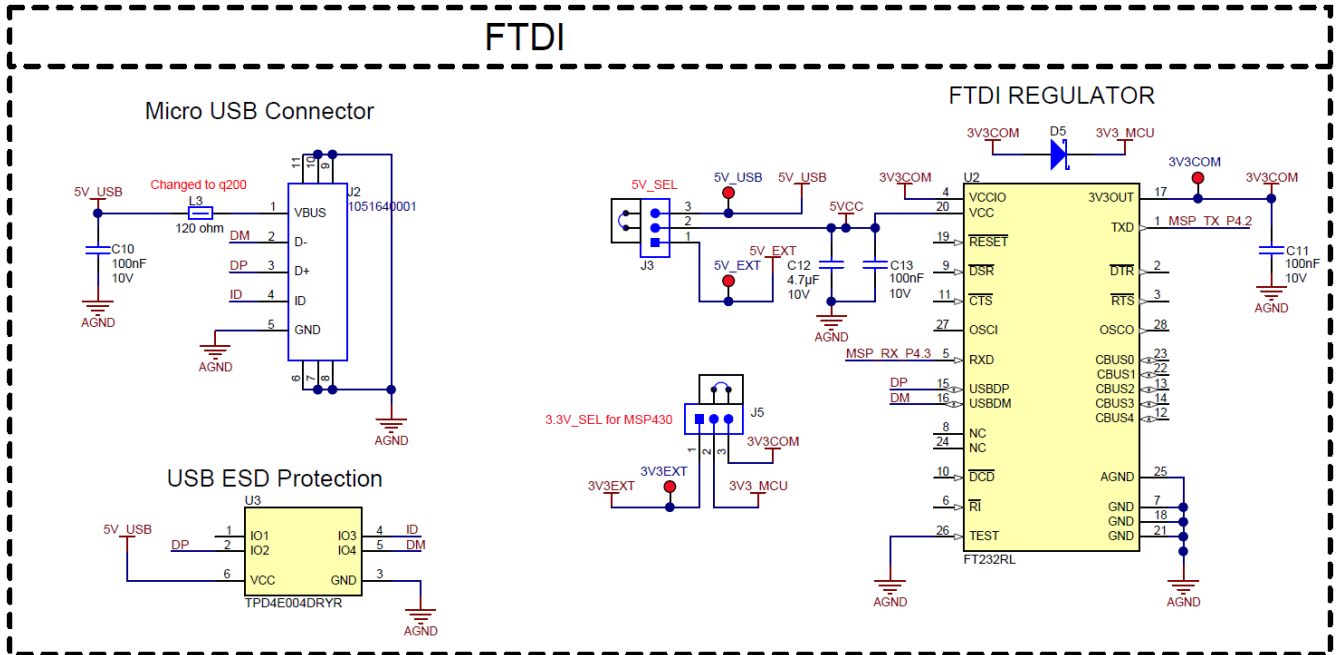


圖 8-3. USB 轉 UART 電路圖

8.4 MCU 編程與偵錯

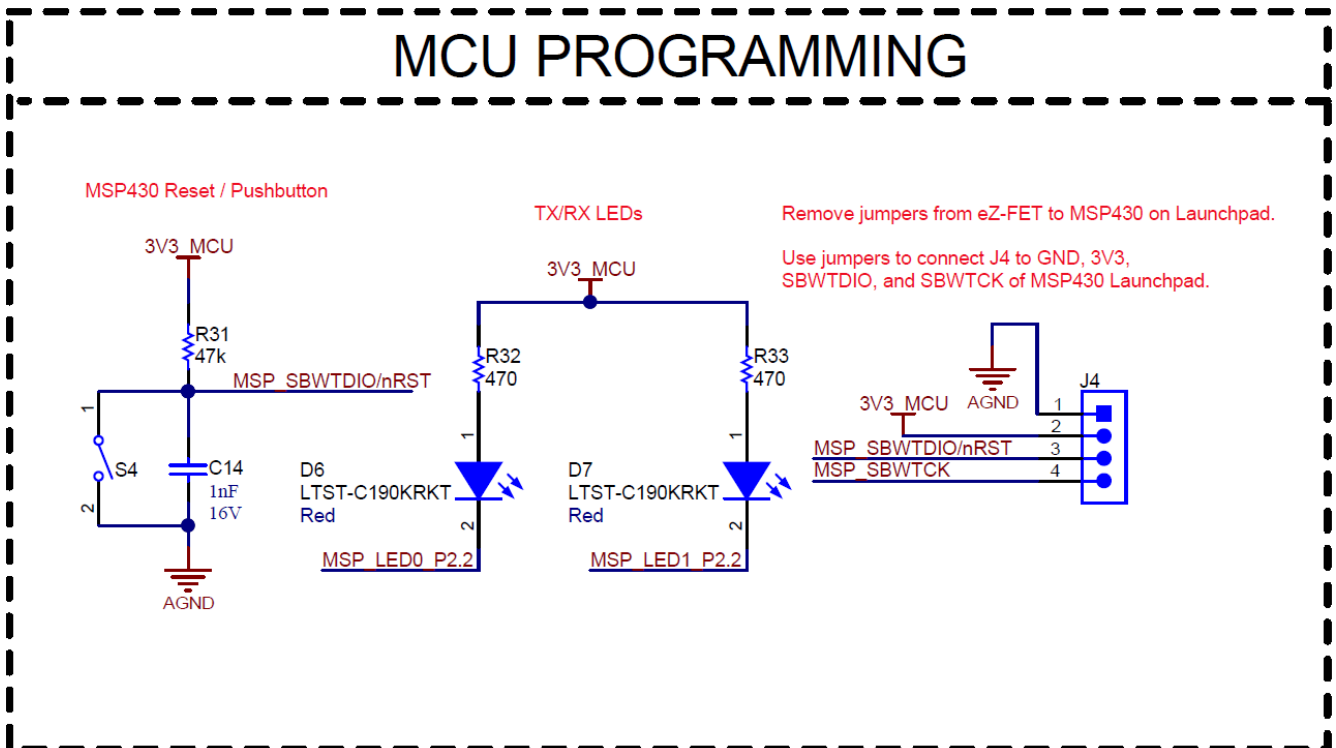


圖 8-4. MCU 編程與偵錯電路圖

8.5 MSP430FR2355 MCU

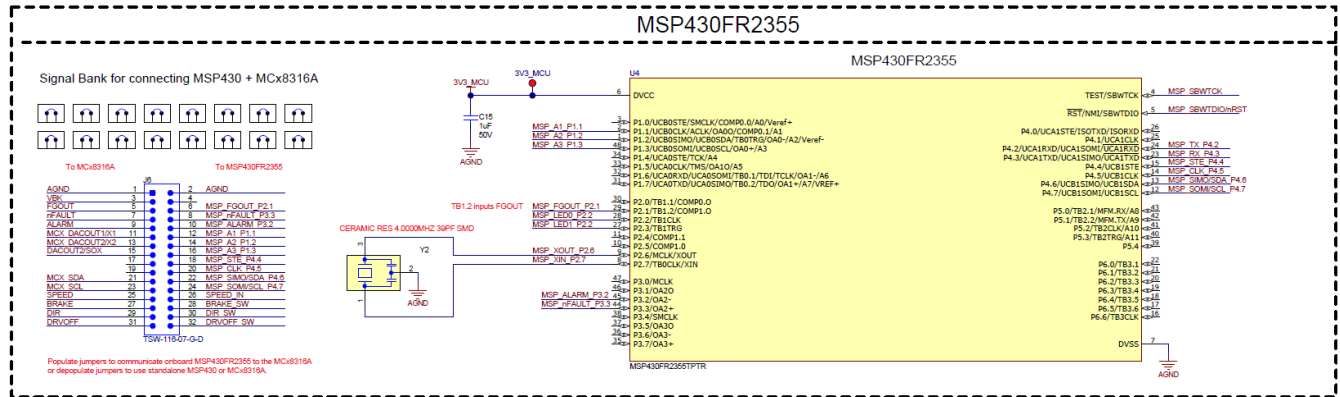


圖 8-5. MSP430FR2355 MCU 電路圖

