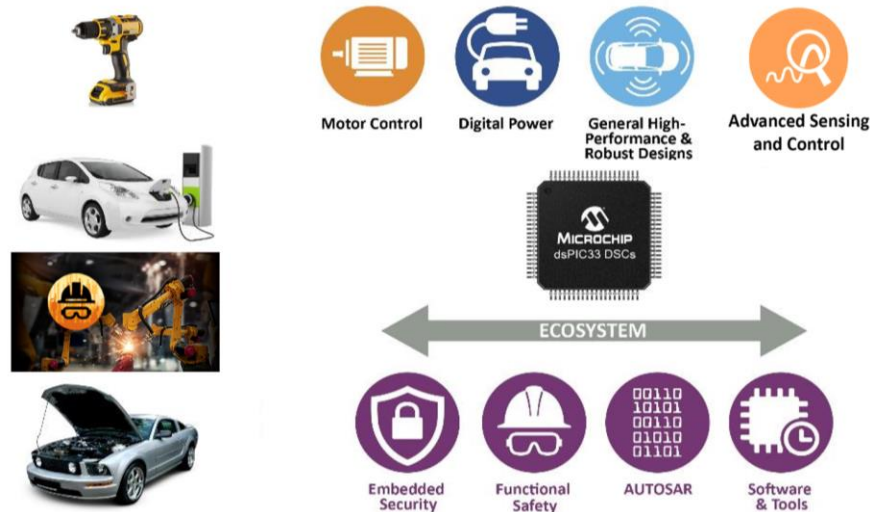




## dsPIC® DSC：一款集合 DSP 處理能力與 MCU 易上手性於一身的優秀產品

Microchip Technology Inc.  
16 位元微控制器產品部  
Gaurav Chawla

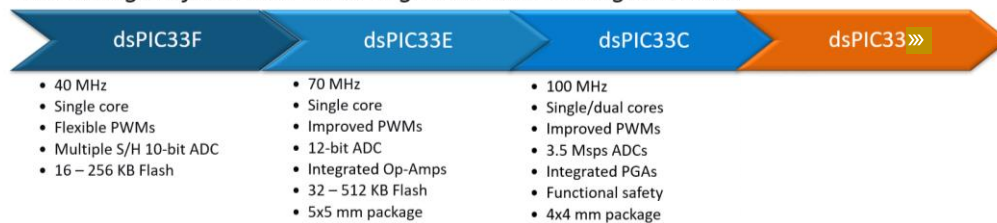
Microchip 的 dsPIC® 訊號數位訊號控制器 (DSC) 已經在市場上銷售近 20 年之久。dsPIC DSC 一直專注於馬達控制、數位電源、先進感測和控制、強健觸控、嵌入式安全、功能安全，以及各種其他高效能和堅固耐用的設計應用。



dsPIC DSC 的主要設計目標是為微控制器 (MCU) 賦予數位訊號處理器 (DSP) 引擎的處理能力和特性，以及所需的架構和指令集。經過多年的升級換代，dsPIC DSC 現已適應主流的即時控制應用，並且廣泛適用於多種應用。即將推出的 dsPIC33 DSC 將新添增強型特性，以支援新興技術及其應用。

## dsPIC33 DSC Evolution

*Increasing Performance and Integration with each generation*



欲瞭解更多資訊，請存取 Microchip 的 [dsPIC 網頁](#)。

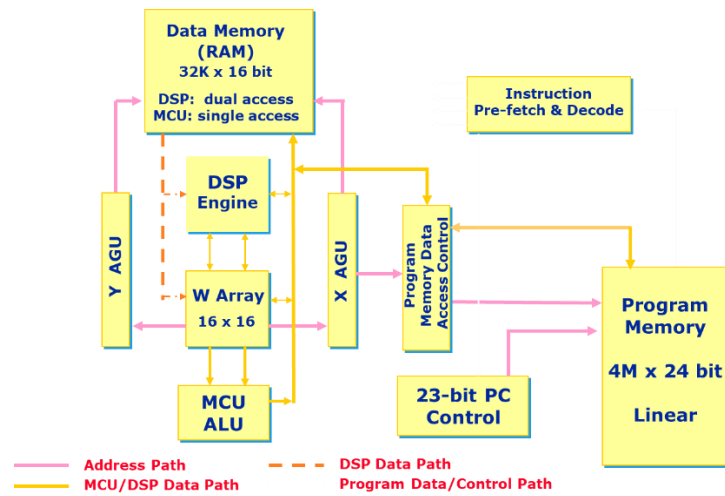
## dsPIC33 DSC——不止是 MCU

MCU 非常適合需要使用者介面和感測器介面的應用。在這類應用中，MCU 可以提供初始化和控制、監視輸入、回應中斷，以及透過顯示器和執行器驅動輸出。但是在處理即時訊號方面，MCU 顯然力不從心。

