

Cortex[®]-M0 與 MG32x02z 介紹

本章單元

(初學者可省略)

- ARM[®]Cortex[®]-M0 簡介
- Cortex[®]-M0 與 MG32x02z 系列介紹
- MG32F02A 系列硬體電路

ARM(Advanced RISC Machines)公司所研發的高效率、低消耗功率及低成本微處理器，它以技術智慧財產權(IP)的方式，將 ARM 核心提供廠家以 OEM 附加周邊電路來發展各式各樣的系統單晶片(SOC:system-on-chip)微電腦產品。它遍應用於工業控制、網路、通信、無線及消費性等各種電子產品。它同時也提供了從 Cortex®-M0~M7 一系列 ARM 核心。

1-1 ARM®Cortex®-Mx 簡介

ARM 微處理器的核心版本分成 V4、V4T、V5、V6、V7 及 V8。包括 ARM7、ARM9、ARM10、ARM11 及 Cortex 系列，如下表所示：

表 1-1 ARM 微處理器系列

ARM 版本	ARM 核心
ARM v4	ARM7、Strong ARM
ARM v4T	ARM7TDMI、ARM920T、SecurCore
ARM v5TE	ARM9E、ARM1020E、XScale
ARM vTEJ	ARM926EJ、ARM1026EJ-S、ARM1136J-S
ARM v6Z	ARM1156T2-S、ARM1176JZF-S
ARM v6-M	Cortex®-M0、Cortex®-M0+、Cortex®-M1
ARM v7-M	Cortex®-M3
ARM v7E-M	Cortex®-M4、Cortex®-M7
ARM v8-M	Cortex®-M23、Cortex®-M33、Cortex®-M35P、Cortex®-M55
ARM v7-R	Cortex®-R4、R5、R7、R8
ARM v8-R	Cortex®-R52、R82
ARM v7-A	Cortex®-A5、A7、A8、A9、A12、A15、A17
ARM v8-A	Cortex®-A32、A34、A53、A54、A57、A65、A72、A73、A75、A76、A77、A78、Cortex-X1、Neoverse N1、Neoverse E1

1-1.1 ARM 系列微處理器

ARM 微處理器系列依功能細分，如如下表所示：

表 1-2 ARM 微處理器系列功能說明

CPU 核心	說明
ARM7TDMI	ARM7DI Core, Thumb, Integer Multiply
ARM7TDMIS	Synthesizable Core
ARM720T	Macrocell , 4k cache, MMU
ARM9TDMI	Basic ARM9 Core
ARM920T	Macrocell, 16k I-cache, 16k d-cache, MMU
ARM9E-S	ARM 9 Synthesizable Core
ARM966E-S	Synthesizable Core , I&D SRAM config
ARM926EJ-S	ARM9 synthesizable core with Jazelle
ARM1020E	macrocell, 64k I-cache, 64k d-cache, MMU
ARM1176JZ-S	Jazelle, TrustZone, MMU
Cortex 系列	新一代的 ARM 核心，如 Cortex [®] -Mx、Rx、Ax

其中 ARM 後面文字所代表的意義，如下：

1. T(Thumb)：除了有 ARM(手臂)指令模式來執行 32-bit 的指令外，還具有 Thumb(拇指)指令模式來執行 16-bit 的指令。對部份使用 16-bit 記憶體的產品而言，如此可減少程式碼空間、提升執行效率及節省成本。另外 Thumb-2 擴充了受限於 16-bit 的 Thumb 指令集，以額外的 32-bit 指令讓指令集的使用更廣泛。因此 Thumb-2 的預期目標是要達到近乎 Thumb 的編碼密度，但能表現出近乎 ARM 指令集在 32-bit 記憶體下的效能。
2. D(Debug)：支援追蹤除錯(Debug)功能，可進行單步執行及中斷動作。
3. M(Multiplier)：內含 32-bit 的乘法器(Multiplier)，單一狀態週期時間即可完成，可提升其數學運算能力。
4. I(ICE)：線上電路模擬(ICE)功能，可透過 JTAG 或 SWD 介面進行模擬。
5. E(Enhance)：內含增強型 DSP 指令。
6. 在 Cortex 系列各項核心其主要用途如下：
 - (1) Ax 用於運算(Application)系統：可嵌入 Linux 作業系統，可取代 ARM11。

- (2) Rx 用於即時(Real Time)系統：強調高速。
- (3) Mx 用於微控制器(Micro Controller)：強調低成本、低功耗，可取代 ARM7。
7. 其中 Cortex®-Mx 微控制器各項比較如下表(a)~(c)所示：

表 1-3(a) ARM 微控制器 Cortex®-Mx 系列結構

ARM Core	M0	M0+	M1	M3	M4	M7	M23	M33	M35P
SysTick 24-bit Timer	有	有	有	有	有	有	選項	有	有
Single-cycle I/O port	無	選項	無	無	無	無	選項	無	無
Bit-Band memory	無	無	無	選項	選項	選項	無	無	無
記憶保護(MPU)	無	選項	無	選項	選項	選項	選項	選項	選項
SAU 及 Stack Limits	無	無	無	無	無	無	選項	選項	選項
Instruction TCM	無	無	選項	無	無	選項	無	無	無
Data TCM	無	無	選項	無	無	選項	無	無	無
Instruction Cache	無	無	無	無	無	選項	無	無	選項
Data Cache	無	無	無	無	無	選項	無	無	無
VTOR	無	選項	選項	選項	選項	選項	選項	有	有

表 1-3(b) ARM 微處理器 Cortex®-Mx 系列功能

Arm Core	Cortex M0	Cortex M0+	Cortex M1	Cortex M3	Cortex M4	Cortex M7	Cortex M23	Cortex M33	Cortex M35P	Cortex M55
ARM architecture	ARMv6-M	ARMv6-M	ARMv6-M	ARMv7-M	ARMv7E-M	ARMv7E-M	ARMv8-M Baseline	ARMv8-M Mainline	ARMv8-M Mainline	ARMv8.1-M
Computer architecture	Von Neuman	Von Neumann	Von Neumann	Harvard	Harvard	Harvard	Von Neumann	Harvard	Harvard	Harvard
Instruction pipeline	3 stages	2 stages	3 stages	3 stages	3 stages	6 stages	2 stages	3 stages	3 stages	4 to 5 stages
Thumb-1 instructions	Most	Most	Most	Entire	Entire	Entire	Most	Entire	Entire	Entire
Thumb-2 instructions	Some	Some	Some	Entire	Entire	Entire	Some	Entire	Entire	Entire
Multiply instructions 32x32 = 32-bit result	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Multiply instructions 32x32 = 64-bit result	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Divide instructions 32/32 = 32-bit quotient	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Saturated instructions	No	No	No	Some	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes
DSP instructions	No	No	No	No	Yes	Yes	No	Optional	Optional	Optional
Single-Precision (SP) Floating-point instructions	No	No	No	No	Optional	Optional	No	Optional	Optional	Optional
Double-Precision (DP) Floating-point instructions	No	No	No	No	No	Optional	No	No	No	Optional
Half-Precisions (HP)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Optional
TrustZone instructions	No	No	No	No	No	No	Optional	Optional	Optional	Optional
Co-processor instructions	No	No	No	No	No	No	No	Optional	Optional	Optional
Helium technology	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Optional
Interrupt latency (if zero-wait state RAM)	16 cycles	15 cycles	23 for NMI 26 for IRQ	12 cycles	12 cycles	12 cycles	15 no security ext 27 security ext	TBD	TBD	TBD

摘自 en.wikipedia.org/wiki/ARM_Cortex

表 1-3(c) 生產 ARM®Cortex®-Mx 核心的 MCU 廠商 (2020 年 04 月資料)

M0	※Megawin MG32F02A032/A064/U064/A072/A128/U128/A132 ※Cypress PSoC 4000/4100/4100M/4200/4200DS/4200L/4200M ※Infineon XMC1000 , ※Nordic nRF51 , ※NXP LPC1100, LPC1200 ※Nuvoton NuMicro , ※Sonix SN32F700 , ※STMicroelectronics STM32 F0 ※Toshiba TX00 , ※Vorago VA108x
M0+	※Cypress PSoC 4000S/4100S/4100S+/4100PS/4700S/FM0+ ※Holtek HT32F52000 , ※Renesas Synergy S1 ※Microchip (Atmel) SAM C2, D0, D1, D2, DA, L2, R2, R3 ※NXP LPC800, LPC11E60, LPC11U60 ※Freescale Kinetis E, EA, L, M, V1, W0

	※Silicon Labs (Energy Micro) EFM32 Zero, Happy ※STMicroelectronics STM32 L0
M1	※Altera FPGAs Cyclone-II, Cyclone-III, Stratix-II, Stratix-III ※Microsemi (Actel) FPGAs Fusion, IGLOO/e, ProASIC3L, ProASIC3/E ※Xilinx FPGAs Spartan-3, Virtex-2-3-4
M3	※Actel SmartFusion, SmartFusion 2 ※Analog Devices ADuCM300 , ※Cypress PSoC 5000, 5000LP, FM3 ※Fujitsu FM3 , ※Holtek HT32F , ※NXP LPC1300, LPC1700, LPC1800 ※Microchip (Atmel) SAM 3A, 3N, 3S, 3U, 3X ※ON Semiconductor Q32M210 , ※Silicon Labs Precision32 ※Silicon Labs (Energy Micro) EFM32 Tiny, Gecko, Leopard, Giant ※STMicroelectronics STM32 F1, F2, L1 ※Texas Instruments F28, LM3, TMS470, OMAP 4 , ※Toshiba TX03
M4	※Microchip (Atmel) SAM 4L, 4N, 4S ※NXP (Freescale) Kinetis K, W2
M4F	※Cypress 6200, FM4 , ※Infineon XMC4000 ※Microchip (Atmel) SAM 4C, 4E, D5, E5, G5 , ※Microchip CEC1302 ※Nordic nRF52 , ※NXP LPC4000, LPC4300 ※NXP (Freescale) Kinetis K, V3, V4 , ※Renesas Synergy S3, S5, S7 ※Silicon Labs (Energy Micro) EFM32 Wonder ※STMicroelectronics STM32 F3, F4, L4, L4+, WB ※Texas Instruments LM4F/TM4C, MSP432 , ※Toshiba TX04
M7F	※Microchip (Atmel) SAM E7, S7, V7 , ※NXP (Freescale) Kinetis KV5x ※STMicroelectronics STM32 F7, H7
M23	※Microchip (Atmel) SAM L10, L11 , ※Nuvoton M25x, M26x

摘自 https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ARM_microarchitectures

1-1.2 Cortex®-M0 微處理器

ARM®Cortex®-M0 微處理器是目前市場上尺寸小、消耗功率低的 32-bit ARM 處理器，主要應用於可攜式產品，如下圖(a)(b)所示：

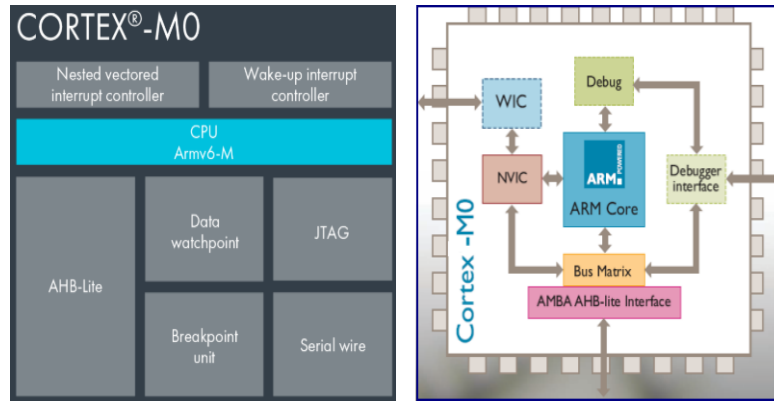


圖 1-1(a) Cortex®-M0 方塊圖

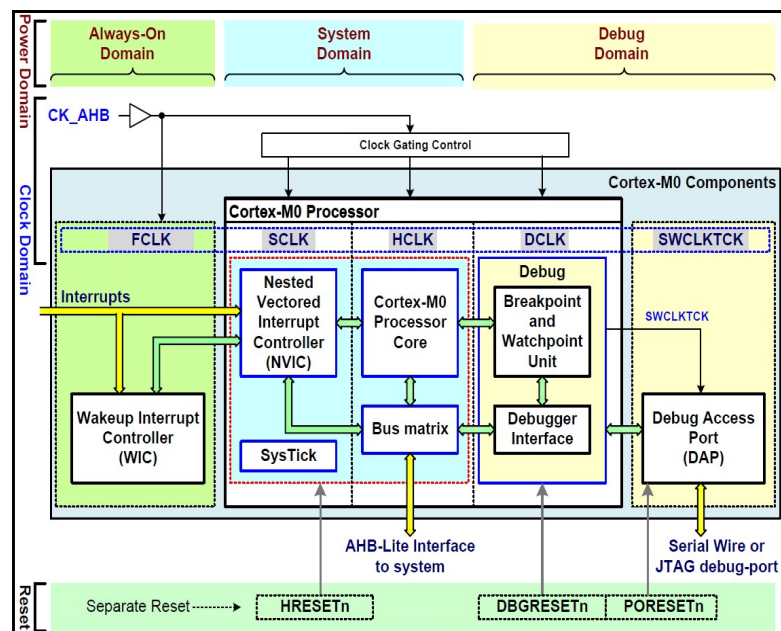


圖 1-1(b) Cortex®-M0 處理器結構圖

Cortex®-M0 微處理器特點如下：

1. 它是 32-bit 高效率的精簡指令集電腦(RISC: Reduced Instruction Set Computing)，組成邏輯閘不到 12000 個。
2. 記憶體存取方式為傳統的范紐曼(Von Neumann)架構，並使用 16-bit 的 Thumb 及 Thumb-2 小型指令集架構(ISA)，如此可提高程式碼密度，除了減少記憶體外，也提高效率及降低成本。也就是說以 16-bit 資源來提供 32-bit 效率。
3. 應用電源管理工具包(PMK)與標準單元庫，來提供超低消耗功率的睡眠動作，動態功率耗電只要 66uW/MHz(180ULL)、12.5uW/MHz(90LP)或 5.3uW/MHz(40LP)。同時有三層的指令流水線(pipeline)，工作效率可達到 2.33CoreMark/MHz 及 0.89/1.02/1.27DMIPS/MHz，其中 DMIPS 為每秒執行百萬個整數運算指令(DMIPS: Dhrystone Million Instructions executed Per Second)。
4. 內含嵌套式向量中斷控制器(NVIC: Nested Vectored Interrupt Controller)，除了系統中斷外，還提供 32 個周邊設備中斷向量、四層中斷優先等級及快速中斷響應，可提高處理器的反應能力與效能。
5. 內含喚醒中斷控制器(WIC: Wakeup Interrupt Controller)，進入睡眠狀態時，會將核心保持在超低耗電狀態，並在喚醒後快速恢復正常工作。

1-1.3 Cortex®-M0 暫存器

Cortex®-M0 有通用暫存器、特殊暫存器及狀態暫存器，如圖 1-2 所示。

各暫存器的功能如下：

1. 通用暫存器：R0~R7 為低(Low)暫存器及 R8~R12 為高(High)暫存器。
2. 堆疊指標(SP: Stack Point)R13：CPU 開始執行啓始程式時，會規劃一塊 RAM 空間作為堆疊暫存器(SR: Stack Register)，而由堆疊指標(SP)作為指向它所屬堆疊暫存器(SR)的位址。如此在跳到副程式之前，必須將本程式的工作暫存器存入(push)到堆疊暫存器(SR)內。副程式執行完畢

後，再將堆疊暫存器(SR)的內容取回(pop)，使其能夠恢復原有的工作環境及設定。同時在 CONTROL[1]可設定選用主堆疊指標暫存器(MSP: Main Stack Pointer)或處理器堆疊指標暫存器(PSP: Process Stack Pointer)。

