

軟體可配置硬體如何協助實現工業 I/O 模組的彈性

■作者：Hakan Uenlue / ADI 資深現場應用工程師

不論是用於程序控制安裝還是工業自動化系統，I/O 模組或現場接線盒在整個產品生命週期中都面臨著各種獨特的挑戰。產品管理層需要決定每個產品使用多少個通道以及進行哪些組合。電子設計人員必須決定如何對專案中的各種類比或數位訊號實現傑出性能以及成本高效的系統。所有不同的產品和大量接線圖可能使安裝技術人員心力交瘁。如果我們能夠設計出一種具有極高彈性的系統來因應這些難題，生活是不是會更輕鬆？ADI 的新產品系列軟體可配置輸入/輸出 (Software Configurable I/O ;SWIO) IC 可實現此目標，它可隨時支援接腳上的任意功能和組合。

對於程序控制或工廠自動化中的工業可編程邏輯控制器 (PLC) 或分散式控制系統 (DCS)，終端客戶和應用的要求不同。產品經理要定義正確的產品、策略和優化是一項艱鉅的任務。¹ 一位終端客戶可能需要更多類比輸出通道，如 4 mA 至 20 mA，而另一位終端客戶可能需要更多數位輸入。或者這個客戶的一個平台需要更多類比頻道，而另一個平台需要更多數位通道。這種困境的示例如圖 1 所示。隨著工業 4.0 的出現，消費者的行為和需求也發生了

變化，因此，製造商需要更彈性的系統來快速輕鬆地適應不斷變化的要求。為此，製造商不能再依賴為大眾市場產品設計的固定的大規模系統和可預測的需求。相反，他們需要彈性的系統，此類系統支援快速重新配置，停機時間和資本投入也處於非常低的水準。

SWIO 元件不僅支援其通道作為輸入或輸出編程，而且支援作為類比或數位編程。此外，還可對它們進行高效設定，用於讀取 2 線或 3 線 RTD 或熱電耦。

由於軟體可配置 I/O 可進一步用於需要更新至 10BASE-T1L 工業乙太網路系統的棕地裝置，所以可將其用於為基於乙太網路的控制網路之間的連接橋樑。其支援開發標準化的可配置現場 I/O 單元，此類單元能夠在現有支援 HART 的 4 mA 至 20 mA 感測器和執行器與 10BASE-T1L 或 100M 光纖回程之間進行轉換。

圖 2 顯示四通道 SWIO 元件 AD74413R，該元件旨在滿足程序控制、工廠自動化或建築控制應用 (本文重點介紹工業應用)。此元件是用於工業輸入和輸出操作的完全整合式整體解決方案。