8.6 MCF8316A 三相無感測器 FOC 整合式驅動器

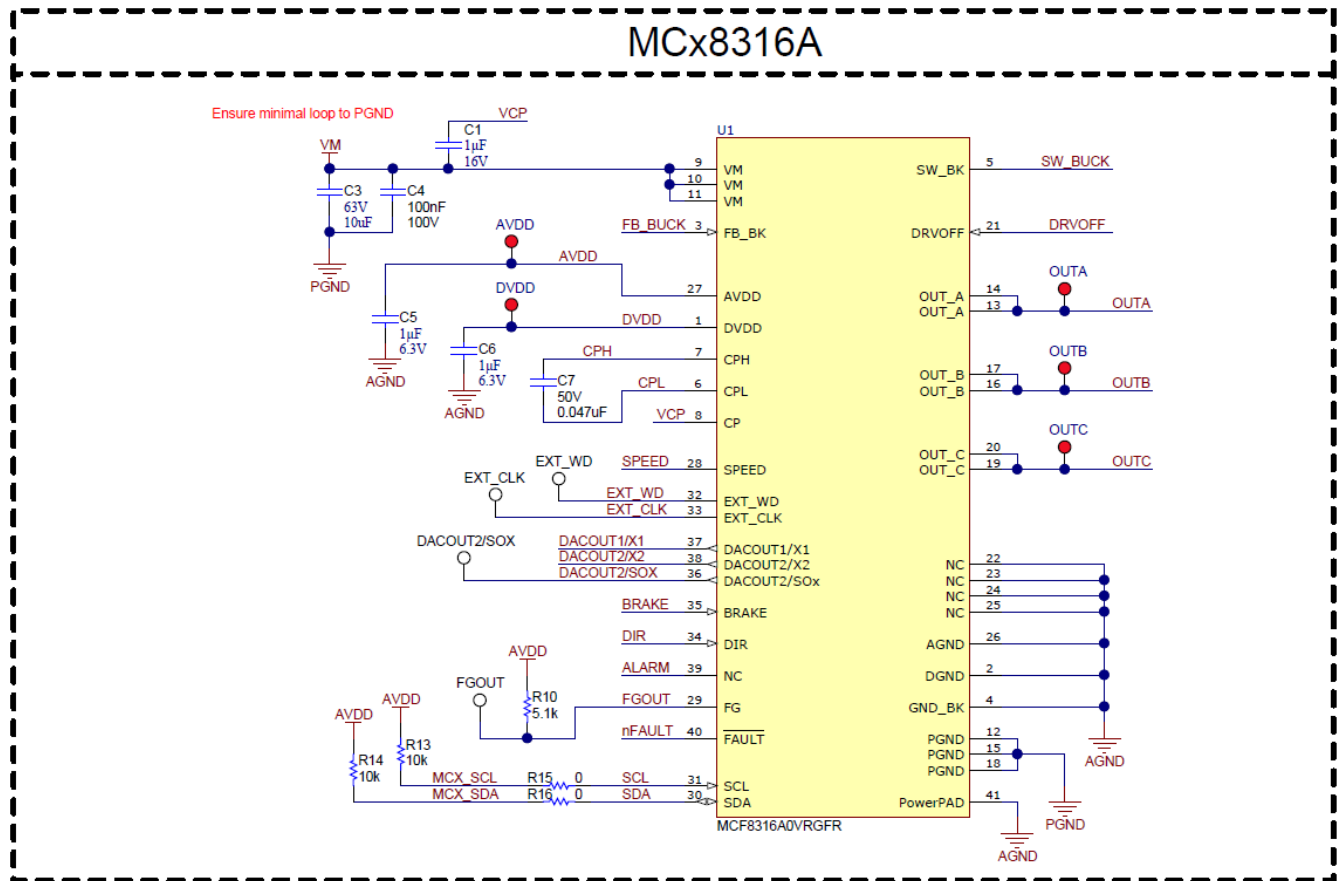


圖 8-6. MCF8316A 三相無感測器 FOC 整合式驅動器電路圖

8.7 降壓穩壓器

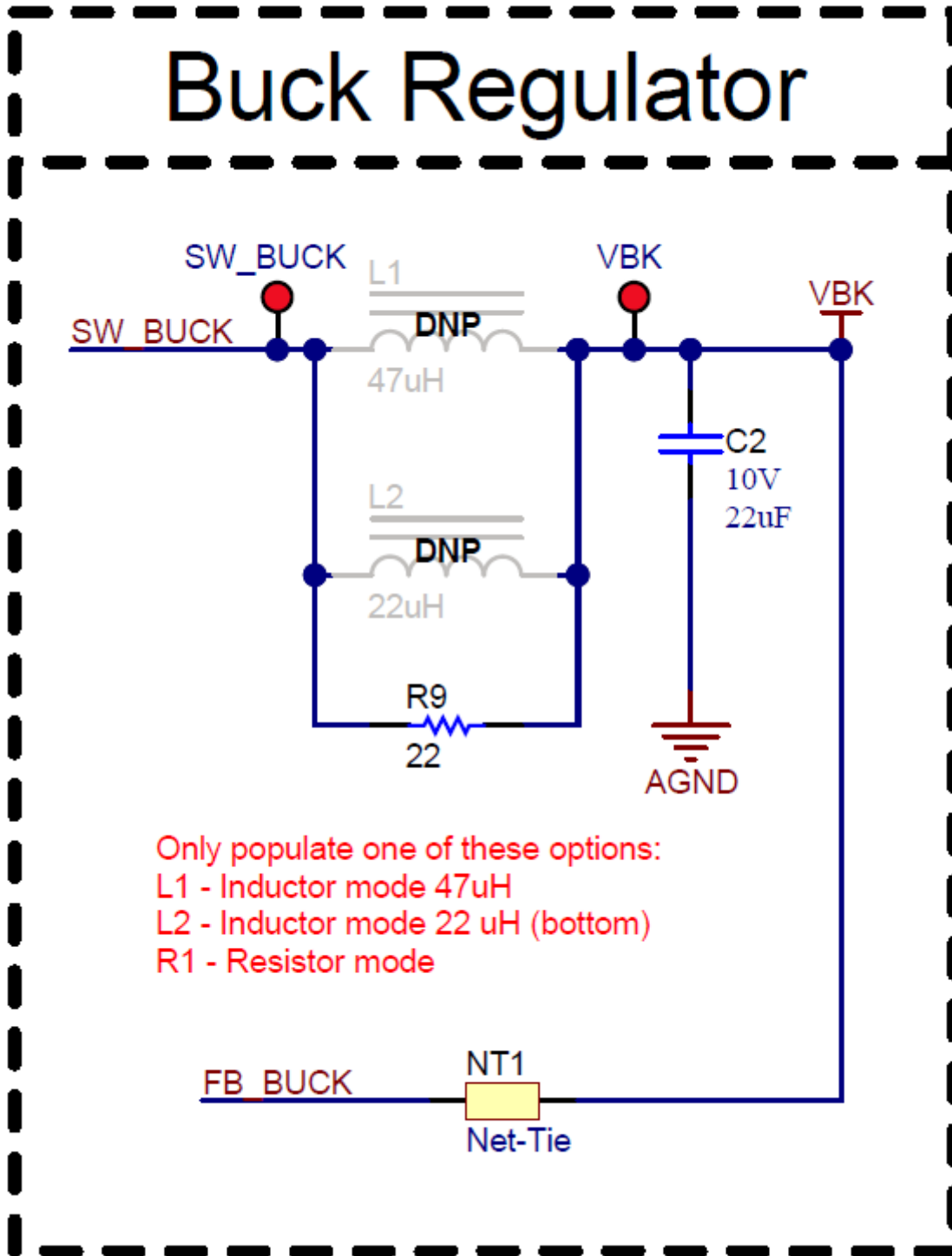


圖 8-7. 降壓穩壓器電路圖

8.8 狀態 LED

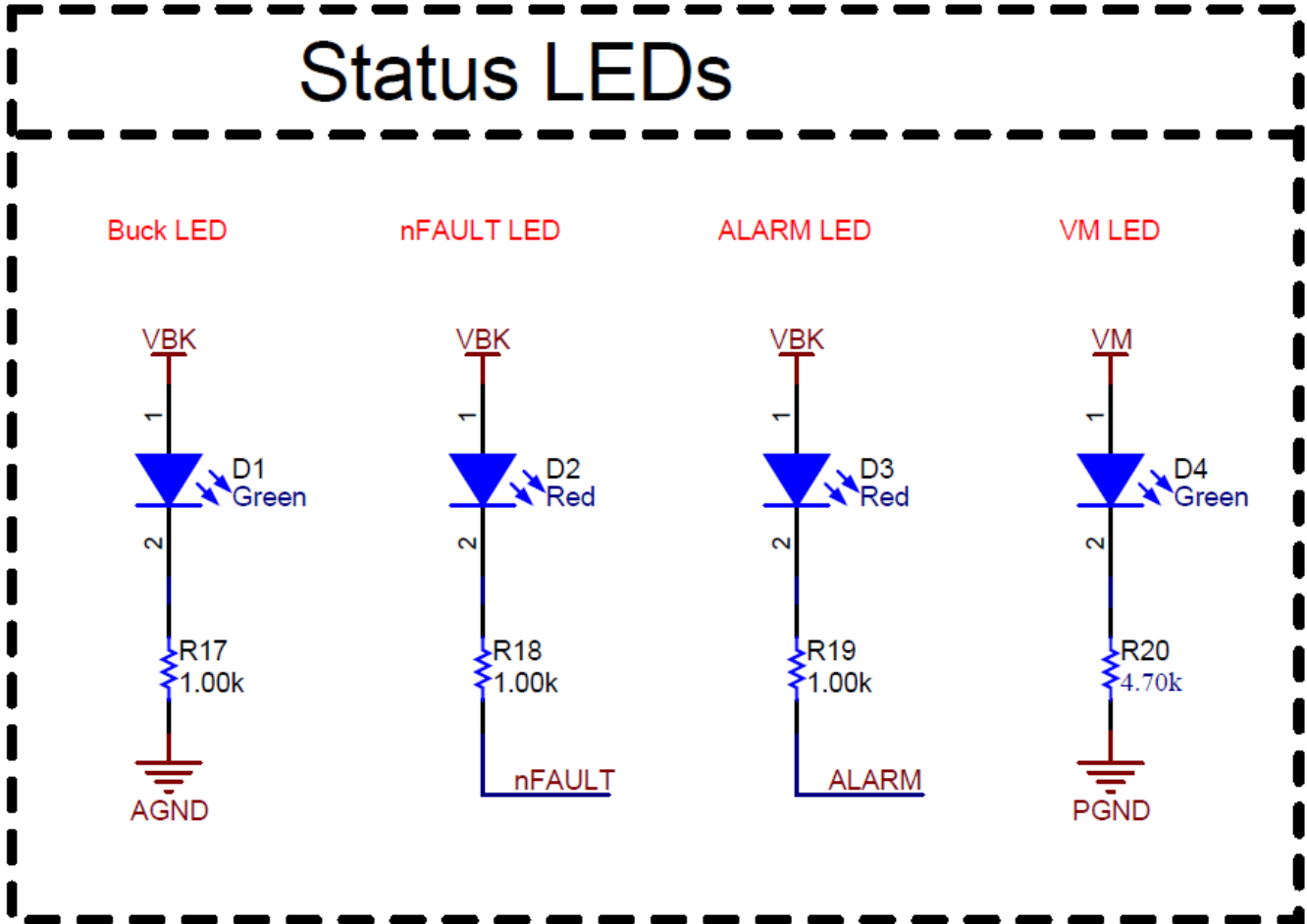