DSC 是一種單晶片的嵌入式控制器，它可以將 MCU 的控制屬性與 DSP 的計算和吞吐能力無縫整合在單個核心中。Microchip 的 dsPIC DSC 能夠滿足您對於強大控制器的所有期待：加速數學運算，快速、複雜且靈活的中斷處理，以及功能安全和安防特性。dsPIC DSC 可以在單個週期內執行大多數指令。再加上高指令吞吐率和真正的 DSP 功能（例如單週期乘法和零開銷迴圈），這將是一款非常強大的 MCU，讓您的嵌入式控制設計如虎添翼。此外，dsPIC DSC 還提供快速而確定的效能來應對實際的設計要求，豐富的專用周邊也有助於您快速開發即時控制系統。

- 馬達專用的高解析度脈波寬度調變器（PWM）和非常快速且精確的 12 位元類比數位轉換器（ADC）與 DSP 引擎相結合，使您能夠在多種馬達控制應用中實現高效率、高精度、可變速度、恒定轉矩、比例積分（PI）控制和磁場定向控制（FOC）
- 透過使用開關電源（SMPS）PWM、多個高速 ADC、可程式設計增益放大器（PGA）和具有快速且可預測中斷的中央處理單元（CPU），可以執行緊密控制環和強大演算法，從而在數位電源轉換應用中的所有負載條件下實現效率最大化
- dsPIC33 DSC 具有較高的類比整合度，非常適合先進感測器介面和穩健觸控應用。其配備的高效能中央處理單元（CPU）搭載 DSP 引擎，可實現確定性的即時回應
- 精選 DSC 可在 5V 電壓下工作，提高抗噪性和穩健性
- dsPIC33 DSC 可在 -40°C 至 150°C 的溫度範圍內工作（AEC-Q100 0 級認證），非常適合汽車引擎罩內設計
- 我們擁有種類豐富且符合功能安全標準的 dsPIC33 DSC 產品組合，提供整合硬體安全功能、故障模式、影響和診斷分析（FMEDA）報告、安全手冊以及診斷軟體庫，協助開發符合 ISO 26262、IEC 61508 和 IEC 60730 要求的安全關鍵型應用
- 整合安全子系統的 dsPIC33 DSC 或任何 dsPIC33C DSC 均可與 CryptoAuthentication™ 和 CryptoAutomotive™ 安全 IC 協同工作，以實現穩健的系統級安全性

除了常規的 MCU 功能之外，dsPIC DSC 中的 DSP 引擎還提供以下硬體設計功能來優化 DSP 演算法執行，例如**雙位址產生單元**、**桶形移位元器**、**乘法加法器**、**雙累加器**和**內文暫存器**。



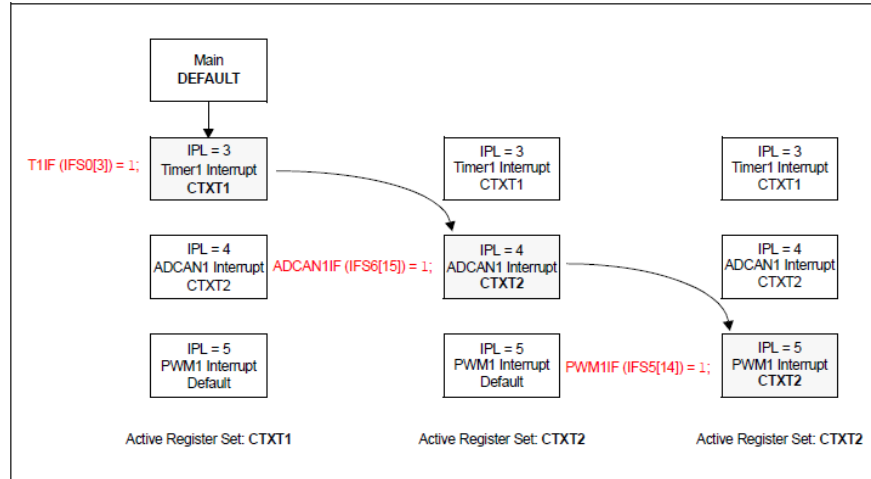
- dsPIC 架構採用改進型哈佛匯流排架構來整合 MCU 功能與 DSP 功能。組合型的指令管線支援最多三個運算元的 CPU 指令，以優化執行時間。
- DSP 引擎的核心是一個 40 位元 ALU 和兩個 40 位元飽和累加器，並輔以一個雙向桶形移位器，以便能夠在單個週期內將 40 位元值左移或右移最多 16 位元。硬體乘法器支援高速算術和邏輯運算。
- 為了支援具有特定定址模式的 MAC 指令和 DSP 演算法，DSP 提供了雙位址產生單元 (AGU) 以加速資料位址計算、存取和儲存的過程。
- 明確定義的單週期 MAC 指令支援濾波器、FFT 和向量數學運算。XC-DSC 編譯器中以資料庫的形式提供了優化的 DSP 程式，有助於縮短執行時間。