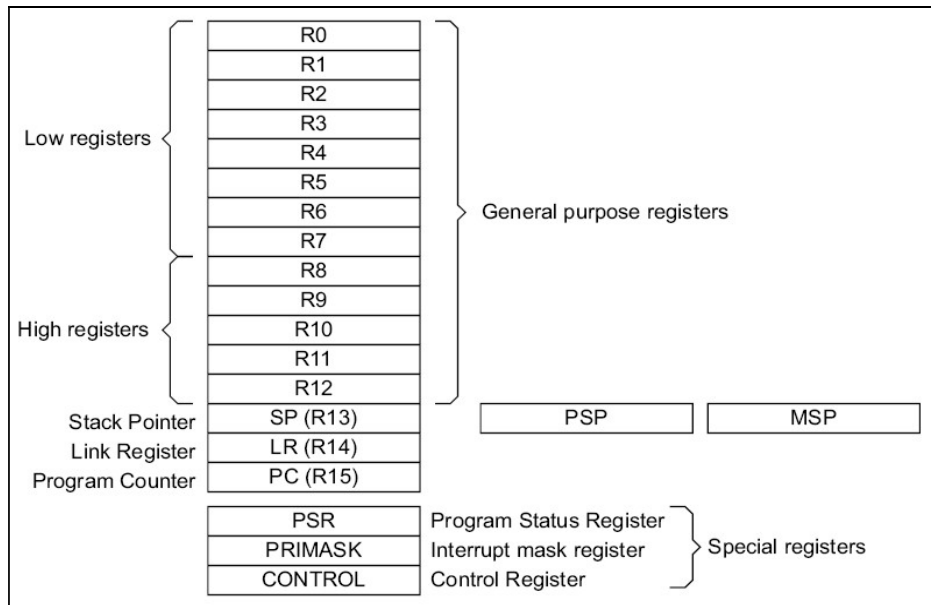


圖 1-2 Cortex®-M0 暫存器

3. 連結暫存器(LR: Link Register)R14：用於主程式及副程式之間的運作，當主程式要跳到副程式之前，會先將主程式的下一個位址(ARM 時 PC+4 或 Thumb 時 PC+2)存入連結暫存器(LR)內，才跳到副程式執行。執行完畢後，再取回連結暫存器(LR)的位址放入程式計數器(PC)內，令它回到主程式的下一個位址繼續執行。
4. 程式計數器(PC: Program Counter)R15：目前程式執行的位址，它是 32-bit 的計數器。在 ARM 模式時執行 32-bit 指令會使 PC+4。在 Thumb 模式時執行 16-bit 指令會使 PC+2。
5. 程式狀態暫存器(PSR: Program Status Registers)：如下圖所示：

	31	30	29	28	27	25	24	23								6	5					0
APSR	N	Z	C	V	Reserved																	
IPSR	Reserved																	Exception number				
EPSR	Reserved					T	Reserved															

圖 1-3 程式狀態暫存器(PSR)

- (1) 運算程式狀態暫存器(APSR: Application Program Status Registers) : 顯示運算後的狀態旗標，如下表所示。

表 1-4 運算程式狀態暫存器(APSR)

名稱	位元	說 明	功 能
N	31	Negative	負值旗標：運算結果為負值(Negative)時，顯示 N=1
Z	30	Zero	零旗標：運算結果為零(Zero)時，顯示 Z=1
C	29	Carry /Borrow /Extend	進位旗標：加法時，若有進位 C=1，若無進位 C=0 借位旗標：減法時，若有借位 C=1，若無借位 C=0 擴充旗標：資料是否有擴充，有 C=1，無 C=0
OV	28	Overflow	溢位旗標：運算結果溢位時，會顯示 OV=1

- (2) 中斷程式狀態暫存器(IPSR: Interrupt Program Status Register) : 在 IPSR[5-0]顯示異常編號(Exception Number)，表示目前執行那些中斷服務程式(ISR: Interrupt Service Routine)，如下表所示。

表 1-5 異常編號(Exception Number)

名稱	位元	功 能	功 能
Exception number 中斷向量編號	5-0	0 = Thread mode(處理器用) 1 = 保留 2 = NMI(不可遮罩中斷) 3 = HardFault(處理器用) 11 = SVCcall(supervisor call) 4-10=保留，12-13=保留	14 = PendSV(OS 用) 15 = SysTick(系統計時器) 16 = IRQ0(中斷要求 0) 47 = IRQ31(中斷要求 31) 48-63 = 保留

(3) 執行程式狀態暫存器(EPSR: Execution Program Status Register)：其中 EPSR[24]=T 為顯示 Thumb 狀態位元，如下：

T=1 表示為 Thumb 模式位元。T=0 表示為 ARM 模式位元。

6. 中斷優先遮罩暫存器(PRIMASK: Priority Mask Register)，如下：

PRIMASK[0]=0 時，無作用。

PRIMASK[0]=1 時，可組態所有的中斷優先等級。

7. 控制(CONTROL)暫存器，用於定義目前所使用的堆疊指標暫存器(SP)：CONTROL[1]=0 使用主堆疊指標暫存器(MSP: Main Stack Pointer)。CONTROL[1]=1 使用處理器堆疊指標暫存器(PSP: Process Stack Pointer)。

1-2 Cortex®-M0 與 MG32x02z 系列介紹

Megawin(笙泉)的 MG32x02z 系列分成 MG32F02A、MG32F02U 及 MG32L02A、MG32L02U 系列以 32-bit 的 Cortex®-M0 為核心，主要應用於 8/16/32-bit 等低成本微控制器市場。與目前市面上的微控制器相比較，它的程式碼較少，也較有效率。MG32x02z 系列型號分類如下圖所示。

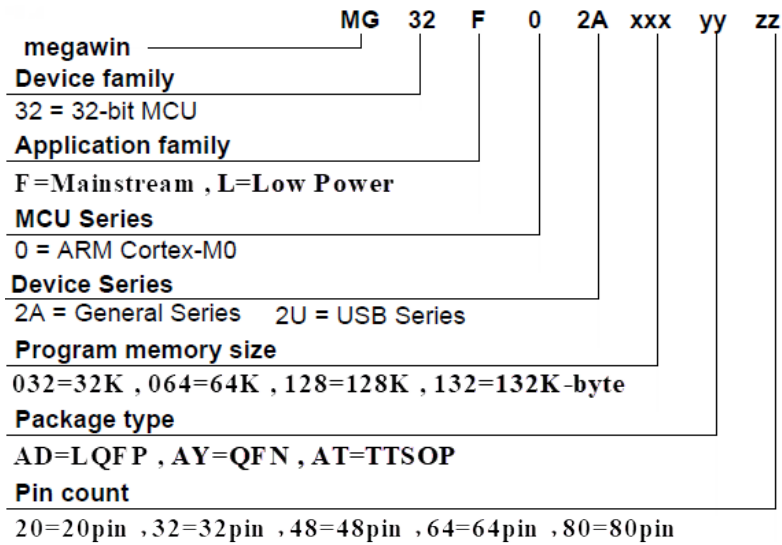


圖 1-4(a) MG32x02z 系列型號分類

MG32x02z 系列的包裝分爲 TSSOP20、QFN32、LQFP48、LQFP64 及 LQFP80。另外 MG32F02U064/U128 內含 USB 介面，其包裝及 Flash 容量與 MG32F02A064/A128 相同，以 MG32F02z 型號爲例如下圖所示：

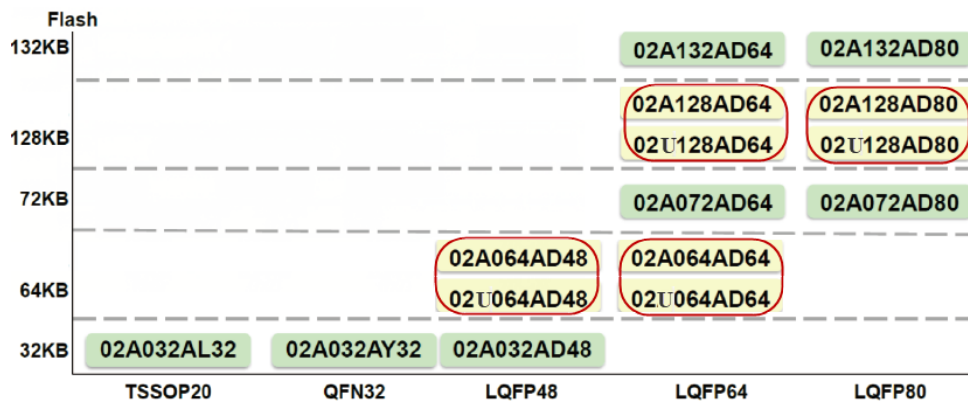


圖 1-4(b) MG32F02z 系列型號包裝

MG32x02z 系列可應用於一般家電或工業控制，如下圖所示：

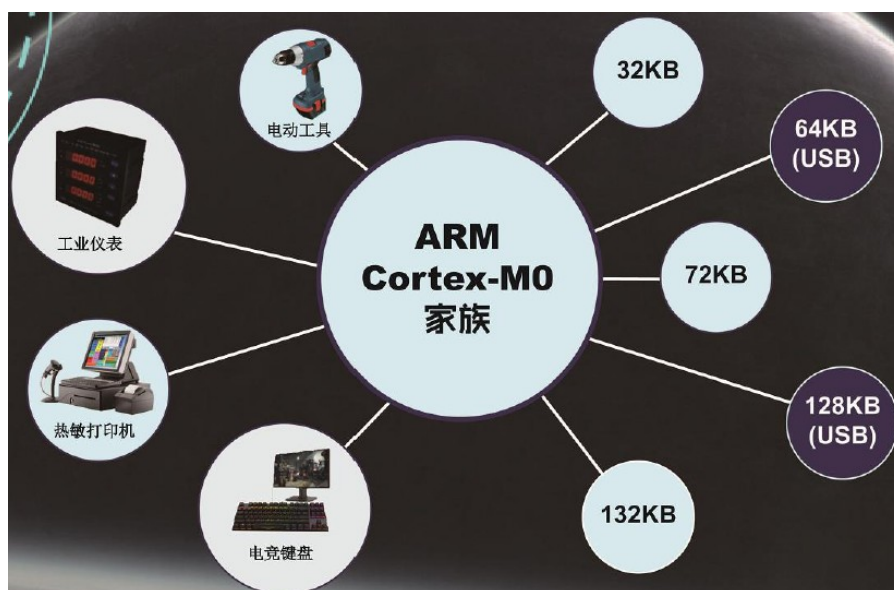


圖 1-5 MG32x02z 系列應用

MG32x02z 系列分成 MG32F02z 及 MG32L02z(低功率)系列，其中 MG32F02U 內含有 USB 介面，其餘大致雷同。功能如下表(a)~(c)所示：

表 1-6(a) MG32F02z 系列功能(1)

Chip Functions	MG32F02A132	MG32F02A072	MG32F02A032	MG32F02A128 MG32F02U128	MG32F02A064 MG32F02U064
CPU Core	ARM Cortex M0	ARM Cortex M0	ARM Cortex M0	ARM Cortex M0	ARM Cortex M0
Flash ROM	132KB	72KB	32KB	128KB	64KB
SRAM	16KB	8KB	4KB	16KB	8/16KB
Package	LQFP80/64	LQFP64/48	LQFP48, QFN32 TSSOP20	LQFP80/64	LQFP64/48
IO Number	73/59	59/44	44/29/17	73/59	59/44
Max. Ext. Interrupt	63/59	59/44	44/29/17	73/59	59/44

表 1-6(b) MG32F02z 系列功能(2)

Chip Functions	MG32F02A132	MG32F02A072	MG32F02A032	MG32F02A128 MG32F02U128	MG32F02A064 MG32F02U064
Max. CPU Frequency	48MHz	48MHz	48MHz	48MHz	48MHz
Internal Clock Source	ILRCO+IHRCO	ILRCO+IHRCO	ILRCO+IHRCO	ILRCO+IHRCO	ILRCO+IHRCO
Voltage Detector	LVR+BOD0/1	LVR+BOD0/1	LVR+BOD0/1	LVR+BOD0/1/2	LVR+BOD0/1/2
Timers	16-bit*2: TM00/01 32-bit*5: TM1x/2x/36	16-bit*2: TM00/01 32-bit*5: TM1x/2x/36	16-bit*2: TM00/01 32-bit*3: TM10/16/36	16-bit*2: TM00/01 32-bit*5: TM1x/2x/36	16-bit*2: TM00/01 32-bit*5: TM1x/2x/36
IC/OC/PWM Channels	8-CH (16-bit) or 16-CH(8-bit)	8-CH (16-bit) or 16-CH(8-bit)	4-CH (16-bit) or 8-CH(8-bit)	8-CH (16-bit) or 16-CH(8-bit)	8-CH (16-bit) or 16-CH(8-bit)
Complement PWM	7-CH	7-CH	3-CH	7-CH	7-CH
QEI Support Mode	Mode 1,2,5	Mode 1,2,5	Mode 1,2,3,4,5	Mode 1,2,3,4,5	Mode 1,2,3,4,5
Repetition Counter	-	-	-	8-Bit	8-Bit
WDT	IWDT+WWDT	IWDT+WWDT	IWDT+WWDT	IWDT+WWDT	IWDT+WWDT
RTC	32-Bit	32-Bit	32-Bit	32-Bit	32-Bit
ADC	12-Bit , 16-CH 400Ksps	12-Bit , 16-CH 400Ksps	12-Bit , 12-CH 800Ksps	12-Bit , 16-CH 1Msps	12-Bit , 16-CH 1Msps
ADC Differential Mode	support	support	-	-	-
ACMP Units	4	4	2	2	2
DAC	current DAC 10-Bit , 1-CH	current DAC 10-Bit , 1-CH	-	voltage DAC 12-Bit , 1-CH	voltage DAC 12-Bit , 1-CH
DAC Output Buffer	-	-	-	yes	yes
UART Units	Advanced *4	Advanced *4	Advanced *2	Advanced *3 Basic *4	Advanced *3 Basic *4
UART as SPI	Master *4	Master *4	Master *2	Master/Slave *3	Master/Slave *3
SPI Units	1	1	1	1	1
I2C Units	2	2	1	2	2

表 1-6(c) MG32F02z 系列功能(3)

Chip Functions	MG32F02A132	MG32F02A072	MG32F02A032	MG32F02A128 MG32F02U128	MG32F02A064 MG32F02U064
USB Units	-	-	-	USB Device *1	USB Device *1
USB Endpoints/Buffer	-	-	-	8/512-Bytes	8/512-Bytes
EMB	16-Bit Bus	16-Bit Bus	-	16/8-Bit Bus	16/8-Bit Bus
DMA Channels	3-CH	3-CH	1-CH	5-CH	5-CH
DMA Memory Source	SRAM, EMB	SRAM, EMB	SRAM, Flash	SRAM, Flash, EMB	SRAM, Flash, EMB
CRC	CRC8+16+32	CRC8+16+32	CRC8+16+32	CRC8+16+32	CRC8+16+32
HW Divider	-	-	-	32bit/32bit	32bit/32bit
OBM Units	1	1	2	2	2
NCO Units	-	-	-	1	1
CCL Units	-	-	-	2	2
SDT Units	-	-	-	1	1
Flash Regions	AP,IAP,ISP	AP,IAP,ISP	AP,IAP,ISP	AP,IAP,ISP	AP,IAP,ISP
Flash Program IF	ICP,ISP,CPU	ICP,ISP,CPU	ICP,ISP,CPU	ICP,ISP,CPU	ICP,ISP,CPU

其中 MG32F02A064/U064/A128/U128 為新一代晶片，主要新增功能有：

- ◎ 欠壓偵測 BOD0 檢查 1.4V 及 BOD2 檢查 1.7V。
- ◎ UART 有 7 組，含 Advanced *3 組及 Basic *4 組。
- ◎ DAC 為 12-bit 含緩衝器(Buffer)的類比電壓輸出。
- ◎ USB 埠(限 MG32F02U064/U128)：應用 USB 2.0 裝置，速率 12M-bps。
- ◎ 硬體除法器(HW Divider)：可應用於 32-bit/32-bit 的除法運算。
- ◎ 數值控制振盪器(NCO: Numerically Controlled Oscillator)，可輸入各種時脈加以除頻，可輸出很精確頻率的時脈提供應用。
- ◎ APB 擴展控制(APX: APB Extended Control)內含 CCL0、CCL1 及 SDT：
 - ※ 可配置的自定義邏輯(CCL: Configurable Custom Logic)，有兩組。
 - ※ 順序狀態檢測器(SDT: Sequential state Detector)，檢測兩腳輸入順序。