圖 1: 通道數和配置可能性。

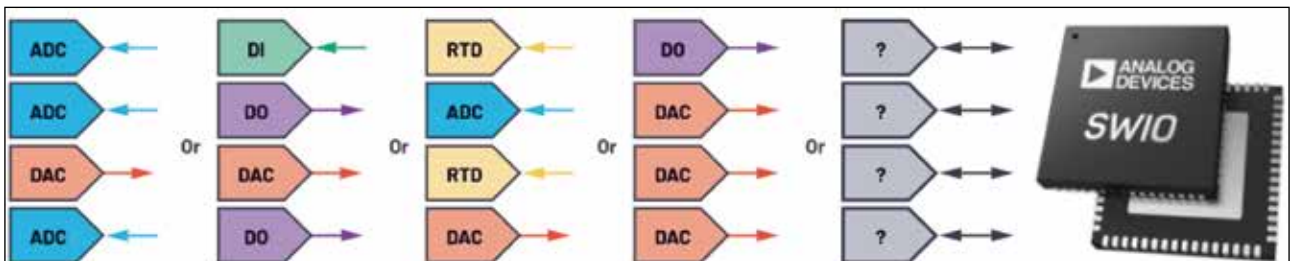
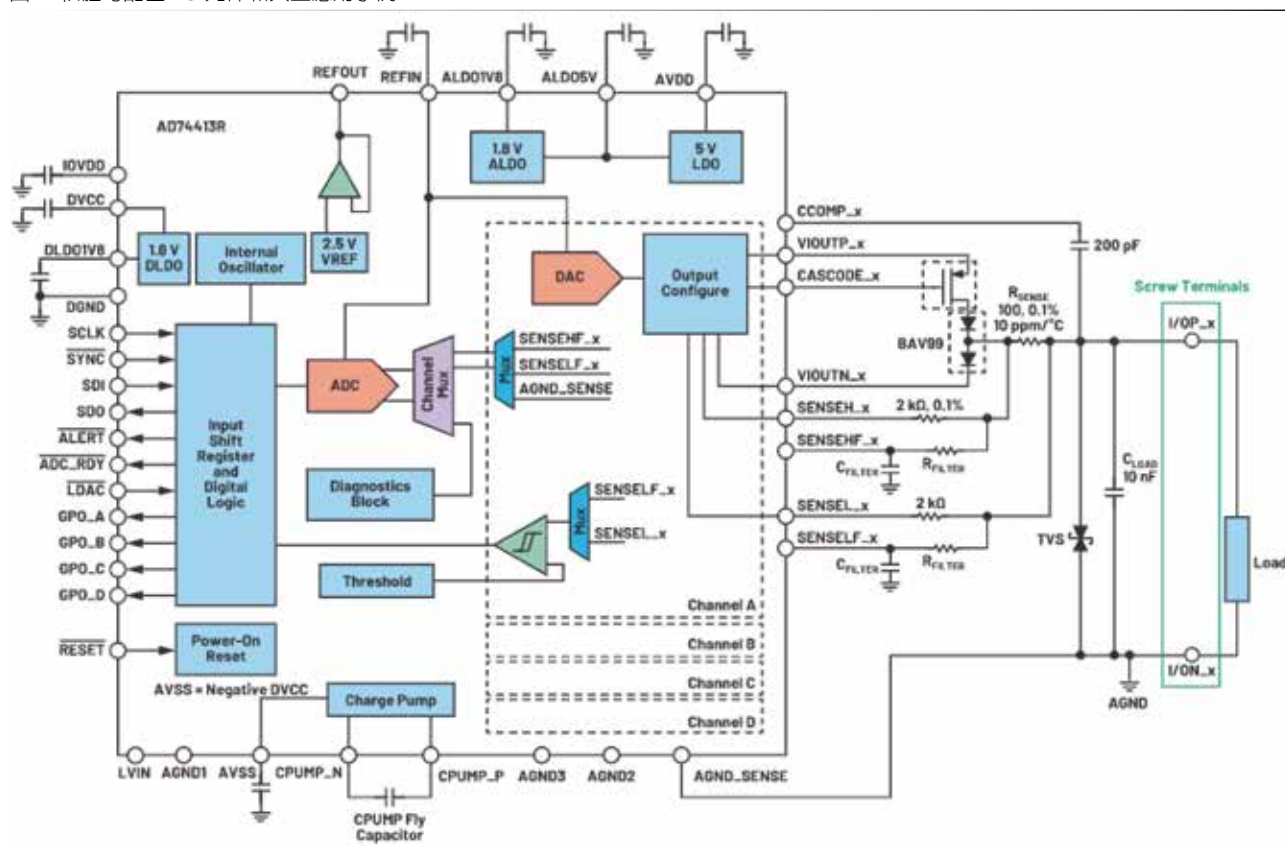


圖 2: 軟體可配置 I/O 元件和典型應用示例。



AD74413R 具有一個 16 位元、 Σ - Δ ADC 和四個 13 位元 DAC，採用支援 -40°C 至 $+105^{\circ}\text{C}$ 工作溫度範圍的 9 mm \times 9 mm、64 接腳 LFCSP 封裝。每個通道均採用透過時脈高達 24 MHz 的 SPI 匯流排寫入配置暫存器的方式來配置。用戶可透過 AD74413R 暫存器圖改善每個操作模式的預設配置。

AD74413R 的 16 位元、 Σ - Δ ADC 可透過單一轉換請求測量四個通道中的一個或多個通道以及多達四個診斷輸入上的電流或電壓。轉換速率高達 4.8 kSPS，並提供可選 50 Hz 和 60 Hz 抑制濾波器。

每通道 13 位元 R-string DAC 本質上是單調線性的。這些 DAC 支援高達 25 mA 的電流輸出，並具有用於故障診斷的開路檢測能力。同樣，也可提供真正 0 V 到 11 V 的電壓輸出。

AD74413R 具有在價格敏感應用中驅動 DAC 和 ADC 的高精度內部基準電壓源，然而需要高性能時，可使用外部基準電壓源。

可能的功能和操作模式

每個通道的功能概述見表 1。該元件可支援電壓輸出、電流輸出、電壓輸入、外部供電的電流輸入、迴路供電的電流輸入、外部 RTD 測量、數位輸入邏輯和迴路供電的數位輸入。上電或元件復位後，也有高阻抗模式作為預設功能。

電壓輸出放大器可產生高達 11 V 的單極性電壓。內部低電壓電荷泵允許放大器產生真零輸出電壓。在此模式下，外部感測電阻提供電流回饋（加壓測流 FVMI 方法），透過 SENSEL_x 接腳的負反饋調節正確的電壓水準。

