

Microchip PMSM 馬達控制經驗談

目前 Microchip 的 3.3V 70MIPS dsPIC33EP MC 系列是專門針對 motor control 所設計的 MCU/DSP。以三相馬達控制為例，從基本的 BLDC 六步方波到 Sensorless FOC (PMSM 永磁同步 or AC 感應) 皆可輕鬆應付。若強調車用及安全功能，5V 且具有 ECC (error codes correction) 的 dsPIC33EV 系列則為首選。而 PIC32MK MC 系列及 SAM E/S7x 300MHz Cortex M7 系列則非常適合高階伺服馬達控制應用，如高速高精度的工具機台。以下介紹會以較常見的三相永磁馬達為主。

以控制法則來分，有 BLDC 六步方波驅動，可以是開迴路或是速度閉環或速度及電流閉環控制。若要輸出弦波有 Sensorless FOC (Microchip Application notes AN1078, AN1292) 或開迴路弦波控制 (AN1017)。若要輸出弦波電流，且馬達啟動時就有高負載，sensor-less FOC 就比較不適合。此情形就必須在馬達加上 Hall IC 或編碼器偵測馬達轉子位置，以便在馬達堵轉時也可輸出高扭力，例如 e-bike, e-scooter 等。一般來說都會使用 Hall IC。但根據經驗，我們常遇到弦波控制時，Hall IC 輸出容易受馬達動力線或 PWM 干擾，尤其是 Hall 信號線常與 motor UVW 動力線做成同一條線時此情形更為常見，如圖 (一) 紅色圈所示，其中的 noise 會導致 MCU 多產生一次以上之 Capture 中斷，如果是以中斷讀取 Hall 信號來計算速度，此情況便會造成速度計算突波。

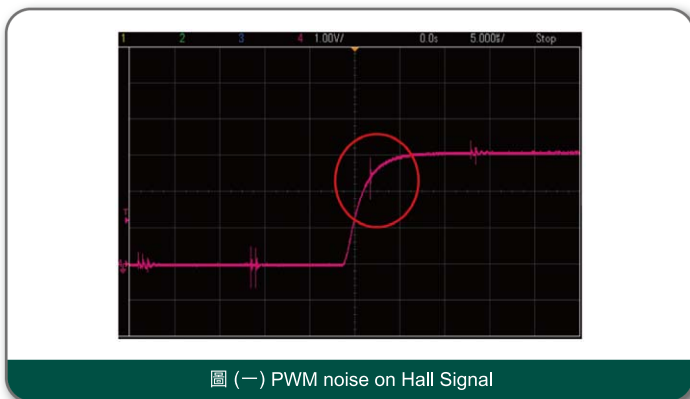


圖 (一) PWM noise on Hall Signal

由於是用 Hall 信號來預估 SVPWM 所需角度，速度計算的突波會使角度產生嚴重錯誤，使得 FOC 在做 d-q 電流控制時造成錯誤，又造成了馬達相電流突波而使馬達抖動。根據實驗結果，利用 Microchip dsPIC[®] DSC 在 PWM 與 A/D 同步觸發下讀取 Hall 輸入信號可大幅避免此問題產生並利用 MPLAB[®] X IDE 的插件 X2C Scope 來檢視是否有 Hall 信號讀取錯誤。圖 (二) 顯示馬達角度為一連續變化，而圖 (三) 為 Hall 信號變化，都顯示並無角度錯誤產生。圖 (四) 為馬達相電流波形。至於以 Hall IC 當作轉子位置偵測的 FOC 執行時間，Torque control only 為 11.2 μ s，若再加上 speed control loop 則共為 14 μ s。以 20KHz PWM 的切換頻率來說，分別只佔了 22.4% 及 28% 的執行頻寬以 (基於 70MIPS 執行速度)。所以 dsPIC 還剩餘非常充裕的時間執行其他通訊及 house keeping 的工作。

最後一提的是，Microchip Harmony V2.03b 以上已提供 sensorless FOC project 可於 32-bit 120MIPS PIC32MK1024MCF100 + MCLV-2 demo board 上執行。該 project 提供完整的 source codes 包含 FOC 核心，如

d-q 軸轉換，PID，SVPWM 以及 PLL 轉子位置估測器等，並具備雙精準度浮點運算器，可以執行馬達控制的複雜數學運算，減少量化誤差。例如位置控制應用中常會用來抑制震動的數位濾波器，S curve 產生函數以及 sensorless FOC 裡的位置估測器，降低許多定點 DSP 各個變量 normalization 的複雜度。

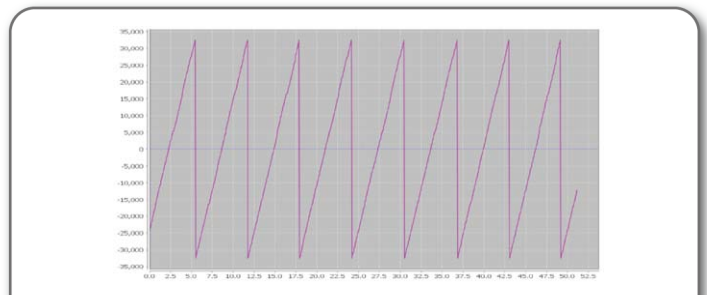


圖 (二) 馬達轉子角度

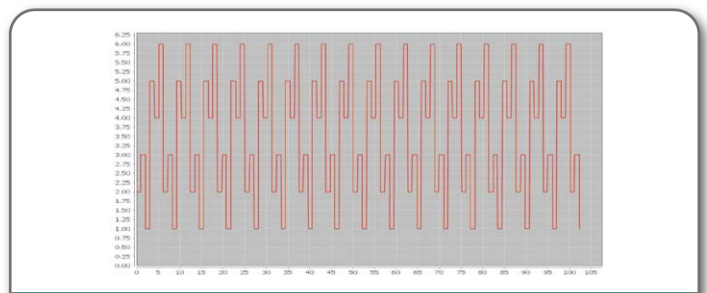


圖 (三) Hall 信號讀取

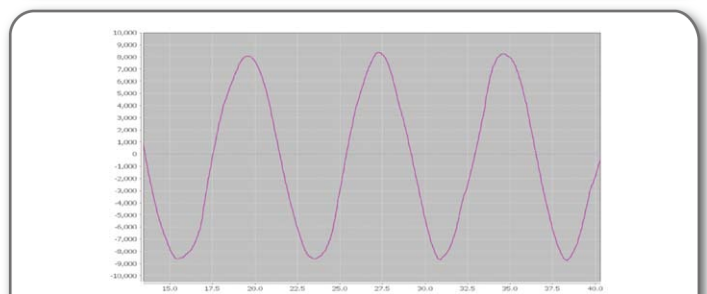


圖 (四) Hall FOC 馬達相電流

更進一步的電機驅動與支援資訊如下，歡迎下載、閱讀，並與我們經驗豐富的設計團隊聯繫。

- Motor Control and Drive Design Center
 - Application notes
- <http://www.microchip.com/design-centers/motor-control-and-drive>



聯繫信息 > Microchip 台灣分公司
 電郵：rtc.taipei@microchip.com 技術支援專線：0800-717-718
 聯絡電話：• 新竹 (03) 577-8366 • 高雄 (07) 213-7830 • 台北 (02) 2508-8600

microchip
DIRECT
 www.microchipdirect.com