1-2.1 MG32x02z 系列架構介紹

MG32x02z 系列中 MG32F02A032 的架構及內部結構如下圖(a)(b)所示。

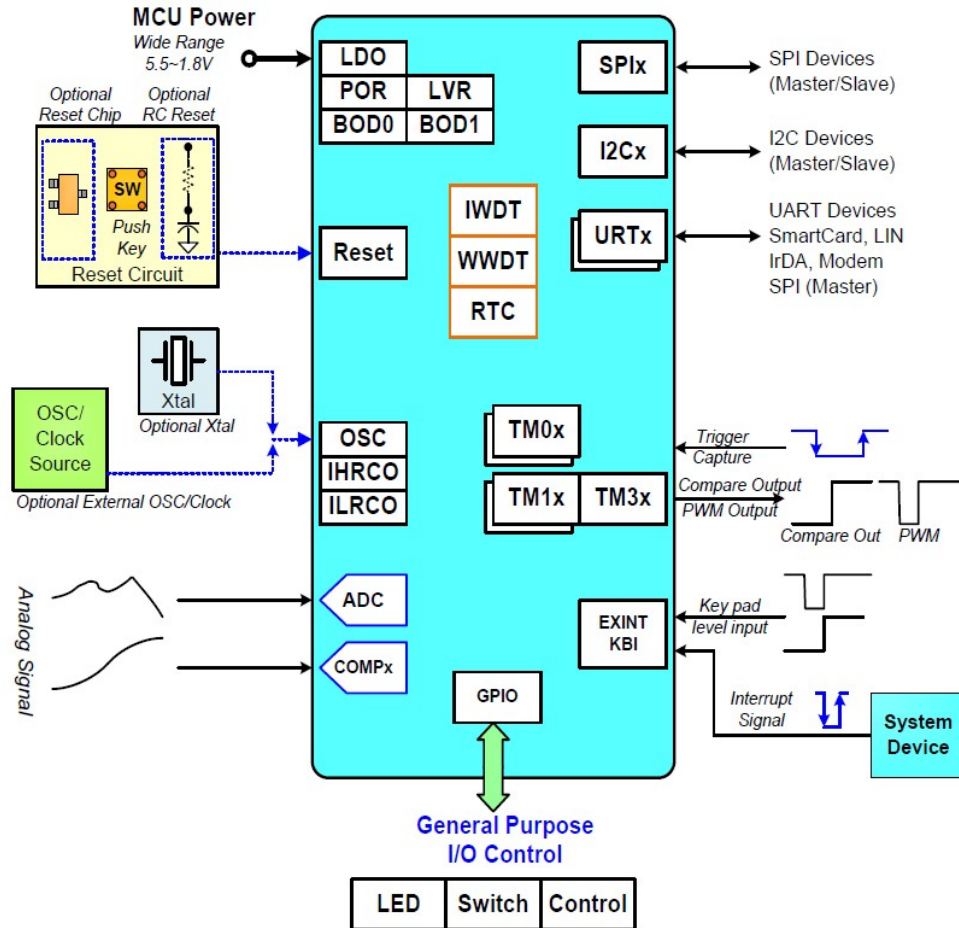


圖 1-6(a) MG32F02A032 方塊圖

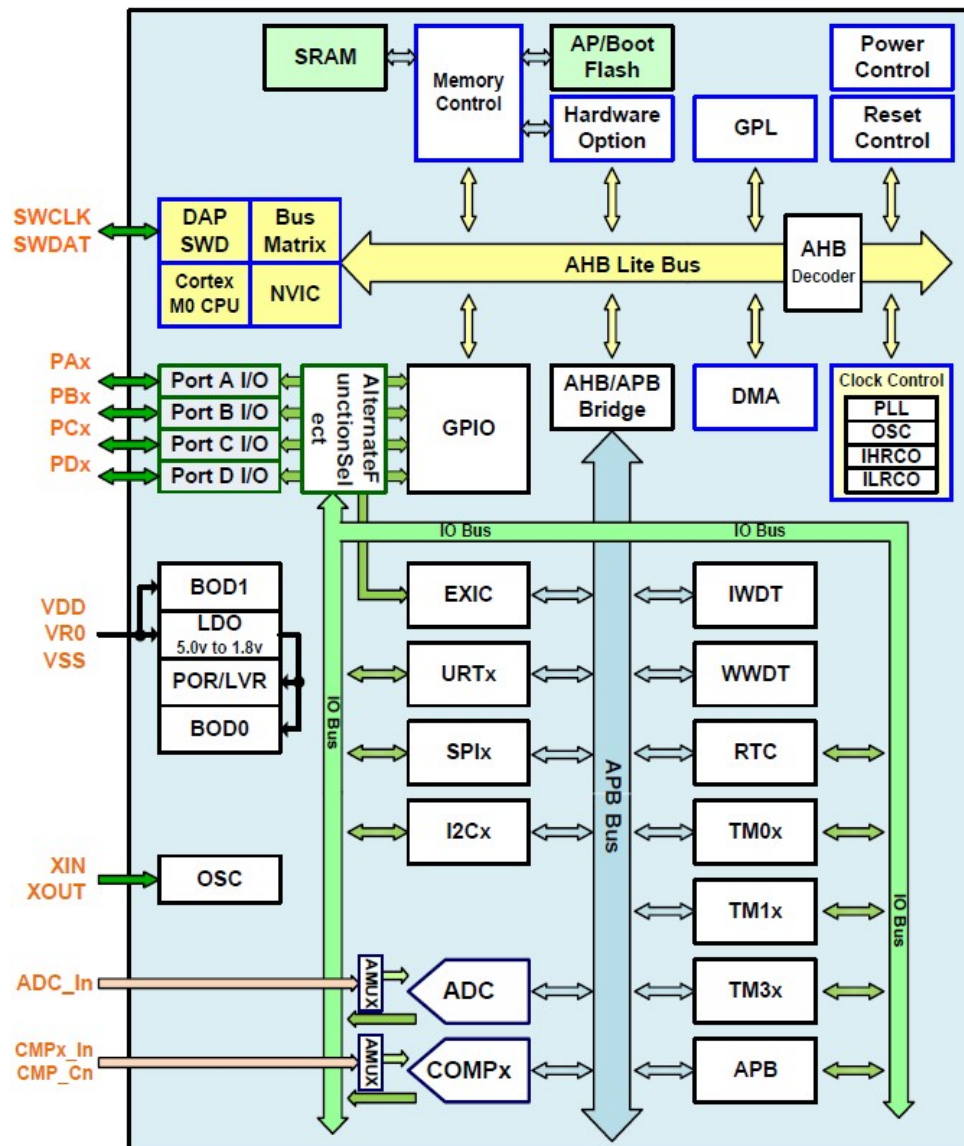


圖 1-6(b) MG32F02A032 結構圖

MG32x02z 系列中 MG32F02A072/A132 方塊圖及內部結構，如下圖 (a)(b)所示。其中有標示的周邊設備為與 MG32F02A032 相比較有增加的功能。

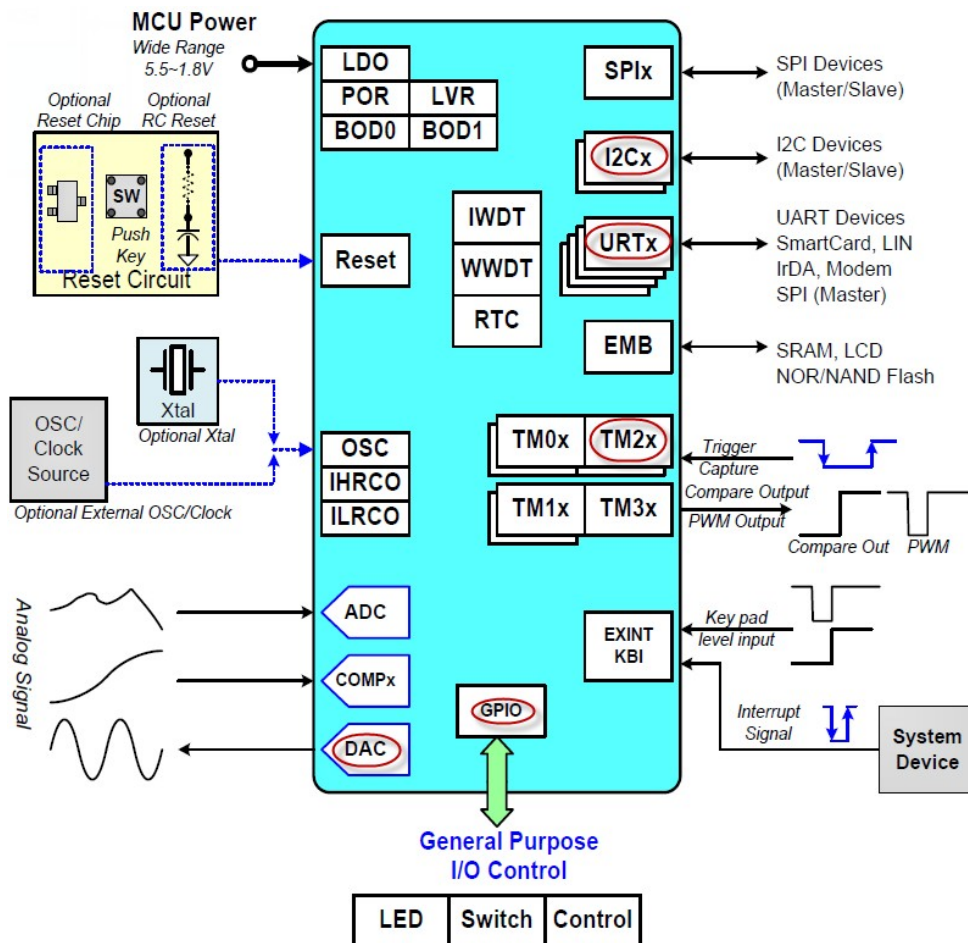


圖 1-7(a) MG32F02A072/A132 方塊圖

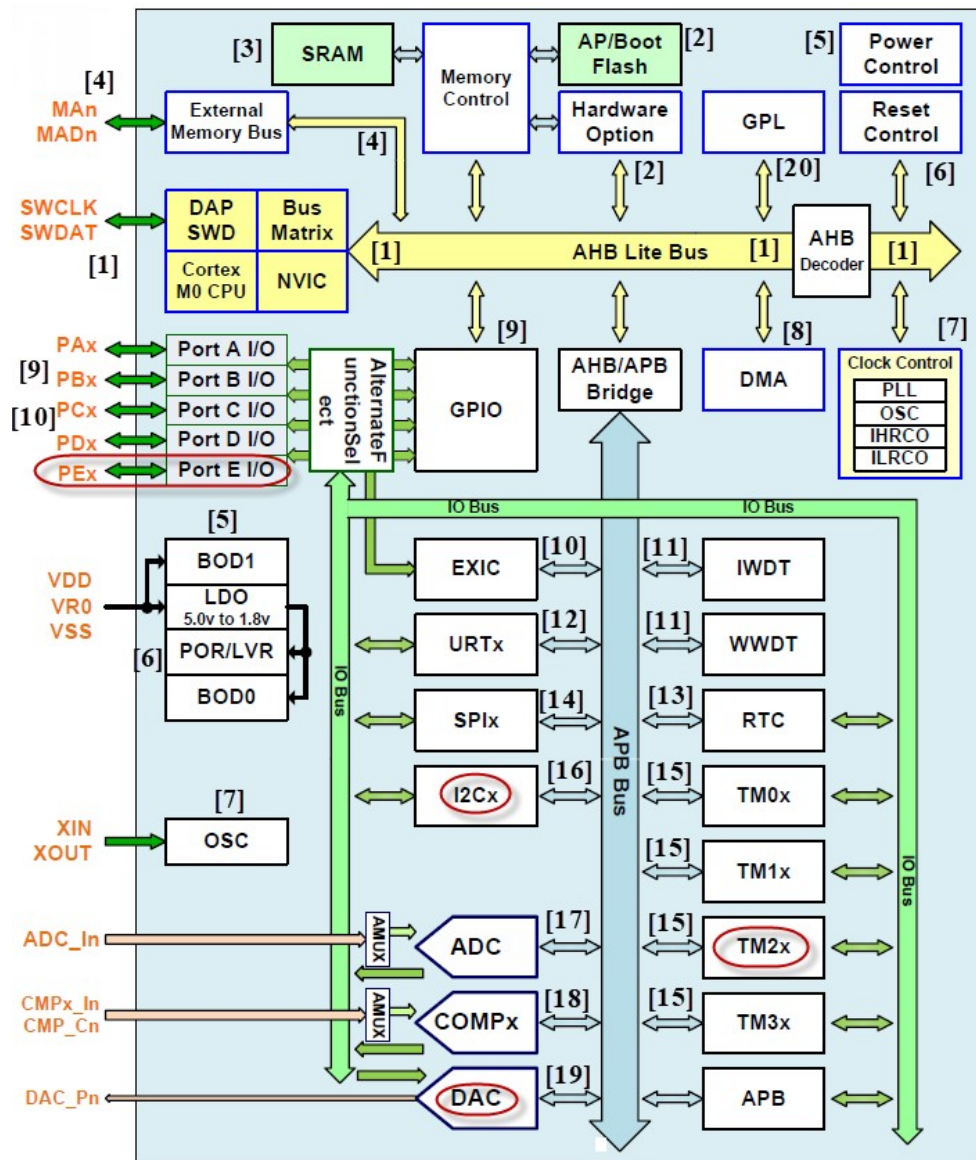


圖 1-7(b) MG32F02A072/A132 結構圖

MG32F02z 系列中 MG32F02U064/U128 與 MG32F02A064/A128 的差異為多了一組 USB 埠，其餘雷同。MG32F02U064/U128 方塊圖及內部結構如下圖(a)(b)所示：