在電流輸出模式下，DAC 提供的電流輸出（通常為 0 mA 至 25 mA）透過感測器電阻（SENSEL_x 和 SENSEH_x 接腳）上的差分電壓來調節。在低阻負載情況下，若要降低晶片上的功耗，可透過連接外部 PMOS 以通過 0 mA 至 25 mA 輸出電流。

表 1: 可能的功能選擇

通道功能 (通過 CH_FUNC_SETUPx 暫存器程式設計)	示例功能
高阻抗	可選下拉電阻
電壓輸出	短路保護
電流輸出	開路檢測
電壓輸入	可選下拉電阻、熱電耦測量模式
電流輸入 (外部供電)	短路保護、HART 相容模式
電流輸入 (迴路供電)	短路保護、HART 相容模式
電阻測量	比率測量、2 線或可能 3 線 RTD
數位輸入邏輯	濾波或未濾波電壓測量、防抖功能
數位輸入, 迴路供電	濾波或未濾波電壓測量、防抖功能

電流輸入模式可支援外部供電和迴路供電配置。

16 位元 Σ - Δ ADC 透過感測電阻自動測量電流。可濾波感測接腳 (SENSEHF_x 和 SENSELF_x) 用於此目的。此外, 這兩種類型的電流輸入功能都有可確保最小 230 Ω 接收阻抗的額外 HART 相容模式。²

電壓輸入模式透過其中一個濾波埠 (SENSELF_x) 和地感使用 ADC 測量電壓。可針對浮空電壓選擇額外下拉選項。在電壓輸入模式下, 也可透過 ADC 中的專用範圍設定獲得熱電耦讀數。

電阻測量模式使用從 2.5 V 偏置電壓獲得的電壓對外部 2 線 RTD 進行偏置。透過上拉電阻至偏置電壓, 可確保精準的比率測量。低激勵電流可大幅降低功耗, 從而減少 RTD 的自熱。

數位輸入模式支援 IEC 61131-2 I 型、II 型和 III 型元件。閾值可透過專用暫存器編程。每個通道都有一個專用通用輸出 (GPO) 和用戶可編程防抖濾波。

穩健性和診斷

由於工業環境的性質, AD74413R 設計為在嘈雜環境中功能穩健, 並能承受接線錯誤和湧浪事件等過壓情況。由於晶片內線路保護裝置, 螺絲端子連接到比 AVDD 接腳更高的電位時不會將電源輸入 IC。可使用額外的 TVS 二極體承受輸入 / 輸出端子上的高湧浪。此外, 為了提高 AD74413R 的穩固性, 將迴圈循環冗餘核對 (CRC) 內建在 SPI 介面中。

多個診斷功能可確保 AD74413R 正常運行, 它們可針對大多數常見故障場景提供警告。晶片內診斷功能可監測電源電壓、基準電壓、晶片溫度 (警示或關斷) 和螺絲端子。端子上連接的故障電壓高於 AVDD 或低於 0 V 時, 對最後一個因素的診斷有助於進行接線錯誤檢測。外部檢測電阻可進一步協助診斷以及正常操作。例如, 它可以為電壓模式提供短路檢測, 或協助調節電流輸出模式。用戶也可以選擇編寫自己的診斷程式來測試連接的感測器 / 執行器, 因為 AD74113R 可以施加電壓或電流, 並從現場設備讀取電流或電壓響應。

