



CMS32F041 数据手册

基于 ARM® Cortex®-M0+的低功耗 32 位微控制器

内置 64K 字节 Flash,丰富的模拟功能,定时器及各种通讯接口

V0.1.2

请注意以下有关CMS知识产权政策

* 中微半导体（深圳）股份有限公司（以下简称本公司）已申请了专利，享有绝对的合法权益。与本公司MCU或其他产品有关的专利权并未被同意授权使用，任何经由不当手段侵害本公司专利权的公司、组织或个人，本公司将采取一切可能的法律行动，遏止侵权者不当的侵权行为，并追讨本公司因侵权行为所受的损失、或侵权者所得的不法利益。

* 中微半导体（深圳）股份有限公司的名称和标识都是本公司的注册商标。

* 本公司保留对规格书中产品在可靠性、功能和设计方面的改进作进一步说明的权利。然而本公司对于规格内容的使用不负责任。文中提到的应用其目的仅仅是用来做说明，本公司不保证和不表示这些应用没有更深入的修改就能适用，也不推荐它的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。本公司的产品不授权适用于救生、维生器件或系统中作为关键器件。本公司拥有不事先通知而修改产品的权利，对于最新的信息，请参考官方网站 www.mcu.com.cn。

功能

- ◆ **低功耗工作环境**
 - 电源电压范围：1.8V 到 5.5V
 - 温度范围：-40°C到 85°C
 - 低功耗模式：睡眠模式，深度睡眠模式
 - 运行功耗：70uA/MHz@64MHz
 - 深度睡眠模式下功耗：80uA
 - 部分掉电的深度睡眠模式下功耗：10uA
- ◆ **内核**
 - ARM®32-bitCortex®-M0+ CPU
 - 工作频率：15KHz~64MHz
- ◆ **存储器**
 - 64KB Flash 存储器，程序与数据存储共享
 - 1KB 专用数据 Flash 存储器
 - 8KB SRAM 存储器
- ◆ **电源和复位管理**
 - 内置上电复位（POR）电路
 - 内置电压检测（LVD）电路（门限电压可设）
- ◆ **时钟管理**
 - 内置高速振荡器，精度（±1%），可提供 2MHz~64MHz 系统时钟及外围模块动作时钟
 - 内置 15KHz 低速振荡器
- ◆ **捕捉/比较/脉宽调制模块（CCP0/1）**
 - 2组 CCP, 每组可支持 2 通道捕捉或 2 通道 PWM
- ◆ **增强型 PWM(EPWM)**
 - 6 路通道通道
 - 支持独立/互补/同步/成组输出模式
 - 支持边沿对齐和中心对齐模式
 - 支持单次/连续加载更新模式
 - 支持互补模式插入死区延时
 - 支持硬件刹车及恢复功能
- ◆ **串行两线调试器（SWD）**
- ◆ **GPIO**
 - 最多可达 22 个 GPIO，支持数字功能分配
 - 大部分 GPIO 支持上/下拉电阻功能
- ◆ **丰富的定时器资源**
 - 16 位定时器：4 通道
 - 12 位间隔定时器：1 个
 - 看门狗定时器（WDT）：1 个
 - 32/16 位通用定时器：2 个
 - SysTick 定时器：1 个
- ◆ **丰富的灵活接口**
 - UART：1 通道
 - SSP/SPI：1 通道（支持 4~ 16bit）
 - 标准 I²C：1 通道
- ◆ **高精度 12 位 ADC**
 - 多达 17 路模拟通道
 - 每个转换通道有独立的结果寄存器
 - 支持单次/连续模式
 - 1 个转换结果比较器，可产生中断
 - 参考电压可选：V_{DD}/4.2V/3.6V
- ◆ **模数转换器(DAC)**
 - 模拟输入电压参考可选：V_{DD}/4.2V/3.6V
 - 输出电压多级可选
- ◆ **模拟比较器（ACMP0/1）**
 - 正端多路可选
 - 负端可选端口输入与内部参考电压
 - 支持迟滞电压选择：10mV/20mV/60mV
 - 支持比较器输出触发 EPWM 刹车
- ◆ **安全功能**
 - 符合 IEC/UL60730 相关标准
 - 异常存储空间访问报错
 - 支持硬件 CRC 校验
 - 支持重要 SFR 保护，防止误操作
 - 128 位唯一 ID

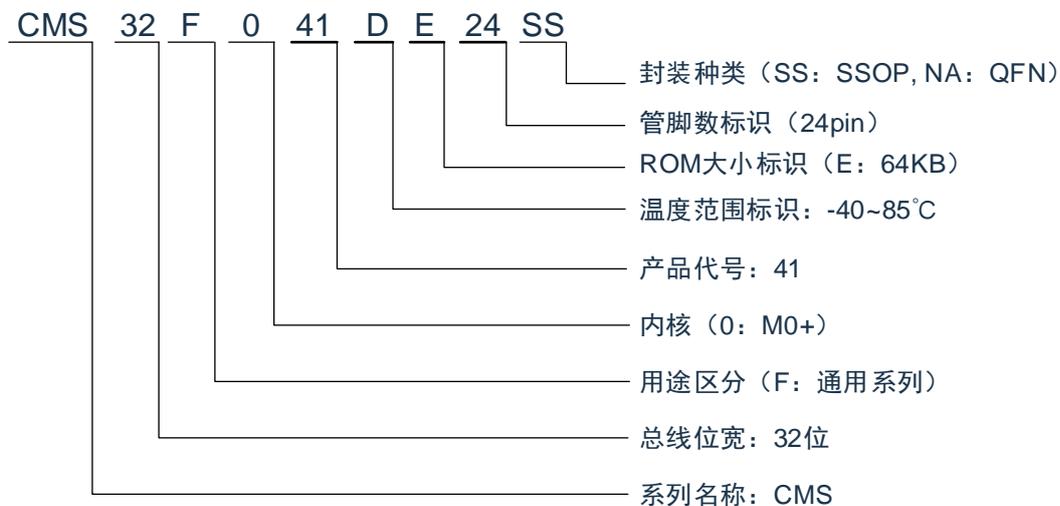
1. 概述

1.1 简介

低功耗CMS32F041采用高性能的ARM®Cortex®-M0+的32位微控制器，最高可工作于64MHz，采用高速的嵌入式闪存（SRAM最大8KB，程序/数据闪存最大64KB）。本产品集成I²C、SPI、UART多种标准接口。集成12bitA/D转换器、数模转换器DAC、模拟比较器ACMP。其中12bitA/D转换器可以用于采集外部传感器信号，降低系统设计成本。集成看门狗定时器、通用定时器Timer0/1、通用定时器单元Timer4、12位间隔定时器LSI_Timer，可以满足不同条件下的时钟需求。此外，还集成了捕获/比较/脉冲调制单元，增强型PWM模块。

CMS32F041还具有出色的低功耗性能，支持睡眠和深度睡眠两种低功耗模式，设计灵活。其运行功耗为70uA/MHz@64MHz，在部分掉电的深度睡眠模式下功耗仅10uA。

1.2 产品型号一览表



CMS32F041 的产品一览表:

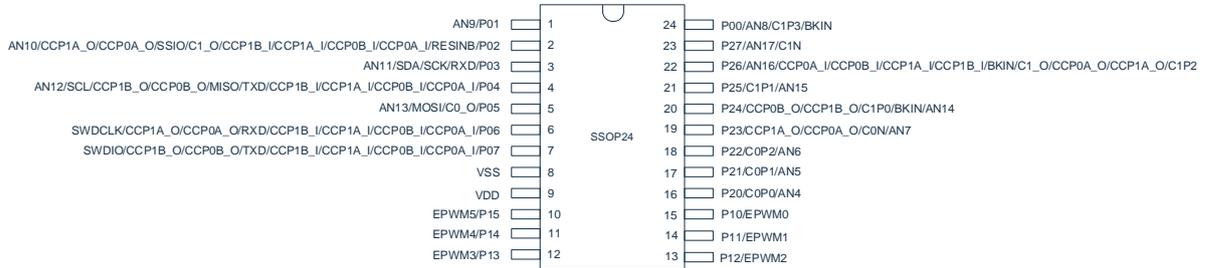
产品型号	Flash 存储器	专用数据 Flash 存储器	SRAM	封装
CMS32F041DE24SS	64KB	1KB	8KB	24 引脚塑封 SSOP24 (8.65x3.9mm, 0.635mm 间距)
CMS32F041DE24NA	64KB	1KB	8KB	24 引脚塑封 QFN24 (4x4mm, 0.5mm 间距)