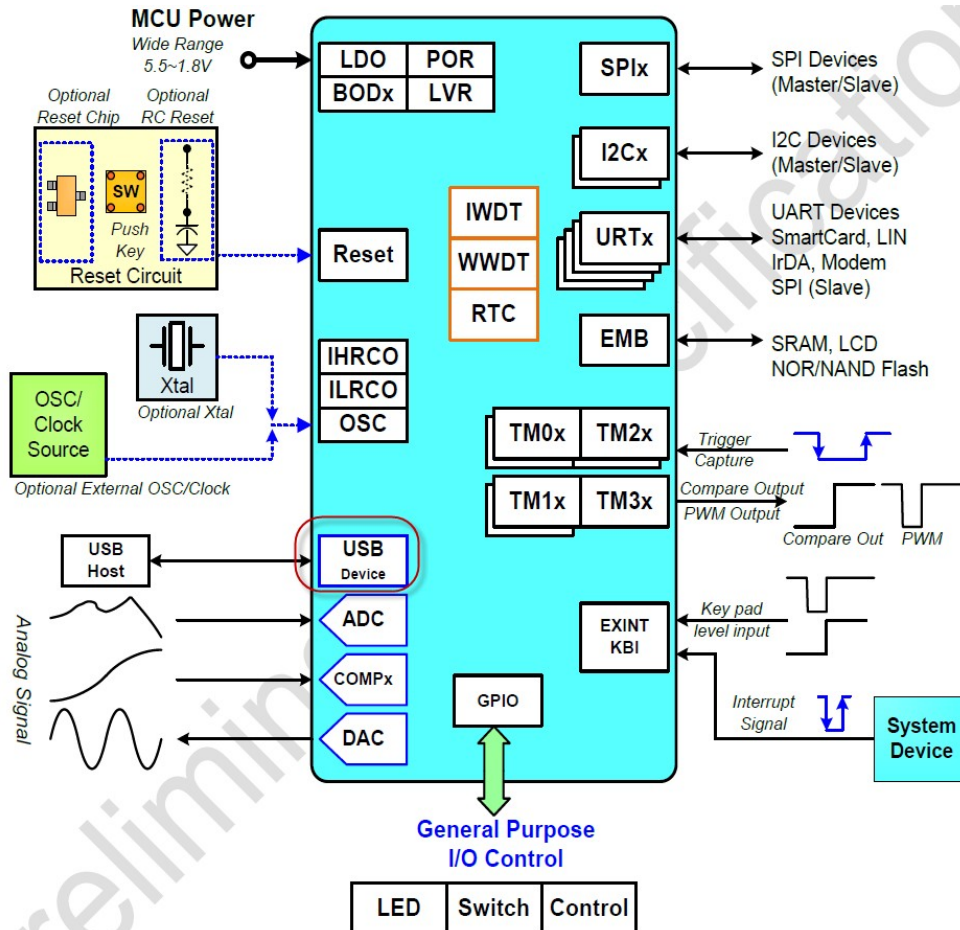


圖 1-8(a) MG32F02U064/U128 方塊圖

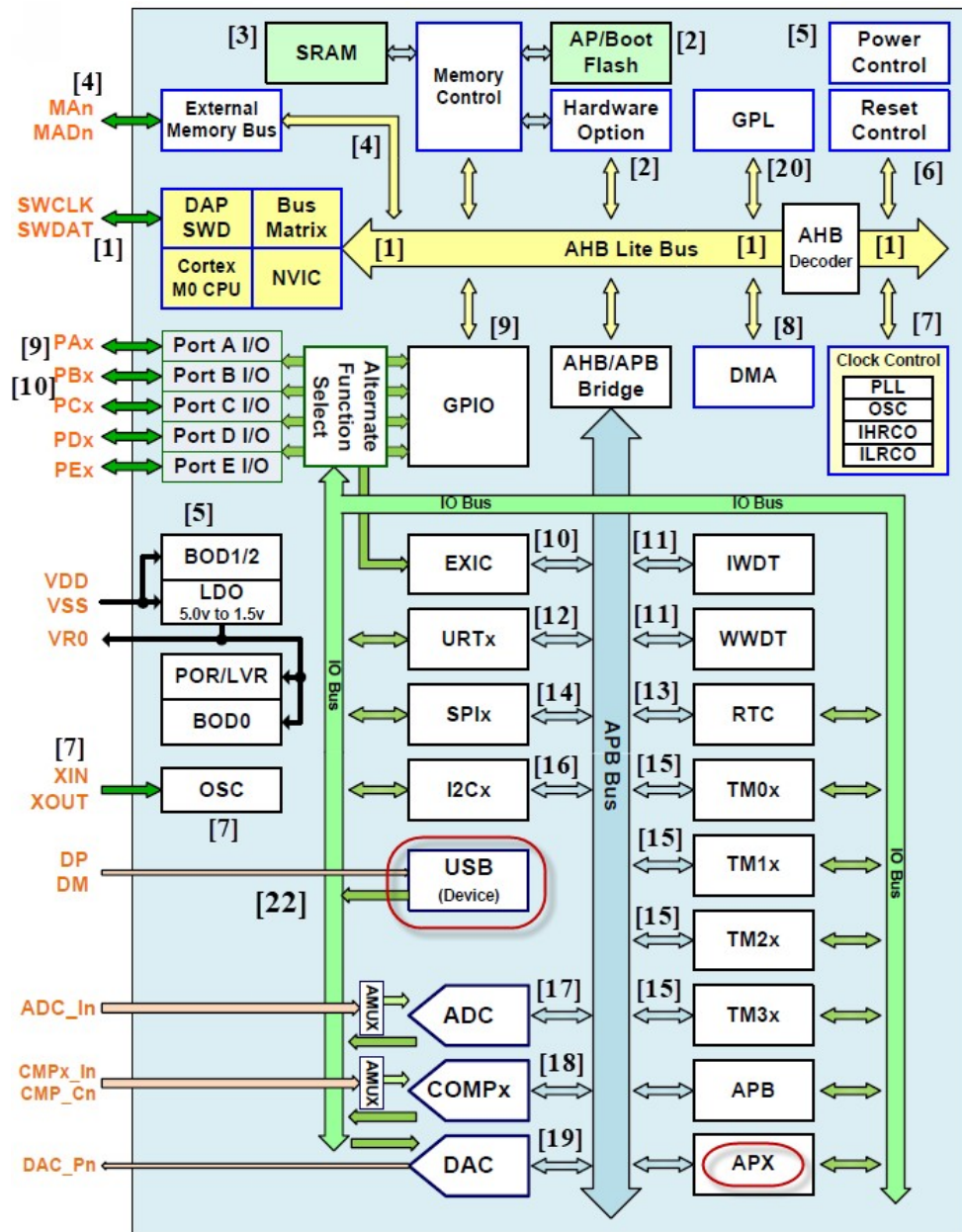


圖 1-8(b) MG32F02U064/U128 結構圖

1-2.2 MG32x02z 系列特性

MG32x02z 系列特性如下：

1. CPU 核心(Core)相關部份：如下圖所示：

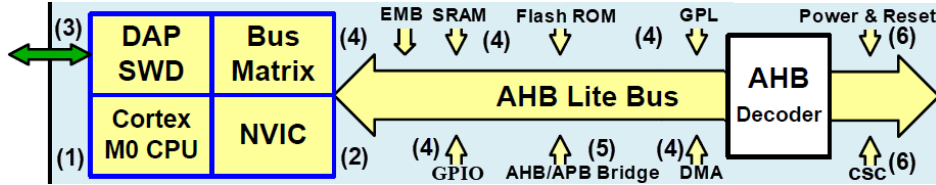


圖 1-9 CPU核心(Core)

- (1) ARM®Cortex®-M0 為 32-bit CPU 頻率最高可達 48MHz，內含 24-bit 的系統節拍計時器(system tick timer)及 32-bit 乘法器(multiplier)，其中 MG32F02A064/U064/A128/U128 提供 32-bit 硬體除法器(HW Divider)。
- (2) 內含嵌套式向量中斷控制器(NVIC: Nested Vectored Interrupt Controller)提供 32 個周邊設備中斷源輸入及 4 級的優先順序。
- (3) 可外接串列線偵錯器(SWD: serial wire debugger)，有 2 個觀察點(watch points)及 4 個中斷點(breakpoints)。同時藉由 DAP(Debug Access Port)可將 CPU 變成另外一個 USB 隨身機來燒錄程式。
- (4) BUS 矩陣(Matrix)：以 M0 核心(Core)或 DMA 等，作為主(Master)控制器經 BUS Matrix 切換，經由 AHB Lite Bus 直接連接各項被動響應的僕(slave)裝置，如外部記憶體匯流排(EMB)、SRAM、Flash ROM、通用邏輯(GPL)及通用輸入/輸出(GPIO)等。且同一時間只能由一個主(Master)控制器連接一個僕(slave)裝置。如下圖所示：

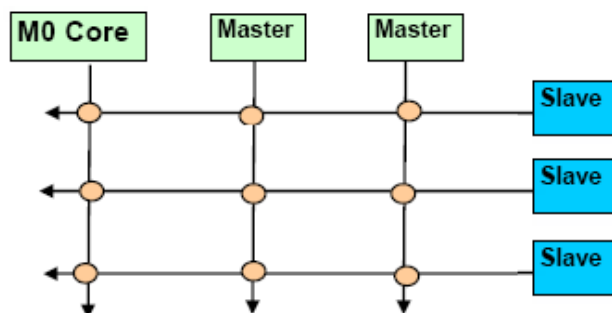


圖 1-10(a) BUS 矩陣(Matrix)介面

M0 核心(Core)與記憶體在零等待狀態之下可進行 32-bit 的資料傳送，且固定為 little ending(小端)模式，如下圖所示：

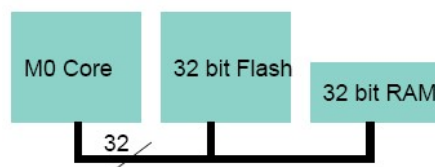


圖 1-10(b) M0 核心與記憶體

- (5) AHB/APB Bridge(橋接器)：可將先進高效率匯流排(AHB: Advanced High-performance Bus)轉換為先進周邊匯流排(APB: Advanced Peripheral Bus)來連接各項周邊設備。
- (6) 經 AHB Decode(解碼)可進行電源(Power)、重置(Reset)及時脈來源控制(CSC: Clock Source Controller)。
2. 快閃記憶體(Flash Memory)：含 AP、ISP 及 IAP 可儲存程式碼或資料。
 - (1) 內含 32K/64K/72K/128K/132K-byte(032/064/072/128/132)flash ROM。
 - (2) 透過 SWD 介面，提供系統線上燒錄(ISP: In-system program)可進行 ISP 開機(boot)程式碼更新。
 - (3) 提供電路線上燒錄(ICP: In-circuit program)可進行 flash 記憶體使用者程式碼更新。
 - (4) 提供應用線上燒錄(IAP: In-application program)可線上在 flash 記憶體燒

錄及存取資料。

- (5) 提供 flash 記憶體的字清除(page erase)，每頁 1K-byte。
- 3. SRAM 記憶體：可存取資料或程式碼。
 - (1) 內含 4K-byte(032)、8K-byte(064/072)或 16K-byte(128/132)的 SRAM。
 - (2) 其中僅有 128/132 另外提供 2K-byte 空間給 DMA 使用及其餘 14K-byte 用於存取資料或程式，如此可提高軟體的存取效能。
- 4. 外部記憶體匯流排(EMB: External Memory Bus)：可外接 SRAM、NOR/NAND flash 及繪圖型 LCD 模組，其中 MG32F02A032 無 EMB。
- 5. 電源(Power)控制：外工作電源電壓(VDD)為 1.8V~5.5V。
 - (1) 內含開機重置(POR: Power On Reset)，當外部重置腳(RSTN)被作為 GPIO 腳時，可由內部進行開機重置(POR)的功能。
 - (2) 內含穩壓電路(LDO: low dropout linear regulator)可將 V_{DD} (1.8V~5.5V) 穩壓成 1.65V(032/072/132)或 1.5V(064/128)，提供系統、記憶體及周邊設備使用。
 - (3) 內含三組欠壓偵測(BOD: Brown-Out Detector)，BOD0 檢查 1.7V 或 1.4V(限 064/128)、BOD1 可選擇檢查 4.2V/3.7V/2.4V/2.0V 及 BOD2 檢查 1.7V(限 064/128)。
 - (4) 低電壓重置(LVR: Low-Voltage Reset)，當 BOD0~2 檢查電源電壓不足時，可產生重置及中斷。
 - (5) 內含電源管理控制來進行電源省電及喚醒(wakeup)控制。
 - (6) 提供三組電源操作模式：正常(Normal)、睡眠(SLEEP)及停止(STOP)。
 - (7) 提供由睡眠(SLEEP)及停止(STOP)省電模式的喚醒(wakeup)功能。
- 6. 重置(Reset)控制：可配合中斷一起控制，如下圖所示：

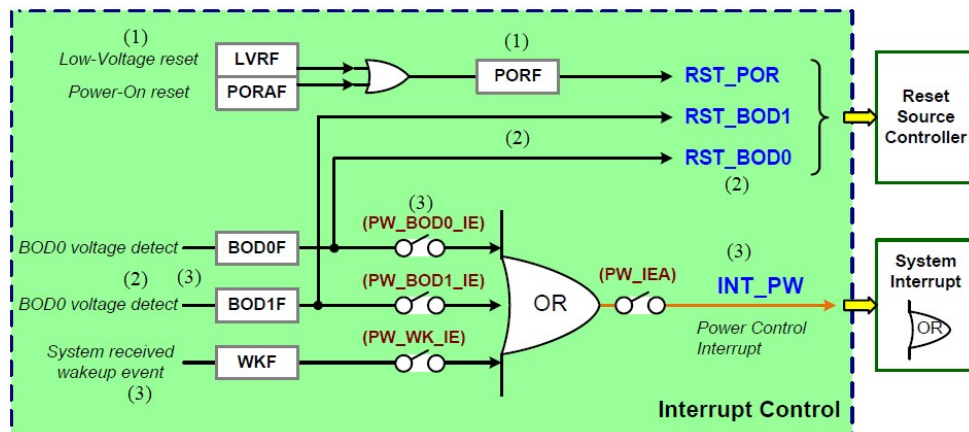


圖 1-11 電源控制中斷及重置

- (1) 內含低電壓重置(LVR: Low-Voltage reset)及開機重置(POR: Power-On reset)電路。
- (2) 提供多個重置來源，包括：
- (a) POR、BOD0、BOD1、BOD2 及外部重置接腳來進行重置動作。
 - (b) IWDT、WWDT、ADC 及類比比較器(Analog Comparator)重置。
 - (c) 非法地址錯誤重置及 Flash 記憶體存取保護錯誤重置。
 - (d) 時脈檢測失敗(MCD: Missing Clock Detect)重置。
- (3) BOD0~2 及系統收到喚醒事件，可以產生系統中斷。
7. 時脈來源控制(CSC: Clock Source Control)：有數種時脈，如下圖所示：

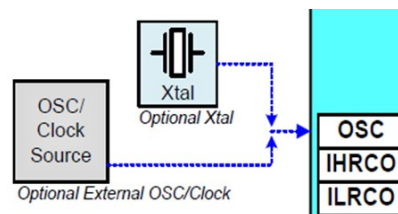


圖 1-12 時脈來源控制(CSC)

- (1) 內部低頻 RC 振盪器(ILRCO: Internal Low frequency RC Oscillator)為 32KHz 誤差 $\pm 8\%$ (操作溫度 $+25^{\circ}\text{C}$ 時)，會有較大的誤差。

- (2) 內部高頻 RC 振盪器(IHRCO: Internal High frequency RC Oscillator)可選擇 12MHz(預定)或 11.059MHz 誤差 $\pm 1\%$ (操作溫度+25°C時)。
 - (3) 外部石英振盪器(XOSC)，可外接 32.768KHz 或 4~25MHz 石英晶體。
 - (4) 外部時脈(External OSC/clock)輸入，最高可輸入 36MHz。
 - (5) 高頻時脈可經由鎖相迴路(PLL)最高倍頻到 48MHz 輸出提供系統及周邊設備時脈。但它不支援低頻(如 32KHz 及 32.768KHz)的 PLL 倍頻。
 - (6) 內含具有獨立時脈源控制器，提供時脈給各種模組，才可以工作。
 - (7) 可選擇各種時脈經除頻後，由外部接腳(ICKO)輸出。
8. 直接記憶存取(DMA: Direct Memory Access)：提供 1 通道(032)、3 通道(072/132) 或 5 通道(064/128)可獨立進行硬體 DMA 請求，令記憶體與周邊設備(APB 或 AHB)進行直接存取資料的動作。
9. 通用輸入/輸出(GPIO: General Purpose Input Output)：接腳有 PA~PE 埠。
- (1) 提供通用輸出入腳操作，接腳有 17 支(TSSOP20)、29 支(QFN32)、44 支(LQFP48)、59 支(LQFP64)或 73 支(LQFP80)。
 - (2) 可獨立選擇每支接腳的輸出入模式(modes)：有推挽式輸出(Push-Pull output)、準雙向(Quasi bidirectional)輸出入、開洩極(Open-drain)輸出、數位高阻抗(high impedance)輸入及類比輸出入(Analog IO)。
 - (3) 每支 GPIO 腳可經由交替功能選擇(AFS: Alternate Function Select)設定 AF0~AF9 改為數種外部周邊設備不同的特殊功能接腳。而類比功能接腳(CMP、ADC、DAC)，另外有其它方式來設定。
10. 外部中斷控制(EXIC: External Interrupt Controller)：
- (1) 除了 MG32F02A128AD80 與 MG32F02U128AD80 的 GPIO 接腳 PA~PE 有提供外部中斷輸入外，其餘僅 PA~PD 有提供外部中斷輸入功能。
 - (2) 觸發輸入可選擇為高/低(high/low)準位(level)或正負(rising/falling)緣(edge)輸入。
 - (3) 內含喚醒中斷控制(WIC: Wakeup Interrupt Controller)來進行喚醒事件控制。
 - (4) 所有接腳均可配置為外部中斷及按鍵中斷(KBI)。

- (5) 提供外部接腳令 CPU 產生 NMI/RXEV/TXEV 功能。
- 11. 看門狗計時器(Watchdog Timer)：有兩組，防止當機時間過長。
 - (1) 獨立看門狗計時器(IWDT: Independent Watch Dog Timer)。
 - (2) 視窗看門狗計時器(WWDT: Window Watch Dog Timer)。
- 12. 串列埠 UART 介面：提供兩組(032)、四組(072/132)或七組(064/128)的 UART 模組，同時具有硬體流量(Hardware flow)控制、IrDa(紅外線)、LIN 匯流排、ISO-7816 智能卡等功能，且可轉換為 SPI 介面。
- 13. 即時時脈(RTC: Real Time Clock)：可由電池提供計時、鬧鐘及喚醒功能。
- 14. 串列埠 SPI 介面：有一組，可外接 SPI 介面晶片。
- 15. 通用計時器(Timer)：內含 16/32-bit 的預除器及計時計數器。
 - (1) 032 有 5 組：TM00、TM01、TM10、TM16 及 TM36。
 - (2) 064/072/128/132 有 7 組：TM00、TM01、TM10、TM16、TM20、TM26 及 TM36。
 - (3) 其中 TM36 功能最強，具有內部計時、計時比較輸出、PWM 輸出、三相互補 PWM 輸出、捕捉輸入及 QEI(正交編碼器介面)等功能。
- 16. 串列埠 I²C 介面：提供一組(032)或兩組(064/072/128/132)的 I²C 模組，可外接 I²C 介面晶片。其中 032/064/0128 具有 I²C 從機位址相符喚醒功能。
- 17. 類比/數位轉換(ADC)：為 12-bit ADC 最多有 16 通道，可輸入類比電壓，並含可程式電壓增益放大(PGA: Programmable Gain Amplifier)功能。
- 18. 類比比較器(Analog Comparator)：最多有四組，可輸入類比電壓相比較。
- 19. 數位/類比轉換(DAC)：其中 072/132 為 10-bit 類比電流輸出。064/128 為 12-bit 類比電壓輸出，且含 DAC 緩衝輸出。
- 20. 通用邏輯(GPL: General Purpose Logic)：提供資料反轉、bit 順序更改、byte 順序更改和同位元(parity)檢查。
- 21. 循環冗餘校驗(CRC: Cyclic Redundancy Check)計算，檢查資料是否有誤。
- 22. USB 介面：MG32F02U064/U128 提供 USB 埠只能作為裝置(Device)。