如果發生警報情況, 則 ALERT 接腳置為有效。ALERT_STATUS 暫存器可確定故障來源。

配套解決方案

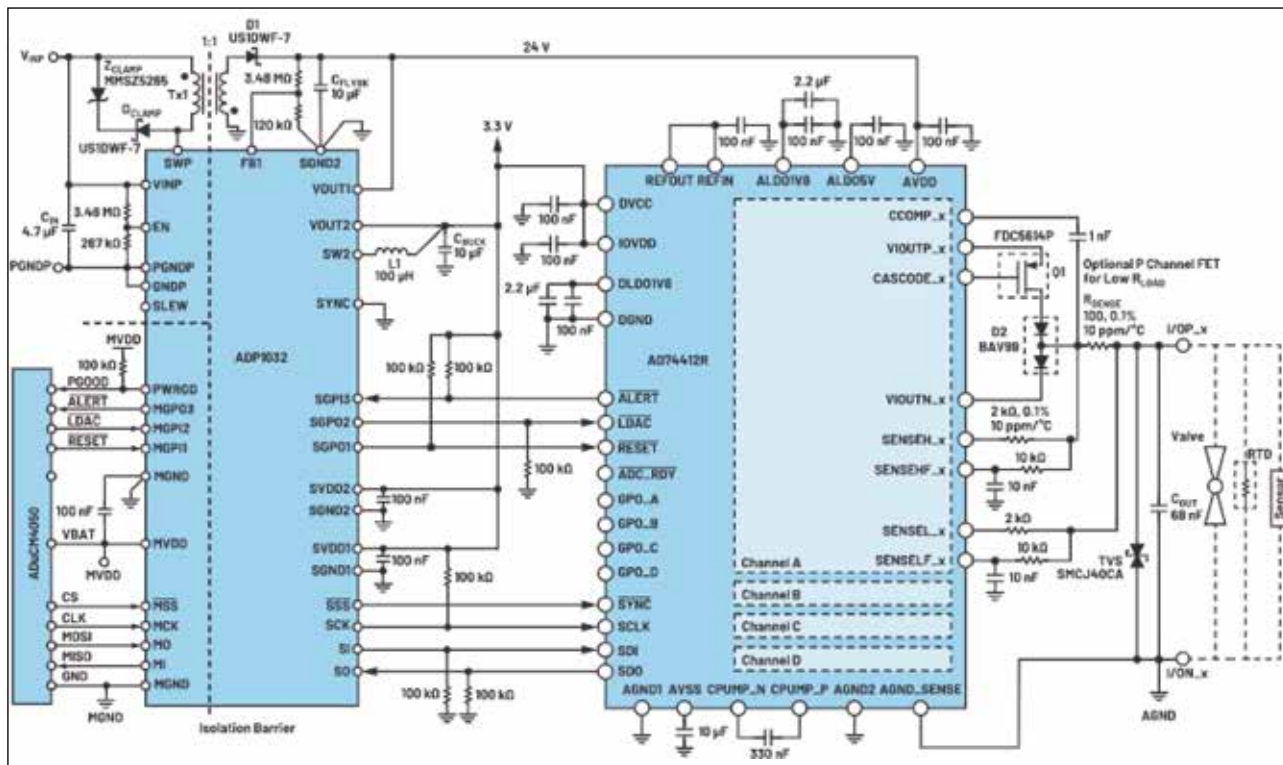
一個常見的應用請求, 是 I/O 模組或 PLC 具有微處理器隔離功能或在匯流排側有電子控制單元。資料和電源都應該是電氣分離的。為了這兩個目的, ADI 為 SWIO 系列開發了專用電源和數據隔離器。ADP1032 是高性能隔離式電源管理單元 (PMU), 包含具有降壓調節器和數據隔離通道的隔離式反馳穩壓器。如圖 2 所示。

兩個調節器進行相移以因應極低的電磁干擾 (EMI)。電流模式反馳控制器可提供 6 V 至 28 V 電壓。它具有 UVLO、過流 / 過壓保護、使能控制、軟啟動和壓擺率控制。此外, 並有 7 個低功率數位隔離通道——4 個用於 SPI, 3 個用於通用通訊。

I/O 模組中的另一個典型需求是驅動繼電器或燈。AD74413R 的 GPO 也可能編程為特殊數位輸出 (DO)。透過外部 PMOS 和 ADM1270 限流控制器, 此接腳可調節幾百毫安培用於驅動繼電器或燈。ADM1270 為這些感性或電阻負載提供湧浪限流和過流保護。在 AD74413R 的評估板上可找到典型應用示例。

需要 HART 調變時, AD5700 可為基於

圖 3: 具有 ADP1032 電源管理單元的 AD7441xR 的典型應用電路。



AD74413R 的系統提供數據機功能。

由於本文的範圍涉及工業應用，我們主要討論 AD74413R。還有一個更輕的版本為 AD74412R，目標是建構控制應用。其具有 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 的更小工作溫度範圍、更低的電流輸入和輸出精度以及高達 26.4 V 的電源電壓。

結論

使用正確的 SWIO IC，將使製造商可開發一個可代替多個陳舊固定功能 I/O 模組的平台。他們也可將該技術用於 I/O 隨著每次安裝而動態變化的多個終端應用中。對於傳統上依賴具有多個 I/O 模組

的控制櫃且每個通道類型需採用指定佈線的系統，由於最終使用者現在可以安裝可在控制室編程的單一模組，硬體的需求隨之消失，從而有助於降低產品管理、物流、製造和支援成本。由於 SWIO 技術可應用於已經可用的裝置，所以也可作為基於以太網路的控制網路之間的連接橋樑。

參考電路：

¹ Bela G. Liptak. Instrument Engineers' Handbook, Volume II: Process Control and Optimization. CRC 出版社，2005 年 9 月。

² HART 通訊協議。國際現場通訊技術基金會。CTA

下期預告

機器視覺