以下是 CMS32F041 芯片的产品对比：

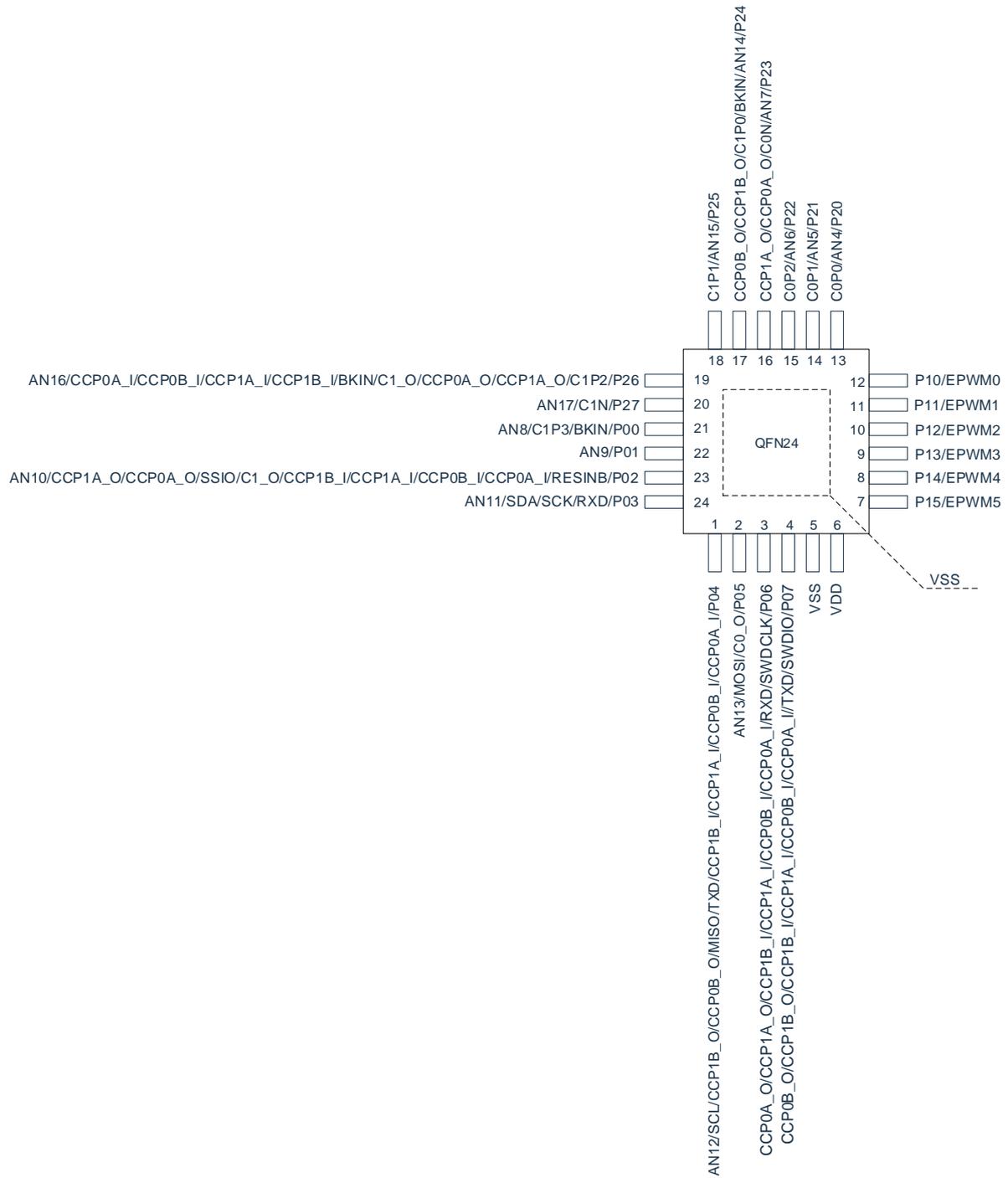
产品型号		CMS32F041DE24SS	CMS32F041DE24NA
外围接口			
MCU 工作电压		1.8V~5.5V	
最大时钟频率		64MHz	
存储模块	ROM	64	
	Data Flash	1KB	
	SRAM	8KB	
定时器	SysTick	1	
	WDT	1	
	TIMER0/1	2	
	TAU (通道数)	4	
增强型 数字外设	CRC	1	
	CCP	2	
	EPWM (通道数)	6	6
通信接口	UART	1	
	I2C	1	
	SSP/SPI	1	
模拟模块	12bit-ADC (外部通道数)	14	
	DAC	1	
	ACMP	2	
GPIOs		22	22
工作温度		-40~85°C	
封装		SSOP24	QFN24

1.3 引脚连接图 (Top View)

1.3.1 CMS32F041DE24SS

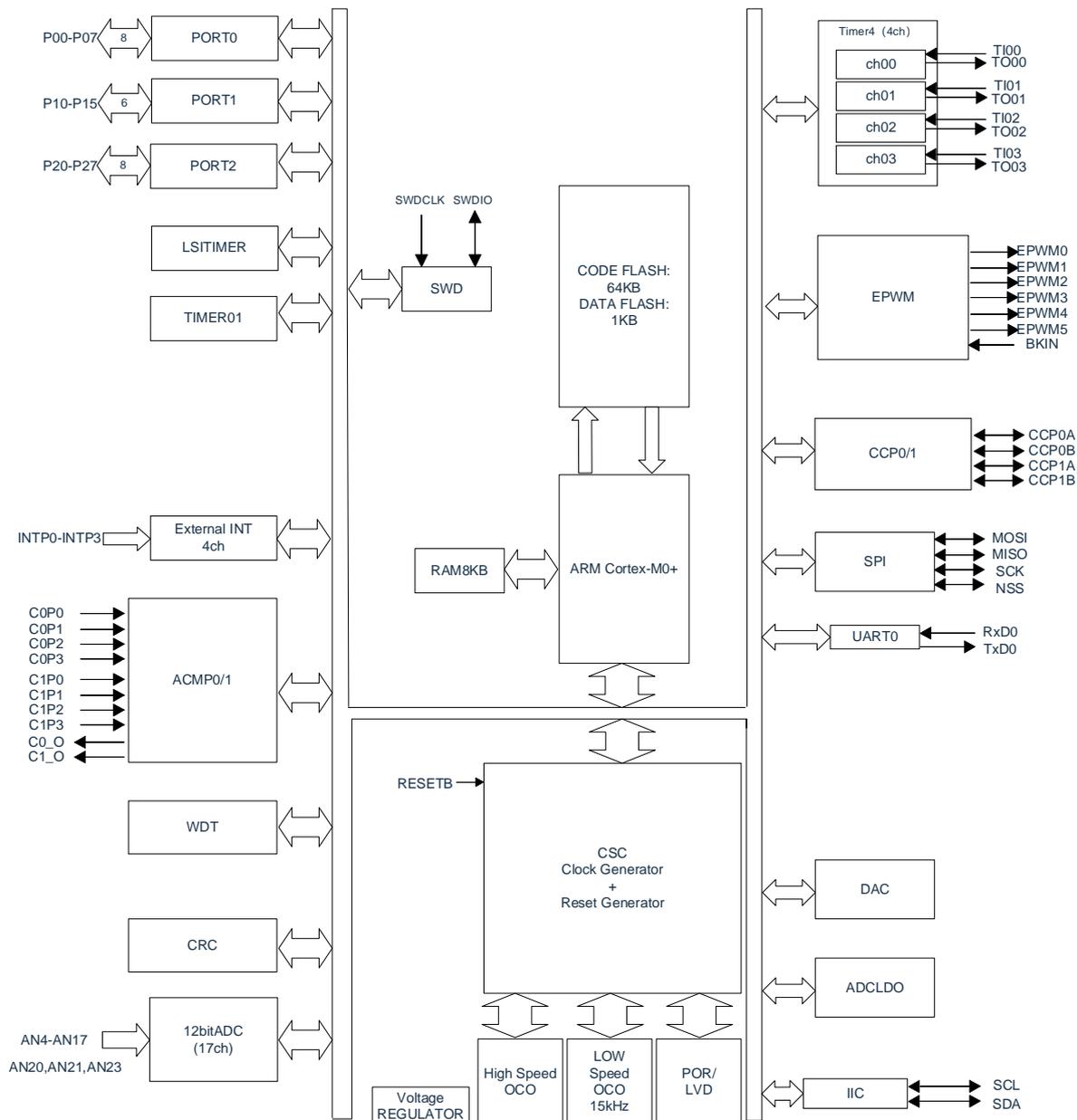


1.3.2 CMS32F041DE24NA

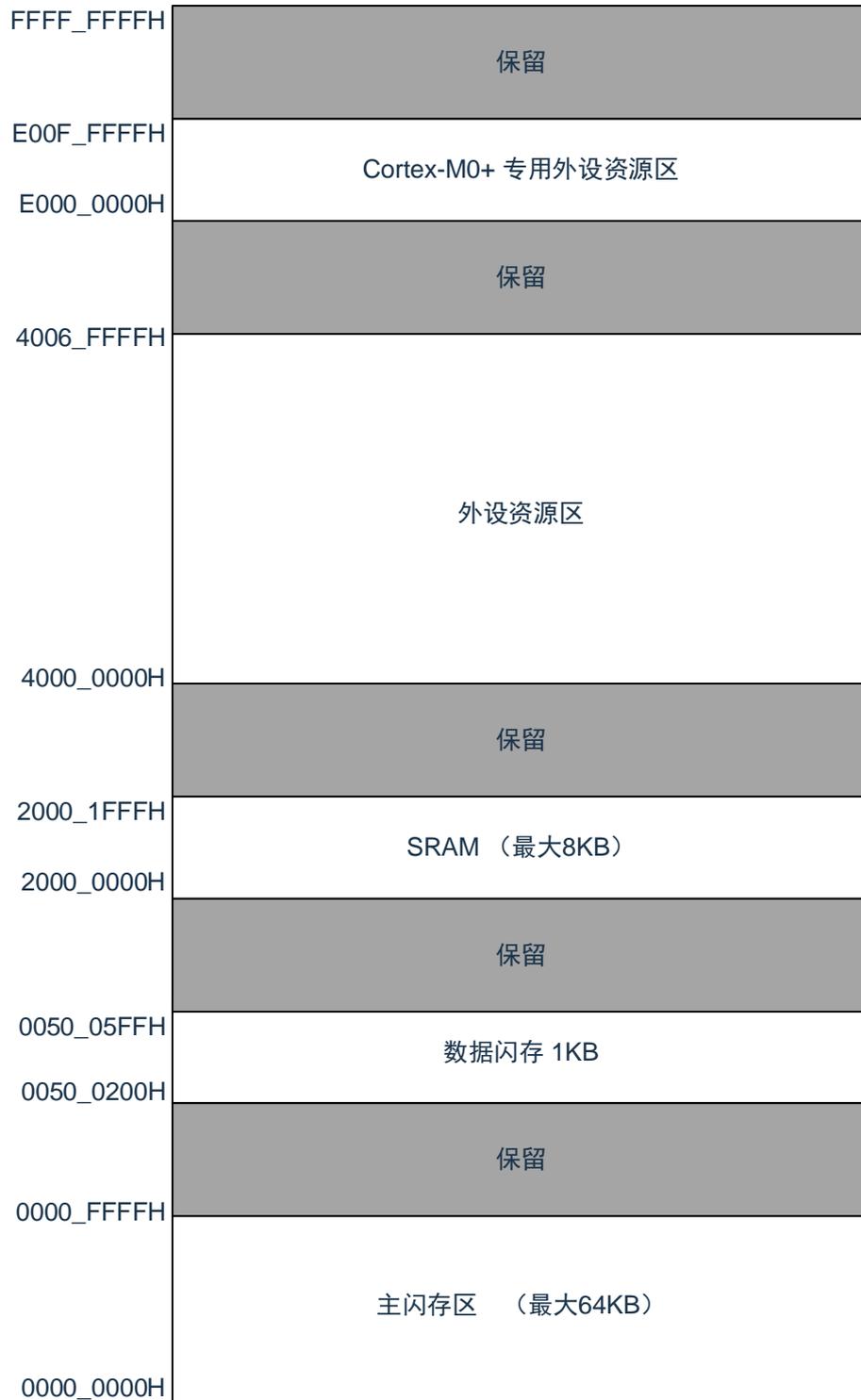


2. 产品结构图

2.1 CMS32F041DE24SS/CMS32F041DE24NA



3. 存储器映射



4. 引脚功能

4.1 端口功能

4.1.1 CMS32F041DE24SS 功能说明

下表符号说明：I/O 表示数字输入/输出，I 表示数字输入，O 表示数字输出，AI 表示模拟输入，AO 表示模拟输出，P 为电源或者地。

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
24	P00	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	AN8	AI	ADC 通道 8 输入
	C1P3	AI	ACMP1 正端输入通道 3
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
1	P01	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	AN9	AI	ADC 通道 9 输入
2	P02	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	C1_O	O	ACMP1 输出通道
	SSIO	I/O	SPI 片选管脚
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	AN10	AI	ADC 通道 10 输入
	RESINB	I	外部复位管脚
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚	
3	P03	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	SCK	I/O	SPI 时钟输入/输出管脚
	SDA	I/O	I2C 数据输入/输出管脚
	AN11	AI	ADC 通道 11 输入
	RXD	I	UART 数据输入管脚
4	P04	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	TXD	O	UART 数据输出管脚
	MISO	I/O	SPI 主机输入/从机输出管脚
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	SCL	I/O	I2C 时钟输入/输出管脚
	AN12	AI	ADC 通道 12 输入
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
5	P05	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	C0_O	O	ACMP0 输出通道
	MOSI	I/O	SPI 主机输出/从机输入管脚
	AN13	AI	ADC 通道 13 输入
6	P06	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	SWDCLK	I	SWD 时钟口
	RXD	I	UART 数据输入管脚
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
7	P07	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	TXD	O	URAT 数据输出管脚
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	SWDIO	I/O	SWD 数据口
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
10	P15	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM5	O	EPWM 输出通道 5
11	P14	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM4	O	EPWM 输出通道 4
12	P13	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM3	O	EPWM 输出通道 3
13	P12	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM2	O	EPWM 输出通道 2
14	P11	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM1	O	EPWM 输出通道 1
15	P10	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM0	O	EPWM 输出通道 0
16	P20	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN4	AI	ADC 通道 4 输入
	C0P0	AI	ACMP0 正端输入通道 0
17	P21	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN5	AI	ADC 通道 5 输入
	C0P1	AI	ACMP0 正端输入通道 1

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
18	P22	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN6	AI	ADC 通道 6 输入
	C0P2	AI	ACMP0 正端输入通道 2
19	P23	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN7	AI	ADC 通道 7 输入
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	C0N	AI	ACMP0 负端输入通道
20	P24	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN14	AI	ADC 通道 14 输入
	C1P0	AI	ACMP1 正端输入通道 0
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
21	P25	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN15	AI	ADC 通道 15 输入
	C1P1	AI	ACMP1 正端输入通道 1
22	P26	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	C1_O	O	ACMP1 输出通道
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
	AN16	AI	ADC 通道 16 输入
	C1P2	AI	ACMP1 正端输入通道 2
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
23	P27	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN17	AI	ADC 通道 17 输入
	C1N	AI	ACMP1 负端输入通道
8	V _{SS}	P	地
9	V _{DD}	P	电源

4.1.2 CMS32F041DE24NA 功能说明

下表符号说明：I/O 表示数字输入/输出，I 表示数字输入，O 表示数字输出，AI 表示模拟输入，AO 表示模拟输出，P 为电源或者地。

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
21	P00	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	AN8	AI	ADC 通道 8 输入
	C1P3	AI	ACMP1 正端输入通道 3
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
22	P01	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	AN9	AI	ADC 通道 9 输入
23	P02	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	C1_O	O	ACMP1 输出通道
	SSIO	I/O	SPI 片选管脚
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	AN10	AI	ADC 通道 10 输入
	RESINB	I	外部复位管脚
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚	
24	P03	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	SCK	I/O	SPI 时钟输入/输出管脚
	SDA	I/O	I2C 数据输入/输出管脚
	AN11	AI	ADC 通道 11 输入
	RXD	I	UART 数据输入管脚
1	P04	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	TXD	O	UART 数据输出管脚
	MISO	I/O	SPI 主机输入/从机输出管脚
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	SCL	I/O	I2C 时钟输入/输出管脚
	AN12	AI	ADC 通道 12 输入
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚	
2	P05	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能
	C0_O	O	ACMP0 输出通道
	MOSI	I/O	SPI 主机输出/从机输入管脚
	AN13	AI	ADC 通道 13 输入
3	P06	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出，上、下拉等功能

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	SWDCLK	I	SWD 时钟口
	RXD	I	UART 数据输入管脚
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
4	P07	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	TXD	O	URAT 数据输出管脚
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	SWDIO	I/O	SWD 数据口
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
7	P15	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM5	O	EPWM 输出通道 5
8	P14	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM4	O	EPWM 输出通道 4
9	P13	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM3	O	EPWM 输出通道 3
10	P12	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM2	O	EPWM 输出通道 2
11	P11	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM1	O	EPWM 输出通道 1
12	P10	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	EPWM0	O	EPWM 输出通道 0
13	P20	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN4	AI	ADC 通道 4 输入
	C0P0	AI	ACMP0 正端输入通道 0
14	P21	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN5	AI	ADC 通道 5 输入
	C0P1	AI	ACMP0 正端输入通道 1
15	P22	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN6	AI	ADC 通道 6 输入
	C0P2	AI	ACMP0 正端输入通道 2
16	P23	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN7	AI	ADC 通道 7 输入
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚

管脚号	管脚名称	管脚类型	描述
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	C0N	AI	ACMP0 负端输入通道
17	P24	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	AN14	AI	ADC 通道 14 输入
	C1P0	AI	ACMP1 正端输入通道 0
	CCP0B_O	O	CCP0 PWM 输出 B 路管脚
	CCP1B_O	O	CCP1 PWM 输出 B 路管脚
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
	18	P25	I/O
AN15		AI	ADC 通道 15 输入
C1P1		AI	ACMP1 正端输入通道 1
19	P26	I/O	GPIO 通过寄存器配置输入输出, 上、下拉等功能
	C1_O	O	ACMP1 输出通道
	CCP0A_O	O	CCP0 PWM 输出 A 路管脚
	CCP1A_O	O	CCP1 PWM 输出 A 路管脚
	BKIN	I	EPWM 外部刹车信号输入
	AN16	AI	ADC 通道 16 输入
	C1P2	AI	ACMP1 正端输入通道 2
	CCP0A_I	I	CCP0 捕获输入 A 路管脚
	CCP0B_I	I	CCP0 捕获输入 B 路管脚
	CCP1A_I	I	CCP1 捕获输入 A 路管脚
	CCP1B_I	I	CCP1 捕获输入 B 路管脚
	20	P27	I/O
AN17		AI	ADC 通道 17 输入
C1N		AI	ACMP1 负端输入通道
5	V _{SS}	P	地
6	V _{DD}	P	电源

4.2 管脚功能列表

功能名称	输入	复用功能 PmnCFG					
		0	1	2	3	4	5
P00	BKIN	默认兼用 输出	-	-	-	-	-
P01	-		-	-	-	-	-
P02	CCPnA_I / CCPnB_I		C1_O	SSIO	CCP0A_O	CCP1A_O	-
P03	RXD		--	SCK			SDA
P04	CCPnA_I / CCPnB_I		TXD	MISO	CCP0B_O	CCP1B_O	SCL
P05			C0_O	MOSI	-	-	-
P06	CCPnA_I / CCPnB_I / RXD		-	-	CCP0A_O	CCP1A_O	-
P07	CCPnA_I / CCPnB_I		TXD		CCP0B_O	CCP1B_O	
P10	-		EPWM0	-	-	-	-
P11	-		EPWM1	-	-	-	-
P12	-		EPWM2	-	-	-	-
P13	-		EPWM3	-	-	-	-
P14	-		EPWM4	-	-	-	-
P15	-		EPWM5	-	-	-	-
P20	-		-	-	-	-	-
P21	-		-	-	-	-	-
P22	-		-	-	-	-	-
P23	-		CCP0A_O	CCP1A_O	-	-	-
P24	BKIN		CCP0B_O	CCP1B_O	-	-	-
P25	-		-	-	-	-	-
P26	CCPnA_I / CCPnB_I /BKIN		C1_O	-	CCP0A_O	CCP1A_O	
P27	-		-	-	-	-	-

备注：

1. 本产品 IO 复用功能，需要用户单独配置 PMC，PM，等寄存器。
2. 当选择到 IIC 功能时，开漏功能自动开启。
3. 针对复用功能，即可做输入又可做输出功能，选择好 PmnCFG 后，输入通道自动开启。
4. 针对输入功能，通过设置对应 PSxx_CFG 选择 IO 口。

模拟功能和特殊功能管脚如下表：

管脚	模拟		特殊功能管脚
	ADC	ACMP	
P00	AN8	C1P3	-
P01	AN9	-	-
P02	AN10	-	RESINB
P03	AN11	-	-
P04	AN12	-	-
P05	AN13	-	-
P06	-	-	SWDCLK
P07	-	-	SWDIO
P10	-	-	-
P11	-	-	-
P12	-	-	-
P13	-	-	-
P14	-	-	-
P15	-	-	-
P20	AN4	C0P0	-
P21	AN5	C0P1	-
P22	AN6	C0P2	-
P23	AN7	C0N	-
P24	AN14	C1P0	-
P25	AN15	C1P1	-
P26	AN16	C1P2	-
P27	AN17	C1N	-

5. 功能概要

5.1 ARM® Cortex®-M0+内核

ARM 的 Cortex-M0+处理器是 ARM 处理器中针对嵌入式系统的新一代产品。它提供了一种低成本的平台旨在满足少引脚数和低功耗单片机的需求，同时提供出色的计算性能和先进的系统响应中断。

Cortex-M0+处理器的 32 位微控制器，提供卓越的代码效率，提供 ARM 内核的高性能预期，区别于同等内存大小的 8 位和 16 位器件。Cortex-M0+处理器具有 32 根地址线，存储空间多达 4G。

CMS32F041 采用嵌入式的 ARM 内核，因此与所有的 ARM 工具和软件兼容。

5.2 存储器

5.3 闪存 Flash

CMS32F041内置了可进行编程、擦除和重写的闪存。具有如下功能：

- 程序和数据共享64K存储空间。
- 1KB专用数据Flash存储器
- 支持页擦除，每页大小是512byte，擦除时间2ms
- 支持byte/half-word编程，编程时间120us

5.3.1 SRAM

CMS32F041 内置最大 8K 字节的嵌入式 SRAM。

5.4 时钟发生和启动

时钟发生电路是产生给CPU和外围硬件提供时钟的电路。有以下2种系统时钟和时钟振荡电路。

5.4.1 主系统时钟

- 高速内部振荡器（高速 OCO）：能通过选项字节选择频率进行振荡。在解除复位后，CPU 默认以此高速内部振荡器时钟开始运行。能通过执行深度睡眠指令或者设定 HIOSTOP 位使振荡停止。能通过高速内部振荡器的频率选择寄存器更改选项字节设定的频率。最高频率为 64Mhz，精度±1.0%

5.4.2 低速内部振荡器时钟

低速内部振荡器（低速 OCO）：产生 15KHz（典型值）的时钟振荡。能将低速内部振荡器时钟用作 CPU 时钟。以下外围硬件能通过低速内部振荡器时钟运行：

- 看门狗定时器（WDT）
- LSI_Timer 定时器

5.5 电源管理

5.5.1 供电方式

V_{DD} : 外部电源, 电压范围 1.8 至 5.5V。

5.5.2 上电复位

上电复位电路 (POR) 有以下功能。

- 在接通电源时产生内部复位信号。如果电源电压 (V_{DD}) 大于检测电压 (V_{POR})，就解除复位。但是，在达到工作电压范围前，必须通过电压检测电路或者外部复位保持复位状态。
- 将电源电压 (V_{DD}) 和检测电压 (V_{PDR}) 进行比较，当 $V_{DD} < V_{PDR}$ 时，产生内部复位信号。但是，在电源下降时，必须在小于工作电压范围前，转移到深度睡眠模式，或者通过电压检测电路或外部复位设定为复位状态。如果要重新开始运行，必须确认电源电压已恢复到工作电压范围内。

5.5.3 电压检测

电压检测电路通过选项字节设定运行模式和检测电压 (V_{LVDH} 、 V_{LVDL} 、 V_{LVD})。电压检测 (LVD) 电路有以下功能：

- 电源电压 (V_{DD}) 和检测电压 (V_{LVDH} 、 V_{LVDL} 、 V_{LVD}) 进行比较，产生内部复位或者中断请求信号。
- 电源电压的检测电压 (V_{LVDH} 、 V_{LVDL} 、 V_{LVD}) 能通过选项字节选择检测电平。
- 能在深度睡眠模式中运行。
- 当电源上升时，在达到工作电压范围前，必须通过电压检测电路或者外部复位保持复位状态。当电源下降时，必须在小于工作电压范围前，转移到深度睡眠模式，或者通过电压检测电路或外部复位设定为复位状态。
- 工作电压范围根据用户选项字节的设定而变。

5.6 低功耗模式

CMS32F041 支持两种低功耗模式以便在功耗低，启动时间短，可用的唤醒源之间实现最佳的折衷：

- 睡眠模式：通过执行睡眠指令进入睡眠模式。睡眠模式是停止CPU运行时钟的模式。在设定睡眠模式前，如果高速内部振荡器或者低速内部振荡电路正在振荡，各时钟就继续振荡。虽然此模式无法让工作电流降到深度睡眠模式的程度，但是在想要通过中断请求立即重新开始处理或者想要频繁地进行间歇运行时是一种有效的模式。
- 深度睡眠模式：通过执行深度睡眠指令进入深度睡眠模式。深度睡眠模式是停止高速内部振荡器的振荡并且停止整个系统的模式。能大幅度地降低芯片的工作电流。因为深度睡眠模式能通过中断请求来解除，所以也能进行间歇运行。
- 部分掉电的深度睡眠模式：通过预先配置PMUKEY指令许可并执行深度睡眠指令进入部分掉电的深度睡眠模式。部分掉电的深度睡眠模式是与深度睡眠模式相比会停掉外围的供电，跟深度睡眠模式相比能进一步降低芯片的工作电流。部分掉电的深度睡眠模式能通过外部中断、12bit间隔中断及WDT中断请求来解除，所以也能进行间歇运行。

除部分掉电的深度睡眠模式外的任何一种模式中，寄存器、标志和数据存储器全部保持设定为待机模式前的内容，并且还保持输入/输出端口的输出锁存器和输出缓冲器的状态。部分掉电的深度睡眠模式解除时需要重新初始化外围模块等功能。

5.7 复位功能

以下6种方法产生复位信号。

- 1) 通过RESETB引脚输入外部复位。
- 2) 通过看门狗定时器的程序失控检测产生内部复位。
- 3) 通过上电复位（POR）电路的电源电压和检测电压的比较产生内部复位。
- 4) 通过电压检测电路（LVD）的电源电压和检测电压的比较产生内部复位。
- 5) 因存取非法存储器而产生内部复位。

内部复位和外部复位相同，在产生复位信号后，从用户自定义的程序起始地址开始执行程序。

5.8 中断功能

Cortex-M0+处理器内置了嵌套向量中断控制器（NVIC），支持最多21个中断请求（IRQ）输入，以及1个不可屏蔽中断（NMI）输入，另外，处理器还支持多个内部异常。

本产品对21个可屏蔽中断请求（IRQ）和1个不可屏蔽中断（NMI）进行了处理，详见用户使用手册对应章节。中断源的实际个数因产品而不同。

5.9 定时器

5.9.1 SysTick 定时器

这个定时器是实时操作系统专用的，但也可以作为一个标准的递减计数器使用。它的特点为：24 位递减计数器自装填能力计数器达到 0 时，有可屏蔽的系统中断的产生。

5.9.2 看门狗定时器

1 通道 WDT, 17bit 看门狗定时器通过选项字节设定计数运行。看门狗定时器以低速内部振荡器时钟(15KHz)运行。看门狗定时器用于检测程序失控。在检测到程序失控时，产生内部复位信号。

下述情况判断为程序失控：

- 当看门狗定时器计数器发生上溢时
- 当给WDTE寄存器写“ACH”以外的数据时
- 在窗口关闭期间给 WDTE 寄存器写数据时

5.9.3 定时器 Timer4

本产品内置1个含有4通道16位定时器的定时器单元Timer4。每个16位定时器称为“通道”，既能分别用作独立的定时器，也能组合多个通道用作高级的定时器功能。

有关各功能的详细内容，请参照下表。

独立通道运行功能	多通道联动运行功能
<ul style="list-style-type: none"> ● 间隔定时器 ● 方波输出 ● 外部事件计数器 ● 分频器 ● 输入脉冲间隔的测量 ● 输入信号的高/低电平宽度的测量 ● 延迟计数器 	<ul style="list-style-type: none"> ● 单触发脉冲输出 ● PWM 输出 ● 多重 PWM 输出

5.9.3.1 独立通道运行功能

独立通道运行功能是不受其他通道运行模式的影响而独立使用任意通道的功能。独立通道运行功能能用作以下模式：

- 1) 间隔定时器：能用作以固定间隔产生中断（INTTM）的基准定时器。
- 2) 方波输出：每当产生INTTM 中断时，就触发翻转，从定时器输出引脚（TO）输出50%占空比的方波。
- 3) 外部事件计数器：对定时器输入引脚（TI）的输入信号的有效边沿进行计数，如果达到规定次数，就能用作产生中断的事件计数器。
- 4) 分频器功能（只限于单元0的通道0）：对定时器输入引脚（TI00）的输入时钟进行分频，然后从输出引脚（TO00）输出。
- 5) 输入脉冲间隔的测量：在定时器输入引脚（TI）的输入脉冲信号的有效边沿开始计数并且在下一个脉冲的有效边沿捕捉计数值，从而测量输入脉冲的间隔。
- 6) 输入信号的高/ 低电平宽度的测量：在定时器输入引脚（TI）的输入信号的一个边沿开始计数并且在另一个边沿捕捉计数值，从而测量输入信号的高电平或者低电平的宽度。
- 7) 延迟计数器：在定时器输入引脚（TI）的输入信号的有效边沿开始计数并且在经过任意延迟期间后产生中断。

5.9.3.2 8 位定时器运行功能

8位定时器运行功能可将16位定时器通道用作2个8位定时器通道的功能。（只能使用通道1和通道3）

5.9.4 通用定时器（Timer0/1）

该系列产品包含2路可编程的32位/16位向下计数器，能为用户提供便捷的定时计数功能。Timer0-Timer1具有如下特性：

- 计数时钟可选择1、16、256分频。
- 具有单次触发、周期计数、连续计数3种计数操作模式。
- 支持延时加载计数初值功能。
- 支持计数器递减到0时，产生中断。

5.9.5 LSI_Timer 定时器

本产品内置一个12位间隔定时器，可按事先设定的任意时间间隔产生中断（INTIT），可用于从深度睡眠模式中唤醒。

5.10 通信模块

5.10.1 通用异步收发器(UART0)

该系列产品包含 1 路全双工异步通讯接口。UART 收发器具有如下特性：

- 全双工，异步通信。
- 数据位长度可设为 5~8 位。
- 停止位长度可设置为 1 位、1.5 位或 2 位。
- 校验位可设为奇、偶校验、无校验或固定校验位的产生和检测。

5.10.2 标准串行接口 SPI

该系列产品包含 1 个工作于全双工模式的同步串行控制器 SSP/SPI，SSP/SPI 控制器具有如下特性：

- 兼容 Motorola 的 SPI、TI 的 4 线 SSI 和 NS 的 Microwire 总线。
- 支持主机或从机模式。
- 可配置发送位的长度（4bit-16bit）。
- 可配置时钟极性和相位。
- 可编程的时钟速率控制。
- MSB 优先发送/接收。
- 内置一个接收 Buffer 和一个发送 Buffer。

5.10.3 标准串行接口 I²C

该系列产品包含 1 个两线双向串行总线控制器 I²C。I²C 控制器具有如下特性：

- 标准 I²C 兼容总线接口。
- 支持主机/从机模式，主从机之间双向数据传送。
- 多主机间同时传输数据仲裁，避免总线上串行数据损坏。
- 总线采用串行同步时钟，可实现设备之间以不同的速率传输。
- 可编程的时钟可以用于多种速率控制。
- 支持 7 位/10 位从地址模式。
- 支持多地址识别。

5.11 增强型外设

5.11.1 捕捉/比较/脉宽调制模块（CCP0/1）

该系列产品包含 2 组 CCP 模块 CCP0/CCP1，每组 CCP 对应 A, B 两路通道。CCP 模块支持 PWM 输出、捕捉模式 0、捕捉模式 1、中断。

- 1) PWM 输出具有如下特性：
 - CCP0 的 A, B 两路共用一个周期寄存器、CCP1 的 A, B 两路共用另一个周期寄存器。
 - CCP0/CCP1 的 A, B 两路输出占空比可独立设置。
 - 最多可输出 4 路 PWM。
 - 支持 50%占空比的方波输出。
 - 输出极性可选。
- 2) 捕捉模式 0 具有如下特性：
 - CCP0 可选择从 A 路或者 B 路作为外部捕捉输入信号。
 - CCP1 可选择从 A 路或者 B 路作为外部捕捉输入信号。
 - 可选择软件开始计数、上升沿捕捉；软件开始计数、下降沿捕捉；上升沿计数、下降沿捕捉；下降沿计数、上升沿捕捉，4 种捕获方式。
 - 捕捉条件触发，计数器停止。
- 3) 捕捉模式 1 具有如下特性：
 - 仅有 CCP1 具有捕捉模式 1。
 - CAP0、CAP1、CAP2、CAP3，4 路捕捉通道，每路捕捉通道具有 4 位控制选择不同输入。
 - 可选择写寄存器触发的软件捕捉方式。
 - 可选择外部信号的上升沿、下降沿、双沿触发的边沿捕捉方式。
 - 支持 CCP1 捕捉触发 CCP0 计数器加载使能。
- 4) 捕捉模式 2 具有如下特性：
 - 仅有 CCP1 具有捕捉模式 2，CCP0 可自由设置。
 - CAP1、CAP2、CAP3，3 路共用同一个捕捉通道，对同一信号进行捕捉。
 - 每个通道可独立选择外部信号的上升沿、下降沿、双沿触发的边沿捕捉方式。
 - CAP3 捕捉完成后可自动计算周期与占空比的数据。
- 5) CCP 模块的中断具有如下几种：
 - 计数器比较中断。
 - 捕捉模式 0 捕获中断。
 - 捕捉模式 1 的 CAP0、CAP1、CAP2、CAP3 中断。
 - 捕捉模式 2 的 CAP1、CAP2、CAP3 中断。
 - 计数器溢出中断。

5.11.2 增强型 PWM (EPWM)

增强性 PWM 模块支持 6 路 PWM 发生器，周期和占空比可独立设置。EPWM 具有如下特性：

- 支持单次、连续 2 种波形输出。
- 支持独立、互补、同步、组控 4 种控制模式。
- 计数时钟可选择 1、2、4、8、16 分频。
- 支持边沿对齐、中心对齐 2 种计数模式。
- 支持 4 种加载更新方式。
- 可设置输出极性。
- 支持周期、向上比较、向下比较、零点中断。
- 故障刹车保护以及恢复功能。

5.12 模拟模块

5.12.1 模数转换器 (ADC)

该系列产品包含一个 12 位逐次逼近型模数转换器(ADC)，支持单次和连续 2 种转换模式。该模块还具有如下特性：

- 参考电压选择： $V_{DD}/4.2V/3.6V$ 。
- 最大采样速率：1.2Msps。
- 多达 17 路模拟输入通道。
- 支持两种功耗模式：高速模式与低电流模式。
- 高速模式下单次采样与转换时间为： $52 * T_{ADCK}$ (采样时间设置为 $13.5 * T_{ADCK}$)。
- 单次模式：对指定通道执行一次 A/D 转换。
- 连续模式：对所有选定的通道都执行 A/D 转换。
- 支持转换完毕产生中断。
- 内置 AD 转换结果比较器。
- 每个通道的转换结果都存储在对应的数据寄存器中。

5.12.2 模拟比较器 (ACMP0/1)

该系列产品内部包含 2 个模拟比较器，ACMP0 和 ACMP1。ACMP0/1 具有如下特性：

- 模拟输入电压范围： $0 \sim (V_{DD})V$ 。
- 支持单边/双边迟滞功能
- 支持迟滞电压选择(10mV/20mV/60mV-典型值)。
- 正端可选择多路端口输入。
- 负端可选择端口输入或内部参考电压。
- 输出可滤波时间可选择： $0 \sim 512 * T_{sys}$ 。
- 比较器事件输出可作为增强型 PWM 的刹车触发信号。
- 支持输出改变产生中断。

5.12.3 数模转换器 DAC

芯片内部包含一个数模转换器，DAC 具有如下特性：

- 模拟输入电压可选： $V_{DD}/4.2V/3.6V$ 。
- 输出电压多级可选。

5.13 安全功能

5.13.1 闪存 CRC 运算功能（高速 CRC、通用 CRC）

通过CRC 运算检测闪存的数据错误。

能根据不同的用途和使用条件，分别使用以下2个CRC。

- 高速CRC：在初始化程序中，能停止CPU的运行并且高速检查整个代码闪存区。
- 通用 CRC：在 CPU 运行中，不限于代码闪存区而能用于多用途的检查。

5.13.2 SFR 保护功能

防止因 CPU 失控而改写重要的 SFR（SpecialFunctionRegister）。

5.13.3 非法存储器存取检测功能

检测对非法存储器区域（没有存储器的区域或者存取受限的区域）的非法存取。

5.13.4 频率检测功能

能使用 Timer4 单元自检测 CPU 或外围硬件时钟频率。

5.13.5 输入/输出端口的数字输出信号电平检测功能

在输入/输出端口为输出模式时，能读引脚的输出电平。

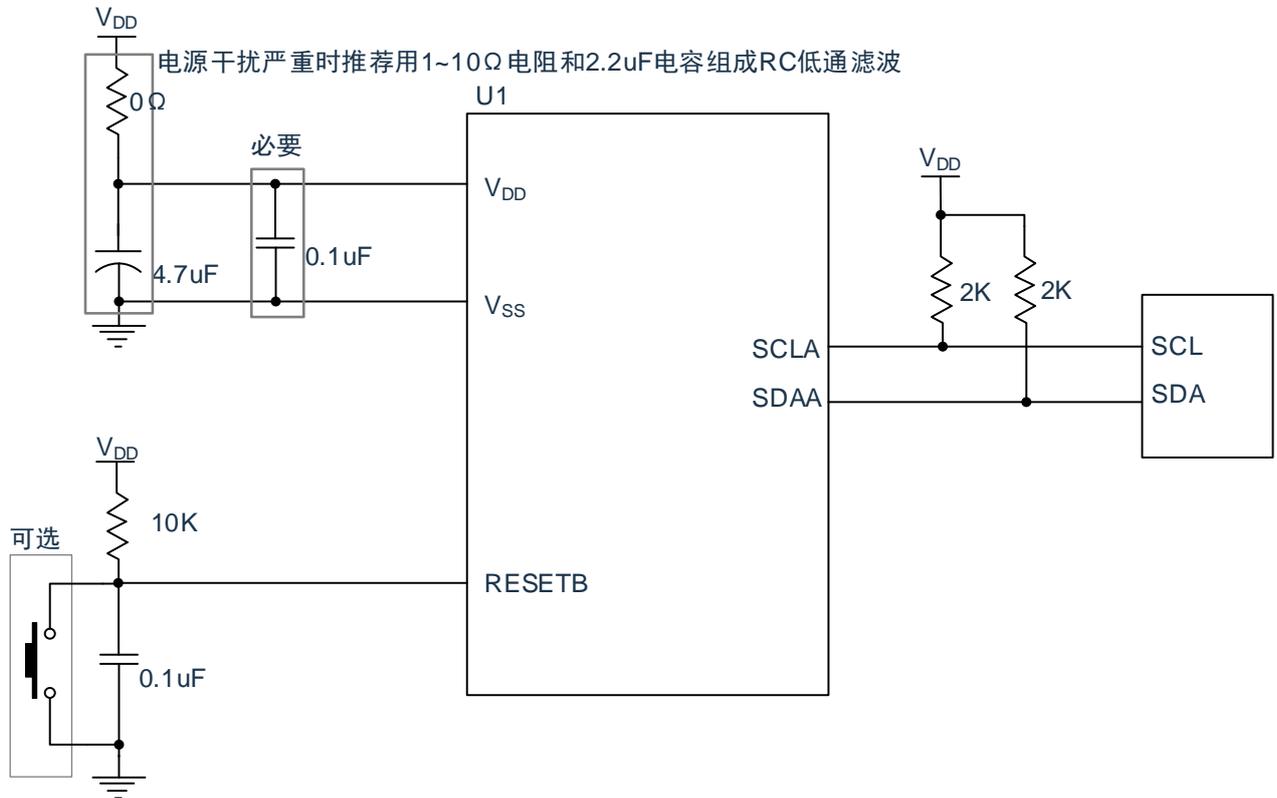
5.14 两线串行调试端口(SW-DP)

ARM 的 SW-DP 接口允许通过串行线调试工具连接到单片机。

6. 电气特性

6.1 典型应用外围电路

MCU 典型应用外围电路的器件连接参考如下：



6.2 绝对最大电压额定值

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$)

项目	符号	条件	额定值	单位
电源电压	V_{DD}		-0.5~6.5	V
输入电压	V_I	P00~P07、P10~P15、P20~P27	-0.3~ $V_{DD}+0.3$ ^{注1}	V
输出电压	V_O	P00~P07、P10~P15、P20~P27	-0.3~ $V_{DD}+0.3$ ^{注1}	V
模拟输入电压	V_{AI}	AN4~AN23	-0.3~ $V_{DD}+0.3$	V

注 1：不超过 6.5V。

注意：即使是各项目中的 1 个项目瞬间超过绝对最大额定值，也可能降低产品的质量。绝对最大额定值是可能给产品带来物理性损伤的额定值，必须在不超过额定值的状态下使用产品。

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 将 V_{SS} 作为基准电压。
3. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.3 绝对最大电流额定值

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$)

项目	符号	条件		额定值	单位
高电平输出电流	I_{OH}	每个引脚	P00~P07、P10~P15、P20~P27	-10	mA
		引脚合计	P10~P15、P20~P26	-50	mA
			P00~P07、P27	-70	mA
低电平输出电流	I_{OL}	每个引脚	P00~P07、P10~P15、P20~P27	20	mA
		引脚合计	P10~P15、P20~P26	60	mA
			P00~P07、P27	70	mA
工作环境温度	T_A	通常运行时		-40~105	$^\circ\text{C}$
		闪存编程时			
保存温度	T_{stg}	-		-65~150	$^\circ\text{C}$

注意：即使是各项目中的 1 个项目瞬间超过绝对最大额定值，也可能降低产品的质量。绝对最大额定值是可能给产品带来物理性损伤的额定值，必须在不超过额定值的状态下使用产品。

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.4 振荡电路特性

6.4.1 内部振荡器特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

谐振器	条件	最小值	典型值	最大值	单位
高速内部振荡器的时钟频率(F_{IH}) ^{注1,2}	-	1.0	-	64.0	MHz
高速内部振荡器的时钟频率精度	$T_A = 0 \sim 85^\circ\text{C}$	-1.5	-	+1.5	%
	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	-2	-	+2	%
低速内部振荡器的时钟频率(F_{IL})	-	13.5	15	16.5	KHz

注 1：通过选项字节选择高速内部振荡器的频率。

注 2：只表示振荡电路的特性，指令执行时间请参照 AC 特性。

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.5 DC 特性

6.5.1 引脚特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
高电平 输出电流 ^{注1}	I_{OH}	P00~P07、P10~P15、P20~P27 单独1个引脚	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $-40 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-8.0 ^{注2}	mA
		P10~P15、P20~P26 引脚合计（占空比 $\leq 70\%$ 时 ^{注3} ）	$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $-40 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-40.0	mA
			$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $85 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-20.0	
			$2.4\text{V} \leq V_{DD} < 4.0\text{V}$	-	-	-8.0	mA
			$1.8\text{V} \leq V_{DD} < 2.4\text{V}$	-	-	-4.0	mA
		P00~P07、P27 引脚合计（占空比 $\leq 70\%$ 时 ^{注3} ）	$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $-40 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-60.0	mA
			$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $85 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-25.0	
			$2.4\text{V} \leq V_{DD} < 4.0\text{V}$	-	-	-10.0	mA
			$1.8\text{V} \leq V_{DD} < 2.4\text{V}$	-	-	-5.0	mA
		引脚合计（占空比 $\leq 70\%$ 时 ^{注3} ）	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $-40 \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	-100	mA
$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ $85 \sim 85^\circ\text{C}$	-		-	-45.0			

注 1：这是即使电流从 V_{DD} 引脚流到输出引脚也保证器件工作的电流值。

注 2：不能超过合计的电流值。

注 3：这是“占空比 $\leq 70\%$ 条件”的输出电流值。改为占空比 $> 70\%$ 的输出电流值能用以下的计算式进行计算（将占空比改为 $n\%$ 的情况）。

$$\text{引脚合计的输出电流} = (I_{OH} \times 0.7) / (n \times 0.01)$$

<计算例子> $I_{OH} = -10.0\text{mA}$ 、 $n = 80\%$

$$\text{引脚合计的输出电流} = (-10.0 \times 0.7) / (80 \times 0.01) \approx -8.7\text{mA}$$

各引脚的电流不会因占空比而变，而且不会流过绝对最大额定值以上的电流。

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

(T_A= -40~85°C、1.8V≤V_{DD}≤5.5V、V_{SS}=0V)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
低电平输出 电流 ^{注1}	I _{OL}	P00~P17、P10~P15、 P20~P27 单独 1 个引脚	1.8V≤V _{DD} ≤5.5V -40~85°C	-	-	18 ^{注2}	mA
		P10~P15、P20~P26 引脚合计 (占空比≤70%时 ^{注3})	4.0V≤V _{DD} ≤5.5V -40~85°C	-	-	50	mA
			4.0V≤V _{DD} ≤5.5V 85~85°C	-	-	35	
			2.4V≤V _{DD} <4.0V	-	-	15	mA
			1.8V≤V _{DD} <2.4V	-	-	8	mA
		P00~P07、P27 引脚合计 (占空比≤70%时 ^{注3})	4.0V≤V _{DD} ≤5.5V -40~85°C	-	-	60	mA
			4.0V≤V _{DD} ≤5.5V 85~85°C	-	-	40	
			2.4V≤V _{DD} <4.0V	-	-	20	mA
			1.8V≤V _{DD} <2.4V	-	-	10	mA
		引脚合计 (占空比≤70%时 ^{注3})	1.8V≤V _{DD} ≤5.5V -40~85°C	-	-	80	mA
			1.8V≤V _{DD} ≤5.5V 85~85°C	-	-	50	

注 1：这是即使电流从输出引脚流到 V_{SS} 引脚也保证器件工作的电流值。

注 2：不能超过合计的电流值。

注 3：这是“占空比≤70%条件”的输出电流值。改为占空比>70%的输出电流值能用以下的计算式进行计算（将占空比改为 n%的情况）。

引脚合计的输出电流=(I_{OL}×0.7)/(n×0.01)

<计算例子> I_{OL}=10.0mA、n=80%

引脚合计的输出电流=(10.0×0.7)/(80×0.01)≈8.7mA

各引脚的电流不会因占空比而变，而且不会流过绝对最大额定值以上的电流。

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

(T_A= -40~85°C、1.8V≤V_{DD}≤5.5V、V_{SS}=0V)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
高电平输入电压	V _{IH}	P00~P07、P10~P15、 P20~P27	施密特输入	0.8V _{DD}	-	V _{DD}	V
低电平输入电压	V _{IL}	P00~P07、P10~P15、 P20~P27	施密特输入	0	-	0.2V _{DD}	V

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

 (T_A= -40~85°C、1.8V≤V_{DD}≤5.5V、V_{SS}=0V)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
高电平 输出电压	V _{OH}	P00~P07、P10~P15、 P20~P27	4.0V≤V _{DD} ≤5.5V、 I _{OH1} = -8.0mA	V _{DD} -1.5	-	-	V
			4.0V≤V _{DD} ≤5.5V、 I _{OH1} = -4.0mA	V _{DD} -0.7	-	-	V
			2.4V≤V _{DD} ≤5.5V、 I _{OH1} = -2.0mA	V _{DD} -0.6	-	-	V
			1.8V≤V _{DD} ≤5.5V、 I _{OH1} = -1mA	V _{DD} -0.5	-	-	V
低电平 输出电压	V _{OL}	P00~P07、P10~P15、 P20~P27	4.0V≤V _{DD} ≤5.5V I _{OL1} =18.0mA	-	-	1.2	V
			4.0V≤V _{DD} ≤5.5V I _{OL1} =9.0mA	-	-	0.7	V
			2.4V≤V _{DD} ≤5.5V I _{OL1} =5.0mA	-	-	0.4	V
			1.8V≤V _{DD} ≤5.5V I _{OL1} =2.0mA	-	-	0.4	V

备注：

1. 在没有特别指定的情况下，复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
高电平 输入漏电流	I_{LIH}	P00~P07、 P10~P15、P20~P27	$V_I = V_{DD}$	-	-	1	μA
低电平 输入漏电流	I_{LIL}	P00~P07、 P10~P15、P20~P27	$V_I = V_{SS}$	-	-	-1	μA
内部上拉电阻	R_U	P00~P07、 P10~P15、P20~P27	$V_I = V_{SS}$, 输入端口时	10	30	50	$\text{K}\Omega$
内部下拉电阻	R_D	P00~P07、 P10~P15、P20~P27	$V_I = V_{DD}$, 输入端口时	10	30	50	$\text{K}\Omega$

备注:

1. 在没有特别指定的情况下, 复用引脚的特性和端口引脚的特性相同。
2. 低温规格值由设计保证, 量产不测低温条件。

6.5.2 电源电流特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位	
电源电流 ^{注1}	I _{DD1}	运行模式	高速内部振荡器	F _{HOCO} =64MHz、F _{FIH} =64MHz	-	3.9	4.7	mA
				F _{HOCO} =64MHz、F _{FIH} =32MHz	-	3.2	3.7	
		低速内部振荡器	F _{IL} =15KHz ^{注2}	-	195	300	uA	
	I _{DD2}	睡眠模式	高速内部振荡器	F _{HOCO} =64MHz、F _{FIH} =64MHz	-	1.8	2.2	mA
				F _{HOCO} =32MHz、F _{FIH} =32MHz	-	1.2	1.6	
			低速内部振荡器	F _{IL} =15KHz ^{注2}	-	60	240	uA
	I _{DD3} ^{注3}	深睡眠模式	T _A = -40°C~85°C V _{DD} =3.0V		-	40	500	uA
		部分掉电深度睡眠模式	T _A = -40°C~25°C V _{DD} =3.0V		-	10	40	uA
			T _A = -40°C~85°C V _{DD} =3.0V		-	10	250	
			T _A = -40°C~85°C V _{DD} =3.0V		-	10	450	

注 1：这是流过 V_{DD} 的电流，包含输入引脚固定为 V_{DD} 或者 V_{SS} 状态的输入漏电流。

典型值：CPU 处于乘法运算指令执行(I_{DD1})，且不包含外围工作电流。

最大值：CPU 处于乘法运算指令执行(I_{DD1})，且包含外围工作电流，但不包含流到 A/D 转换器、LVD 电路、I/O 端口以及内部上拉或者下拉电阻的电流，也不包含改写数据闪存时的电流。

注 2：这是高速内部振荡器停止振荡的情况。

注 3：不包含流到 RTC、15 位间隔定时器和看门狗定时器的电流。

备注：

1. F_{HOCO}：高速内部振荡器的时钟频率。
2. F_{FIH}：高速内部振荡器提供的系统时钟频率。
3. F_{IL}：低速内部振荡器的时钟频率。
4. 典型值的温度条件是 T_A=25°C。
5. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

参数	符号	条件	最小值.	典型值.	最大值.	单位
低速内部振荡器工作电流	I_{FIL} ^{注1}	-	-	0.2	-	μA
RTC 工作电流	I_{RTC} ^{注1,2,4}	-	-	0.04	-	μA
12 位间隔定时器工作电流	I_{IT} ^{注1,2,4}	-	-	0.02	-	μA
看门狗定时器工作电流	I_{WDT} ^{注1,2,4}	$F_{IL} = 15\text{KHz}$	-	0.22	-	μA
A/D 转换器工作电流	I_{ADC} ^{注1,5}	ADC @8MHz	-	2.0	-	mA
LVD 工作电流	I_{LVD} ^{注1,6}	-	-	0.08	-	μA

注1: 这是流过 V_{DD} 的电流。

注2: 这是高速内部振荡器停止振荡的情况。

注3: 这是只流到15位间隔定时器的电流（不包含低速内部振荡器的工作电流）。在运行模式或者睡眠模式中15位间隔定时器运行的情况下，微控制器的电流值为 I_{DD1} 或者 I_{DD2} 加上 I_{IT} 的值。另外，当选择低速内部振荡器时，必须加上 I_{FIL} 。

注4: 这是只流到看门狗定时器的电流（包含低速内部振荡器的工作电流）。在看门狗定时器运行的情况下，微控制器的电流值为 I_{DD1} 或者 I_{DD2} 或者 I_{DD3} 加上 I_{WDT} 的值。

注5: 这是只流到A/D转换器的电流。在运行模式或者睡眠模式中A/D转换器运行的情况下，微控制器的电流值为 I_{DD1} 或者 I_{DD2} 加上 I_{ADC} 的值。

注6: 这是只流到LVD电路的电流。在LVD电路运行的情况下，微控制器的电流值为 I_{DD1} 或者 I_{DD2} 或者 I_{DD3} 加上 I_{LVD} 的值。

备注:

1. F_{IL} : 低速内部振荡器的时钟频率。
2. 典型值的温度条件是 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。
3. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.6 AC 特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
指令周期（最短指令执行时间）	T_{CY}	主系统时钟（ F_{MAIN} ）运行	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$	0.015625	-	0.5	us
TI00 ~ TI03 TI10 ~ TI13 输入的高低电平宽度	T_{TIH} T_{TIL}	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$		$1/F_{MCK} + 10$	-	-	ns
TO00 ~ TO03 TO10 ~ TO13 的输出频率	F_{TO}	$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$		-	-	16	MHz
		$2.4\text{V} \leq V_{DD} < 4.0\text{V}$		-	-	8	MHz
		$1.8\text{V} \leq V_{DD} < 2.4\text{V}$		-	-	4	MHz
CLKBUZ0 CLKBUZ1 的输出频率	F_{PCL}	$4.0\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$		-	-	16	MHz
		$2.4\text{V} \leq V_{DD} < 4.0\text{V}$		-	-	8	MHz
		$1.8\text{V} \leq V_{DD} < 2.4\text{V}$		-	-	4	MHz
中断输入的高低电平宽度	T_{INTH} T_{INTL}	INTP0 ~ INTP3	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$	1	-	-	us
键中断输入的高低电平宽度	T_{KR}	KR0 ~ KR7	$1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$	250	-	-	ns
RESETB 的低电平宽度	T_{RSL}	-		10	-	-	us

备注：

1. F_{MCK} : Timer4 单元的运行时钟频率
2. 低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.7 模拟特性

6.7.1 A/D 转换器特性

A/D 转换器特性的区分

输入通道	基准电压	基准电压(+)=V _{DD} 基准电压(-)=V _{SS}
AN4~AN17		参照下表
内部基准电压		

1) 选择基准电压(+)=V_{DD}、基准电压(-)=V_{SS}的情况

(T_A= -40~85°C、2.5V≤V_{DD}≤5.5V、V_{SS}=0V、基准电压(+)=V_{DD}、基准电压(-)=V_{SS})

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
分辨率	RES			-	12	-	bit
综合误差 ^{注1}	AINL	12位分辨率	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	6	-	LSB
转换时间 ^{注3}	T _{CONV}	12位分辨率 转换对象: AN4~AN17	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	52	-	T _{mclk}
零刻度误差 ^{注1}	E _{ZS}	12位分辨率	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	0	-	LSB
满刻度误差 ^{注1}	E _{FS}	12位分辨率	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	0	-	LSB
积分线性误差 ^{注1}	ILE	12位分辨率	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	-	±2	LSB
微分线性误差 ^{注1}	DLE	12位分辨率	2.5V≤V _{DD} ≤5.5V	-	-	±3	LSB
模拟输入电压	V _{AIN}	AN0~AN19		0	-	V _{DD}	V
		内部基准电压 (2.5V≤V _{DD} ≤5.5V)		V _{BGR} ^{注2}			V
		温度传感器的输出电压 (2.5V≤V _{DD} ≤5.5V)		V _{TMPS25} ^{注2}			V

注1: 不包含量化误差 (±1/2 LSB)。

注2: 请参照“6.7.2 温度传感器/内部基准电压的特性”。

注3: T_{MCLK}为AD的动作时钟周期, 最大动作频率为8MHz。

备注: 低温规格值由设计保证, 量产不测低温条件。

6.7.2 内部基准电压的特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $2.5\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
内部基准电压	V_{BGR}	ADS 寄存器=81H	1.38 ^{注1}	1.45	1.5 ^{注1}	V
内部 ADCLDO	$V_{ADCLDO1}$		3.52	3.6	3.68	V
内部 ADCLDO	$V_{ADCLDO2}$		4.11	4.2	4.29	V
运行稳定等待时间	T_{AMP}	-	5	-	-	us

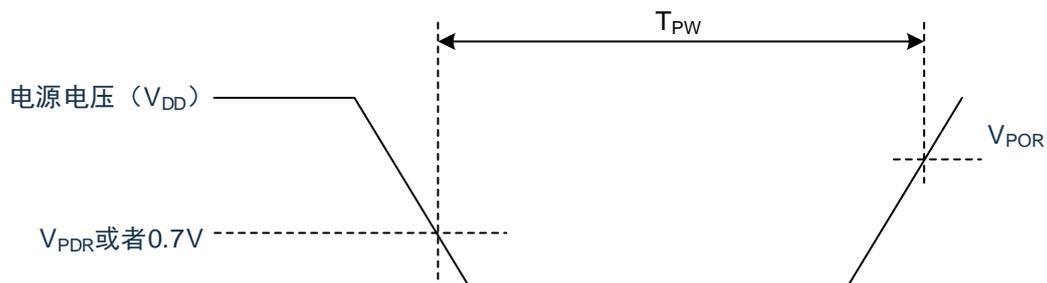
注 1：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.7.3 POR 电路特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
检测电压	V_{POR}	电源电压上升时	-	1.50	1.75	V
	V_{PDR}	电源电压下降时	1.37	1.45	-	V
最小脉宽 ^{注1}	T_{PW}	-	300	-	-	us

注1：这是在 V_{DD} 低于 V_{PDR} 时POR复位所需的时间。另外，在深度睡眠模式中通过设定时钟运行状态控制寄存器（CSC）的bit0（HISTOP）和bit7（MSTOP）停止主系统时钟（ F_{MAIN} ）的振荡时，是从 V_{DD} 低于0.7V到回升超过 V_{POR} 为止的POR复位所需的时间。



备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.7.4 LVD 电路特性

1. 复位模式、中断模式

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $V_{PDR} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
检测电压	V_{LVD0}	电源电压上升时	-	4.06	4.14	V
		电源电压下降时	3.90	3.98	-	V
	V_{LVD1}	电源电压上升时	-	3.75	-	V
		电源电压下降时	-	3.67	-	V
	V_{LVD2}	电源电压上升时	-	3.13	-	V
		电源电压下降时	-	3.06	-	V
	V_{LVD3}	电源电压上升时	-	3.02	-	V
		电源电压下降时	-	2.96	-	V
	V_{LVD4}	电源电压上升时	-	2.92	-	V
		电源电压下降时	-	2.86	-	V
	V_{LVD5}	电源电压上升时	-	2.81	-	V
		电源电压下降时	-	2.75	-	V
	V_{LVD6}	电源电压上升时	-	2.71	-	V
		电源电压下降时	-	2.65	-	V
	V_{LVD7}	电源电压上升时	-	2.61	-	V
		电源电压下降时	-	2.55	-	V
	V_{LVD8}	电源电压上升时	-	2.50	-	V
		电源电压下降时	-	2.45	-	V
	V_{LVD9}	电源电压上升时	-	2.09	-	V
		电源电压下降时	-	2.04	-	V
	V_{LVD10}	电源电压上升时	-	1.98	-	V
		电源电压下降时	-	1.94	-	V
V_{LVD11}	电源电压上升时	-	1.88	1.91	V	
	电源电压下降时	1.80	1.84	-	V	
最小脉宽	T_{LW}	-	300	-	-	us
检测延迟	-	-	-	-	300	us

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

2. 中断&复位模式

 (T_A= -40~85°C、V_{PDR}≤V_{DD}≤5.5V、V_{SS}=0V)

项目	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位	
中断&复位模式	V _{LVDA0}		下降复位电压	1.60	1.63	-	V	
	V _{LVDA1}	V _{POC2} =0	LVIS1=1 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	1.77	1.81	V
				下降中断电压	1.70	1.73	-	V
	V _{LVDA2}	V _{POC1} =0 V _{POC0} =0	LVIS1=0 LVIS0=1	上升复位解除电压	-	1.88	-	V
				下降中断电压	-	1.84	-	V
	V _{LVDA3}		LVIS1=0 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	2.92	-	V
				下降中断电压	-	2.86	-	V
	V _{LVDB0}		下降复位电压		1.84	-	V	
	V _{LVDB1}	V _{POC2} =0	LVIS1=1 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	1.98	-	V
				下降中断电压	-	1.94	-	V
	V _{LVDB2}	V _{POC1} =0 V _{POC0} =1	LVIS1=0 LVIS0=1	上升复位解除电压	-	2.09	-	V
				下降中断电压	-	2.04	-	V
	V _{LVDB3}		LVIS1=0 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	3.13	-	V
				下降中断电压	-	3.06	-	V
	V _{LVDC0}		下降复位电压			2.45	-	V
	V _{LVDC1}	V _{POC2} =0	LVIS1=1 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	2.61	-	V
				下降中断电压	-	2.55	-	V
	V _{LVDC2}	V _{POC1} =1 V _{POC0} =0	LVIS1=0 LVIS0=1	上升复位解除电压	-	2.71	-	V
				下降中断电压	-	2.65	-	V
	V _{LVDC3}		LVIS1=0 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	3.75	-	V
				下降中断电压	-	3.67	-	V
	V _{LVDD0}		下降复位电压		-	2.75	-	V
	V _{LVDD1}	V _{POC2} =0	LVIS1=1 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	2.92	-	V
				下降中断电压	-	2.86	-	V
V _{LVDD2}	V _{POC1} =1 V _{POC0} =1	LVIS1=0 LVIS0=1	上升复位解除电压	-	3.02	-	V	
			下降中断电压	-	2.96	-	V	
V _{LVDD3}		LVIS1=0 LVIS0=0	上升复位解除电压	-	4.06	4.14	V	
			下降中断电压	3.90	3.98	-	V	

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.7.5 电源电压的上升斜率特性

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

项目	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压的上升斜率	S_{VDD}	-	-	-	54	V/ms

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.7.6 ACMP0/1 电气参数

$T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{SENSE} = V_{IN+} - V_{IN-}$ ， $V_{DD} = 5\text{V}$ ， $V_{IN+} = 1\text{V}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	电源电压	-	2.1	-	5.5	V
I_Q	静态电流	$V_{SENSE} = 0.1\text{V}$	-	0.3	0.4	mA
I_{SD}	关断电流	$V_{SENSE} = 0.1\text{V}$	-	5	-	nA
T_A	工作温度	-	-40	25	105	$^\circ\text{C}$
输入特性						
V_{OS}	输入失调电压	-	-10.0	± 4.0	10.0	mV
V_{CM}	共模输入电压范围	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-0.1	-	$V_{DD} - 1.3$	V
I_B	输入偏置电流	$V_{SENSE} = 0\text{mV}$	-	10	-	pA
I_{OS}	输入失调电流	$V_{SENSE} = 0\text{mV}$	-	10	-	pA
V_{HYS}	输入迟滞电压	$V_{DD} = 2.1 \sim 5.5\text{V}$, $V_{IN+} = 0.5\text{V}$	-	0 ± 10 ± 20 ± 60	-	mV
输出特性						
V_{OH}	最大输出电压	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	-	V_{DD}	V
V_{OL}	最小输出电压	$-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	0	-	-	V
频率特性						
A_{OL}	开环增益	-	-	80	-	dB
BW	带宽	-	-	120	-	MHz
PSRR	电源抑制比	$V_{DD} = 2.1 \sim 5.5\text{V}$, $V_{IN+} = 1\text{V}$, $V_{SENSE} = 0\text{mV}$	-	80	-	dB
CMRR	共模抑制比	$V_{DD} = 2.1 \sim 5.5\text{V}$, $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$	-	90	-	dB
瞬态特性						
T_{STB}	稳定时间	-	-	-	2	μs
T_{PGD}	响应延时	$V_{COM} = 1\text{V}$, $V_{IN+} = V_{IN-} \pm 0.1\text{V}$	-	50	100	ns

备注：由设计保证，量产不测试。

6.8 存储特性

6.8.1 Flash 存储器

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
T_{PROG}	字写入时间(32bit)	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	-	120	us
T_{ERASE}	扇区擦除时间(512B)	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	2	3	ms
	片擦除时间	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	30	40	ms
N_{END}	可擦写次数	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	100	-	千次
T_{RET}	数据保存期限	100 千次 ^{注1} at $T_A = 125^\circ\text{C}$	20	-	年

注1：循环测试在整个温度范围内进行。

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.8.2 RAM 存储器

($T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ 、 $1.8\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$ 、 $V_{SS} = 0\text{V}$)

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V_{RAMHOLD}	RAM 保持电压	$T_A = -40 \sim 85^\circ\text{C}$	0.8	-	V

备注：低温规格值由设计保证，量产不测低温条件。

6.9 EMS 特性

6.9.1 ESD 电气特性

符号	参数	测试条件	等级
$V_{ESD(HBM)}$	静电放电 (人体放电模式 HBM)	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, JESD22-A114	3A

备注：由设计保证，量产不测试。

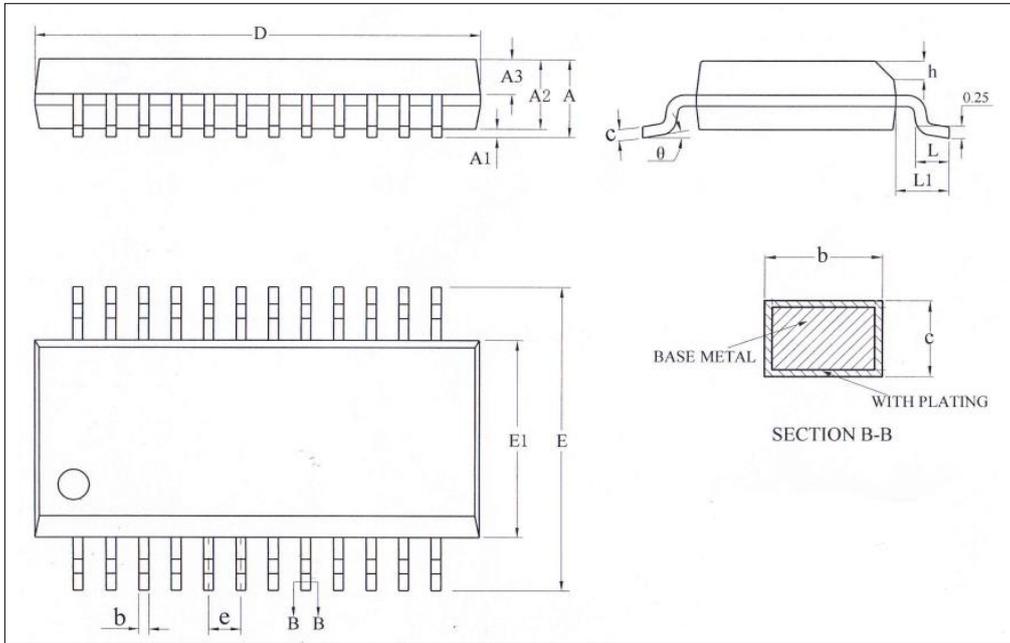
6.9.2 Latch-up 电气特性

符号	参数	测试条件	等级
LU	Static latch-up class	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$, JESD78F	I levelA

备注：由设计保证，量产不测试。

7. 封装尺寸图

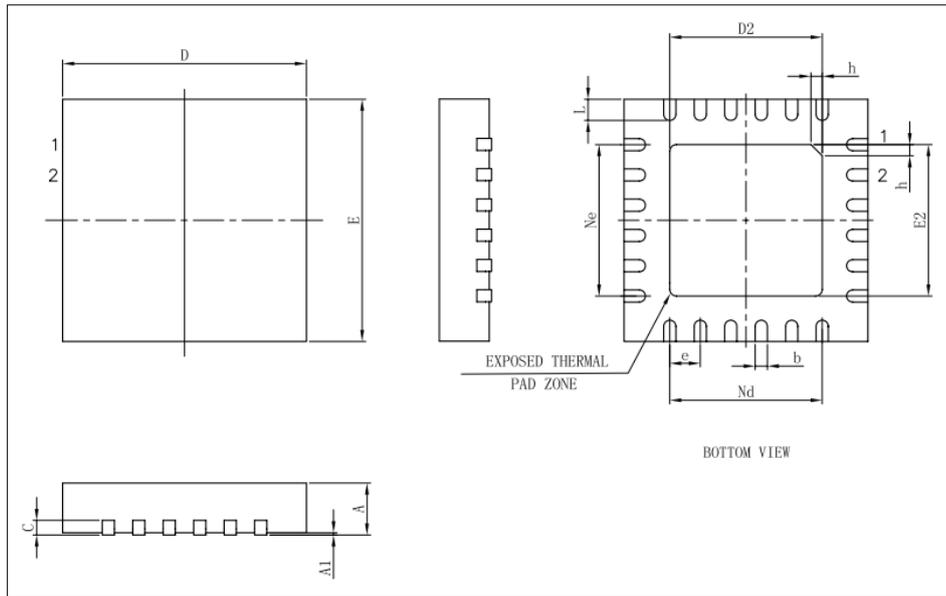
7.1 SSOP24 (8.65x3.9mm, 0.635mm)



Symbol	Millimeter		
	Min	Nom	Max
A	-	-	1.80
A1	0.10	0.15	0.25
A2	1.30	-	1.55
A3	0.60	0.65	0.70
b	0.20	-	0.31
c	0.20	-	0.24
D	8.53	-	8.75
E	5.80	6.00	6.20
E1	3.80	3.90	4.00
e	0.635BSC		
h	0.30	-	0.50
L	0.406	-	0.889
L1	1.05REF		
θ	0	-	8°

注意：封装尺寸不包括模的毛边凸起或门毛刺。

7.2 QFN24 (4x4mm, 0.5mm)



Symbol	Millimeter		
	Min	Nom	Max
A	0.70	0.75	0.80
A1	-	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
c	0.18	0.20	0.25
D	3.90	4.00	4.10
D2	2.20	-	2.80
e	0.50BSC		
Nd	2.50BSC		
Ne	2.50BSC		
E	3.90	4.00	4.10
E2	2.20	-	2.80
L	0.30	0.40	0.50
h	0.25	-	0.40

注意：封装尺寸不包括模的毛边凸起或门毛刺。

8. 修改履历

版本	日期	修订内容
V0.1.0	2023 年 8 月	初始版本
V0.1.1	2024 年 1 月	更正 6.7.1 A/D 转换特性中输入通道及转换时间
V0.1.2	2024 年 9 月	1) 修改 6.5.2 章节参数 2) 修改 SSOP24/QFN24 封装尺寸信息