1-2.3 MG32x02z 系列記憶體介紹

MG32x02z 系列記憶體分佈，如下圖(a)(b)及下表所示：

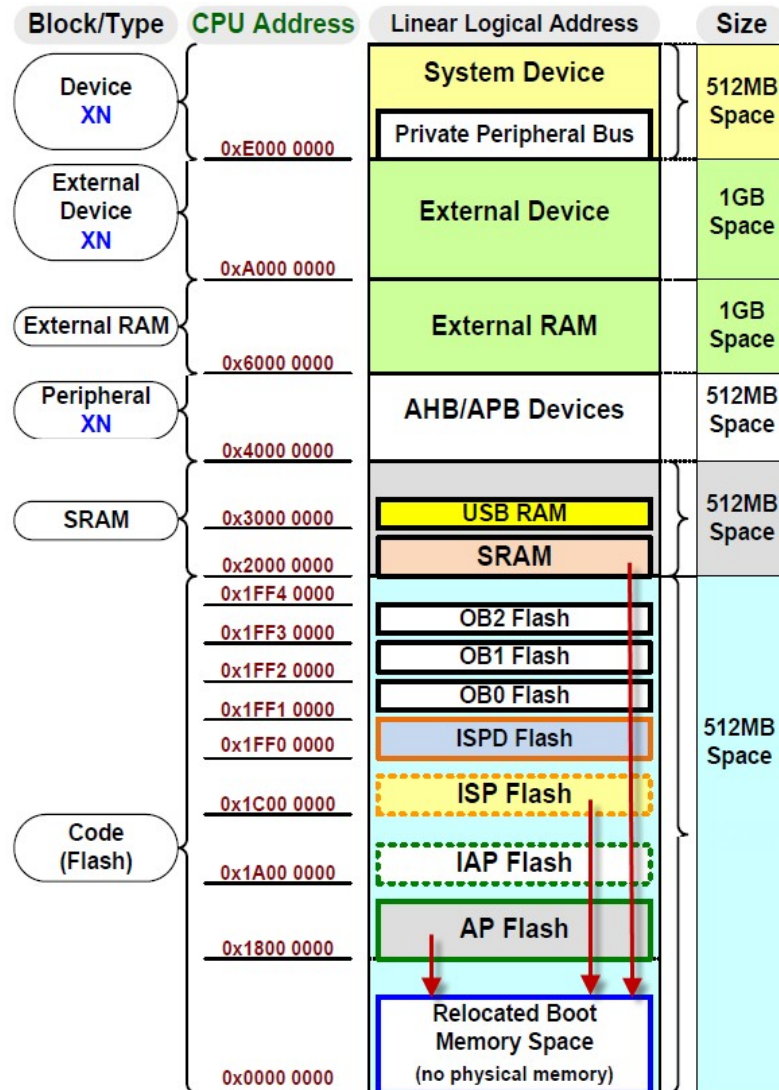


圖 1-13(a) MG32x02z 系列記憶體分佈

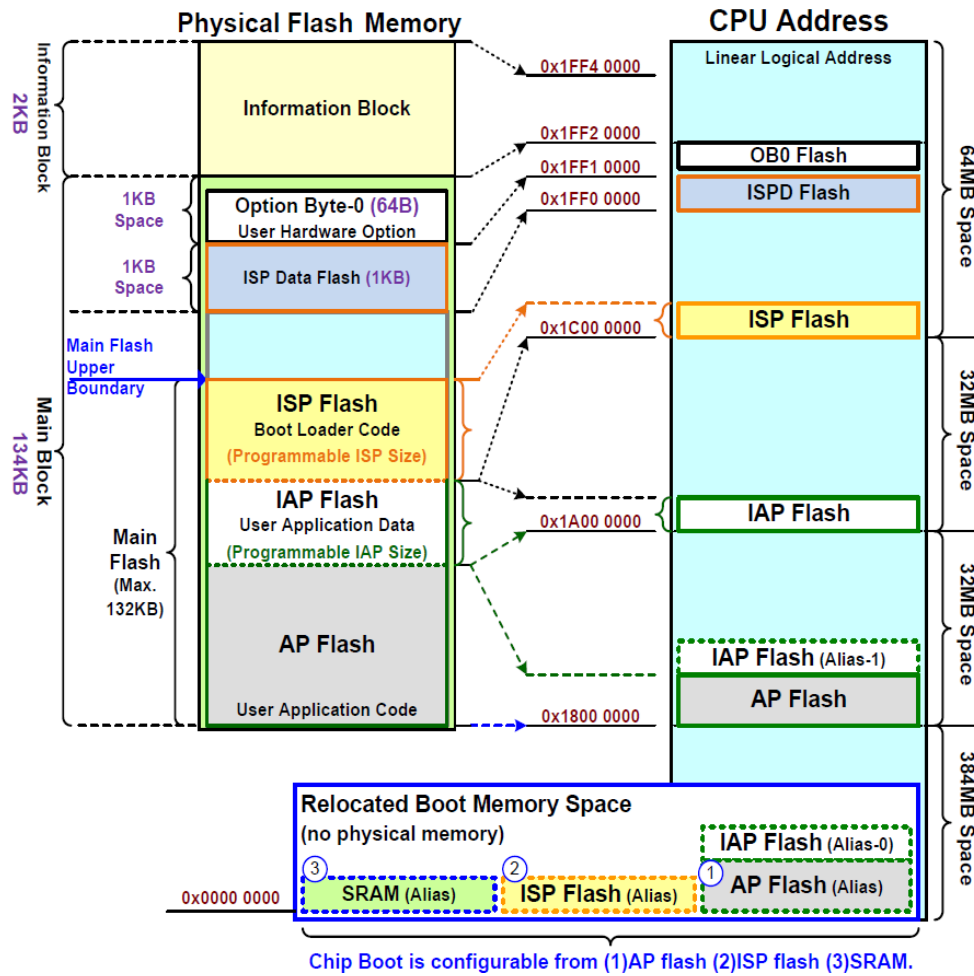


圖 1-13(b) MG32x02z 系列 Flash 記憶體分佈

表 1-7 MG32x02z 系列記憶體

Chip	Embedded Flash			Embedded SRAM		
	Main Flash	ISPD Flash	Flash Page Size	Main SRAM	DMA SRAM	USB SRAM
MG32F02A132	132KB	1KB	1KB	16KB	2KB	-
MG32F02A072	72KB	1KB	1KB	8KB	-	-
MG32F02A032	32KB	1KB	1KB	4KB	-	-
MG32F02A128	128KB	512B	512B	16KB	2KB	-
MG32F02U128	128KB	512B	512B	16KB	2KB	512B
MG32F02A064	64KB	512B	512B	8KB	2KB	-
MG32F02U064	64KB	512B	512B	16KB	2KB	512B

1. Flash 記憶體：含 AP、ISP 及 IAP 用來儲存應用程式(AP)及資料，可透過 SWD 線上燒錄程式(ISP)，也可以用來存取資料(IAP)，如下表所示：

表 1-8 MG32x02z 系列的 Flash 記憶體空間

0x1FF3 0400	0x1FFF FFFF	831KB	Reserved	
0x1FF3 0040	0x1FF3 03FF	960B	OB Flash-2 (*2) (6)	
0x1FF3 0000	0x1FF3 003F	64B		Hardware Option byte-2 (64-byte)
0x1FF2 0400	0x1FF2 FFFF	63KB	Reserved	
0x1FF2 0050	0x1FF2 03FF	944B	OB Flash-1 (*2) (6)	
0x1FF2 0040	0x1FF2 004F	16B		Unique ID (16-byte)
0x1FF2 0000	0x1FF2 003F	64B		Hardware Option byte-1 (64-byte)
0x1FF1 0400	0x1FF1 FFFF	63KB	Reserved	
0x1FF1 0040	0x1FF1 03FF	960B	OB Flash-0 (*2) (6)	
0x1FF1 0000	0x1FF1 003F	64B		Hardware Option byte-0 (64-byte)
0x1FF0 0400	0x1FF0 FFFF	63KB	Reserved	
0x1FF0 0000	0x1FF0 03FF	1KB	ISPD Flash (*2) (5)	ISP data flash
0x1C02 1000	0x1FEF FFFF	63MB	Reserved	
0x1C00 0000	0x1C02 0FFF		ISP Flash (*2) (4)	Boot Flash memory (configurable size)
0x1A02 1000	0x1BFF FFFF	32MB	Reserved	
0x1A00 0000	0x1A02 0FFF		IAP Flash (*2) (3)	Data Flash memory (configurable size)
0x1802 1000	0x19FF FFFF	32MB	Reserved	
0x1800 0000	0x1802 0FFF	132KB	AP Flash (*2) (2)	Application Flash memory (configurable size by chip option)
0x0002 1000	0x17FF FFFF	384MB	Reserved	
0x0000 0000	0x0002 0FFF	132KB	Relocated memory space (*1) (1)	Interrupt Vector 0x0000 00C0~0x0000 0000

*1 : Relocated memory space : Main flash memory, Boot flash memory or SRAM depending on BOOT configuration

*2 : The table lists the maximum value. Refer the "Chip Selection Table" of Data Sheet about actual memory size.

- (1) 重新定址記憶體(Relocated memory)：由位址 0 開始，記憶空間最多

132K-byte(位址 0x0000_0000~0x0002_0FFF)，它並無實體的記憶體，而藉由暫存器(MEM_BOOT_MS)或硬體選項(Hardware Option)OB 內的開機記憶體選擇位元(BOOT_MS)，來選擇開機時可將 AP Flash(預定)、ISP Flash 或 SRAM 重新映射(re-mapping)到此空間來執行，如下表所示：

表 1-9 重新映射(re-mapping)記憶體

Boot Mode	Memory	Register
		BOOT_MS
AP	Application Flash	0
ISP	ISP Boot Flash	1
SRAM	Embedded SRAM	2

重定位置記憶體(Relocated memory)空間，其中最前面位址(0x0000~00C0)為中斷向量(Interrupt Vectors)，每個向量佔用 4-byte 可執行一個跳躍指令，跳到要執行的中斷服務程式(ISR)。除了位址 0 為初始化堆疊記憶體及位址 4 為重置外，其餘可用於系統及周邊設備中斷向量位址。

- (2) 應用(AP:Application)Flash 區塊：最多 132K(0x1800_0000~0x1802_0FFF)，內含使用者程式碼，且去除 ISP 及 IAP 後才是 AP Flash 空間容量。
- (3) IAP Flash 區塊：可配置容量提供存取資料用，記憶體位址由 0x1A00_0000 開始，佔用多少空間可由 M-Link 或 U1Plus Write 燒錄器來規劃。
- (4) ISP Flash 區塊：內含由廠商所提供的開機程式下載(bootloader)，記憶體位址由 0x1C00_0000 開始。
- (5) ISPD Flash 區塊：位址為 0x1FF0_0000~0x1FF0_03FF 有 1-Kbyte，用於 ISP 資料的存取。
- (6) OB Flash-0~2 區塊：用於硬體選項(Hardware Option)設定。
- (7) 其中 IAP 及 ISP 所配置的記憶體容量，其實際物理空間會以別名(alias)方式佔用在 AP Flash 內。兩邊的資料是重疊的，因此使用者程式的空間，必須減去 IAP 及 ISP 所配置的記憶體容量，如下圖所示：

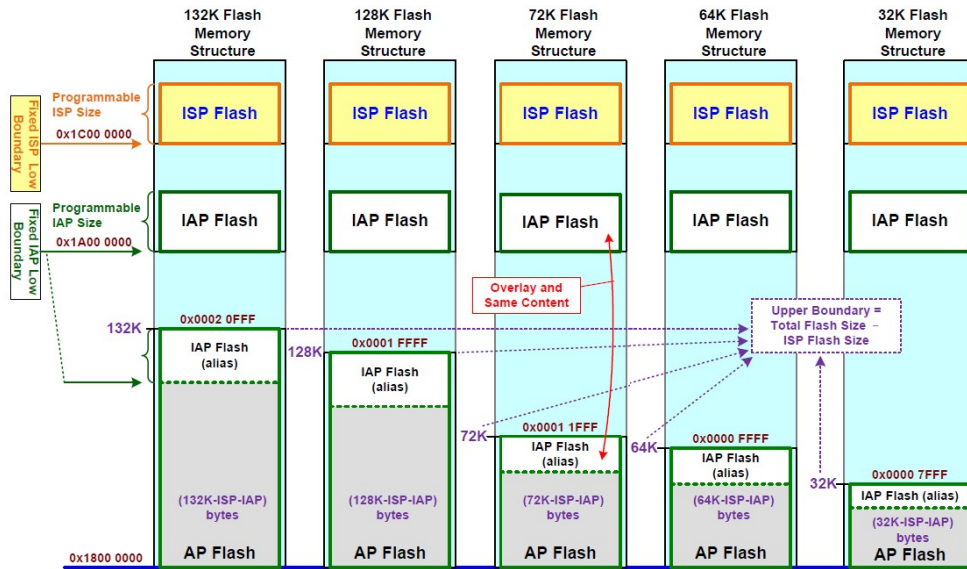


圖 1-14 Flash 記憶體空間

2. SRAM 記憶體：SARM 可用來存取資料及下載程式，如下表所示：

表 1-10 SRAM 記憶體空間

0x3000_0200	0x3FFF_FFFF	256MB	Reserved	
0x3000_0000	0x3000_01FF	512B	USB SRAM (*2) (3)	
0x2000_4000	0x2FFF_FFFF	256MB	Reserved	
0x2000_3800	0x2000_3FFF	2KB	SRAM (*2)	(2) Upper 2K-byte suggestion for DMA
0x2000_0000	0x2000_37FF	14KB		

- (1) 032 為 4K-byte(位址 0x2000_0000~0x2000_0FFF)、064/072 為 8K-byte(位址 0x2000_0000~0x2000_1FFF) 及 128/132 為 16K-byte(位址 0x2000_0000~0x2000_3FFF)
 - (2) 其中 128/132 專門提供 DMA 使用 2K-byte，可提供一般 RAM 僅 14K。
 - (3) U064/U128 另外提供 USB RAM 作為緩衝器(buffer)，容量有 512-byte(位址由 0x3000_0000 開始)。
3. AHB 周邊設備暫存器：位址 0x4000_0000~0x5FFF_FFFF，提供 I/O 及 MCU 系統等控制暫存器。以 GPIO 暫存器的基本(Base)位址為例，如下表所示：

表 1-11 GPIO 暫存器位址

暫存器	地址	暫存器	地址
GPIOA_Base	0x4100_0000	GPIOB_Base	0x4100_0020
GPIOC_Base	0x4100_0040	GPIOD_Base	0x4100_0060
GPIOE_Base	0x4100_0080		

4. APB 周邊設備暫存器：位址 0x5000_0000~0x5FFF_FFFF，提供 Timer、WDT、UART、SPI、I²C、ADC、USB、PLL 及省電模式等各種控制暫存器。
5. 外部記憶/裝置空間：可藉由外部記憶體匯流排(EMB)來外接 RAM、Flash 或 LCD。如下表所示：

表 1-12 外部記憶/裝置空間

System Device	0xE010 0000	0xFFFF FFFF	511MB	VENDOR_SYS	(2)
	0xE000 0000	0xE00F FFFF	1MB	Private Peripheral Bus(PPB)	M0 Reserved (1) Cortex M0 internal peripherals
External Device	0xC000 0000	0xDFFF FFFF	512MB	Reserved (2)	External memory (SRAM, Flash)
External Device	0xA000 0000	0xBFFF FFFF	512MB	Reserved (2)	External memory (SRAM, Flash)
External RAM	0x8000 0000	0x9FFF FFFF	512MB	Reserved (1)	External memory (SRAM, Flash)
External RAM	0x6000 0000	0x7FFF FFFF	512MB	Reserved (1)	External memory (SRAM, Flash)

- (1) 外部記憶體(External RAM)：位址 0x6000_0000~0x9FFF_FFFF。
- (2) 外部裝置(External Device)：位址 0xA000_0000~0xDFFF_FFFF。
6. 系統裝置(System Device)：內含核心系統專用的暫存器。
 - (1) 專用周邊匯流排(PPB)：位址 0xE000_0000~0xE00F_FFFF。
 - (2) 供應商系統(VENDOR_SYS)：位址 0xE010_0000~0xFFFF_FFFF。
7. Cortex®-M0 可用 8/16/32-bit 來存取資料或程式，且固定是以小端(Little Endian)模式來存取，也就是先存取 Low byte(word)、再 High byte(word)，這是 Intel 的存取方式，如下圖所示：

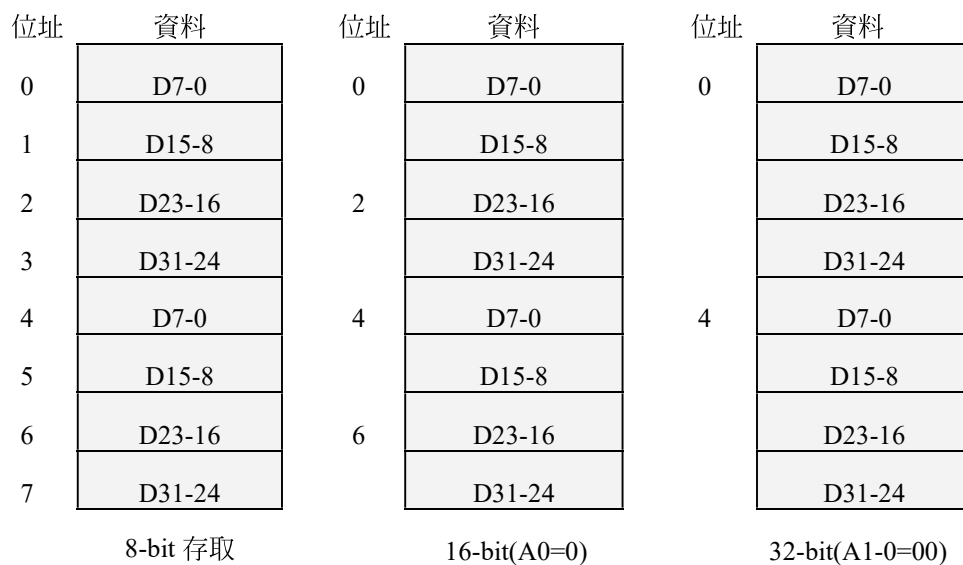


圖 1-15 記憶體存取 Little Endian 模式

- (1) 8-bit 存取：定址順序為：0→1→2→3→4→5→6→7。
- (2) 16-bit 存取：令位址 A0=0 以偶數來定址，定址順序為：0→2→4→6。
- (3) 32-bit 存取：令位址 A1-0=00 以四倍數來定址，定址順序為：0→4→8。