圖 8-8. 狀態 LED 電路圖

8.9 開關和快速輸入

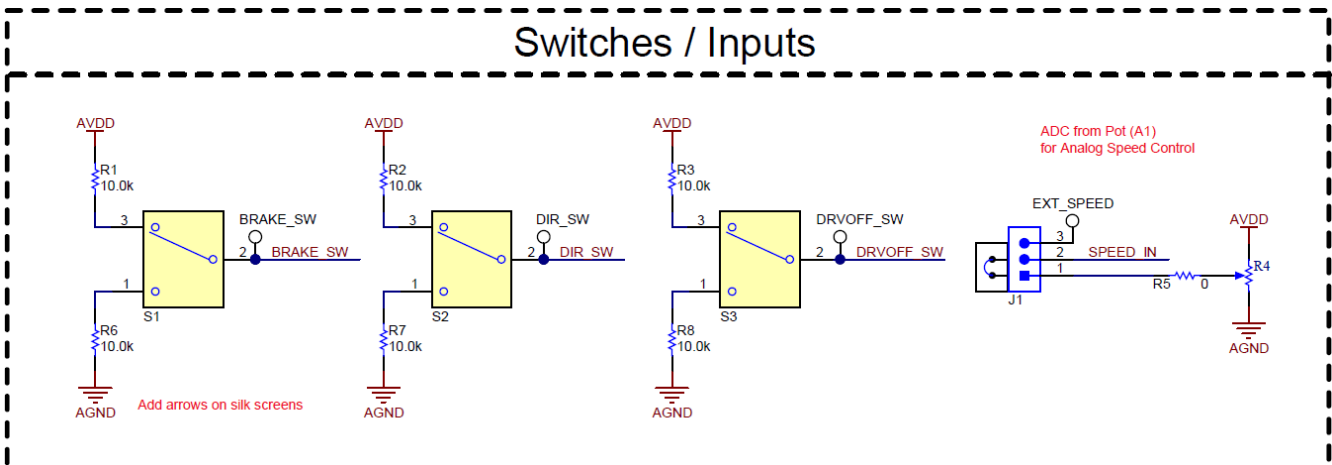


圖 8-9. 開關和快速輸入

9 修訂記錄

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修訂	備註
2021 年 8 月	*	初始版本

重要聲明與免責聲明