Function	Cycle count equation	Conditions*	Number of cycles	Execution Time @ 100 MIPS
Complex FFT**	-	N=128	8485	84.84µs
Complex FFT**	-	N=256	19055	190.56µs
Complex FFT**	-	N=512	42361	423.61µs
Single Tap FIR	-	-	1	9.9 ns
Block FIR	53+N(4+M)	N=32, M=32	1205	12.06µs
Block FIR Lattice	41+N(4+7M)	N=32, M=32	7337	73.38µs
Block IIR Canonic	36+N(8+7S)	N=32, S=4	1188	11.88µs
Block IIR Lattice	46+N(16+7M)	N=32, M=8	2350	23.49µs
Matrix Add	20+3(C*R)	C=8, R=8	212	2.1µs
Matrix Transpose	16+C(6+3(R-1))	C=8, R=8	232	2.31µs
Vector Dot Product	17+3N	N=32	113	1.14µs
Vector Max	19+7(N-2)	N=32	229	2.28µs
Vector Multiply	17+4N	N=32	145	1.44µs
Vector Power	16+2N	N=32	80	0.81µs
PID Loop Core	-	-	7	69.3 ns

\*C= #columns, N=# samples, M=#taps, S=#sections, R=#rows  
 \*\*Complex FFT routine inherently prevents overflow  
 1cycle = 10 nanoseconds @ 100 MIPS

- 來自硬體核心的零開銷迴圈指令消除了軟體對迴圈的依賴，有效提升了程式碼性能。

- 內文暫存器有助於更快速地切換 DSP 功能，同時充分利用快速確定性中斷回應和靈活軟體堆疊溢位檢測的優勢。



最新設計的 dsPIC DSC 可提供高達 100 MHz 的效能，並且配備豐富的周邊，包括 CAN-FD、可配置邏輯單元 (CLC)、觸控控制器、安全子系統、運算放大器 (OP-AMP)、偏流發生器 (CBG) 和周邊觸發訊號產生器 (PTG) 等，這些周邊透過高速周邊匯流排進行連接。內建記憶體包括 32 KB 至 1 MB 的快閃記憶體和 8 KB 至 128 KB 的 RAM 資料記憶體。

## dsPIC 目標應用領域

### 馬達控制

dsPIC33 DSC 配有高解析度 PWM 輸出、專用時脈和快速高精度 12 位元 ADC，並輔以其他豐富的類比周邊。這些周邊專為需要可變速度、恒定轉矩和磁場定向控制 (FOC) 的馬達控制應用而設計，可最大限度地提升能效。下面列出了 dsPIC33C DSC 能夠高效驅動馬達的一些周邊特性。

- 具有死區插入和補償功能的高解析度互補 PWM 輸出，支持獨立、邊緣對齊和中心對齊的工作模式
- 最多 24 個高解析度 PWM 通道，可實現四馬達控制和/或整合 PFC，適用於高電壓應用
- 最多 5 個超快速 (3.5 MSPS) 12 位元 ADC，支援最多 27 個類比輸入，可實現高精度轉換 (典型值為 10.5 ENOB)，內置數位比較器、過採樣濾波器和多個採樣保持 (S&H) 電路
- 整合 12 位元數位類比轉換器 (DAC) 的差分高速 (15 ns) 類比比比較器，可在檢測到過流時自動關斷 PWM
- 3 個具有快速壓擺率 (40 V/s) 和低輸入電壓偏移 (典型值為 1.5 mV) 的高頻寬 (20 MHz) 運算放大器，或者用於馬達電流增益電路的可程式設計增益放大器 (PGA)
- 支援霍爾感測器和光學 (增量式) 編碼器轉子位置回饋 (QEI 模組)

- 緊密耦合的 PWM、ADC、運算放大器/PGA 和比較器支援快速且可預測的控制環，無需 CPU 參與
- 雙核 DSC 優化了即時回應能力，方便多個開發團隊或位於不同地點的團隊之間協作進行軟體整合
- 較高的類比整合度，可降低物料清單（BOM）成本

除了專為馬達控制設計的 dsPIC DSC 之外，我們還提供豐富的開發板、參考設計、軟體工具和應用筆記（附程式碼），有助於加速馬達控制應用的原型設計。我們的馬達控制團隊遍佈世界各地，可為客戶提供專家級的本地支援。欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[馬達控制網頁](#)。

## 數位電源

dsPIC33 系列元件配有專用周邊（包括先進類比元件和多個高解析度 PWM 發生器），有助於在數位電源轉換和照明應用中各種不同的負載條件下實現效率的提升。

下面列出了 dsPIC33 DSC 的一些特性：

- 電源 PWM 模組
  - 高開關頻率設計的工作週期、相位轉移、週期和死區解析度最小為 250 ps
  - 可靈活控制多種電源拓撲
  - 可配置 PWM 控制輸入，以透過硬體回應外部事件，從而縮短控制延時
- 最多 5 個高速 12 位元、3.5 Msps 的 ADC，支援同步採樣
  - 複雜的觸發功能，總延時低至 0.89  $\mu$ s
- 整合用於訊號調理的 PGA
- 最多 4 個類比比較器，回應時間為 15 ns 且整合具有波形生成功能的 12 位元 DAC
- PWM、ADC 和 CPU 之間簡化的交互操作
- 16/32 位元計時器、輸入捕捉、電路、輸出比較器和 PWM 發生器的額外通道
- 包括 UART、SPI、I<sup>2</sup>C、PMBus™和 CAN/CAN FD 介面在內的通信周邊

欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[數位電源網頁](#)。

## 高效能穩健設計

dsPIC33 DSC 配備豐富的周邊，旨在滿足各種高效能應用的嚴苛要求。dsPIC33 DSC 具有更快的 CPU 效能和較高的類比整合度，適用於即時控制、穩健連接和先進感測器介面應用。

下面列出了 dsPIC33 DSC 適用於高效能時間關鍵型應用的一些特性。

- 可提供 100 MHz 性能和確定性回應的增強型 CPU
  - DSP 引擎用於加速即時訊號處理（例如 FIR 濾波器、IIR 濾波器、FFT 和資料轉換功能等）

- 在 MPLAB® XC16 編譯器中以內建庫的形式提供了優化的 DSP 程式
- DSP 函數的執行速度是典型通用 MCU 的 15 倍
- 使用 5 組內文暫存器和 DSP 累加器實現低中斷切換延時
- 高精度高速內部振盪器消除了對外部晶振的需求
- 即時更新，無需切斷伺服器中正在使用的工作電源也可以即時升級韌體
- 最多 5 個獨立的 3.5 Msps 12 位元 ADC，支援高速同步的訊號採樣
- ADC 控制器中的過採樣濾波器和數位比較器用於雜訊濾波
- 用於有源濾波、訊號調理和減少功率干擾的高速運算放大器（單位增益緩衝器）
- 用於快速檢測事件的快速類比比較器
- 為 ADC 配置 DMA 以減輕 CPU 負擔
- 周邊接腳選擇（PPS）允許重新映射 I/O 接腳，以節省 PCB 空間並簡化佈線
- 為感測器提供精確參考電壓的高速 12 位元 DAC
- 為外部電路或感測器提供偏置的偏流發生器（CBG）
- 精選 DSC 可在 5V 電壓下工作，兼具抗噪性和穩健性
- -40°C 至 150°C 的工作溫度範圍（AEC-Q100 0 級認證），適用於汽車引擎罩內設計
- 支援 CAN FD、LIN 和 SENT 等協定的穩健通信
- 資料 EEPROM 模擬函式庫支援使用內建程式記憶體來模擬高耐用性 EEPROM

欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[先進感測器介面網頁](#)。

## 功能安全

Microchip 的 dsPIC33 系列 DSC 提供種類豐富且符合功能安全標準的元件產品組合，支援整合硬體安全功能、故障模式、影響和診斷分析（FMEDA）報告、安全手冊以及診斷軟體函式庫，協助開發符合 ISO 26262 和 IEC 61508 要求的安全關鍵型應用。

dsPIC33 元件中整合了專用周邊和功能，有助於提高安全關鍵型應用的可靠性和監視能力。這些特性有助於確保最終應用按預期運行，並在出現任何異常或問題時保持安全狀態/關斷。

下面列出了目標功能安全標準：

- ISO 26262（ASIL）：道路車輛功能安全
- IEC 61508（SIL）：工業應用功能安全
- IEC 60730：家用電器功能安全

欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[功能安全網頁](#)。

## 嵌入式安全

Microchip 的 dsPIC33 系列 DSC 與 Microchip 的 ATECC608 CryptoAuthentication 和 TrustAnchor100（TA100）CryptoAutomotive 安全 IC 以及 dsPIC33C MPT 系列安全 DSC（整合有基於硬體安全模組（HSM）架構且符合汽車安全 EVITA 完整規範的子系統）相結合，可助您在設計中實現穩健的安全性。

下面列出了該安全系統的一些特性：

- 安全金鑰儲存
- NIST SP800-90 A/B/C 亂數發生器 (RNG)
- 支援 ECC、RSA、AES、SHA、HMAC 和 CMAC 的先進快速加密引擎
- ECDSA、ECDH、ECDHE 和 ECBD 金鑰協議
- 基於 ECDSA 和 RSA 的簽名與驗證
- 符合汽車安全 EVITA 完整規範
- 已實現的先進加密引擎演算法
- 通用標準聯合解釋庫 (JIL) 高評級
- 聯邦資訊處理標準 (FIPS) 密碼演算法驗證程式 (CAVP) 認證

欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[嵌入式安全網頁](#)。

## dsPIC 生態系統

Microchip 提供了一系列適用於 dsPIC33 系列元件的硬體開發板，可協助您縮短設計週期，快速開發原型。這些開發板均可簡便地連接 MPLAB ICE 4 線上模擬器、程式燒錄器和除錯器，MPLAB® PICkit™ 4 線上除錯器或 Lauterbach 的 TRACE32 除錯器。許多開發板也整合除錯器和燒錄器。您可以利用我們的 MPLAB 開發生態系統（包括 MPLAB X IDE 和 MPLAB XC16 編譯器）嘗試使用我們的 dsPIC33 DSC 進行設計技能提升。



## motorBench®開發套件

[motorBench®開發套件](#)是一款基於 GUI 的軟體發展工具，用於磁場定向控制 (FOC)，可利用馬達控制應用程式框架 (MCAF) 精確測量關鍵馬達參數、自動調節回饋控制增益並為 MPLAB X IDE 專案生成原始程式碼。借助這款圖形互動式開發環境，馬達控制嵌入式工程師可以在啟動和運行無負載或恒定負載的新馬達時節省時間，特別是當馬達參數未知時。motorBench 開發套件是與 MPLAB X IDE 的外掛程式 MPLAB 程式碼配置器 (MCC) 搭配使用的資料庫。





## MPLAB PowerSmart™開發套件

[MPLAB PowerSmart 開發套件](#)是一款包含多個可選元件的軟體套件，可用於系統定義、系統建模、程式碼生成、控制系統微調和即時除錯。這款套件針對使用我們的 dsPIC®數位訊號控制器（DSC）的開關電源（SMPS）的全數位控制系統而設計。有了這款套件，無需再手動編寫數位訊號處理（DSP）專用程式碼，有助於加速電源設計。



### 想要瞭解更多資訊？

欲瞭解有關 MCU 與 DSC 之間區別的更多資訊，請[觀看我們的 YouTube 視頻](#)。

欲瞭解有關可用硬體開發工具的更多資訊，請參閱我們的 [dsPIC 網頁](#)。

欲瞭解有關[參考設計](#)的更多資訊，請參閱我們的網頁。

欲瞭解更多資訊，請參閱 Microchip 的[工具網頁](#)。

請一定要查看我們針對 dsPIC DSC 設計提供的 [MPLAB 開發生態系統](#)。