1-3 MG32x02z 系列硬體電路

MG32x02z 系列晶片型號及包裝，如下表所示：

表 1-13 MG32F02z 系列包裝

Chip Functions	MG32F02A132	MG32F02A072	MG32F02A032	MG32F02A128 MG32F02U128	MG32F02A064 MG32F02U064
Package	LQFP80/64	LQFP64/48	LQFP48, QFN32 TSSOP20	LQFP80/64	LQFP64/48

1-3.1 MG32x02z 系列晶片

MG32x02z 系列晶包括 MG32F02A032/A064/A128/A132/U64/U128 如下：

1. MG32F02A032 晶片包裝有 TSSOP20、QFN33、及 LQFP48，如下圖所示：

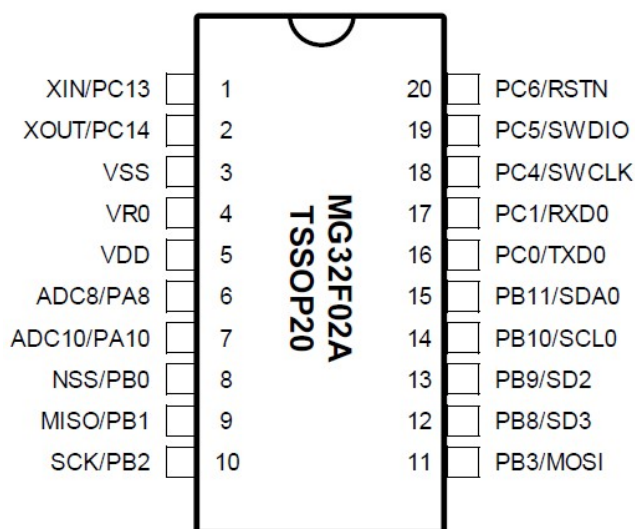


圖 1-16(a) MG32F02A032AT20 包裝圖

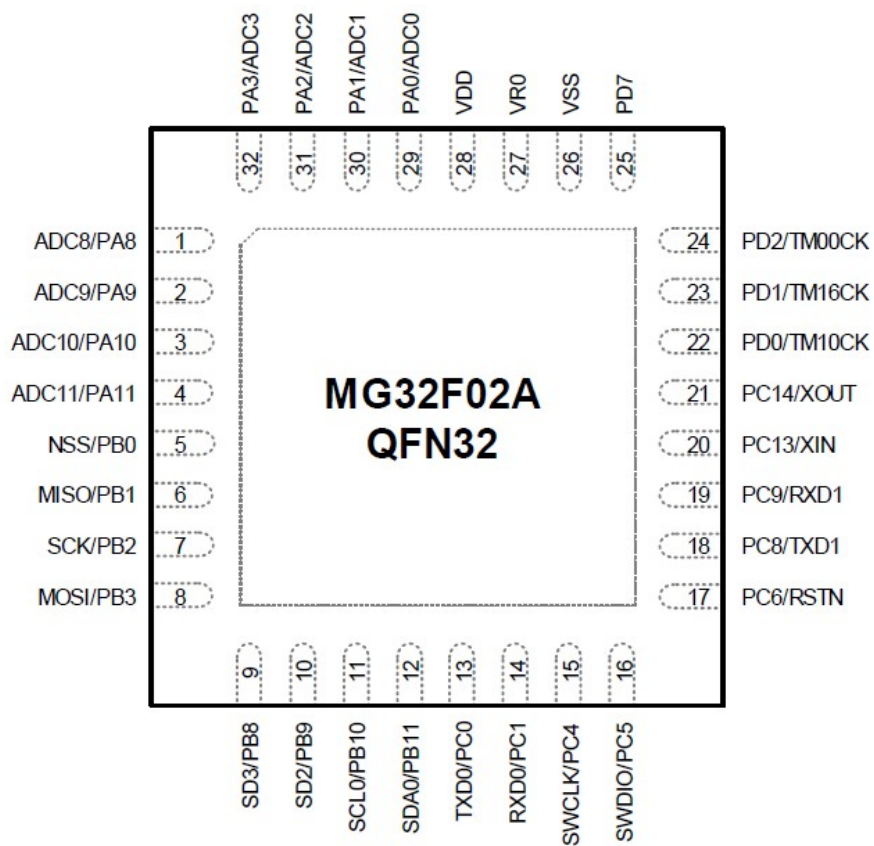


圖 1-16(b) MG32F02A032AY32 包裝圖

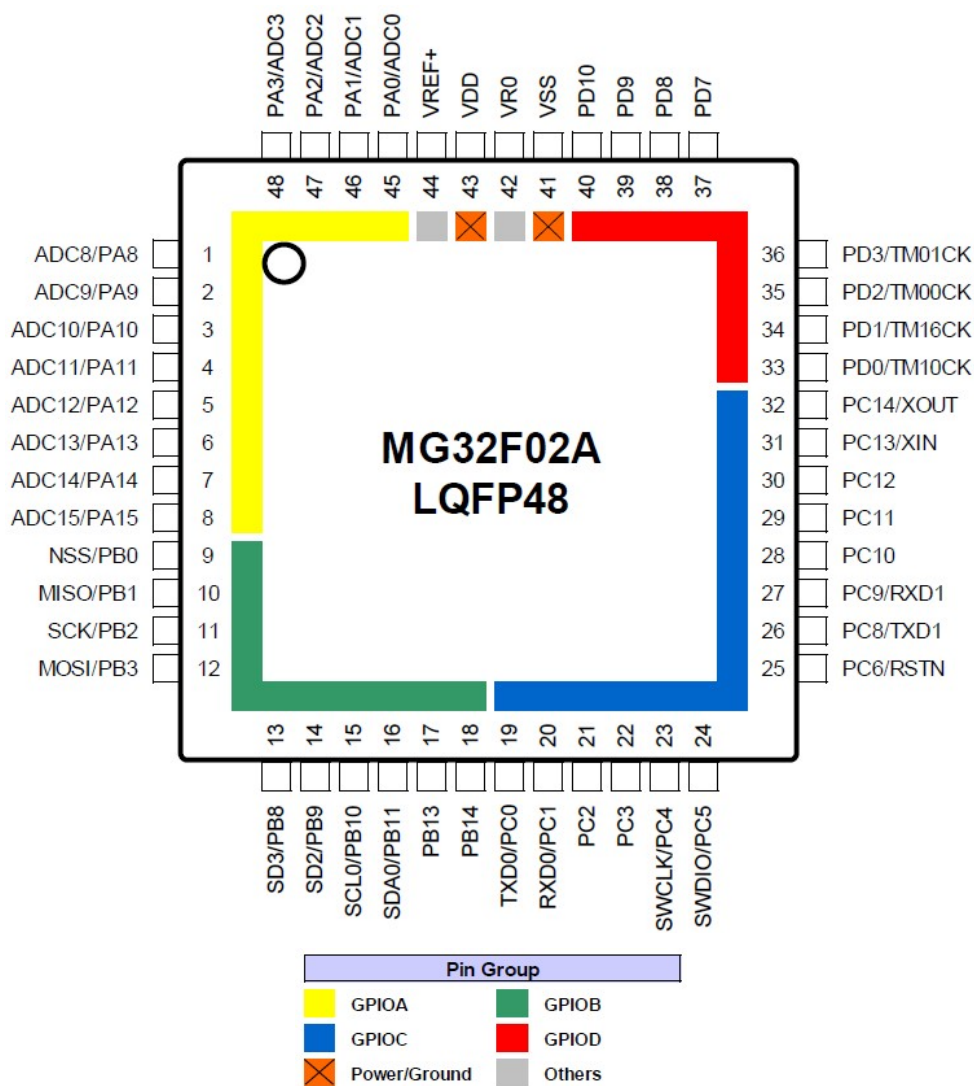


圖 1-16(c) MG32F02A032AD48 包裝圖

2. MG32F02A064/U064/A072/A128/U128/A132 晶片包裝有 LQFP48、LQFP64 及 LQFP80。每支 GPIO 腳又兼作多種特殊功能，如下圖及下表所示。

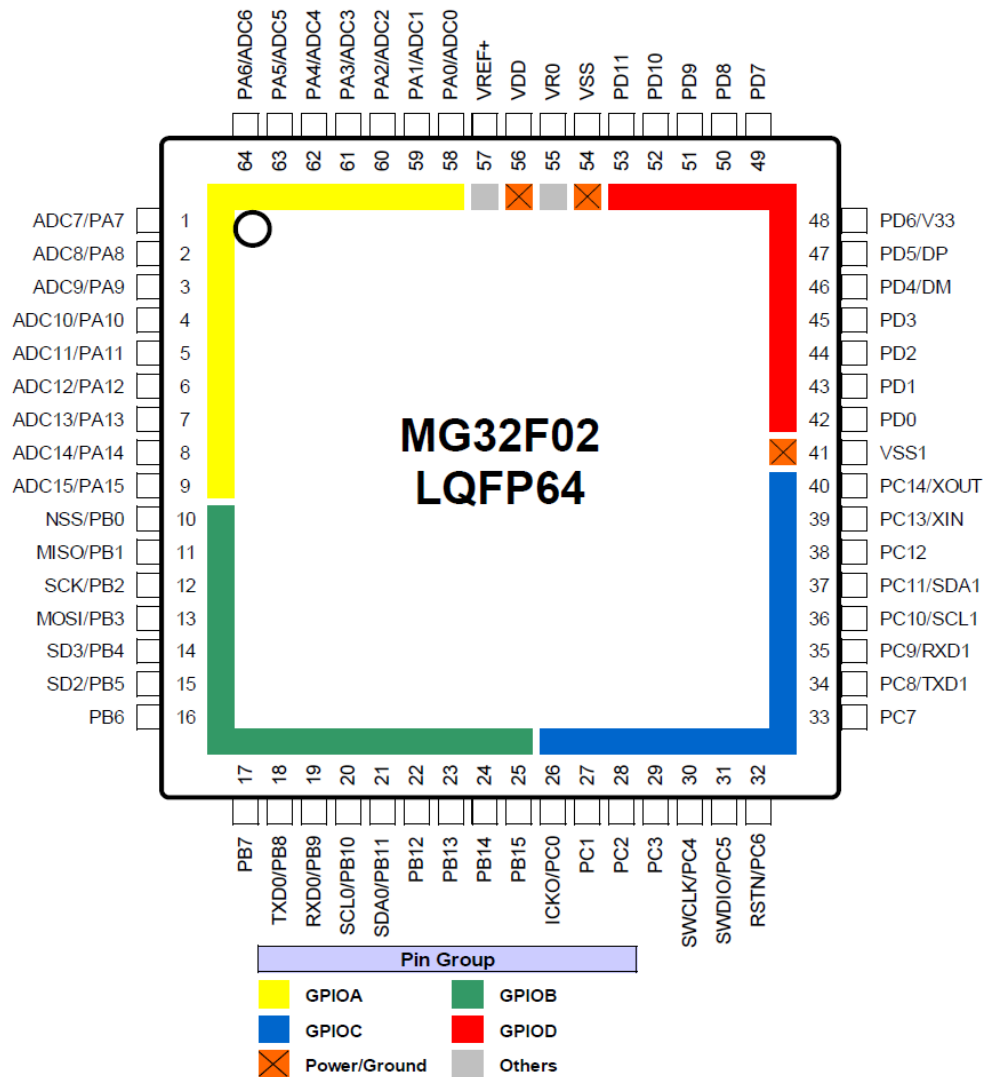


圖 1-17 MG32F02U128AD64 包裝圖

表 1-14(a) MG32F02U128AD64 接腳

Pin	Name	Pin AFS List	Analog Function
1	PA7	GPA7, SPI0_D2, MA7, MAD7, TM20_OC1H, URT0_NSS	ADC_I7
2	PA8	GPA8, DMA_TRG0, I2C0_SCL, URT2_BRO, SDT_I0, TM20_IC0, SPI0_NSS, MA8, MAD0, TM36_OC0H, URT4_TX	ADC_I8, CMP0_I0, VBG_OUT
3	PA9	GPA9, DMA_TRG1, I2C1_SCL, URT2_TMO, TM20_IC1, SPI0_MISO, MA9, MAD1, TM36_OC1H, URT5_TX	ADC_I9, CMP0_I1
4	PA10	GPA10, TM36_BK0, SPI0_D2, I2C0_SDA, URT2_CTS, SDT_I1, TM26_IC0, SPI0_CLK, MA10, MAD2, TM36_OC2H, URT4_RX	ADC_I10, CMP1_I0, ADC_PGA
5	PA11	GPA11, DAC_TRG0, SPI0_D3, I2C1_SDA, URT2_RTS, TM26_IC1, SPI0_MOSI, MA11, MAD3, TM36_OC3H, URT5_RX	ADC_I11, CMP1_I1
6	PA12	GPA12, USB_S0, URT1_BRO, TM10_ETR, TM36_IC0, SPI0_D5, MA12, MAD4, TM26_OC00, URT6_TX	ADC_I12
7	PA13	GPA13, CPU_TXEV, USB_S1, URT0_BRO, URT1_TMO, TM10_TRGO, TM36_IC1, SPI0_D6, MA13, MAD5, TM26_OC10, URT6_RX	ADC_I13
8	PA14	GPA14, CPU_RXEV, OBM_I0, URT0_TMO, URT1_CTS, TM16_ETR, TM36_IC2, SPI0_D7, MA14, MAD6, TM26_OC0H, URT7_TX	ADC_I14
9	PA15	GPA15, CPU_NMI, OBM_I1, URT0_DE, URT1_RTS, TM16_TRGO, TM36_IC3, SPI0_D4, MA15, MAD7, TM26_OC1H, URT7_RX	ADC_I15
10	PB0	GPB0, I2C1_SCL, SPI0_NSS, TM01_ETR, TM00_CK0, TM16_ETR, TM26_IC0, TM36_ETR, MA15, URT1_NSS, URT6_TX	CMP_C0
11	PB1	GPB1, I2C1_SDA, SPI0_MISO, TM01_TRGO, TM10_CK0, TM16_TRGO, TM26_IC1, TM36_TRGO, URT1_RX, URT6_RX	CMP_C1
12	PB2	GPB2, ADC0_TRG, SPI0_CLK, TM01_CK0, URT2_TX, TM16_CK0, TM26_OC0H, I2C0_SDA, URT1_CLK, URT0_TX, URT7_TX	DAC_P0
13	PB3	GPB3, ADC0_OUT, SPI0_MOSI, NCO_P0, URT2_RX, TM36_CK0, TM26_OC1H, I2C0_SCL, URT1_TX, URT0_RX, URT7_RX	
14	PB4	GPB4, TM01_CK0, SPI0_D3, TM26_TRGO, URT2_CLK, TM20_IC0, TM36_IC0, MA16, MAD8	
15	PB5	GPB5, TM16_CK0, SPI0_D2, TM26_ETR, URT2_NSS, TM20_IC1, TM36_IC1, MCE, MAD9	
16	PB6	GPB6, CPU_RXEV, SPI0_NSSI, URT0_BRO, URT2_CTS, TM20_ETR, TM36_IC2, MWE, MAD10, URT2_TX	
17	PB7	GPB7, CPU_TXEV, URT0_TMO, URT2_RTS, TM20_TRGO, TM36_IC3, MCE, MA17, URT2_RX	
18	PB8	GPB8, CMP0_P0, RTC_OUT, URT0_TX, URT2_BRO, TM20_OC01, TM36_OC01, SPI0_D3, MAD0, SDT_P0, OBM_P0, URT4_TX	
19	PB9	GPB9, CMP1_P0, RTC_TS, URT0_RX, URT2_TMO, TM20_OC02, TM36_OC02, SPI0_D2, MAD1, MAD8, OBM_P1, URT4_RX	
20	PB10	GPB10, I2C0_SCL, URT0_NSS, URT2_DE, TM20_OC11, TM36_OC11, URT1_TX, MAD2, MAD1, SPI0_NSSI	
21	PB11	GPB11, I2C0_SDA, URT0_DE, IR_OUT, TM20_OC12, TM36_OC12, URT1_RX, MAD3, MAD9, DMA_TRG0, URT0_CLK	
22	PB12	GPB12, DMA_TRG0, NCO_P0, USB_S0, URT1_CLK, MAD4, MAD2, URT5_TX	
23	PB13	GPB13, DAC_TRG0, TM00_ETR, URT0_CTS, TM20_ETR, TM36_ETR, URT0_CLK, MAD5, MAD10, CCL_P0, URT4_RX	
24	PB14	GPB14, DMA_TRG0, TM00_TRGO, URT0_RTS, TM20_TRGO, TM36_BK0, URT0_NSS, MAD6, MAD3, CCL_P1, URT4_TX	
25	PB15	GPB15, IR_OUT, NCO_CK0, USB_S1, URT1_NSS, MAD7, MAD11, URT5_RX	
26	PC0	GPC0, ICK0, TM00_CK0, URT0_CLK, URT2_CLK, TM20_OC00, TM36_OC00, I2C0_SCL, MCLK, MWE, URT0_TX, URT5_TX	
27	PC1	GPC1, ADC0_TRG, TM01_CK0, TM36_IC0, URT1_CLK, TM20_OC0N, TM36_OC0N, I2C0_SDA, MAD8, MAD4, URT0_RX, URT5_RX	
28	PC2	GPC2, ADC0_OUT, TM10_CK0, OBM_P0, URT2_CLK, TM20_OC10, TM36_OC10, SDT_I0, MAD9, MAD12	
29	PC3	GPC3, OBM_P1, TM16_CK0, URT0_CLK, URT1_CLK, TM20_OC1N, TM36_OC1N, SDT_I1, MAD10, MAD5	
30	PC4	GPC4, SWCLK, I2C0_SCL, URT0_RX, URT1_RX, TM36_OC2, SDT_I0, URT6_RX	
31	PC5	GPC5, SWDIO, I2C0_SDA, URT0_TX, URT1_TX, TM36_OC3, SDT_I1, URT6_TX	
32	PC6	GPC6, RSTN, RTC_TS, URT0_NSS, URT1_NSS, TM20_ETR, TM26_ETR, MBW1, MA16	
33	PC7	GPC7, ADC0_TRG, RTC_OUT, URT0_DE, URT1_NSS, TM36_TRGO, MBW0, MCE	
34	PC8	GPC8, ADC0_OUT, I2C0_SCL, URT0_BRO, URT1_TX, TM20_OC0H, TM36_OC0H, TM36_OC0N, MAD11, MAD13, CCL_P0, URT6_TX	
35	PC9	GPC9, CMP0_P0, I2C0_SDA, URT0_TMO, URT1_RX, TM20_OC1H, TM36_OC1H, TM36_OC1N, MAD12, MAD6, CCL_P1, URT6_RX	
36	PC10	GPC10, CMP1_P0, I2C1_SCL, URT0_TX, URT2_TX, URT1_TX, TM36_OC2H, TM36_OC2N, MAD13, MAD14, URT7_TX	
37	PC11	GPC11, I2C1_SDA, URT0_RX, URT2_RX, URT1_RX, TM36_OC3H, TM26_OC01, MAD14, MAD7, URT7_RX	
38	PC12	GPC12, IR_OUT, DAC_TRG0, URT1_DE, TM10_TRGO, TM36_OC3, TM26_OC02, MAD15, SDT_P0	
39	PC13	GPC13, XIN, URT1_NSS, URT0_CTS, URT2_RX, TM10_ETR, TM26_ETR, TM36_OC00, TM20_IC0, SDT_I0, URT6_RX	
40	PC14	GPC14, XOUT, URT1_TMO, URT0_RTS, URT2_TX, TM10_CK0, TM26_TRGO, TM36_OC10, TM20_IC1, SDT_I1, URT6_TX	

表 1-14(b) MG32F02U128AD64 接腳

Pin	Name	Pin AFS List	Analog Function
41	VSS1		
42	PD0	GPD0, OBM_I0, TM10_CKO, URT0_CLK, TM26_OC1N, TM20_CKO, TM36_OC2, SPI0_NSS, MA0, MCLK, URT2_NSS	
43	PD1	GPD1, OBM_I1, TM18_CKO, URT0_CLK, NCO_CK0, TM26_CKO, TM36_OC2N, SPI0_CLK, MA1, URT2_CLK	
44	PD2	GPD2, USB_S0, TM00_CKO, URT1_CLK, TM26_OC00, TM20_CKO, TM36_CKO, SPI0_MOSI, MA2, MAD4, URT2_TX	
45	PD3	GPD3, USB_S1, TM01_CKO, URT1_CLK, SPI0_MISO, TM26_CKO, SPI0_D3, MA3, MAD7, TM36_TRGO, URT2_RX	
46	PD4	GPD4, TM00_TRGO, TM01_TRGO, URT1_TX, TM26_OC00, SPI0_D2, MA4, MAD6, URT2_TX	DM
47	PD5	GPD5, TM00_ETR, I2C0_SCL, URT1_RX, TM26_OC01, SPI0_MISO, MA5, MAD5, URT2_RX	DP
48	PD6	GPD6, CPU_NMI, I2C0_SDA, URT1_NSS, SPI0_NSSI, TM26_OC02, SPI0_NSS, MA6, SDT_P0, URT2_NSS	V33
49	PD7	GPD7, TM00_CKO, TM01_ETR, URT1_DE, SPI0_MISO, TM26_OC0N, SPI0_D4, MA7, MAD0, TM36_IC0	
50	PD8	GPD8, CPU_TXEV, TM01_TRGO, URT1_RTS, SPI0_D2, TM26_OC10, SPI0_D7, MA8, MAD3, TM36_IC1, SPI0_CLK	
51	PD9	GPD9, CPU_RXEV, TM00_TRGO, URT1_CTS, SPI0_NSSI, TM26_OC11, SPI0_D6, MA9, MAD2, TM36_IC2, SPI0_NSS	
52	PD10	GPD10, CPU_NMI, TM00_ETR, URT1_BRO, RTC_OUT, TM26_OC12, SPI0_D5, MA10, MAD1, TM36_IC3, SPI0_MOSI	
53	PD11	GPD11, CPU_NMI, DMA_TRG1, URT1_TMO, SPI0_D3, TM26_OC1N, SPI0_NSS, MA11, MWE	
54	VSS		
55	VR0		
56	VDD		
57	VREF+		
58	PA0	GPA0, SDT_P0, CCL_P0, MA0, MAD0, TM36_OC00, URT4_TX	ADC_I0
59	PA1	GPA1, CCL_P1, MA1, MAD1, TM36_OC10, URT4_RX	ADC_I1
60	PA2	GPA2, SDT_I0, MA2, MAD2, TM36_OC2, URT5_TX	ADC_I2
61	PA3	GPA3, SDT_I1, MA3, MAD3, TM36_OC2N, URT5_RX	ADC_I3
62	PA4	GPA4, MA4, MAD4, TM20_OC00, URT0_TX	ADC_I4
63	PA5	GPA5, MA5, MAD5, TM20_OC10, URT0_RX	ADC_I5
64	PA6	GPA6, SPI0_D3, MA6, MAD6, TM20_OC0H, URT0_CLK	ADC_I6

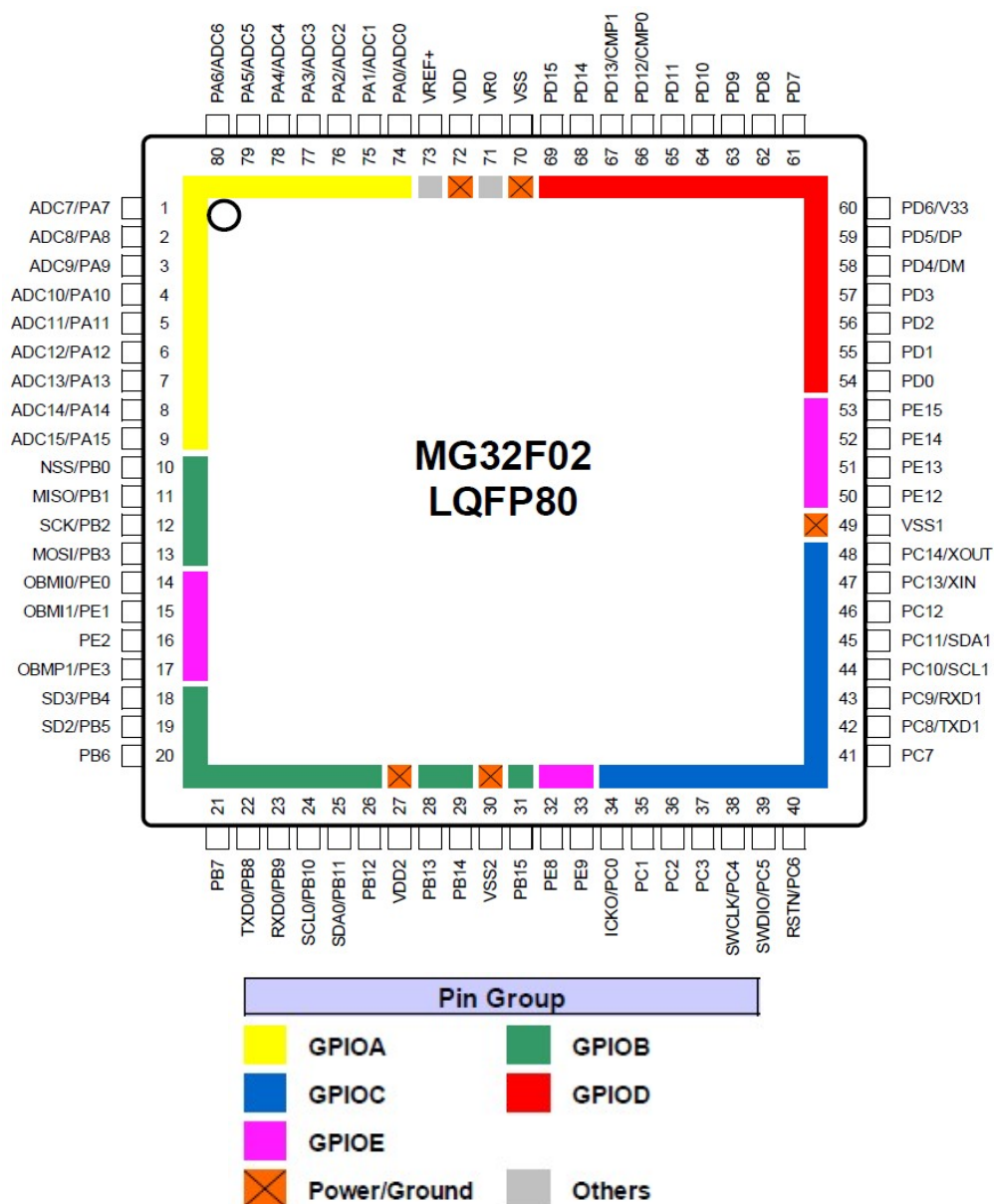


圖 1-18 MG32F02U128AD80 包裝圖

表 1-15(a) MG32F02U128AD80 接腳(1)

Pin	Name	Pin AFS List	Analog Function
1	PA7	GPA7, SPI0_D2, MA7, MAD7, TM20_OC1H, URT0_NSS	ADC_I7
2	PA8	GPA8, DMA_TRG0, I2C0_SCL, URT2_BRO, SDT_I0, TM20_IC0, SPI0_NSS, MA8, MAD0, TM36_OC0H, URT4_TX	ADC_I8, CMP0_I0, VBG_OUT
3	PA9	GPA9, DMA_TRG1, I2C1_SCL, URT2_TMO, TM20_IC1, SPI0_MISO, MA9, MAD1, TM36_OC1H, URT5_TX	ADC_I9, CMP0_I1
4	PA10	GPA10, TM36_BK0, SPI0_D2, I2C0_SDA, URT2_CTS, SDT_I1, TM26_IC0, SPI0_CLK, MA10, MAD2, TM36_OC2H, URT4_RX	ADC_I10, CMP1_I0, ADC_PGA
5	PA11	GPA11, DAC_TRG0, SPI0_D3, I2C1_SDA, URT2_RTS, TM26_IC1, SPI0_MOSI, MA11, MAD3, TM36_OC3H, URT5_RX	ADC_I11, CMP1_I1
6	PA12	GPA12, USB_S0, URT1_BRO, TM10_ETR, TM36_IC0, SPI0_D5, MA12, MAD4, TM26_OC00, URT6_TX	ADC_I12
7	PA13	GPA13, CPU_TXEV, USB_S1, URT0_BRO, URT1_TMO, TM10_TRGO, TM36_IC1, SPI0_D6, MA13, MAD5, TM26_OC10, URT6_RX	ADC_I13
8	PA14	GPA14, CPU_RXEV, OBM_I0, URT0_TMO, URT1_CTS, TM16_ETR, TM36_IC2, SPI0_D7, MA14, MAD6, TM26_OC0H, URT7_TX	ADC_I14
9	PA15	GPA15, CPU_NMI, OBM_I1, URT0_DE, URT1_RTS, TM16_TRGO, TM36_IC3, SPI0_D4, MA15, MAD7, TM26_OC1H, URT7_RX	ADC_I15
10	PB0	GPB0, I2C1_SCL, SPI0_NSS, TM01_ETR, TM00_CKO, TM16_ETR, TM26_IC0, TM36_ETR, MA15, URT1_NSS, URT6_TX	CMP_C0
11	PB1	GPB1, I2C1_SDA, SPI0_MISO, TM01_TRGO, TM10_CKO, TM16_TRGO, TM26_IC1, TM36_TRGO, URT1_RX, URT6_RX	CMP_C1
12	PB2	GPB2, ADC0_TRG, SPI0_CLK, TM01_CKO, URT2_TX, TM16_CKO, TM26_OC0H, I2C0_SDA, URT1_CLK, URT0_TX, URT7_TX	DAC_P0
13	PB3	GPB3, ADC0_OUT, SPI0_MOSI, NCO_P0, URT2_RX, TM36_CKO, TM26_OC1H, I2C0_SCL, URT1_TX, URT0_RX, URT7_RX	
14	PE0	GPE0, OBM_I0, URT0_TX, DAC_TRG0, SPI0_NSS, TM20_OC00, TM26_OC00, MALE, MAD8, URT4_TX	
15	PE1	GPE1, OBM_I1, URT0_RX, DMA_TRG1, SPI0_MISO, TM20_OC01, TM26_OC01, MOE, MAD9, TM36_OC0H, URT4_RX	
16	PE2	GPE2, OBM_P0, I2C1_SCL, URT1_TX, NCO_P0, SPI0_CLK, TM20_OC02, TM26_OC02, MWE, MAD10, TM36_OC1H, URT5_TX	
17	PE3	GPE3, OBM_P1, I2C1_SDA, URT1_RX, NCO_CK0, SPI0_MOSI, TM20_OC0N, TM26_OC0N, MCE, MALE2, URT5_RX	
18	PB4	GPB4, TM01_CKO, SPI0_D3, TM26_TRGO, URT2_CLK, TM20_IC0, TM36_IC0, MALE, MAD8	
19	PB5	GPB5, TM16_CKO, SPI0_D2, TM26_ETR, URT2_NSS, TM20_IC1, TM36_IC1, MOE, MAD9	
20	PB6	GPB6, CPU_RXEV, SPI0_NSSI, URT0_BRO, URT2_CTS, TM20_ETR, TM36_IC2, MWE, MAD10, URT2_TX	
21	PB7	GPB7, CPU_TXEV, URT0_TMO, URT2_RTS, TM20_TRGO, TM36_IC3, MCE, MALE2, URT2_RX	
22	PB8	GPB8, CMP0_P0, RTC_OUT, URT0_TX, URT2_BRO, TM20_OC01, TM36_OC01, SPI0_D3, MAD0, SDT_P0, OBM_P0, URT4_TX	
23	PB9	GPB9, CMP1_P0, RTC_TS, URT0_RX, URT2_TMO, TM20_OC02, TM36_OC02, SPI0_D2, MAD1, MAD8, OBM_P1, URT4_RX	
24	PB10	GPB10, I2C0_SCL, URT0_NSS, URT2_DE, TM20_OC11, TM36_OC11, URT1_TX, MAD2, MAD1, SPI0_NSSI	
25	PB11	GPB11, I2C0_SDA, URT0_DE, IR_OUT, TM20_OC12, TM36_OC12, URT1_RX, MAD3, MAD9, DMA_TRG0, URT0_CLK	
26	PB12	GPB12, DMA_TRG0, NCO_P0, USB_S0, URT1_CLK, MAD4, MAD2, URT5_TX	
27	VDD2		
28	PB13	GPB13, DAC_TRG0, TM00_ETR, URT0_CTS, TM20_ETR, TM36_ETR, URT0_CLK, MAD5, MAD10, CCL_P0, URT4_RX	
29	PB14	GPB14, DMA_TRG0, TM00_TRGO, URT0_RTS, TM20_TRGO, TM36_BK0, URT0_NSS, MAD6, MAD3, CCL_P1, URT4_TX	
30	VSS2		
31	PB15	GPB15, IR_OUT, NCO_CK0, USB_S1, URT1_NSS, MAD7, MAD11, URT5_RX	
32	PE8	GPE8, CPU_TXEV, OBM_I0, URT2_TX, SDT_I0, TM36_CKO, TM20_CKO, TM26_CKO, MAD11, URT4_TX	
33	PE9	GPE9, CPU_RXEV, OBM_I1, URT2_RX, SDT_I1, TM36_TRGO, TM20_TRGO, TM26_TRGO, MOE, URT4_RX	
34	PC0	GPC0, ICKO, TM00_CKO, URT0_CLK, URT2_CLK, TM20_OC00, TM36_OC00, I2C0_SCL, MCLK, MWE, URT0_TX, URT5_TX	
35	PC1	GPC1, ADC0_TRG, TM01_CKO, TM36_IC0, URT1_CLK, TM20_OC0N, TM36_OC0N, I2C0_SDA, MAD8, MAD4, URT0_RX, URT5_RX	
36	PC2	GPC2, ADC0_OUT, TM10_CKO, OBM_P0, URT2_CLK, TM20_OC10, TM36_OC10, SDT_I0, MAD9, MAD12	
37	PC3	GPC3, OBM_P1, TM16_CKO, URT0_CLK, URT1_CLK, TM20_OC1N, TM36_OC1N, SDT_I1, MAD10, MAD5	
38	PC4	GPC4, SWCLK, I2C0_SCL, URT0_RX, URT1_RX, TM36_OC2, SDT_I0, URT6_RX	
39	PC5	GPC5, SWDIO, I2C0_SDA, URT0_TX, URT1_TX, TM36_OC3, SDT_I1, URT6_TX	
40	PC6	GPC6, RSTN, RTC_TS, URT0_NSS, URT1_NSS, TM20_ETR, TM26_ETR, MBW1, MALE	
41	PC7	GPC7, ADC0_TRG, RTC_OUT, URT0_DE, URT1_NSS, TM36_TRGO, MBW0, MCE	
42	PC8	GPC8, ADC0_OUT, I2C0_SCL, URT0_BRO, URT1_TX, TM20_OC0H, TM36_OC0H, TM36_OC0N, MAD11, MAD13, CCL_P0, URT6_TX	