TI 以「現狀」及所含一切錯誤提供技術與可靠數據 (包含產品規格書)、設計資源 (包含參考設計)、應用或其他設計建議、網頁工具、安全資訊和其他資源，且不承擔所有明示或默示保證，包括但不限於適銷性或用於特定用途之適用性的任何默示保證，或不侵害第三方智慧財產的任何默示保證。

這些資源適合以 TI 產品進行設計的專業開發人員。您應自行負責 (1) (1) 適合您應用的 TI 產品，(2) 設計、驗證與測試您的應用，與 (3) 確保應用符合適用標準，以及任何安全、保全或其他要求。這些資源得進行修改且無需通知。TI 僅同意允許您使用這些資源，為採用資源中所述 TI 產品的應用進行開發。嚴禁複製與展示這些資源。不授予其他 TI 智慧財產權或任何第三方智慧財產權。針對因您使用這些資源所產生的任何索賠、損害、成本、損失及責任，TI 不承擔相關責任，且您應全額賠償 TI 及其代表因您使用這些資源所產生的任何索賠、損害、成本、損失及責任。

TI 的產品依 TI 銷售條款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>)、在 [ti.com](https://www.ti.com) 上提供的其他適用條款，或連同該 TI 產品提供之適用條款所提供。TI 提供此等資源不致於擴大或以其他方式改變 TI 的可用保證或 TI 產品保證免責。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2021, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated