

32 位微控制器

KF32LS500

数据手册

芯片特征

● CPU

32 位高性能 KungFu32 内核
工作频率最高为 48MHz，可软件调节；
基于 16 位/32 位混合指令的高效指令集；
3 级流水线；
32×32 单周期乘法，32÷32 硬件除法；
支持中断优先级处理，实现自动中断堆栈；
13 个 32 位通用寄存器 R0~R12；
链接寄存器（R13/LR）；
堆栈指针寄存器（R14/MSP/PSP）；
程序计数器（R15/PC）；
24 位系统节拍定时器；

● 存储器

最高 512KByte FLASH，带 ECC 校验；
最高 96KByte RAM，最多 32KByte 带 ECC 校验；
1 个 512Byte 双端口 RAM，带 ECC 校验；
1 个 256Byte 双端口 RAM，带 ECC 校验；
16KByte 引导 ROM；
FLASH 可经受 100 000 次写操作；

● 特殊功能

内嵌上电复位电路；
低电压检测及低电压复位；
可编程电压检测；
硬件双看门狗；
系统时钟 6 种时钟源可选；
支持两线串行编程/在线调试；

● I/O 口配置

LQFP-100 封装有 94 个通用 I/O；
LQFP-64 封装有 60 个通用 I/O；
支持输入输出设置；
支持内置上拉/下拉功能；
支持推挽输出和开漏输出模式；
支持数字/模拟引脚设置；
支持引脚功能重映射；
施密特电平输入；

● 定时器/计数器

定时器 0：16 位低功耗通用定时器，支持 CCP0；
定时器 1/2/3/4 为 16 位通用定时器，其中定时器 1/2/3/4 支持 CCP1/2/3/4；
定时器 5/6 为高级定时器，其中定时器 5/6 支持 ECCP5；
定时器 14/15：基本定时器；
定时器 7 支持 QEIO；

● 其它外设

2 个 7 通道 DMA；
1 个硬件 CRC32 模块；
1 个 AES128 加密模块；
2 个 SPI 总线模块（兼容 I2S）；
2 个 I2C 总线模块（兼容 SMBUS/PMBUS）；
最多 8 个 USART 模块（兼容 7816/LIN/IRDA 功能），其中 1 个为低功耗 USART；
1 个 CAN2.0B 模块；
1 个 USB 模块；
1 个 CFGL 可配置逻辑单元模块；
1 个独立的 RTC（万年历）；
1 个 LCD 显示模块，最多可以驱动 8x48 模式；
1 个触摸模块；
1 个 12 位 ADC 模块，支持最多 43 个通道；
2 个 CMP 比较器模块；

● 功耗管理

7 种功耗模式：正常运行模式、休眠模式、低功耗运行模式、低功耗休眠模式、停止模式、待机模式、关断模式

● 工作条件

工作电压： 1.71V~3.6V
工作温度范围： A:-40~85°C

目 录

芯片特征.....	2
目 录.....	3
1 芯片资源.....	6
1.1 产品订购信息.....	6
1.2 KF32LS500xQT (LQFP64)	7
1.3 KF32LS500xQV (LQFP100)	8
2 系统概述.....	9
2.1 系统概述.....	9
2.2 指令集.....	9
2.3 在线编程.....	10
2.3.1 ISP 模式.....	10
2.4 系统框图.....	11
2.5 KF32LS500 外设资源对照表.....	12
2.6 芯片引脚图.....	13
3 振荡器 (OSC)	14
3.1 概述.....	14
3.2 振荡器结构框图.....	15
4 存储器 (MEMORY)	16
4.1 概述.....	16
4.2 存储器空间映射.....	16
5 I/O 端口介绍.....	18
5.1 概述.....	18
5.2 引脚重映射说明 (数字功能)	19
5.3 引脚重映射说明 (系统以及模拟功能)	22
5.4 引脚重映射表-低功耗外设功能重映射.....	24
5.5 引脚重映射表-外部唤醒引脚、侵入检测和时间戳引脚映射.....	24
5.6 CCP 引脚资源.....	25
6 资源介绍.....	26
6.1 DMA.....	26
6.2 节拍定时器 (SYSTICK)	26
6.3 基本定时/计数器(T14/T15).....	26
6.4 通用定时/计数器(T0/T1/T2/T3/T4)	27
6.5 高级定时/计数器 (T5/T6)	27
6.6 通用捕捉/比较/PWM 模块 (CCP0/1/2/3/4)	27
6.7 增强型捕捉/比较/PWM 模块(ECCP5).....	28
6.8 正交编码脉冲电路 (QEIO)	28

6.9 模数转换模块 (A/D)	29
6.10 模拟比较器模块 (CMP)	29
6.11 通用全/半双工收发器 (USART)	29
6.12 串行外设接口 (SPI)	30
6.13 内部集成电路接口 (I2C)	30
6.14 液晶显示 (LCD)	31
6.15 实时时钟 (RTC)	31
6.16 独立看门狗 (IWDG)	31
6.17 窗口看门狗 (WWDG)	32
6.18 电容触摸(CTOUCH).....	32
6.19 控制器局域网总线 (CAN)	33
6.20 USB 模块 (USB)	33
6.21 CFGL 模块 (CFGL)	33
6.22 复位 (RESET)	34
6.23 外设模块时钟使能模块(CLK_EN).....	34
6.24 备份域 (BKP)	35
6.25 循环冗余校验单元 (CRC)	35
6.26 AES 加密模块 (AES)	35
7 电气特性.....	36
7.1 概述.....	36
7.1.1 最大值和最小值说明.....	36
7.1.2 典型值.....	36
7.1.3 线性曲线.....	36
7.2 最大范围.....	36
7.3 运行条件.....	37
7.3.1 常规运行条件.....	37
7.3.2 上电/掉电的运行条件.....	38
7.3.3 复位和电源控制模块特性 BOR,PVD.....	38
7.3.4 电源电流特性.....	39
7.3.5 VREG.....	39
7.4 时钟源特性.....	40
7.4.1 HSE.....	40
7.4.2 LSE.....	41
7.4.3 HSI.....	42
7.4.4 LP4M.....	42
7.4.5 LSI.....	43
7.4.6 PLL.....	43
7.5 IO 端口特性.....	44
7.5.1 静态特性.....	44
7.5.2 IO 输出特性.....	44
7.5.3 IO AC 特性.....	44
7.5.4 NRST pin 特性.....	45
7.5.5 外部中断特性.....	45

7.6 外设.....	46
7.6.1 ADC 12BIT 特性.....	46
7.6.2 电压参考 buffer 特性.....	47
7.6.3 LCD 特性.....	48
7.6.4 USB 全低速收发器模块电气特性.....	48
7.6.5 比较器 CMP 特性.....	49
7.6.6 Touch 触摸电气特性.....	49
7.7 耗特性.....	51
7.7.1 程序运行在 FLASH 时的静态功耗特性.....	51
7.7.2 程序运行在 SRAM 时的静态功耗特性.....	52
7.7.3 休眠功耗特性.....	52
7.7.4 低功耗模式特性.....	53
8 封装信息.....	54
8.1 LQFP64 封装.....	54
8.2 LQFP100 封装.....	54
9 ROHS 认证.....	55
10 声明及销售网络.....	56
11 版本更新记录.....	57

1 芯片资源

1.1 产品订购信息

型号	订货号	封装	GPIO	FLASH (KB)	RAM (KB)	频率 (Hz)	16 位定时器				32 位定时器	CCP	ECCP	QEI	SPI	I2C	UART	低功耗 UART	CAN	低功耗 CAN	USB	12 位 ADC	12 位 DAC	运放	比较器	TOUCH	LCD	RTC	CFGL	CRC	AES128	工作电压(V)
							基本	通用	高级	低功耗																						
KF32LS500	KF32LS500GQT	LQFP64	60	64	32	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	2	1	1	N	Y	1(29)	N	N	2	23	8X36	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V
	KF32LS500IQT	LQFP64	60	128	32	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	2	1	1	N	Y	1(29)	N	N	2	23	8X36	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V
	KF32LS500KQT	LQFP64	60	256	48	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	7	1	1	N	Y	1(29)	N	N	2	23	8X36	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V
	KF32LS500MQT	LQFP64	60	512	96	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	7	1	1	N	Y	1(29)	N	N	2	23	8X36	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V
	KF32LS500KQV	LQFP100	94	256	96	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	7	1	1	N	Y	1(43)	N	N	2	30	8X48	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V
	KF32LS500MQV	LQFP100	94	512	96	48M	2	4	2	1	N	5	1X8ch	1	2	2	7	1	1	N	Y	1(43)	N	N	2	30	8X48	Y	Y	Y	Y	1.71~3.6V

1.2 KF32LS500xQT (LQFP64)

表 1-1 KF32LS500 64 脚封装资源表

型号	KF32LS500			
订货号	KF32LS500GQT	KF32LS500IQT	KF32LS500KQT	KF32LS500MQT
封装	LQFP-64			
GPIO	60			
FLASH	64Kbyte, 带 ECC 校验	128 Kbyte, 带 ECC 校验	256Kbyte, 带 ECC 校验	512 Kbyte, 带 ECC 校验
RAM	32Kbyte, 带 ECC 校验		48Kbyte, 低 32K 带 ECC 校验	96Kbyte, 低 32K 带 ECC 校验
ROM	16 Kbyte			
16 位 Timer	2 个高级定时器 (T5/T6), 支持 1 个增强型 ECCP5			
	4 个通用定时器 (T1/2/3/4), 支持 4 个通用 CCP (CCP1/2/3/4)			
	2 个基本定时器 (T14/T15)			
	1 个低功耗通用定时器 (T0)			
QEI	1			
12 位 ADC	1*29			
12 位 DAC	N			
CMP	2			
PGA	N			
USART	2		7	
低功耗 UART	1			
I2C	2			
SPI	2			
CAN	1			
低功耗 CAN	N			
USB2.0	1			
DMA	2x7			
CFGL	Y			
RTC	Y			
LCD	8x36			
CT	23			
CRC	Y			
AES128	Y			
内部高频振荡器	16MHz			
内部低频振荡器	32KHz			
外部高频时钟	4~32MHz			
外部低频时钟	32.768KHz			
内部参考	1.5/2.5/3V			
器件 ID 号	含出厂版本号等			
指令系统	V0			
工作电压	1.71V~3.6V			
工作温度	-40~85℃			

1.3 KF32LS500xQV (LQFP100)

表 1-2 KF32LS500 100 脚封装资源表

型号	KF32LS500	
订货号	KF32LS500KQV	KF32LS500MQV
封装	LQFP-100	
GPIO	94	
FLASH	256Kbyte, 带 ECC 校验	512 Kbyte, 带 ECC 校验
RAM	96Kbyte, 低 32K 带 ECC 校验	
ROM	16 Kbyte	
16 位 Timer	2 个高级定时器 (T5/T6), 支持 1 个增强型 ECCP5	
	4 个通用定时器 (T1/2/3/4), 支持 4 个通用 CCP (CCP1/2/3/4)	
	2 个基本定时器 (T14/T15)	
	1 个低功耗通用定时器 (T0)	
QEI	1	
12 位 ADC	1*43	
12 位 DAC	N	
CMP	2	
PGA	N	
USART	7	
低功耗 UART	1	
I2C	2	
SPI	2	
CAN	1	
低功耗 CAN	N	
USB2.0	1	
DMA	2x7	
CFGL	Y	
RTC	Y	
LCD	8X48	
CT	32	
CRC	Y	
AES	Y	
内部高频振荡器	16MHz	
内部低频振荡器	32KHz	
外部高频时钟	4~32MHz	
外部低频时钟	32.768KHz	
内部参考	1.5/2.5/3V	
器件 ID 号	含出厂版本号等	
指令系统	V0	
工作电压	1.71V~3.6V	
工作温度	-40~85℃	

2 系统概述

2.1 系统概述

KF32LS500 系列单片机是基于 KF32 内核架构开发的单片机。KF32 为 32 位三级流水线结构的高性能处理器内核，KF32 内核具有以下特点：

- 三级流水线结构
- 基于 16 位/32 位混合指令的高效指令集
- 支持 13 个 32 位通用寄存器（R0~R12），1 个链接寄存器（R13/LR），1 个堆栈指针寄存器（R14/MSP/PSP，R14 可软件选择 MSP/PSP），1 个程序计数器（R15/PC）
- 支持 32x32 单周期硬件乘法
- 支持 32/32 硬件除法
- 支持 8/16/32 位数据访存操作，支持 8/16/32/64 位数据处理
- 支持加减移位和逻辑运算
- 支持相对/绝对跳转，支持条件跳转
- 具有统一的存储空间，32 位地址位宽，支持 4GB 存储空间
- 支持最多 44+16 个中断请求和 16 个中断优先级
- 支持多种休眠模式
- 支持 24 位系统节拍定时器
- 提供了可编程存储器访问权限控制
- 支持多种操作系统（OS）特性

2.2 指令集

KF32LS500 系列单片机拥有基于 16 位/32 位混合指令的高效指令集，拥有多种操作模式。

2.3 在线编程

开发人员和用户可以使用未编程的单片机来制造电路板，然后对其在线编程，调试等。只要有电脑、USB 下载线和编程器，即可在任何时候，任何地点，对电路板上的单片机程序进行更新。

可以通过下列方式实现对单片机的编程。

- 调用 ROM 内的 ISP 命令

2.3.1 ISP 模式

在 ROM 启动模式中可以直接通过串口实现对芯片的编程。该模式接口连接如下图所示。

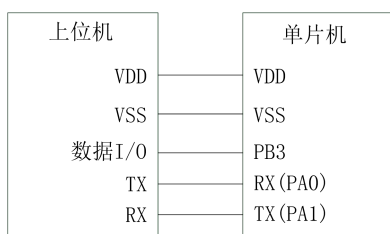


图 2-1 ISP 模式编程接口

2.4 系统框图

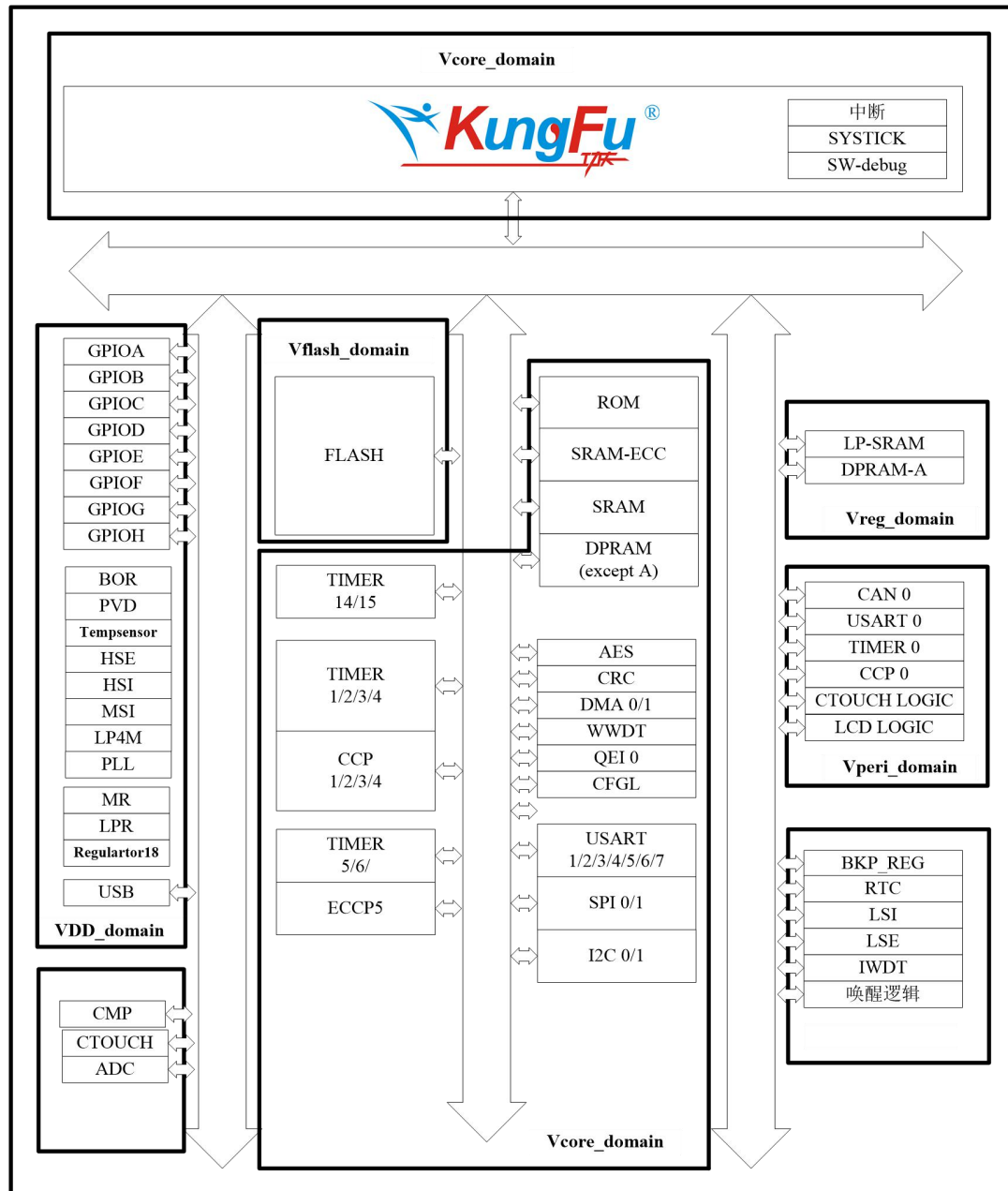


图 2-2 系统结构框图

2.5 KF32LS500 外设资源对照表

型号	KF32LS500					
	KF32LS500GQT	KF32LS500IQT	KF32LS500KQT	KF32LS500MQT	KF32LS500KQV	KF32LS500MQV
订货号						
封装	LQFP64	LQFP64	LQFP64	LQFP64	LQFP100	LQFP100
GPIO	60	60	60	60	94	94
FLASH	64KB	128KB	256KB	512KB	256KB	512KB
RAM	32KB	32KB	48KB	96KB	96KB	96KB
ROM	16KB	16KB	16KB	16KB	16KB	16KB
频率	48M	48M	48M	48M	48M	48M
16 位基本定时器	T14/15	T14/15	T14/15	T14/15	T14/15	T14/15
16 位通用定时器	T1/2/3/4	T1/2/3/4	T1/2/3/4	T1/2/3/4	T1/2/3/4	T1/2/3/4
16 位通用定时器 (低功耗)	T0	T0	T0	T0	T0	T0
16 位高级定时器	T5/6	T5/6	T5/6	T5/6	T5/6	T5/6
QEI	QEI0	QEI0	QEI0	QEI0	QEI0	QEI0
12 位 ADC	ADC0	ADC0	ADC0	ADC0	ADC0	ADC0
比较器 CMP	CMP0/1	CMP0/1	CMP0/1	CMP0/1	CMP0/1	CMP0/1
触摸	Y	Y	Y	Y	Y	Y
USART	USART1/2	USART1/2	USART1/2/3/4/5/6/7	USART1/2/3/4/5/6/7	USART1/2/3/4/5/6/7	USART1/2/3/4/5/6/7
LPUSART	USART0	USART0	USART0	USART0	USART0	USART0
I2C	I2C0/1	I2C0/1	I2C0/1	I2C0/1	I2C0/1	I2C0/1
CAN	CAN0	CAN0	CAN0	CAN0	CAN0	CAN0
低功耗 CAN	N	N	N	N	N	N
SPI	SPI0/1	SPI0/1	SPI0/1	SPI0/1	SPI0/1	SPI0/1
USB	Y	Y	Y	Y	Y	Y
LCD	Y	Y	Y	Y	Y	Y
RTC	Y	Y	Y	Y	Y	Y
CFGL	Y	Y	Y	Y	Y	Y
DMA	DMA0/1	DMA0/1	DMA0/1	DMA0/1	DMA0/1	DMA0/1
CRC	Y	Y	Y	Y	Y	Y
AES128	Y	Y	Y	Y	Y	Y

2.6 芯片引脚图

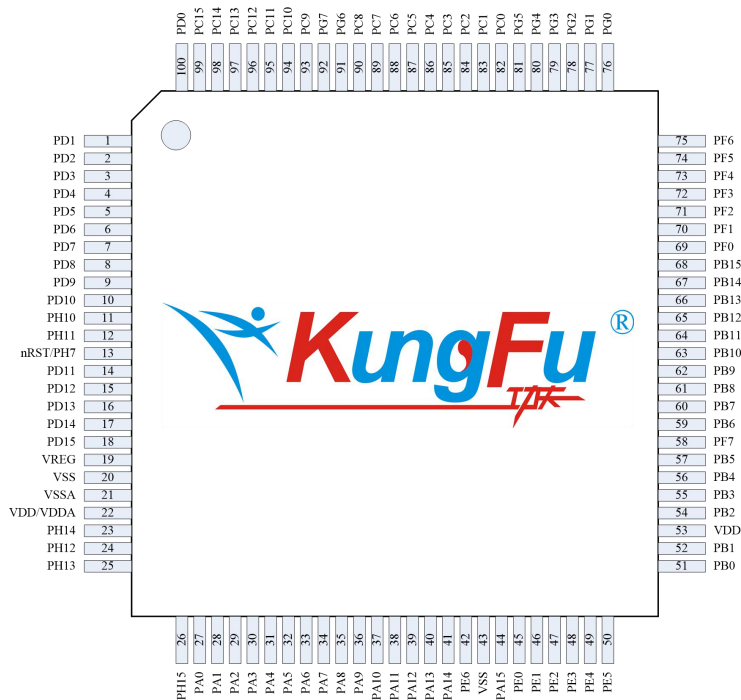


图 2-3 LQFP100

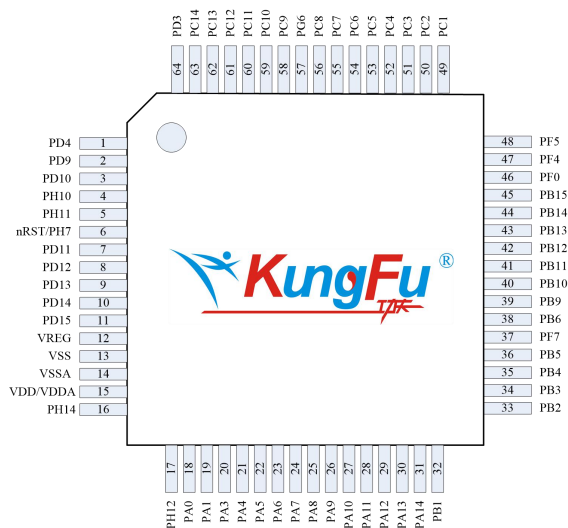


图 2-4 LQFP64

3 振荡器 (OSC)

3.1 概述

单片机提供 6 种基础时钟振荡器选择, 分别为内部高频 (INTHF)、内部低频 (INTLF)、外部高频 (EXTHF)、外部低频 (EXTLF)、内部的 PLL 和低功耗 4M 时钟 LP4M。内部的 PLL 可以将内部高频 (INTHF) 和外部高频 (EXTHF) 的输出时钟倍频, 提供更高频率的工作时钟选择, 作为系统和外设工作需要的基础时钟。通过寄存器配置, 可以从 6 种振荡器中得到 4 种系统和外设运行时需要的时钟源: 系统主时钟 (SCLK)、低频外设时钟

(LFCLK)、高频外设时钟 (HFCLK) 和 48MHz 时钟 (CK48M) 满足不同的需要。此外, 内部低频振荡器还可以直接用于看门狗定时器、时钟故障检测或是其他低功耗外设的时钟。

系统复位后, INTHF 振荡器被选为系统时钟, 当系统时钟需要切换时, 只有当目标时钟源准备就绪 (时钟源稳定, 延迟标志位置 1), 才会发生时钟源的切换。

振荡器模块具有以下特征:

- 提供 6 种振荡源选择
 - 内部高频振荡器 INTHF (16MHz);
 - 内部低频振荡器 INTLF (32KHz);
 - 外接高频振荡器 EXTHF (4~48MHz);
 - 外部低频振荡器 EXTLF (32.768KHz 的晶振);
 - 内部 PLL (最高 400MHz)
 - 内部低功耗振荡器 LP4M (4MHz)
- 可产生 4 种时钟源
 - 系统主时钟 SCLK
由内部高频 (INTHF)、内部低频 (INTLF)、外部高频 (EXTHF)、外部低频 (EXTLF)、PLL 倍频或内部 4M 振荡器 (LP4M) 产生。
 - 高频外设时钟 HFCLK
由内部高频 (INTHF)、外部高频 (EXTHF)、PLL 倍频或内部 4M 振荡器 (LP4M) 产生。
 - 低频外设时钟 LFCLK
由内部低频 (INTLF) 或外部低频 (EXTLF) 产生。
 - USB 时钟 CK48M
由内部高频 (INTHF)、外部高频 (EXTHF) 或 PLL 倍频产生, 实际 USB 需要使用 48MHz 时钟, 只能由 PLL 产生。
- 外部时钟启动/切换保障
- 带时钟同步功能
- 带时钟故障检测功能

3.2 振荡器结构框图

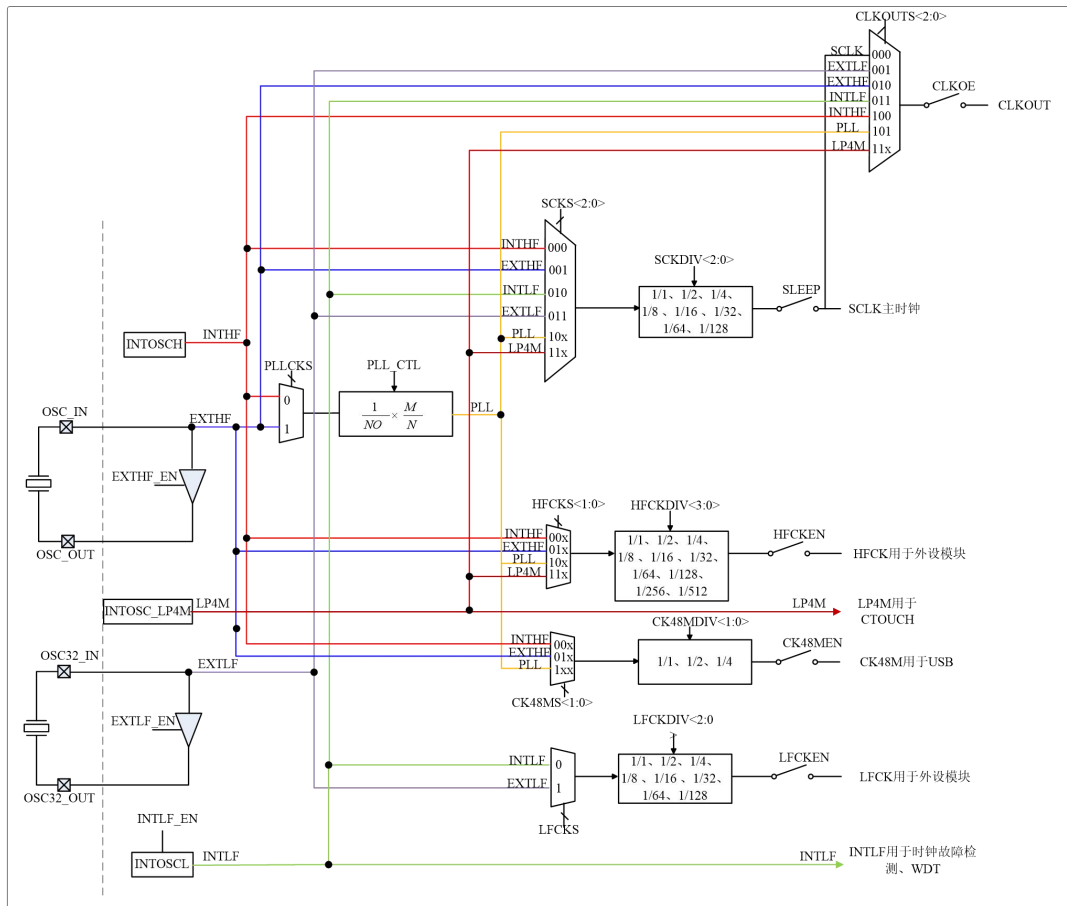


图 3-1 振荡器结构框图

注 1：内部低频可直接用于时钟故障检测、看门狗、上电复位延迟定时器（PWRT）以及低功耗外设。

注 2：当任意时钟源选择 EXTHF 作为时钟源或软件使能时 EXTHF_EN 使能

注 3：当任意时钟源选择 EXTLF 作为时钟源或软件使能时 EXTLF_EN 使能

4 存储器 (memory)

4.1 概述

芯片为统一线性编址。芯片采用小端存储格式，低字节为最低有效位，高字节为最高有效位。

4.2 存储器空间映射

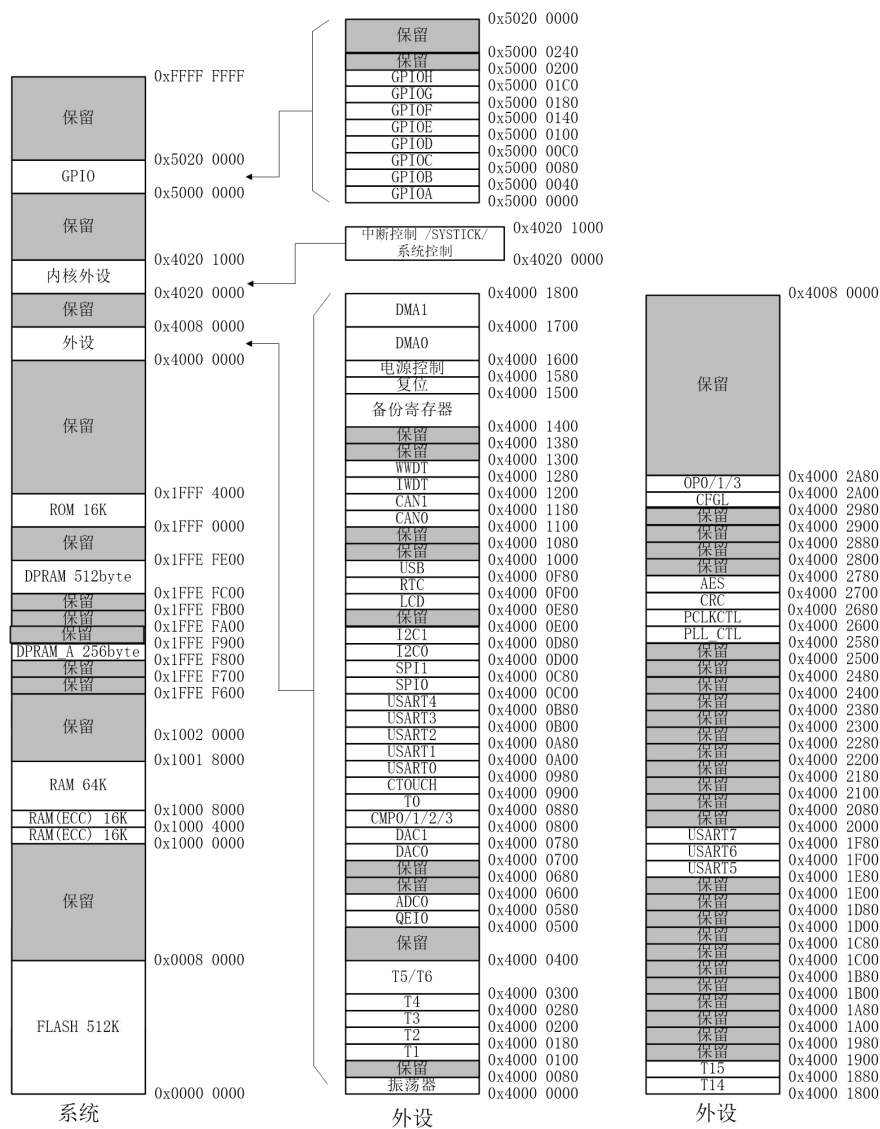


图 4-1 存储空间映

注意，上图中的外设为 KF32LS 系列单片机的所有外设汇总，具体订货号所带资源，请参见芯片资源章节和外设资源对照表。最左边的系统的 FLASH/RAM/ROM 地址为各型号的预留空间

表 4-1 存储器预留空间分配示意

地址	模块
0x0000 0000 - 0x0007 FFFF	FLASH 空间，带 ECC 校验
0x1000 0000 - 0x1000 7FFF	单端口 SRAM 空间，带 ECC 校验
0x1000 8000 - 0x1001 7FFF	单端口 SRAM 空间
0x1FFE F800 - 0x1FFE F8FF	双端口 SRAM 空间，带 ECC 校验
0x1FFF 0000 - 0x1FFF 3FFF	ROM 空间
0x4000 0000 - 0x4007 FFFF	外设
0x4020 0000 - 0x4020 0FFF	内核外设
0x5000 0000 - 0x501F FFFF	GPIO

表 4-2 不同型号对应 Flash 存储器空间

FLASH 大小	有效地址	对应产品订货号
512KB	0x0000 0000 - 0x0007 FFFF	KF32LS500MQT/MQV
256KB	0x0000 0000 - 0x0003 FFFF	KF32LS500KQT/KQV
128KB	0x0000 0000 - 0x0001 FFFF	KF32LS500IQT
64KB	0x0000 0000 - 0x0000 FFFF	KF32LS500GQT

5 I/O 端口介绍

5.1 概述

单片机有不同的管脚封装，分别是 LQFP100 和 LQFP64。

单片机最多支持 100 个引脚，包括 PA 口、PB 口、PC 口、PD 口、PE 口、PF 口、PG 口、PH 口和电源等特殊引脚。每个 Px (x=A,B,C,D,E,F,G,H,) 最多有 16 个引脚。

通用 I/O 口数

- LQFP100 封装有 94 个通用 I/O;
- LQFP64 封装有 60 个通用 I/O;

端口特性

- 数字输入
- 数字输出
 - 推挽式输出
 - 开漏输出
 - 浮空输出
- 模拟输入设置
- 独立端口上/下拉控制

注：浮空输出为部分重映射功能。

5.2 引脚重映射说明（数字功能）

表 5-1 引脚重映射表-外设功能

LS500		AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	
LQFP100	LQFP64	GPIO	SYSTEM	T0/1/2/3/4	T5/6/9/10	QE11	T14/T15/QE10	USART0/1/2	USART3/4/5/6/7	SPI0/1/2/3	I2C0/1/2/3	CAN0-5/FLT	额外提供	额外提供	CFGL	额外提供	额外提供
25		PH13		CCP2CH3	ECCP5CH3H			USART2_TX0			I2C1_SDA				CFGL1_IN0		
26		PH15		CCP2CH4	ECCP5CH1L		T14CK	USART2_RX			I2C0_SCL				CFGL2_IN0		
27	18	PA0	CLKOUT/ROM_RX	CCP0CH1	ECCP5CH1L		T14CK	USART0_RX		I2S0_MCK	I2C0_SDA		SPI0_SCK/I2S0_CK		CFGL1_IN1		
28	19	PA1	ROM_TX	CCP0CH2	ECCP5CH1H		T15CK	USART0_TX0		SPI0_SDI	I2C0_SCL	FLT12	ECCP5BKIN	CCP3CH1	CFGL1_IN0		
29		PA2		CCP0CH3	ECCP5CH2L			USART0_TX1	USART3_RX	SPI0_SDO/I2S0_SD	I2C0_SMBALT	CAN0RX	ECCP5CH1L	CCP3CH2	CFGL2_IN0		
30	20	PA3		CCP0CH4	ECCP5CH2H		QEA0	USART0_CLK	USART3_TX0	SPI0_SS/I2S0_WS					CFGL1_OUT		
31	21	PA4		T0CK	ECCP5CH3L		QEB0			SPI0_SCK/I2S0_CK					CFGL2_OUT		
32	22	PA5		CCP3CH1	ECCP5CH3H		INDEX0	USART0_RTS	USART5_RX	SPI1_SDI							
33	23	PA6		CCP3CH2	ECCP5CH4L		QE10DIR	USART0_CTS	USART5_TX0	SPI1_SDO/I2S1_SD			ECCP5CH2L	CCP3CH3			
34	24	PA7		CCP4CH4	ECCP5CH3L				USART5_RX					CCP3CH4			
35	25	PA8		CCP3CH3	ECCP5CH4H			USART2_RX		SPI1_SS/I2S1_WS	I2C0_SDA			C1OUT			
36	26	PA9		CCP3CH4	T5CK			USART2_TX0		SPI1_SCK/I2S1_CK	I2C0_SCL	FLT11		C2OUT			
37	27	PA10		T3CK	ECCP5BKIN			USART2_CLK		I2S1_MCK	I2C0_SMBALT	FLT10	ECCP5CH1L	C3OUT			
38	28	PA11		CCP4CH1				USART2_TX1	USART3_RX				ECCP5CH1H	C4OUT	CFGL1_IN2		
39	29	PA12		CCP4CH2	ECCP5CH2L				USART3_TX0						CFGL2_IN2		
40	30	PA13		CCP4CH3	ECCP5CH2H			USART2_RTS	USART3_TX1						CFGL1_IN1		
41	31	PA14	RTC_OUT	CCP4CH4	T6CK			USART2_CTS	USART3_CLK	SPI1_SCK/I2S1_CK	I2C1_SCL		ECCP5CH3L		CFGL2_IN1		
42		PE6		CCP4CH1	ECCP5CH3H					SPI1_SDI	I2C1_SDA						
43		VSS															
44		PA15		T0CK	ECCP5CH4H			USART1_RX									
45		PE0		T4CK	ECCP5BKIN			USART1_TX0	USART6_RTS					USART1_RX			
46		PE1		CCP0CH1				USART1_CLK	USART6_CTS		I2C1_SCL		SPI1_SCK/I2S1_CK	USART1_TX0			
47		PE2		CCP0CH2				USART1_TX1	USART6_RX		I2C1_SDA			USART1_RX			
48		PE3		CCP0CH3					USART6_TX0								
49		PE4		CCP0CH4				USART1_RTS	USART6_TX1								
50		PE5						USART1_CTS	USART6_CLK								
51		PB0		CCP1CH1	ECCP5BKIN			USART1_RX		SPI1_SS/I2S1_WS	I2C1_SMBALT			USART1_CLK			
52	32	PB1	RTC_OUT	CCP1CH2	ECCP5CH1L			USART1_TX0		SPI1_SCK/I2S1_CK	I2C1_SCL			USART1_CTS			
53		VDD															
54	33	PB2		CCP1CH3	ECCP5CH2L			USART1_TX1	USART3_RX	SPI1_SDI	I2C1_SDA	CAN0RX		USART1_RTS			
55	34	PB3	RTC_OUT/ROM_EN	CCP1CH4	ECCP5CH3L			USART1_CLK	USART3_TX0	SPI1_SDO/I2S1_SD	I2C0_SMBALT	CAN0TX					

LS500		AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14	
LQFP100	LQFP64	GPIO	SYSTEM	T0/1/2/3/4	T5/6/9/10	QE11	T14/T15/QE10	USART0/1/2	USART3/4/5/6/7	SPI0/1/2/3	I2C0/1/2/3	CAN0-5/FLT	额外提供	额外提供	CFGL	额外提供	额外提供
56	35	PB4		T1CK			T14CK	USART6_RX	I2S1_MCK	I2C0_SCL		SPI0_SDO/I2S0_SD	USART3_TX0				
57	36	PB5		T0CK			T15CK	USART1_RTS	USART6_TX0	SPI0_SDI	I2C0_SDA		USART3_RX				
58	37	PF7		CCP0CH4				USART6_CLK	SPI0_SCK/I2S0_CK	I2C0_SCL			USART3_CLK				
59	38	PB6		CCP0CH1				USART0_RX					USART3_CTS				
60		PB7		CCP0CH4				USART0_TX0		I2S0_MCK			USART3_RTS				
61		PB8		CCP0CH3				USART0_TX1		SPI0_SS/I2S0_WS							
62	39	PB9	CLKOUT	CCP0CH2	ECCP5BKIN			USART0_CLK		SPI0_SCK/I2S0_CK			USART0_TX0				
63	40	PB10		CCP0CH1				USART0_RX									
64	41	PB11		CCP3CH1	ECCP5CH1H		T14CK	USART0_RTS				I2S1_MCK	USART7_TX0				
65	42	PB12		CCP3CH2	ECCP5CH2H		T15CK	USART0_CTS	USART3_RTS			I2C1_SCL	USART7_RX				
66	43	PB13		CCP3CH3	ECCP5CH3H			USART3_CTS				FLT12	I2C1_SDA	USART7_TX0		USART7_CLK	
67	44	PB14		CCP3CH4	ECCP5CH1L		QEA0	USART2_TX0	USART5_CTS			FLT11	ECCP5CH4H				
68	45	PB15		T4CK	ECCP5CH1H		QEB0	USART2_RX	USART4_CLK			FLT10	ECCP5CH1H		CFGL1_IN3		
69	46	PF0		CCP1CH1	ECCP5CH2L			USART2_CLK	USART4_TX0				ECCP5CH2H		CFGL2_IN3		
70		PF1		CCP1CH2	ECCP5CH2H			USART2_TX1	USART4_RTS				ECCP5CH3H	USART4_RX			
71		PF2		CCP1CH3	ECCP5CH3L				USART4_CTS				ECCP5CH4H				
72		PF3		CCP1CH4	ECCP5CH3H			USART2_RTS	USART4_TX1				ECCP5BKIN	USART4_RTS			
73	47	PF4		CCP0CH4	ECCP5CH4L			USART2_CTS	USART4_CLK								
74	48	PF5		T1CK	ECCP5CH4H				USART4_TX0								
75		PF6			ECCP5BKIN				USART4_RX								
76		PG0						USART0_RX									
77		PG1		CCP2CH1				USART0_TX0	USART5_RTS								
78		PG2		CCP2CH2				USART0_CLK	USART5_TX1					USART0_TX0			
79		PG3		CCP2CH3				USART0_TX1	USART5_RX					USART0_RX			
80		PG4		CCP2CH4					USART5_CLK					USART6_TX0			
81		PG5		T2CK				USART0_RTS	USART5_TX0								
82		PC0		CCP2CH1	ECCP5CH3L		T14CK	USART2_RX		I2S0_MCK							
83	49	PC1		CCP2CH2	ECCP5CH3H		T15CK	USART2_TX0	USART5_RX	SPI0_SDI			T3CK	USART6_RX			
84	50	PC2		CCP2CH3	ECCP5CH4L			USART2_TX1	USART4_TX0	SPI0_SDO/I2S0_SD				USART2_CTS			
85	51	PC3		CCP2CH4	ECCP5CH4H		QEA0	USART2_CLK	USART4_RX	SPI0_SS/I2S0_WS				USART2_RTS			
86	52	PC4		T2CK	T5CK		QEB0			SPI0_SCK/I2S0_CK	I2C1_SDA			USART2_TX0			
87	53	PC5		CCP4CH1	ECCP5CH1L		INDEX0	USART2_RTS	USART5_RX		I2C1_SCL	CAN0RX	T3CK	USART2_RX			
88	54	PC6		CCP4CH2	ECCP5CH1H		QE10DIR	USART2_CTS	USART5_TX0		I2C1_SMBALT	CAN0TX		USART2_CLK			
89	55	PC7		CCP4CH3	ECCP5CH2L			USART1_RX									
90	56	PC8		CCP4CH4	ECCP5CH2H			USART1_TX0					CCP3CH1				
91	57	PG6		CCP4CH3							I2C0_SMBALT		CCP3CH2				
92		PG7		CCP1CH2					USART4_TX0		I2C0_SCL						

LS500			AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10	AF11	AF12	AF13	AF14
LQFP100	LQFP64	GPIO	SYSTEM	T0/1/2/3/4	T5/6/9/10	QE11	T14/T15/QE10	USART0/1/2	USART3/4/5/6/7	SPI0/1/2/3	I2C0/1/2/3	CAN0-5/FLT	额外提供	额外提供	CFGL	额外提供	额外提供
93	58	PC9		CCP1CH1				USART1_TX1	USART4_RX			FLT12	I2C0_SDA				
94	59	PC10		CCP1CH2				USART1_CLK				FLT11		USART1_RX			
95	60	PC11		CCP1CH3				USART1_TX0			I2C0_SCL		CCP4CH1				
96	61	PC12		CCP1CH4				USART1_RTS		SPI1_SS/I2S1_WS	I2C0_SDA		CCP2CH1		CFGL1_OUT	EXIC_DATA16	
97	62	PC13		T1CK				USART1_CTS		I2S1_MCK		FLT10			CFGL2_OUT		
98	63	PC14		CCP3CH1					USART5_CTS								
99		PC15						USART0_CTS	USART7_TX0	SPI1_SDO/I2S1_SD							
100		PD0							USART7_RX	SPI1_SDI	I2C0_SDA						
1		PD1								SPI1_SCK/I2S1_CK	I2C0_SCL						
2		PD2	RTC_OUT	T4CK	ECCP5BKIN			USART1_CTS									
3	64	PD3		T1CK	T6CK				USART4_TX0								
4	1	PD4		T2CK					USART4_RX				CCP2CH1				
5		PD5							USART7_RTS				CCP2CH2				
6		PD6		CCP3CH2					USART7_CTS								
7		PD7		CCP2CH1				USART0_RX	USART7_TX0	SPI0_SDO/I2S0_SD							
8		PD8		CCP2CH2				USART0_TX0	USART7_RX	SPI0_SDI							
9	2	PD9		CCP2CH3				USART0_TX1	USART7_CLK	SPI0_SCK/I2S0_CK							
10	3	PD10		CCP2CH4				USART0_CLK	USART7_TX1								
11	4	PH10		CCP2CH2													
12	5	PH11		CCP2CH1	T6CK								CCP0CH1				
13	6	PH7/nRST													CFGL1_IN3		
14	7	PD11		CCP1CH1								FLT10					
15	8	PD12		CCP1CH2				USART0_RTS				FLT11					
16	9	PD13		CCP1CH3				USART0_CTS					SPI1_SDI				
17	10	PD14		CCP1CH4	ECCP5CH4L								SPI1_SDO/I2S1_SD				
18	11	PD15		CCP0CH3	ECCP5CH4H							FLT12			CFGL2_IN1		
19	12	VREG															
20	13	VSS															
21	14	VSS/VSSA															
22	15	VDD															
23	16	PH14		T2CK	T5CK			USART2_CTS						USART0_TX0			
24	17	PH12		CCP2CH2	ECCP5CH3L			USART2_RTS			I2C1_SCL			USART0_RX			

5.3 引脚重映射说明（系统以及模拟功能）

表 5-2 系统以及模拟引脚说明

LS500										
LQFP100	LQFP64	GPIO	电源	振荡器	SYSTEM	ADC	COMP	LCD	CTOUCH	USB
25		PH13				ADC_CH34		SEG11/VLCD2	CT28	
26		PH15				ADC_CH35		SEG3/COM7	CT29	
27	18	PA0				ADC_CH37	C0IN+/C1IN+	SEG30	CT30/CAS	
28	19	PA1			RTC_TS/ROM_TX	ADC_CH38	C0IN-/C1IN-	SEG31	CX	
29		PA2				ADC_CH39		SEG32	CT0	
30	20	PA3				ADC_CH40		SEG33	CT1/S0	
31	21	PA4						SEG34	CT2/S1	
32	22	PA5				ADC_CH41		SEG35	CT3/S2	D-
33	23	PA6				ADC_CH42		SEG36	CT4/S3	D+
34	24	PA7				ADC_CH43			CT5/S4	
35	25	PA8						SEG37	CT6/S5	
36	26	PA9					C0IN+/C1IN+	SEG38	CT7/S6	
37	27	PA10					C0IN-/C1IN-	SEG39	CT8/S7	
38	28	PA11						SEG40	CT9/S8	
39	29	PA12						SEG41	CT10/S9	
40	30	PA13						SEG42	CT11/S10	
41	31	PA14						SEG43	CT12/S11	
42		PE6							CT13	
43		VSS	VSS							
44		PA15						SEG44	CT14	
45		PE0						SEG45	CT15	
46		PE1						SEG46	CT16	
47		PE2						SEG47		
48		PE3								
49		PE4								
50		PE5								
51		PB0						COM0		
52	32	PB1						COM1		
53		VDD	VDD							
54	33	PB2					C0IN+/C1IN+	COM2		
55	34	PB3					C0IN-/C1IN-	COM3		
56	35	PB4						SEG0/COM4		
57	36	PB5						SEG1/COM5		
58	37	PF7								
59	38	PB6						SEG2/COM6		
60		PB7						SEG3/COM7		
61		PB8						SEG4		
62	39	PB9					C0IN+	SEG5	CT_VREF	
63	40	PB10					C0IN-	SEG6		
64	41	PB11					C1IN+	SEG7		
65	42	PB12					C1IN-	SEG8		
66	43	PB13						SEG9		
67	44	PB14						COM0		
68	45	PB15						COM1		
69	46	PF0						COM2		
70		PF1								
71		PF2								
72		PF3								
73	47	PF4								
74	48	PF5				ADC_CH16		SEG1/COM5		
75		PF6				ADC_CH17				

LS500										
LQFP100	LQFP64	GPIO	电源	振荡器	SYSTEM	ADC	COMP	LCD	CTOUCH	USB
76		PG0				ADC_CH18				
77		PG1				ADC_CH19				
78		PG2				ADC_CH20				
79		PG3				ADC_CH21				
80		PG4				ADC_CH22				
81		PG5				ADC_CH23				
82		PC0				ADC_CH0		SEG10/VLCD1		
83	49	PC1			TAMP2	ADC_CH1		SEG11/VLCD2		
84	50	PC2				ADC_CH2		SEG12/VLCD3		
85	51	PC3				ADC_CH3		SEG13		
86	52	PC4				ADC_CH4		SEG14/VLCD		
87	53	PC5			TAMP1	ADC_CH5		SEG15		
88	54	PC6			WKUP1	ADC_CH6		SEG16		
89	55	PC7	VREF-		WKUP4	ADC_CH7/VREF-		SEG17		
90	56	PC8	VREF+		WKUP5	ADC_CH8/VREF+		SEG18		
91	57	PG6								
92		PG7					CIIN+			
93	58	PC9				ADC_CH9	CIIN-	SEG19		
94	59	PC10				ADC_CH10		SEG20		
95	60	PC11				ADC_CH11	COIN+	SEG21		
96	61	PC12				ADC_CH12	COIN-	SEG22		
97	62	PC13				ADC_CH13		SEG2/COM6		
98	63	PC14				ADC_CH14				
99		PC15								
100		PD0								
1		PD1								
2		PD2				ADC_CH15		SEG23		
3	64	PD3				ADC_CH28		SEG24		
4	1	PD4			WKUP3	ADC_CH29		SEG25		
5		PD5								
6		PD6			TAMP3					
7		PD7				ADC_CH24		SEG26		
8		PD8				ADC_CH25		SEG27		
9	2	PD9		OSC_IN(4)		ADC_CH26		SEG28	CT18	
10	3	PD10		OSC_OUT(4)		ADC_CH27		SEG29	CT19	
11	4	PH10							CT20	
12	5	PH11						SEG12/VLCD3	CT21	
13	6	PH7/nRST			NRST					
14	7	PD11		OSC32_IN						
15	8	PD12		OSC32_OUT						
16	9	PD13				ADC_CH30		SEG0/COM4	CT24/Cshiled	
17	10	PD14		OSC_IN		ADC_CH31		SEG46	CT25/CMA	
18	11	PD15		OSC_OUT				SEG47	CT26/CMB	
19	12	VREG	VREG							
20	13	VSS	VSS							
21	14	VSS/VSSA	VSS/VSSA							
22	15	VDD	VDD							
23	16	PH14			WKUP2	ADC_CH32				
24	17	PH12				ADC_CH33		SEG10/VLCD1	CT27	

5.4 引脚重映射表-低功耗外设功能重映射

表 5-3 低功耗外设重映射

引脚	低功耗功能
PA0	USART0_RX
PA1	USART0_TX0
PA2	USART0_TX1
PA3	USART0_CLK
PA5	USART0_RTS
PA6	USART0_CTS
PA8	CCP0CH1
PA9	CCP0CH2
PA10	CCP0CH3
PA11	CCP0CH4
PA12	T0CK

USART0、CCP0 支持低功耗模式下工作，但是在低功耗模式下只能使用上表中的 IO 口。

注意，低功耗 I/O 口的配置寄存器 PM_CTL0 和 PM_CTL2 位于备份域中，操作寄存器之前，需要先解锁备份域的读写操作：

1. 将 OSC_CTL0 寄存器的 PMWREN 位置 1，允许备份域的读写操作；
2. 将系统时钟设置在 48MHz 以下；

3. 配置 PM_CTL2 寄存器的 USART0LPEN 位（或 CCP0LPEN 位、CAN0LPEN 位），使低功耗外设 Stop1 模式下保持工作状态，不会被复位；同时将低功耗 I/O 口分配给上表中对应的外设功能；注意，使用 USART0 时，需要同时将 PM_CTL0 寄存器的 PHERIIOSEL 位置 1；

配置 PM_CTL2 寄存器的 USART0CLKLPEN 位（或 CCPCLKLPEN 位、CAN0CLKLPEN 位），选择内部低频振荡器作为外设的工作时钟源，同时允许时钟信号在 Stop1 模式下继续工作。

5.5 引脚重映射表-外部唤醒引脚、侵入检测和时间戳引脚映射

表 5-4 模拟功能引脚映射

GPIO	唤醒引脚	侵入检测引脚	时间戳
PA1			RTC_TS
PC1		TAMP2	
PC5		TAMP1	
PC6	WKUP1		
PC7	WKUP4		
PC8	WKUP5		
PD4	WKUP3		
PD6		TAMP3	
PH14	WKUP2		

5.6 CCP 引脚资源

因有些型号的小管脚封装可能会缺一些功能脚，现将所有 CCP 资源列在下表中：

表 5-5 CCPx 通道

	LQFP100	LQFP64
CCP0CH1	Y	Y
CCP0CH2	Y	Y
CCP0CH3	Y	Y
CCP0CH4	Y	Y
CCP1CH1	Y	Y
CCP1CH2	Y	Y
CCP1CH3	Y	Y
CCP1CH4	Y	Y
CCP2CH1	Y	Y
CCP2CH2	Y	Y
CCP2CH3	Y	Y
CCP2CH4	Y	Y
CCP3CH1	Y	Y
CCP3CH2	Y	Y
CCP3CH3	Y	Y
CCP3CH4	Y	Y
CCP4CH1	Y	Y
CCP4CH2	Y	Y
CCP4CH3	Y	Y
CCP4CH4	Y	Y

6 资源介绍

6.1 DMA

直接存储器访问模块（DMA）用于外设和存储器间直接数据传输，可用于 RAM 和 RAM 之间、RAM 和外设、外设和外设之间的数据传输。DMA 模块将从源地址上读取的数据写入到目标地址空间中，从而完成数据传输，而无需 CPU 的干预。

每个 DMA 模块有如下特性

- 7 个独立可配置的通道
- 支持存储器和存储器、存储器和外设、外设和外设之间的数据传输
- 支持 8bit/16bit/32bit 数据位宽传输
- 支持自动递增的源和目标地址，支持固定的源和目标地址
- 支持循环模式
- 支持传输数据数量设置，最大为 65535
- 支持 4 级通道优先级设置
- 支持外设触发，支持软件触发
- 追踪当前的源指针和目标指针
- 追踪当前未传输的数据量

6.2 节拍定时器（SYSTICK）

KungFu32 内核提供了一个 24 位的系统节拍定时器（System Tick Timer）。系统节拍定时器可为系统提供可编程时长的周期性中断，即使是在休眠下也能工作（注：深度休眠下不能工作）。系统节拍定时器有专用的中断向量。

系统节拍定时器结构如下图所示。系统节拍定时器为递减计数模式，当系统节拍定时器的值为 0 时会产生一个中断，同时系统节拍定时器重载值寄存器（ST_RELOAD）的值会装入系统节拍定时器中。对系统节拍定时器重载值寄存器（ST_RELOAD）进行设置可以修改产生中断的间隔时长。在使用节拍定时器时，使能前要先向 ST_CV 系统节拍定时器当前值寄存器写任意值，使 COUNTZERO 位及 ST_CV 清零，保证 ST_RELOAD 的值加载到 ST_CV 中。

向 ST_RELOAD 写 0 会使计数器在下个计数周期禁止。

通过使能 INT_EIE0 寄存器的 SYSTICKIE 位可以使能系统节拍定时器中断，当定时器由 1 变 0 时可以将 INT_EIF0 中的 SYSTICKIF 标志位置 1。

6.3 基本定时/计数器(T14/T15)

T_x(x=14,15)是一个 16 位的定时/计数器，它有定时和计数两种工作模式，支持 3 种计数方式：向上计数、向下计数和向上向下计数方式。根据不同的模式，计数会产生溢出，将 T_x 溢出中断标志 TXIF 位置 1。

基本定时器主要功能包括：

- 16 位自动重载计数器
- 16 位可编程预分频器，用于对输入的时钟按系数为 1~65536 之间任意数值分频
- 在更新事件以及触发事件时产生 DMA 请求
- 基本定时器可以用于触发 AD 和 DA 模块

6.4 通用定时/计数器(T0/T1/T2/T3/T4)

Tx(x=0,1,2,3,4)是 16 位的定时/计数器。其中 T0 可作为低功耗定时器使用。

通用定时/计数器有定时和计数 2 种工作模式，支持 3 种计数方式：向上计数、向下计数和向上向下计数方式。根据不同的模式，计数会产生溢出，将 Tx 中断标志位 TXIF 置 1。Tx 属于外部单元，因此在使用 Tx 中断时，需使能对应的外设中断。

通用定时/计数器主要功能包括：

- 16 位/32 位自动重载计数器
- 16 位/32 位可编程预分频器，用于对输入的时钟按系数为 1~65536/1~4294967296 之间任意数值分频
- 通用定时器可以用于触发 AD 和 DA 模块
- 更新事件、触发事件（触发模式、门控模式、复位模式）、捕捉事件、比较事件可以产生 DMA 请求

6.5 高级定时/计数器 (T5/T6)

ECCPx 模块各包含两个计数器 Tx/Tz (x=5;z=6; Tx 和 Tz 原理相同)，他们是 16 位的定时器，有 3 种计数方式：向上计数、向下计数和向上向下计数方式，可精确配置 1-65535 自由分频进行计数。支持触发其它定时器、AD 及 DMA 等外设。

高级定时/计数器主要功能包括：

- 16 位位自动重载计数器
- 16 位的可编程预分频器（分频器 1）和 4 位的可编程后分频器（分频器 2）
- 高级定时器可用于触发 AD、DA 等模块
- 支持周期更新和立即更新
- 支持比较器清零定时器功能
- 支持主从模式（触发、门控、复位）
- 可以用来产生 DMA 请求（更新、TRGI 触发、捕捉/比较、关断事件）

6.6 通用捕捉/比较/PWM 模块 (CCP0/1/2/3/4)

CCP 模块是通用型捕捉/比较/脉宽调制模块，在通用 CCP 模块中，采用通用定时/计数器做为该 CCP 的计数时基，可以用来实现捕捉功能、比较功能和 PWM 功能。

在 CCP0/1/2/3/4 模块中比较寄存器为 16 位的寄存器 CCPx_Ry(x=0,1,2,3,4; y=1,2,3,4)，该寄存器也用于 PWM 模式下的占空比设置。

在 CCP0/1/2/3/4 模块中捕捉寄存器为 16 位的寄存器 CCPx_Cy(x=0,1,2,3,4; y=1,2,3,4)，该寄存器为只读。

通用 CCP 主要功能包括：

- 16 位的捕捉功能
- 16 位的比较功能
- 16 位位的 PWM 功能
- 支持 PWM 测量功能
- 4 个独立的通道
- PWM 支持边沿对其和中心对齐
- 支持单脉冲输出
- 更新事件、触发事件（触发模式、门控模式、复位模式）、捕捉事件、比较事件可以产生 DMA 请求

6.7 增强型捕捉/比较/PWM 模块(ECCP5)

ECCPx (x=5) 模块是增强型捕捉/比较/脉宽调制模块，可以提供外部信号捕捉、内部比较输出以及 PWM 输出三种功能。在 ECCP 模块中，采用 16 位的定时器/计数器(ECCP5 为 T5 和 T6)做为该 ECCP 的计数时基，在 ECCP5 模块中捕捉寄存器为 16 位的寄存器 ECCPx_Cy (x=5;y=1,2,3,4)，比较寄存器为 16 位的寄存器 ECCPx_Ry (x=5;y=1,2,3,4)，该寄存器也用于 PWM 模式下的占空比设置。支持部分寄存器的数据更新功能。支持各个通道独立的关断操作。

如下事件发生时产生 DMA：

- 输入捕获
- 输出比较
- 关断事件
- 更新事件

6.8 正交编码脉冲电路 (QEIO)

单片机内部集成有正交编码脉冲电路。正交编码脉冲电路可用于获得旋转机械的位置和速率等信息。

正交编码脉冲是两个频率变化且正交的脉冲。当它由电机轴上的光电编码器产生时(光电编码器具有 3 路输出：A 相、B 相和索引脉冲)，电机的旋转方向可以通过检测两个脉冲序列 (QEA 和 QEB) 中先到达的列来确定，角位置和转速可由脉冲数和脉冲频率 (即齿脉冲和圈脉冲) 来决定。电机的绝对位置以索引脉冲为基准确定。

QEIO 由用于解析 A 相 (QEA) 和 B 相 (QEB) 信号的解码器逻辑以及用于累计计数值的递增/递减计数器组成。输入端上的数字噪声滤波器对输入信号进行滤波。

QEIO 的计数时基为定时器 T7。

QEIO 的工作特性包括：

- 3 路输入通道，分别为两相信号和索引脉冲输入
- 输入端上的可编程数字噪声滤波器
- 16 位递增/递减位置计数器
- 计数方向状态
- x2 和 x4 计数分辨率
- 两种位置计数器复位模式：

- 使用周期复位位置计数器
- 使用索引脉冲复位位置计数器
- 通用 16 位定时器/计数器模式
- 正交编码器接口中断

6.9 模数转换模块 (A/D)

ADC 特性:

- 12 位分辨率
- 16 常规扫描通道+4 个高优先级通道
- 支持常规模式和高优先级模式
- 支持单次转换模式和连续转换模式
- 最高 20 个通道连续转换模式
- 数据左对齐或右对齐
- ADC 支持 DMA 触发
- 支持模拟看门狗事件
- 支持定时器触发 ADC
- 双 AD 模式
- ADC 转换时间: 12.5 个周期
- AD 电压: 2.4V 到 3.6V 或者 Vref+
- ADC 输入范围 Vref- 到 Vref+

6.10 模拟比较器模块 (CMP)

单片机内置 2 个模拟比较器模块, 其主要特点如下:

- 正负端多输入端口可选
- 电阻分压模块提供可选内部参考电压
- 输出极性可选
- 中断边沿可选
- 数字滤波功能
- 比较器输出可作为定时器捕捉输入、PWM 关断源或用于清零定时器
- 可配置为 BEMF (反向电动势) 模式和 HALL (霍尔检测) 模式

6.11 通用全/半双工收发器 (USART)

USART 是 Universal Synchronous /Asynchronous Receive & Transmit 的缩写, 它的中文名称是通用同步/异步收发器, 又称通用全双工/半双工收发器。这是一个串口通信的 I/O 外设, 也可作为串行通信接口。它可被配置为与个人计算机等外设通信的全双工异步系统。也可以被配置为与外设或其它单片机通信的半双工同步系统, 与之通信的单片机通常不具有产生波特率的内部时钟, 它需要主控同步器件提供外部时钟信号。

6.12 串行外设接口（SPI）

SPI 模块可配置为支持 SPI 协议或者 I2S 协议。SPI 模块默认工作在 SPI 方式，可通过软件将其切换到 I2S 模式。在 I2S 模式下，原则上数据传输为全双工模式，主机和从机同时收发数据，但实际情况下通常只有一个方向上的数据是有意义的。

SPI 模式主要特征：

- 3 线或者 4 线数据传输
- 8/16/32 位传输帧格式
- MSB/LSB 先发送可选
- 主从模式
- 时钟频率可设
- 可编程的时钟极性和相位
- 可触发中断的发送和接收标志
- DMA 读写

I2S 主要特征：

- 单工通信
- 主从模式
- 数据长度可为 16/32 位
- 8 位线性可编程预分频器（音频采样频率 8KHz 到 96KHz）
- 可编程时钟极性
- 支持多种 I2S 协议：
 - I2S 飞利浦标准
 - LSB 对齐标准（右对齐）
 - MSB 对齐标准（左对齐）
 - PCM 标准
- DMA 读写

可输出的主时钟，频率为 $256 \times F_s$ （ F_s 为音频采样频率）

6.13 内部集成电路接口（I2C）

I2C 特征：

- 多主机模式：可用作主设备或者从设备
- I²C 主设备产生时钟，起始和停止信号
- 检测 7 位和 10 位地址
- 支持 Fast Mode Plus 模式，最高速度可达 1Mbit/s
- 支持多地址识别
- 在监控模式下可观察所有的 I2C 总线通信量
- DMA 读写

I²C 模块能实现全部从动功能，且硬件支持启动位和停止位中断，以便于固件实现主控功能。I²C 模块实现标准模式规范以及 7 位和 10 位寻址。有两个引脚用于数据传输：时钟线（SCL）

和数据线（SDA）。通过使能位I2CEN置1以使能I2C模块的功能。

6.14 液晶显示（LCD）

液晶显示（Liquid Crystal Display, LCD）驱动模块接收 CPU 送过来的数据，按一定的规律储存在 LCD 数据寄存器中，并根据 LCD 数据寄存器中的数据产生时序控制来驱动静态或复用的 LCD 面板，实现期望的字符显示功能。LCD 主要特征如下。

- 最大支持 8x48 的 LCD 驱动模式
- 支持 LCD 面板的直接驱动
- 3 个带有可选择预分频比的 LCD 时钟源
- 8（4）个公共端及 5（4）种复用模式：静态，1/2 复用，1/3 复用，1/4 复用，1/8 复用
- 3 种偏置模式：静态，1/2 偏置，1/3 偏置
- 支持闪烁功能
- 支持 A/B 两种 LCD 驱动波形
- 支持闪烁中断和帧时序中断

6.15 实时时钟（RTC）

实时时钟（Real Time Counting, RTC）单元提供给用户实时时间以及日历信息。RTC 单元通过时间寄存器提供时间信息（秒、分、时、星期、日、月、年）。数据信息由 BCD 码格式进行表示。修改计数器的值可以重新设置系统当前的时间和日期。

RTC模块可以根据年、月份（闰年、大小月），自动补偿天数；还可以进行夏令时、冬令时补偿。

RTC的时钟源可以通过软件选择外部低频晶振EXTLF、内部低频时钟INTLF和外部高频晶振的128分频。RTC模块自带高精度的数字时钟校准功能。

RTC提供两个可编程的闹钟功能及中断，用户可预先在时间闹钟寄存器中设置闹钟日期进行闹铃设置。

RTC模块位于备份域内，因此所有对RTC模块的操作都将受到备份域保护，操作RTC寄存器之前需要允许备份域可写；使能RTC模块之后，只要电源电压保持在工作范围内，RTC将可正常工作在任何运行模式和休眠模式。

6.16 独立看门狗（IWDG）

看门狗可用于检测和解决由软件错误引起的故障，当计数器达到给定的超时值时产生一个系统复位。

IWDG最适合那些要求看门狗在主程序外，能够完全独立工作的场合。

特点：

- 自由递增的计数器；
- 时钟为内部低频时钟INTLF；
- 可编程预分频；

- 避免复位：溢出前清零看门狗计数器（喂狗）。

6.17 窗口看门狗（WWDT）

窗口看门狗通常被用来监测由外部干扰或不可预见的逻辑条件造成的应用程序背离正常的运行序列而产生的软件故障。

WWDT最适合那些要求看门狗在精确计时窗口起作用的应用程序。通过可配置的时间窗口来检测应用程序非正常的过迟或过早的操作。

特点：

- 可编程自由运行计数；
- 时钟为内部低频时钟INTLF；
- 可编程预分频；
- 提供中断；

避免复位（喂狗）：窗口内写计数器或利用中断写计数器。

6.18 电容触摸(CTOUCH)

电容触摸技术通过检测传感器和其外部环境之间的电容变化，来判断接口附近是否存在手指触摸。CTOUCH 系统提供了可靠灵敏的电容触摸技术，可以用来测量单电极的自电容变化和一对电极的互电容变化。自电容检测使用 SCS（Self CapSense 自电容模式）或者 T 模式技术来实现，互电容使用 MCS（Mutual CapSense 互电容模式）技术来实现。SCS 和 MCS 感应技术具有工业高等级的信噪比 SNR，高触摸灵敏度，低功耗，以及更高的 EMI 特性。CTOUCH 系统是一项硬件和软件结合的技术。

具有如下特性：

- 支持自电容和互电容的触摸感应方式
- 基于 SCS 的触摸技术提供了优良的 SNR，并且可编程参考电压
- 使用扩散频谱扫描方式来提供鲁棒性的触摸性能
- 提供了扩散频谱、伪随机时钟源和可编程电阻开关来减小 EMI
- 支持多种类型的覆盖材料和不同厚度的盖板上的高灵敏度触摸
- 适用于 PCB、FPC、玻璃和薄膜传感器
- 支持按键、滑条、滚轮等多种传感器组合
- 支持防水雾及水滴的 CShield 模式运行
- 提供了自动调零比较器来减小失调误差
- 提供了低功耗 CTOUCH 运行性能
- 允许 GPIO 作为电容感应电极、接收电极及屏蔽电极
- 提供了接近式触摸感应功能
- 通过 CTOUCH 系统的 CT-FSM 进行初始化流程，减小了 CPU 的消耗
- 支持软件自动调节所有的 CTOUCH 参数

6.19 控制器局域网总线（CAN）

控制器局域网（Controller Area Network，简称为 CAN）是一种用于连接电子控制设备（Electronic Control Unit，简称为 ECU）的多主共享型串行总线标准。CAN 总线针对抗电磁干扰进行了专门设计，适用于具有较强电磁干扰的环境，不但可以使用与 RS-485 类似的差分平衡传输线，也可以使用更加可靠的双绞线。CAN 总线最初是针对汽车应用而研发的，不过时至今日已经广泛应用于各种嵌入式控制领域（例如工业方面和医疗方面）。CAN 总线在总线长度小于 40 米时最高可达 1Mbps 位速率。位速率越低则有效通讯距离越远（例如 125kbps 时通讯距离可达 500 米）。

CAN 有如下特性：

- 支持 CAN2.0B 协议
- 同时支持 11 位和 29 位识别码
- 位速率可达 1Mbits/s
- 可读/写访问的错误计数器
- 可编程的错误报警限制
- 最近一次错误代码寄存器
- 对每一个 CAN 总线错误的中断
- 具体控制位控制的仲裁丢失中断
- 在标准和扩展格式中都有验收滤波器含屏蔽和代码寄存器
- 当错误或仲裁丢失时可配置是否重发

6.20 USB 模块（USB）

该通用串行总线（USB）为一个带有单个连接器的串行接口，可以连接所有 USB 外设到主机系统。下面是 USB 的一些特性。

- 兼容 USB 2.0 全速规范
- 支持控制/批量/中断/等时传输类型
- 支持 USB 挂起/恢复操作
- 提供 8 个可配置为控制/批量/中断/等时传输类型的端点
- 512 字节 SRAM 内置缓存
- 提供远程唤醒功能
- 所有端点均支持双缓冲模式
- 可通过软件来配置端点最大包的长度（取决于 USB 最大规格）

6.21 CFGL 模块（CFGL）

可配置逻辑单元（CFGLx）提供可超越软件执行速度限制而工作的可编程逻辑。该逻辑单元最多可接收 16 个输入信号，并通过使用可配置门将 16 个输入缩减为 4 条驱动 8 种可选单输出逻辑功能之一的逻辑线。

输入源是以下信号源的组合：

- I/O 引脚

- 内部时钟
- 外设
- 寄存器位

可能的配置包括:

- 组合逻辑
 - AND
 - NAND
 - AND-OR
 - AND-OR-INVERT
 - OR-XOR
 - OR-XNOR
- 锁存器
 - S-R
 - 带置1 和复位功能的时钟控制D型锁存器
 - 带置1 和复位功能的透明D型锁存器
 - 带复位功能的时钟控制J-K型锁存器

6.22 复位 (RESET)

系统复位源:

- POR 上电复位
- BOR 复位
- NRST 外部复位引脚复位
- 窗口看门狗复位
- 独立看门狗复位
- 软件复位

单片机具有: POR 上电复位、BOR 复位、NRST 复位、IWDT 复位、WWDT 复位、软件复位六种复位方式。

除复位方式以外,单片机还提供一个可编程的电压检测模块(PVD),对供电电源 VDD 的电压进行检测。

有些寄存器的状态在任何复位条件下都不会受到影响,其它大多数寄存器在复位事件发生时将被复位成“复位状态”。

6.23 外设模块时钟使能模块(CLK_EN)

为了降低功耗,默认外设时钟就禁止。在使用外设模块时,需要使能该外设模块时钟控制信号,否则模块不工作。通过 PCLK_CTLx (x=0,1,2,3) 外设时钟控制寄存器控制相应的外设时钟。当外设时钟禁止时,CPU 无法对相应的模块寄存器进行写操作。

6.24 备份域 (BKP)

备份域中的 32 个 32 位带有侵入检测功能的备份寄存器，可用于保存数据；寄存器组在 VDD 电源被切断时，仍然可以通过 VBAT 维持供电（如果芯片未带 VBAT，则忽略）。备份域内寄存器只会在初始上电复位时被复位，不会因为 VDD 掉电上电而复位。

6.25 循环冗余校验单元 (CRC)

循环冗余校验单元 (Cyclic Redundancy Check, CRC) 可以通过生成多项式计算不同长度数据的 CRC 校验值。CRC 技术可应用于核实数据传输或者数据存储的正确性和完整性。

CRC 特性：

- 可编程的多项式，最高支持 33 项数的生成多项式
- 单周期计算时间
- 支持可编程的初始值
- 支持 8/16/32 位长度的输入数据格式
- 输入数据支持字节反序操作
- 计算结果支持可编程的异或操作
- 计算结果支持反序操作

6.26 AES 加密模块 (AES)

芯片内部集成了一个 AES 加密模块，其可以进行 128bit 的 AES 加密，生成用于流密码加密的密钥。

7 电气特性

7.1 概述

除非另外说明，所有电压都是相对 VSS 做参考的。

7.1.1 最大值和最小值说明

除非另外声明，最大值和最小值能够在环境温度下不会超出[最小值,最大值]，产品测试中 100%的设备都要经过 TA=25°C（TA 最大值（选择的温度范围））的供电测试和频率校准测试。

基于设计仿真的特性的结果说明显示在表格的脚注项里，在产品中测试中可能并不会测试。

模拟工作电压 1.66V 到 3.6V。

7.1.2 典型值

除非另外声明，典型数据（典型值）来源于环境温度为 25°C，VDD=3.3V 的条件。它只作为设计参考，并不一定经过测试。

ADC 的典型精度基于整个全温度范围的批量测试结果，95%的设备小于或等于 2σ 的范围。

7.1.3 线性曲线

除非另外声明，典型曲线只是设计指导，并不会测试。

7.2 最大范围

超过下表中的最大范围会对设备造成不可恢复的损坏。这些只是可加的最大条件，在这些条件下的功能不能保证。超过这些最大范围会影响设备的可靠性。设备的应用条件符合 JEDEC JESD47 的标准，超过这个标准要提出特殊需求。

表 7-1 电压特性

符号	描述	最小值	最大值	单位
V _{DDX} -V _{SS}	外部主要电源电压（including V _{DD} , V _{DDA} ）	-0.3	4.0	V
V _{DD12} -V _{SS}	内部稳压器输出	-0.3	1.32	V
V _{IN}	输入范围	V _{SS} -0.3	4.0	V
ΔV _{DD} -V _{DDA}	V _{DDx} 电源域之间的压差	-	50	mV
ΔV _{SSx} -V _{SS}	不同地电源域之间的压差	-	50	mV

注：所有 VDD 和 VDDA 引脚、VSS 和 VSSA 引脚在芯片外围必须连接在一起。

表 7-2 电流特性

符号	描述	最大值	单位
ΣIV_{DD}	整个 VDD 电源域可以提供的电流总和	150	mA
ΣIV_{SS}	整个 VSS 电源域可以吸收的电流总和	150	
$IV_{DD}(\text{PIN}_i)$	每个电源管脚可以提供的最大电流	100	
$IV_{SS}(\text{PIN}_i)$	每个地管脚可以提供的最大吸入电流	100	
$I_{IO}(\text{PIN}_i)$	任意 IO 可以吸入的最大电流	20	
$\Sigma I_{IO}(\text{PIN}_i)$	所有 IO 可以吸入的电流总量	100	
	所有 IO 可以提供的电流总量	100	

表 7-3 温度特性

符号	描述	最大值	单位
T_{STG}	存储温度范围	-65 to +150	°C
T_J	最大结温	150	°C

7.3 运行条件

7.3.1 常规运行条件

表 7-4 常规运行条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
f_{SCLK}	core 频率	-	0	120	MHz
$f_{SYSTICK}$	节拍定时器工作频率	-	0	120	
f_{DMA}	DMA 工作频率	-	0	110	
f_{TIMER}	基本/通用/高级定时器工作频率	-	0	120	
f_{QE1}	QE1 工作频率	-	0	120	
f_{CFGL}	CFGL 工作频率	-	0	120	
f_{I2C}	I2C 工作频率	-	0	120	
f_{SPI}	SPI 工作频率	-	0	80	
f_{USART}	USART 工作频率	-	0	120	
f_{CRC}	CRC 工作频率	-	0	120	
f_{CAN}	CAN 工作频率	-	0	100	
f_{BKP}	BKP 工作频率	-	0	16	
f_{RTC}	RTC 工作频率	-	0	32	
f_{WDT}	IWDT/WWDT 工作频率	-	0	32	
V_{DD}	标准运行电压	-	1.66	3.6	V
V_{DD12}	标准运行电压	全频率范围	1.08	1.32	V
V_{DDA}	模拟电源电压	使用 ADC 时	1.66	3.6	V
		使用 DAC 时	1.8		
		使用 VREFBUF 时	2.4		
		ADC, DAC, COMP, VREFBUF 不使用时	1.66		
$V_{BAT}(1)$	备份域电源	-	1.66	3.6	V

注（1）：如果芯片未带 V_{BAT} ，则忽略该特性

7.3.2 上电/掉电的运行条件

表 7-5 上电/掉电的运行条件

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
t _{VDD}	VDD 上升速率	-	0	∞	us/V
	VDD 下降速率		10	∞	
t _{VDDA}	VDDA 上升速率	-	0	∞	us/V
	VDDA 下降速率	-	10	∞	

7.3.3 复位和电源控制模块特性 BOR,PVD

量产测试指标，需要在使用全温度范围内，校准到下表中的【最小值，最大值】区间内。并且上电速度可以从无限慢到无限快。掉电速度不能小于 10us/V。

备注：在上电过程中，VDD12 不能接外部电源。

表 7-6 复位和电源控制模块特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VPOR	上电复位阈值	上升沿	1.61	1.66	1.7	V
		下降沿	1.6	1.64	1.69	
VBOR1	BOR1 复位阈值	上升沿	2.33	2.36	2.39	V
		下降沿	2.23	2.28	2.32	
VBOR2	BOR2 复位阈值	上升沿	2.54	2.58	2.62	V
		下降沿	2.46	2.50	2.54	
VBOR3	BOR3 复位阈值	上升沿	2.89	2.93	2.97	V
		下降沿	2.79	2.84	2.88	
VBOR4	BOR4 复位阈值	上升沿	3.24	3.29	3.33	V
		下降沿	3.11	3.17	3.22	
VPVD0	可编程电压检测阈值 0	上升沿	2.44	2.49	2.51	V
		下降沿	2.23	2.27	2.30	
VPVD1	可编程电压检测阈值 1	上升沿	2.61	2.66	2.70	V
		下降沿	2.39	2.43	2.47	
VPVD2	可编程电压检测阈值 2	上升沿	2.79	2.84	2.88	V
		下降沿	2.54	2.59	2.63	
VPVD3	可编程电压检测阈值 3	上升沿	2.96	3.01	3.06	V
		下降沿	2.70	2.75	2.79	
VPVD4	可编程电压检测阈值 4	上升沿	3.14	3.19	3.24	V
		下降沿	2.86	2.91	2.96	
VPVD5	可编程电压检测阈值 5	上升沿	3.32	3.37	3.42	V
		下降沿	3.02	3.08	3.13	
V _{hyst_POR}	POR 的迟滞电压	-	-	20	-	mV
V _{hyst_BOR_PVD}	BOR 和 PVD 的迟滞电压	-	-	100	-	mV
I _{DD} (BOR_PVD)	BOR 和 PVD 的总功耗	-	-	1.1	1.6	uA

7.3.4 电源电流特性

电源电流的消耗是很多因素的组合：运行电压，环境温度，I/O 负载，设备软件配置，运行频率，I/O 开关速率，程序存储位置和代码。

典型和最大电流消耗：

MCU 在以下条件测得：

- ① 所有的 I/O 脚都处于模拟输入模式；
- ② 除了特殊说明外，所有外设都禁止；
- ③ Flash 访问时间调整为最小的等待状态数，取决于 FHCLK 频率。
- ④ 当外设使能时， $F_{PCLK}=F_{HCLK}$ 。

下面的数据来源于环境温度和表格 4 所规定的电压范围。

7.3.5 VREG

表 7-7 VREG 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
POW12	调整器的输出电压	-		1.2		V
VDD _{coeff}	VREG 的电源变化率			0.1		%
T _{setting}	建立时间	VREG = 1.2V		43	100	us
I _{drive}	驱动能力	VREG = 1.2V		200	230	mA
Cext	Output Decouple Capacitor		1.8	2.2	5	uF

7.4 时钟源特性

7.4.1 HSE

表 7-8 HSE 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
DuCy	占空比	-	45	-	55	%
f_{HSE_ext}	外部高频频率	VDD = 3.3V, TA = 27°C	4	8	32	MHz
tsu	启动时间	VDD = 3.3V, TA = 27°C	-	2.5	-	ms
C	负载电容	-	39	14	10	pF
I _{dd}	HSE 功耗	启动期间	-	-	5.5	mA
		VDD = 3V, R _m =30 Ω, CL=10pF@8MHz	-	0.54	-	
		VDD = 3V, R _m =45 Ω, CL=10pF@16MHz	-	0.95	-	
		VDD = 3V, R _m =30 Ω, CL=5pF@32MHz	-	1.68	-	
		VDD = 3V, R _m =30 Ω, CL=20pF@48MHz	-	3.4	-	
VHSEH	输入 PIN 的高电平范围	-	0.7VDD	-	VDD	V
VHSEL	输入 PIN 的低电平范围	-	V _{SS}	-	0.3VDD	

注：tsu 表示从软件使能到晶振稳定在 8MHz 的时间。

7.4.2 LSE

表 7-9 LSE 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
DuCy	占空比	-	30	-	70	%
F _{LSE}	LSE 频率	AVDD = 3.3V, TA = 27°C	-	32.768	40	kHz
tsu	开启时间	-	-	1.5	-	s
C	负载电容	-	-	12	-	pF
I _{dd}	LSE 功耗	LSEDRV[1:0]= 00 低驱动能力	-	260	-	nA
		LSEDRV[1:0]= 01 中等驱动能力		330		
		LSEDRV[1:0]= 10 次高等驱动能力		520		
		LSEDRV[1:0]= 11 最高驱动能力		650		
VLSEH	OSC_IN 输入 PIN 高电平	-	0.7VDD	-	VDD	V
VLSEL	OSC_IN 输入 PIN 低电平	-	V _{ss}	-	0.3VDD	

7.4.3 HSI

表 7- 10 HSI 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{CLKOUT}	内部高频频率		—	16	—	MHz
DuCy	占空比	—	45	—	55	%
Δ_{Temp}	频率随温度的漂移	允许工作温度范围内	-5	± 0.6	+3	%
t_{su}	启动时间	—	—	5	—	us
t_{stab}	稳定时间	—	—	17	—	us
I_{POWER_ISS}	功耗	-	—	47	—	uA

7.4.4 LP4M

表 7- 11 LP4M 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{CLKOUT} Range	内部低频 4M 时钟频率	校准后, 在 $VDD=3.3V$ 、 $TA=27^{\circ}C$ 条件下	-	4	-	MHz
DuCy	占空比	—	45	—	55	%
Δ_{Temp}	温度漂移	允许工作温度范围内	-5	-	+5	%
t_{su}	启动时间	—	—	1.5	—	us
t_{stab}	稳定时间	—	—	2	—	us
I_{POWER_ISS}	功耗	—	—	3.4	—	uA

7.4.5 LSI

表 7-12 LSI 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD	供电电压	TA = 27°C	1.66	3.3	3.6	V
f _{LSI}	频率	VDD = 3V, TA = 27°C	31.04	32	32.96	kHz
t _{su}	启动时间		-	80	132	us
t _{STAB}	稳定时间	5% of final frequency	-	110	160	us
△Temp	温度漂移	VDD = 3.3V, 可允许工作温度范围内	±2.8	-	3%	%
idd	Power consumption	-	-	-	150	nA

7.4.6 PLL

表 7-13 PLL 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
AVDD	运行电压范围		1.8	3.3	3.6	V
XIN/N	输入频率范围	-	1	-	50	MHz
FOUTVCO	VCO 频率范围	-	200	-	400	MHz
FOUPOSTDIV	分频后的时钟频率	-	25	-	400	MHz
T _{pi} (RMS)	周期抖动	FOUTVCO freq ≥ 200MHz; Clean Power	-	25	-	Ps
T _{pi} (P-P)			-	200	-	
T _{cj}	Cycle-to-Cycle		-	50	-	
DUTY	占空比	FOUTVCO freq=200-400Mhz	40	50	60	%
LKT	锁定时间	-	-	-	0.5	Ms
PVDD	功耗	XIN=25MHz, FOUTVCO=200MHz	-	-	0.56	mA

7.5 IO 端口特性

7.5.1 静态特性

表 7-14 IO 静态电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{IL}	I/O 输入低电平	1.66V < VDD < 3.6V	-	-	0.3xVDD	V
V _{IH}	I/O 输入高电平	1.66V < VDD < 3.6V	0.7xVDD	-	-	V
V _{hys}	I/O 施密特触发器迟滞电压	2.7V < VDD < 3.6V	-	900	-	mV
		1.66V < VDD < 2.7V	-	500	-	
I _{ikg (1)}	输入漏电流	VIN ≤ VDD	-	-	±50	nA
R _{PU}	弱上拉等效电阻	VIN = V _{SS}	40	45	50	kΩ
R _{PD}	若下拉等效电阻	VIN = VDD	40	45	50	kΩ
C _{IO}	I/O 脚电容	-	-	6	-	pF

7.5.2 IO 输出特性

表 7-15 IO 输出电气特性

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
VOL	任意 IO 输出低电平	I _{IO} = 15mA VDD ≥ 2.7V	-	0.4	V
VOH	任意 IO 输出高电平		VDD - 0.4		
VOL	任意 IO 输出低电平	I _{IO} = 30mA VDD ≥ 2.7V	-	1.3	
VOH	任意 IO 输出高电平		VDD - 1.3		
VOL	任意 IO 输出低电平	I _{IO} = 10mA VDD ≥ 1.66V	-	0.45	
VOH	任意 IO 输出高电平		VDD - 0.45		

7.5.3 IO AC 特性

表 7-16 IO AC 电气特性

I/O 速度配置	符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
Low Speed	F 最大值	最大频率	CL=10pF, 2.7V ≤ VDD ≤ 3.6V	-	12	MHz
			CL=10pF, 1.66V ≤ VDD ≤ 2.7V	-	1	
	Tr/Tf	输出上升和下降时间	CL=10pF, 2.7V ≤ VDD ≤ 3.6V	-	18	ns
			CL=10pF, 1.66V ≤ VDD ≤ 2.7V	-	60	
High Speed	F 最大值	最大频率	CL=10pF, 2.7V ≤ VDD ≤ 3.6V	-	40	MHz
			CL=10pF, 1.66V ≤ VDD ≤ 2.7V	-	37.5	
	Tr/Tf	输出上升和下降时间	CL=10pF, 2.7V ≤ VDD ≤ 3.6V	-	4	ns
			CL=10pF, 1.66V ≤ VDD ≤ 2.7V	-	7	

7.5.4 NRST pin 特性

表 7-17 NRST 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{IL} (NRST)	NRST 输入低电平	-	-	-	$0.3 \times V_{DD}$	V
V_{IH} (NRST)	NRST 输入高电平	-	$0.7 \times V_{DD}$	-	-	
V_{hys} (NRST)	NRST 施密特迟滞电压	-	-	200	-	mV
R_{pu}	弱上拉等效电阻	$V_{IN} = V_{SS}$	40	50	55	K Ω
V_F (NRST)	NRST 输入滤波脉冲	-	-	-	60	ns
V_{NF} (NRST)	NRST 输入不会滤掉的脉冲	$1.66V \leq V_{DD} \leq 3.6V$	500	-	-	ns

7.5.5 外部中断特性

表 7-18 外部中断电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
PLEC	触发事件的脉冲宽度	-	50	-	-	ns

7.6 外设

7.6.1 ADC 12BIT 特性

表 7-19 ADC 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDDA	模拟电压	-	1.8		3.6	V
VREF+	正电压参考	VDDA ≥ 2V	2		VDD	V
		VDDA < 2V	VDDA			
VREF-	负电压参考	-	VSSA			
Fadc	ADC 时钟频率	-	32k		36M	Hz
f _s	采样速率	Resolution=12 bits	-	-	1	Msp/s
A _{vin}	转换电压范围	-	0	-	V _{REF+}	V
R _{in}	外部允许最大输入串联阻抗	-	-	-	50	kΩ
R _{adc}	采样开关的电阻	-	-	2	4	kohm
C _{adc}	内部采样和保持电容	-	-	9.6	-	pF
t _{STAB}	上电时间	-	100			us
T _s	采样时间	Fadc=32M	0.125	-	-	us
t _s	采样时间		2	-	-	1/f _{ADC}
T _{conv}	整个转换时间	Fadc=32M	0.78	-	-	us
t _{CONV}	整个转换时间(包含采样时间)	Resolution=12 bits	T _s +12.5 cycles			1/f _{ADC}
I _{DDADC}	ADC 功耗	F _s =1Msp/s	-	400	600	uA
O _e	失调误差	Fadc=32M,Rin=500 2.4<VDDA<3.6 VREF+=VDDA Temp=27°		±4		LSB
G _e	增益误差			±4		
DNL	微分非线性				±4	
INL	积分非线性				±4	
ET	全范围误差	Fadc=32M,Rin=500 VDDA=3V VREF+=VDDA Temp=27°		4	5	
ENOB	有效位数		10	10.5		Bits
SINAD	信号对噪声和失真的抑制比		64.4	64.5		dB
SNR	信噪比		65	66		
THD	谐波失真			-74	-73	

7.6.2 电压参考 buffer 特性

表 7- 20 VREFBUF characteristic

符号	参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	供电电源	常规模式	Output 2V	2.4	-	3.6	V
		退化应用	Output 2V	1.65	-	2.4	
V _{REFVBUF_OUT}	输出参考电压	常规模式	Output 2V	1.95	2.0	2.05	V
		退化应用	Output 2V	V _{DDA} -150mV	-	V _{DDA}	
C _L	电容负载	-				2.2	uF
I _{load}	静态负载电流	-		-	-	4	mA
I _{line_reg}	电源调整率	2.8V ≤ V _{DDA} ≤ 3.6V	I _{load} =500uA	-	200	1000	Ppm/V
			I _{load} =4mA	-	00	500	
I _{load_reg}	负载调整率	500uA ≤ V _{DDA} ≤ 4mA	Normal mode		50	500	Ppm/mA
T _{Coeff}	温漂	-40°C ≤ T _j ≤ + 125°C		-	-	T _{coeff_v} refint+1 80	Ppm/°C
		0°C ≤ T _j ≤ + 50°C		-	-	T _{coeff_v} refint+1 00	
PSRR	电源抑制比	DC		30	55	-	dB
		100kHz		15	29	-	
t _{START}	开启时间			-	50		us
I _{INRUSH}	开启时 buffer 的最大驱动电流	-		-	9	-	mA
I _{DDA} (V _{REFVBUF})	VREFBUF 的电流消耗	I _{load} =0uA		-	13.3	16	uA
		I _{load} =500uA		-	15	19	
		I _{load} =4mA		-	26	30	

7.6.3 LCD 特性

表 7-21 LCD 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{LCD}	LCD 外部电压		-	-	3.6	V
C_{exy}	VLCD 外部电容大小	Buffer 关闭	0.2	-	2	uF
		Buffer 开启	1	-	2	
I_{VLCD}	从 V_{LCD} 供电 ($V_{LCD}=3V$)	Buffer 关闭	-	0.5	-	uA
		Buffer 开启, 1/2 Bias	-	0.6	-	
		Buffer 开启, 1/3 Bias	-	0.8	-	
		Buffer 开启, 1/4 Bias	-	1	-	
R_{HN}	低驱动能力电阻网络的电阻值		-	5.5	-	M Ω
R_{LN}	高驱动能力电阻网络的电阻值		-	240	-	k Ω
V_{44}	Segment/Common 高电压		-	V_{LCD}	-	V
V_{34}	Segment/Common 3/4 电压		-	$3/4V_{LCD}$	-	
V_{23}	Segment/Common 2/3 电压		-	$2/3V_{LCD}$	-	
VREG	Segment/Common 1/2 电压		-	$1/2V_{LCD}$	-	
V_{13}	Segment/Common 1/3 电压		-	$1/3V_{LCD}$	-	
V_{14}	Segment/Common 1/4 电压		-	$1/4V_{LCD}$	-	
V_0	Segment/Common 最低电压		-	0	-	

7.6.4 USB 全低速收发器模块电气特性

表 7-22 USB DC 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DDUSB}	USB 全速/低速 收发器运行电压	允许工作温度范围内	3.0	-	3.6	V
V_{DI}	差分输入电压灵敏度	整个 VCM 范围	0.2	-	-	V
V_{CM}	差分输入共模范围	包含 VDI 的范围	0.8	-	2.5	V
V_{SE}	单边接收器输入阈值	-	0.8	-	2.0	V
V_{OL}	静态输出低电平	1.5k Ω 上拉到 3.6V	-	-	0.3	V
V_{OH}	静态输出高电平	下拉 15k Ω 到 VSS	2.8	-	3.6	V
R_{PD}	USB_D+/D-下拉电阻		-	-	-	k Ω
R_{PU}	全速 USB_D+上拉电阻	VIN=VSS, IDLE 态	1.9	2.34	2.8	k Ω
	全速 USB_D+上拉电阻	VIN=VSS, 接收期间	2.5	3.12	3.7	k Ω
	低速 USB_D-上拉电阻	VIN=VSS, IDLE 态	1.9	2.34	2.8	k Ω
	低速 USB_D-上拉电阻	VIN=VSS, 接收期间	2.5	3.12	3.7	k Ω

表 7-23 USB 驱动电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
trLS	低速下的上升时间	CL=200pF ~600pF	75	-	300	ns
tfLS	低速下的下降时间	CL=200pF ~600pF	75	-	300	ns
trfmLS	低速下上升/下降时间的匹配	t_r/t_f	80	-	125	%
trFS	全速下的上升时间	CL=50pF	4	-	20	ns
tfFS	全速下的下降时间	CL=50pF	4	-	20	ns
trfmFS	全速下上升/下降时间的匹配	t_r/t_f	90	-	110	%
VCRS	输出信号的电压交叉点	-	1.3	-	2.0	V
ZDRV	输入驱动阻抗	驱动高或低	28	-	44	Ω

7.6.5 比较器 CMP 特性

表 7-24 比较器电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DDA}	供电电源	-	1.6	-	3.6	V
V _{in}	比较器输入范围	-	0	-	V _{DDA} - 1	
offset	失调电压		-10		10	mV
V _{hys}	比较器迟滞电压	无迟滞	-	0	-	mV
		低迟滞	-	5.78	-	
		中等迟滞	-	10.86	-	
		高迟滞	-	15.5	-	
I _d	比较器电流消耗			16.29		uA
delay	输出延迟	200mV 的台阶, 100mV 的过冲	-	65	-	ns

7.6.6 Touch 触摸电气特性

表 7-25 触摸系统电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
Sensing Modes	感应模式	自电容/互电容	-			-
C _p	支持检测的外部寄生电容允许范围	0.2pF 灵敏度, SNR 5:1	5	-	40	pF
		0.1pF 灵敏度, SNR 5:1	12		30	
		0.1pF 灵敏度, SNR 4:1	5		40	
		-			150	
CX	自电容外部存储电容大小	3.3V rating, X7R or NPO Cap. Cp≤45pF	-	2.2	-	nF
CAS	防水模式辅助存储电容大小	-	-	10	-	nF
CMA/MB	互电容模式存储电容大小	-	-	470	-	pF
C _p _SHIELD	最大值支持的屏蔽电极电容	-	-	-	100	pF
TBOOT_SYS	启动时间 (从上电到第一次通道扫描的时间) 带系统诊断	12 个按键, Cp≤18pF	-	-	900	ms
TBOOT	启动时间 (从上电到第一次通道扫描的时间) 带系统诊断	12 个按键, Cp≤18pF	-	-	700	ms

表 7-26 Touch IDAC 电气特性

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VDD_RIPPLE	最大值允许的电纹波 DC to 10MHz	$V_{DD} > 2V$ (带纹波), 25°C T_A , 灵敏度=0.1pF	-	-	±50	mV
IREC	最大模块电流	最大值模块电流 (IDAC 动态模式 开启、比较器开启、buffer 开启、TOUCH 参考电压开启)	-	-	4000	uA
VREF	REC TOUCH 电路和比较器的参 考电压	-	07	1.21	$V_{DDA}-0.7$	V
VREF_EXT	REC TOUCH 电路外部参考电压	-	0.7	-	$V_{DDA}-0.7$	V
IDAC1IDD	IDAC1 (7-bits) 模块电流	-	-	-	1750	uA
IDAC2IDD	IDAC2 (7-bits) 模块电流	-	-	-	1750	uA
VREC	电压运行范围	2V to 5.5V	2	-	5.5	V
VCOMPIDAC	IDAC 输出钳位的电压范围	-	0.7	-	$V_{DDA}-0.7$	V
IDAC1DNL	DNL	-	-1.5	-	1.5	LSB
IDAC1INL	INL	-	-2.5	-	2.5	LSB
IDAC2DNL	DNL	-	-1.5	-	1.5	LSB
IDAC2INL	INL	-	-2.5	-	2.5	LSB
SNR	手指触摸的信噪比	电容范围从 5 to 35pF, 0.1pF 灵 敏度	3	-	-	Ratio
IDAC1LV1	IDAC1 输出电流 (7bits) 1 档	LSB=37.5nA 典型值	4.1	-	5.5	uA
IDAC1LV2	IDAC1 输出电流 (7bits) 2 档	LSB=300nA 典型值	33	-	42	uA
IDAC1LV3	IDAC1 输出电流 (7bits) 3 档	LSB=1.2uA 典型值	137	-	166	uA
IDAC1LV4	IDAC1 输出电流 (7bits) 4 档	LSB=2.4uA 典型值	274	-	331	uA
IDAC2LV1	IDAC2 输出电流 (7bits) 1 档	LSB=37.5nA 典型值	4.1	-	5.5	uA
IDAC2LV2	IDAC2 输出电流 (7bits) 2 档	LSB=300nA 典型值	33	-	42	uA
IDAC2LV3	IDAC2 输出电流 (7bits) 3 档	LSB=1.2uA 典型值	137	-	164	uA
IDAC2LV4	IDAC2 输出电流 (7bits) 4 档	LSB=2.4uA 典型值	270	-	335	uA
IDACOFFSET	-	IDAC 极性设置为 PULL 或者 PUSH, 当处于 37.5nA/LSB 模式 时, 失调为 2LSB	-	-	1	LSB
IDACGAIN	全范围误差	-	-	-	±12%	
IDACMISMA TCH1	IDAC1 和 IDAC2 的匹配度, 1 档	LSB=37.5nA 典型值	-	-	10	LSB
IDACMISMA TCH2	IDAC1 和 IDAC2 的匹配度, 2 档	LSB=300nA 典型值	-	-	6	LSB
IDACMISMA TCH3	IDAC1 和 IDAC2 的匹配度, 3 档	LSB=1.2uA 典型值	-	-	7	LSB
IDACMISMA TCH4	IDAC1 和 IDAC2 的匹配度, 4 档	LSB=2.4uA 典型值	-	-	7	LSB
IDACSET	7-bit IDAC 开启后达到 0.5LSB 精度所需时间	无负载, 全范围	-	-	5.5	us

7.7 耗特性

7.7.1 程序运行在 FLASH 时的静态功耗特性

表 7-27 程序运行在 FLASH 时的静态功耗特性

运行模式	程序方式	外设工作条件	MR	时钟源	温度	SCLK 频率(HZ)	3.6V	3.3V	3.0V	2.0V	1.8V	单位
RUN	程序在 FLASH 运行， 开预取， FLASH_CFG=0XC4	所有外设禁止	1.32V	PLL	25°C	100M=200M/2	5769	5689	5620	5430	5468	uA
					25°C	50MHz=100M/2	3853	3811	3775	3678	3739	
					25°C	25MHz=100M/4	2277	2252	2232	2224	2244	
					25°C	120M(240M/2)	6805	6706	6624	6400	6432	
					25°C	60MHz=120M/2	3893	3839	3798	3678	3737	
					25°C	30MHz=120M/4	2638	2606	2585	2524	2585	
					25°C	15MHz=120M/8	1723	1705	1694	1657	1680	
					25°C	150M(300M/2)	8272	8150	8054	7779	7789	
					25°C	75MHz=150M/2	4665	4597	4542	4402	4455	
					25°C	64M(256M/4)	4061	4008	3963	3837	3890	
	25°C	32M(256M/8)	2721	2688	2665	2603	2664					
	程序在 FLASH 运行，开预取， FLASH_CFG=0XC1	1.32V	INTHF	25°C	16M	1390	1377	1367	1333	1370		
	程序在 FLASH 运行，开预取， FLASH_CFG=0XC7	1.32V	INTHF	25°C	16M	1086	1075	1065	1029	1059		
	程序在 FLASH 运行，开预取， FLASH_CFG=0X80	1.32V	INTHF	25°C	16M	1443	1427	1417	1383	1423		
程序在 FLASH 运行，开预取， FLASH_CFG=0X80	1.2V	INTHF	25°C	16M	1340	1323	1313	1280	1317			

7.7.2 程序运行在 SRAM 时的静态功耗特性

表 7-28 程序运行在 SRAM 时的静态功耗特性

运行模式	运行方式	外设工作条件	VDD	MR	温度	32KHz	16MHz	64MHz	120MHz	单位
RUN	程序在 SRAM 中运行	所有外设禁止	3.3V	1.32V	-40	239.7	1170.5	4435.2	8274.0	uA
				1.32V	25	235.4	1269.1	4503.2	8432.4	
				1.32V	125	573.5	1566.8	4835.5	8685.3	
				1.2V	-40	240.3	1171.2	4435.3	8273.5	
				1.2V	25	240.6	1240.8	4532.0	8445.6	
				1.2V	125	570.3	1565.6	4832.5	8685.4	
				1.08V	-40	228.1	1113.8	4180.2	7803.5	
				1.08V	25	258.9	1157.4	4242.3	7880.6	
1.08V	125	520.1	1465.8	4478.4	7834.5					

7.7.3 休眠功耗特性

表 7-29 休眠功耗特性

运行模式	运行方式	外设工作条件	MR	时钟源	SCLK 频率	温度	3.6V	3.3V	3V	2.0V	1.8V	单位
休眠	SLEEP	所有外设禁止	1.32V	INTHF	16M	-40	735.6	720.3	710.2	674.1	675.1	uA
						25	772.3	757.7	746.1	712.2	719.9	
						85	898.5	882.7	871.1	838.2	846.2	
						125	1296.7	1280.9	1269.2	1236.0	1239.5	
		所有外设禁止	1.2V	INTHF	16M	-40	673.1	658.1	647.8	608.1	607.8	
						25	702.7	687.8	676.9	642.8	648.9	
	LPSLEEP	所有外设禁止	1.08V	INTHF	16M	-40	644.2	624.4	612.2	572.1	570.0	
						25	663.4	647.8	636.1	594.9	601.0	
						85	757.2	740.8	728.6	693.4	691.2	
						125	1109.9	1092.8	1079.6	1043.1	1037.3	

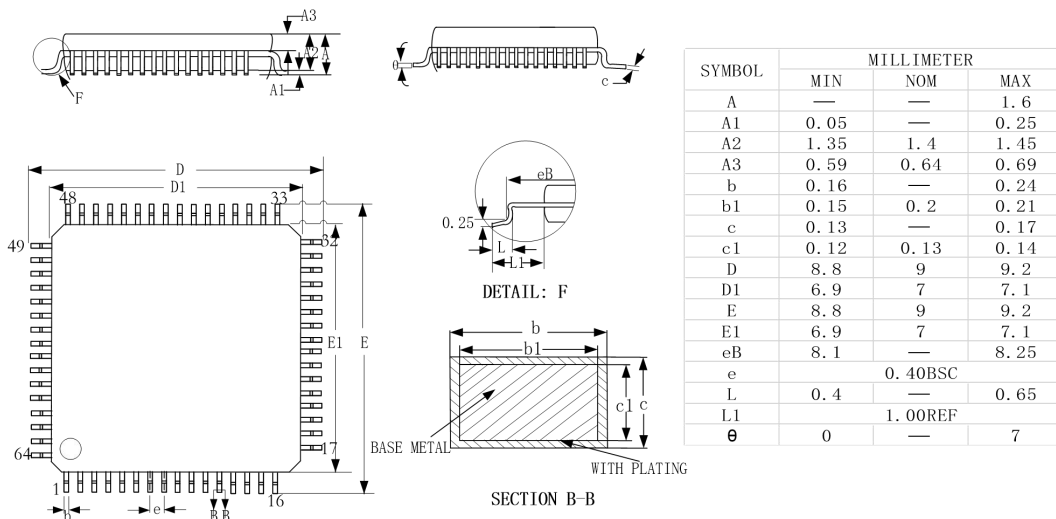
7.7.4 低功耗模式特性

表 7-30 低功耗模式特性

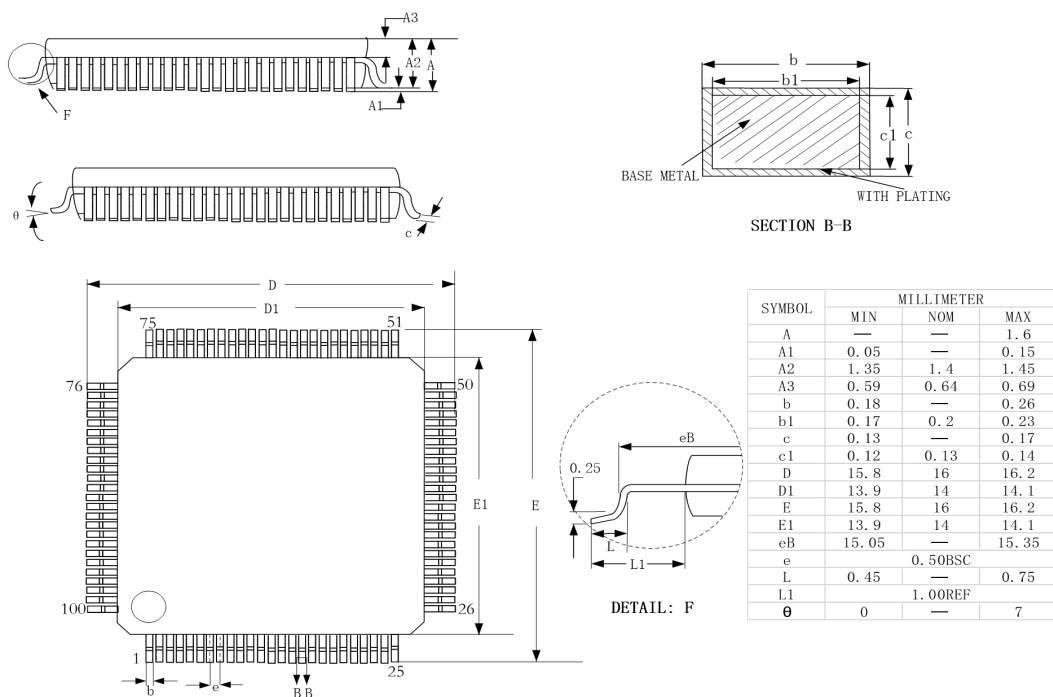
功耗模式	工作模块	VDD	PMCTL0	MR/LPR	VDD18	电流	单位
Shutdown	无	3.3V	8100 0804	关断	关断	0.2	uA
Shutdown	LSI	3.3V	A100 0804	关断	关断	0.5	
Standby	无	3.3V	8100 0803	关断	关断	1.2	
Standby	LSI	3.3V	A100 0803	关断	关断	1.5	
Standby	IWDT	3.3V	A120 0883	关断	关断	1.5	
Standby	DPRAM	3.3V	8110 0803	LPR	关断	1.7	
Stop1	无	3.3V	0100 0802	LPR	关断	4.9	
Stop1	LPRAM	3.3V	0108 0802	LPR	关断	6.8	
Stop0	无	3.3V	0100 0801	LPR	关断	42.3	

8 封装信息

8.1 LQFP64 封装



8.2 LQFP100 封装



9 RoHS 认证

本产品已通过 RoHS 检测。

10 声明及销售网络

销售及服务网点

上海 TEL:021-50275927

地址 上海浦东龙东大道 3000 号张江集电港 1 幢 906 号 B 座

11 版本更新记录

版本号	更新说明	页码	更新日期
V1.2	更新页眉及部分文字格式	-	20200221
V1.3	更新产品订购信息和外设资源对照表	6/8	20200330
V1.4	修改唤醒引脚下标	/	20200407
V2.0	更新第三章映射部分	/	20200504
V2.1	添加第三/四章节	/	20200615
	添加 2.3 在线编程小节	/	
	添加 5.6 CCP 引脚资源小节	/	
	更新关于 VBAT 的相关内容	/	
V2.2	添加 7.7 小节	/	20200703