表 1-15(b) MG32F02U128AD80 接腳(2)

Pin	Name	Pin AFS List	Analog Function
43	PC9	GPC9, CMP0_P0, I2C0_SDA, URT0_TMO, URT1_RX, TM20_OC1H, TM36_OC1H, TM36_OC1N, MAD12, MAD6, CCL_P1, URT6_RX	
44	PC10	GPC10, CMP1_P0, I2C1_SCL, URT0_TX, URT2_TX, URT1_TX, TM36_OC2H, TM36_OC2N, MAD13, MAD14, URT7_TX	
45	PC11	GPC11, I2C1_SDA, URT0_RX, URT2_RX, URT1_RX, TM36_OC3H, TM26_OC01, MAD14, MAD7, URT7_RX	
46	PC12	GPC12, IR_OUT, DAC_TRG0, URT1_DE, TM10_TRGO, TM36_OC3, TM26_OC02, MAD15, SDT_P0	
47	PC13	GPC13, XIN, URT1_NSS, URT0_CTS, URT2_RX, TM10_ETR, TM26_ETR, TM36_OC00, TM20_IC0, SDT_I0, URT6_RX	
48	PC14	GPC14, XOUT, URT1_TMO, URT0_RTS, URT2_TX, TM10_CK0, TM26_TRG0, TM36_OC10, TM20_IC1, SDT_I1, URT6_TX	
49	VSS1		
50	PE12	GPE12, ADC0_TRG, USB_S0, TM01_CK0, TM16_CK0, TM20_OC10, TM26_OC10, MBW0, URT6_TX	
51	PE13	GPE13, ADC0_OUT, USB_S1, TM01_TRGO, TM16_TRGO, TM20_OC11, TM26_OC11, MBW1, TM36_OC2H, URT6_RX	
52	PE14	GPE14, RTC_OUT, I2C1_SCL, TM01_ETR, TM16_ETR, TM20_OC12, TM26_OC12, MALE2, CCL_P0, TM36_OC3H, URT7_TX	
53	PE15	GPE15, RTC_TS, I2C1_SDA, TM36_BK0, TM36_ETR, TM20_OC1N, TM26_OC1N, MALE, CCL_P1, URT7_RX	
54	PD0	GPD0, OBM_I0, TM10_CK0, URT0_CLK, TM26_OC1N, TM20_CK0, TM36_OC2, SPI0_NSS, MA0, MCLK, URT2_NSS	
55	PD1	GPD1, OBM_I1, TM16_CK0, URT0_CLK, NCO_CK0, TM26_CK0, TM36_OC2N, SPI0_CLK, MA1, URT2_CLK	
56	PD2	GPD2, USB_S0, TM00_CK0, URT1_CLK, TM26_OC00, TM20_CK0, TM36_CK0, SPI0_MOSI, MA2, MAD4, URT2_TX	
57	PD3	GPD3, USB_S1, TM01_CK0, URT1_CLK, SPI0_MISO, TM26_CK0, SPI0_D3, MA3, MAD7, TM36_TRG0, URT2_RX	
58	PD4	GPD4, TM00_TRGO, TM01_TRGO, URT1_TX, TM26_OC00, SPI0_D2, MA4, MAD6, URT2_TX	DM
59	PD5	GPD5, TM00_ETR, I2C0_SCL, URT1_RX, TM26_OC01, SPI0_MISO, MA5, MAD5, URT2_RX	DP
60	PD6	GPD6, CPU_NMI, I2C0_SDA, URT1_NSS, SPI0_NSSI, TM26_OC02, SPI0_NSS, MA6, SDT_P0, URT2_NSS	V33
61	PD7	GPD7, TM00_CK0, TM01_ETR, URT1_DE, SPI0_MISO, TM26_OC0N, SPI0_D4, MA7, MAD0, TM36_IC0	
62	PD8	GPD8, CPU_TXEV, TM01_TRGO, URT1_RTS, SPI0_D2, TM26_OC10, SPI0_D7, MA8, MAD3, TM36_IC1, SPI0_CLK	
63	PD9	GPD9, CPU_RXEV, TM00_TRGO, URT1_CTS, SPI0_NSSI, TM26_OC11, SPI0_D6, MA9, MAD2, TM36_IC2, SPI0_NSS	
64	PD10	GPD10, CPU_NMI, TM00_ETR, URT1_BRO, RTC_OUT, TM26_OC12, SPI0_D5, MA10, MAD1, TM36_IC3, SPI0_MOSI	
65	PD11	GPD11, CPU_NMI, DMA_TRG1, URT1_TMO, SPI0_D3, TM26_OC1N, SPI0_NSS, MA11, MWE	
66	PD12	GPD12, CMP0_P0, TM10_CK0, OBM_P0, TM00_CK0, SPI0_CLK, TM20_OC0H, TM26_OC0H, MA12, MALE2	
67	PD13	GPD13, CMP1_P0, TM10_TRGO, OBM_P1, TM00_TRGO, NCO_CK0, TM20_OC1H, TM26_OC1H, MA13, MCE	
68	PD14	GPD14, TM10_ETR, DAC_TRG0, TM00_ETR, TM20_IC0, TM26_IC0, MA14, MOE, CCL_P0, URT5_TX	
69	PD15	GPD15, NCO_P0, IR_OUT, DMA_TRG0, TM20_IC1, TM26_IC1, MA15, CCL_P1, URT5_RX	
70	VSS		
71	VR0		
72	VDD		
73	VREF+		
74	PA0	GPA0, SDT_P0, CCL_P0, MA0, MAD0, TM36_OC00, URT4_TX	ADC_I0
75	PA1	GPA1, CCL_P1, MA1, MAD1, TM36_OC10, URT4_RX	ADC_I1
76	PA2	GPA2, SDT_I0, MA2, MAD2, TM36_OC2, URT5_TX	ADC_I2
77	PA3	GPA3, SDT_I1, MA3, MAD3, TM36_OC2N, URT5_RX	ADC_I3
78	PA4	GPA4, MA4, MAD4, TM20_OC00, URT0_TX	ADC_I4
79	PA5	GPA5, MA5, MAD5, TM20_OC10, URT0_RX	ADC_I5
80	PA6	GPA6, SPI0_D3, MA6, MAD6, TM20_OC0H, URT0_CLK	ADC_I6

1-3.2 MG32F02z 系列接腳介紹

MG32x02z 的接腳相當繁多且又兼具多種功能，其中大部份預定接腳為 GPIO。我們將接腳拆開後，再以功能歸納可區分，以 LQFP80 包裝的 MG32F02U128AD80 接腳為例，如下所示：

1. 系統接腳：包括電源、時脈及重置接腳，如下圖(a)(b)所示。

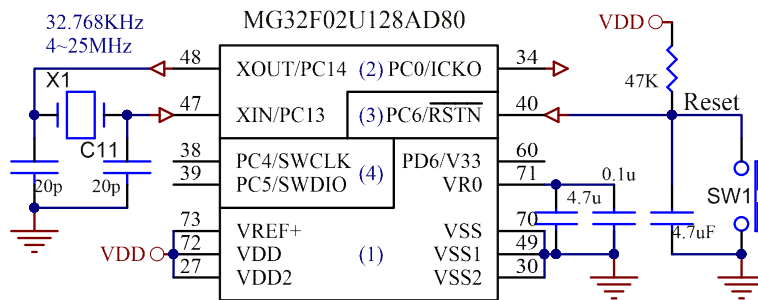


圖 1-18(a) MG32F02U128AD80 系統接腳

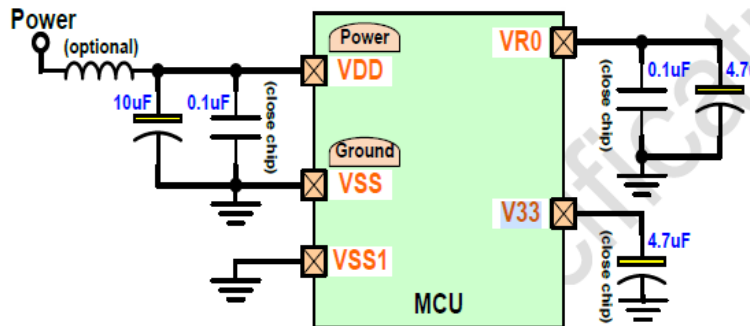


圖 1-18(b) MG32F02U128AD80 電源接腳

- (1) 電源接腳：VDD/VSS 內部穩壓 1.65V(限 032/072/132)或 1.5V(限 064/128)，提供核心及周邊設備用，並在 VR0 腳輸出。同時 USB 電源經內部穩壓 3.3V 在 V33 腳輸出。二者必須使用濾波電容接地。
- (2) 同時內含有欠壓監測(BOD: Brown-out detect)，有 BOD0~2 可隨時監測

電源，當電源電壓不足時，會產生重置或中斷。如下表(a)~(c)所示：

表 1-15(a) 電源接腳

腳名	說明
VDD/VSS	電源輸入 1.8~5.5V(0~12MHz)或 2.7~5.5V(0~48MHz)
V33	USB電源內部穩壓成 3.3V(限U064/U128)輸出，使用濾波電容接地
VRO	內部穩壓成 1.5V(限 064/128)輸出，使用濾波電容接地
VREF+	類比電路的參考輸入電壓，可選擇外接或VDD

表 1-15(b) 操作電流工作範圍($V_{DD}=5V$, $T_A=-40^{\circ}C\sim+85^{\circ}C$)

Symbol	Parameter	Conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
	Current Consumption					
I _{OP1}	ON(normal) mode operating current	TL1 (APB=AHB=32KHz) dhrystone		0.10		mA
I _{OP2}		TL2 (APB=AHB=12MHz) dhrystone		3.5		mA
I _{OP3}		TL3 (APB=AHB=24MHz) dhrystone + IP		7.9		mA
I _{OP4}		TL4 (APB=AHB=24MHz - XTAL) dhrystone + IP		8.7		mA
I _{OP5}		TL5 (APB=AHB=24MHz - EXTCK) dhrystone + IP		7.7		mA
I _{OP6}		TL6 (APB=AHB=48MHz) dhrystone + all IP		22.0		mA
I _{SLP0}	SLEEP mode operating current (IWDT Enable)	SL0 (ILRCO on: IWDT Disable, APB=AHB=32KHz)		108		uA
I _{SLP1}		SL1 (IHRCO on: APB=6MHz,AHB=3MHz)		872		uA
I _{SLP2}		SL2 (IHRCO on: APB=AHB=12MHz)		1198		uA
I _{SLP3}		SL3 (XTAL=12MHz: APB/AHB=6MHz/3MHz)		1690		uA
I _{SLP4}		SL4 (ILRCO on: APB=AHB=32KHz) with Low Power SLEEP mode		39		uA
I _{STP0}	STOP mode operating current (LVR/BOD0/BOD1 Disabled)	ST0 (ILRCO off)		1.67		uA
I _{STP1}		ST1 (IWDT Enable, ILRCO=32KHz)		4.10		uA
I _{STP2}		ST2 (RTC Enable, ILRCO=32KHz)		4.00		uA

表 1-15(c) 欠壓偵測(BOD)電氣特性

Symbol	Parameter	Conditions	Limits			Unit
			Min	Typ	Max	
	BOD Characteristics					
V _{LVR}	LVR detection level (VR0)	TA = -40°C to +105°C		1.28		Volt
V _{BOD0}	BOD0 detection level (VR0)	TA = -40°C to +105°C	1.40		1.45	Volt
I _{BOD0+LVR}	BOD0 and LVR Current Consumption	TA = 25°C			3.5	uA
V _{BOD10}	BOD1 detection level for 2.0V	TA = -40°C to +105°C	1.8(*1)	2.0	2.2(*1)	Volt
V _{BOD11}	BOD1 detection level for 2.4V	TA = -40°C to +105°C	2.22(*1)	2.4	2.62(*1)	Volt
V _{BOD12}	BOD1 detection level for 3.7V	TA = -40°C to +105°C	3.50	3.7	3.90	Volt
V _{BOD13}	BOD1 detection level for 4.2V	TA = -40°C to +105°C	3.89(*1)	4.2	4.59(*1)	Volt
I _{BOD1}	BOD1 Current Consumption	TA = 25°C			9.0	uA
V _{BOD2}	BOD2 detection level for 1.7V	TA = -40°C to +105°C	1.65	1.70	1.75	Volt
I _{BOD2}	BOD2 Current Consumption	TA = 25°C			9.0	uA

- (3) 時脈(CLOCK)接腳：系統可選用內部或外部振盪，如下：
- (b) 內部低頻 RC 振盪器(ILRCO)為 32KHz，會有較大的誤差。
 - (c) 內部高頻 RC 振盪器(IHRCO)可選擇 12MHz(預定)或 11.059MHz 誤差 $\pm 1\%$ (操作溫度+25°C時)。
 - (d) 外部石英振盪器(XOSC)，可外接 32.768KHz 或 4~25MHz 石英晶體，預定沒有連接(NC)零件。
 - (e) 提供由外部(XIN)腳輸入時脈，最高可輸入 36MHz。
 - (f) 除了 32KHz 及 32.768KHz 外，高頻時脈來源可經由鎖相迴路(PLL)最高可倍頻到 48MHz 提供系統及周邊設備時脈。
 - (g) 可選擇各種時脈經除頻後，由外部接腳(ICKO)輸出。
- (4) 重置(RESET)接腳：按(Reset)鍵輸入“0”時，程式由位址 0 開始執行。
- (5) 串列線偵錯(SWD: Serial wire debug)接腳：在 Cortex®-M0 藉由 SWD 介面連接 OCD32_MLink，僅用兩支腳即可進行程式下載、模擬、偵錯(Debug)及燒錄。如下表所示。

表 1-16 串列線偵錯(SWD)接腳

信號腳	I/O	說明
SWCLK	O	SWD的串列時脈信號輸入
SWDIO	IO	SWD的串列資料輸出入

2. 通用輸入/輸出(GPIO)接腳：以 MG32F02U128AD80(LQFP80)為例有 73 支，如下圖所示：

74	PA0	PC0	34
75	PA1	PC1	35
76	PA2	PC2	36
77	PA3	PC3	37
78	PA4	PC4/SWCLK	38
79	PA5	PC5/SWDIO	39
80	PA6	PC6/RSTN	40
1	PA7	PC7	41
2	PA8	PC8	42
3	PA9	PC9	43
4	PA10	PC10	44
5	PA11	PC11	45
6	PA12	PC12	46
7	PA13	PC13/XIN	47
8	PA14	PC14/XOUT	48
9	PA15		
10	PB0	PD0	54
11	PB1	PD1	55
12	PB2	PD2	56
13	PB3	PD3	57
18	PB4	PD4/DM	58
19	PB5	PD5/DP	59
20	PB6	PD6/V33	60
21	PB7	PD7	61
22	PB8	PD8	62
23	PB9	PD9	63
24	PB10	PD10	64
25	PB11	PD11	65
26	PB12	PD12	66
28	PB13	PD13	67
29	PB14	PD14	68
31	PB15	PD15	69
14	PE0	PE9	33
15	PE1	PE12	50
16	PE2	PE13	51
17	PE3	PE14	52
32	PE8	PE15	53

圖 1-19 MG32F02U128AD80 的 GPIO 接腳