



RN721X 用户手册

Date: 2014-02-17

Rev: 1.0

Date: 2014-09-15

Rev: 1.1

Date: 2015-05-08

Rev: 1.2

Date: 2015-7-31

Rev: 1.3

深圳市锐能微科技有限公司

版本说明:

1.0 版本: 2014-2-17 创建

1.1 版本: 2014-9-15 修改概述章节 1.2.9 章节, RN7211 不支持 RTC

1.2 版本: 2014-11-27 修改 11.4 章节, 添加 P100 ~ P103、P110 ~ P113 接口相关配置, RN7211 支持 RTC

1.3 版本: 2015-7-31:

增加计量章节的电压频率寄存器的详细描述;

更正 GPIO 章节 LCD 部分管脚的下拉描述;

更正计量章节的功率更新时间;

更正部分章节的笔误

目录

RN721X 用户手册	1
1 概述	8
1.1 简介.....	8
1.2 产品特点.....	8
1.2.1 基本特点.....	8
1.2.2 处理器相关.....	8
1.2.3 测量和计量.....	9
1.2.4 LCD (RN7213)	9
1.2.5 定时器.....	9
1.2.6 SAR ADC.....	9
1.2.7 RTC	9
1.2.8 其他外设.....	10
1.2.9 RN721x 型号	10
1.3 系统框图.....	11
1.4 管脚排列.....	12
2 电气特性	17
3 系统控制	19
3.1 电源管理.....	19
3.2 时钟源.....	19
3.3 时钟切换.....	20
3.4 SoC 的低功耗模式	20
3.5 复位.....	21
3.6 相关寄存器.....	21
系统 OSC 控制寄存器 1 OSC_CTL1(0x0)	22
系统模式设置寄存器 SYS_MODE(0x4)	23
系统掉电控制寄存器 SYS_PD(0x8)	23
ADC 控制寄存器 ADC_CTL(0xC)	24
系统 OSC 控制寄存器 2 OSC_CTL2(0x10)	24
系统复位寄存器 SYS_RST(0x14).....	25
地址映射控制寄存器 MAP_CTL(0x18).....	26
模块使能 0 寄存器 MOD0_EN(0x1C).....	26
模块使能 1 寄存器 MOD1_EN(0x20).....	27
INTC 使能寄存器 INTC_EN(0x24)	28
KBI 使能寄存器 KBI_EN(0x28)	29
系统控制密码寄存器 SYS_PS(0x30)	30
4 CPU 系统	30
4.1 概述.....	30

4.2	CORTEX-M0 处理器.....	31
4.3	存储映射.....	31
4.3.1	存储重映射.....	32
4.3.2	Bitband.....	33
4.3.3	SRAM.....	33
4.3.4	EEPROM.....	33
4.3.5	FLASH.....	33
4.4	中断分配.....	34
4.5	DMA.....	35
4.5.1	概述.....	35
4.5.2	DMA 通道分配.....	35
4.6	寄存器说明.....	36
	中断使能寄存器 DMA_IE (0x0).....	37
	通道状态寄存器 DMA_STA (0x4).....	37
	通道控制寄存器 DMA_COCTL 和 DMA_C1CTL (0x10、0x20).....	37
	通道源地址寄存器 DMA_C0SRC 和 DMA_C1SRC (0x14、0x24).....	38
	通道目的地址寄存器 DMA_C0DST 和 DMA_C1DST (0x18、0x28).....	38
	通道已传送长度寄存器 DMA_C0LEN 和 DMA_C1LEN (0x1C、0x2C).....	38
5	计量.....	38
5.1	主要特点.....	38
5.2	寄存器列表.....	39
	计量控制寄存器 EMUCON (0x00).....	41
	计量控制寄存器 2 EMUCON2 (0x04).....	42
	校表寄存器说明 (0x08H~0x70H).....	43
	计量状态寄存器 EMUStatus(0x158H).....	44
	计量状态寄存器 2 EMUStatus2(0x188H).....	45
	中断配置和允许寄存器 IE(0x18CH).....	46
	中断状态寄存器 IF(0x190H).....	47
	特殊命令.....	48
6	RTC.....	48
6.1	概述.....	48
6.2	特点.....	49
6.3	寄存器.....	49
	RTC 控制寄存器 RTC_CTL(0x00).....	50
	秒寄存器 RTC_SC(0x04).....	50
	分钟寄存器 RTC_MN(0x8).....	51
	小时寄存器 RTC_HR(0xC).....	51
	日期寄存器 RTC_DT(0x10).....	51
	月份寄存器 RTC_MO(0x14).....	51
	年份寄存器 RTC_YR(0x18).....	51
	星期寄存器 RTC_DW(0x1C).....	51
	RTC 定时寄存器 1RTC_CNT1(0x20).....	52
	RTC 定时寄存器 2RTC_CNT2(0x24).....	52

	秒闹钟寄存器 RTC_SCA(0x28).....	52
	分钟闹钟寄存器 RTC_MNA(0x2C).....	52
	小时闹钟寄存器 RTC_HRA(0x30).....	52
	RTC 中断使能寄存器 RTC_IE(0x34).....	53
	RTC 中断标志寄存器 RTC_IF(0x38).....	53
	当前温度寄存器 RTC_TEMP(0x3C).....	54
	RTC DMA 使能寄存器 RTC_DMAEN(0xC0).....	54
7	WDT.....	55
7.1	概述.....	55
7.2	看门狗定时器的配置.....	56
7.3	寄存器说明.....	56
	WDT_EN (0x0)	57
8	LCD.....	57
8.1	概述.....	57
8.1.1	扫描时钟频率.....	57
8.1.2	闪烁模式.....	58
8.1.3	LCD 驱动波形.....	58
8.1.4	LCD 偏置电压.....	63
8.1.5	LCD 帧缓冲映射.....	63
8.2	寄存器.....	64
	LCD 控制寄存器 LCD_CTL (0x0)	64
	LCD 状态寄存器 LCD_STATUS (0x4)	65
	LCD 时钟控制寄存器 LCD_CLKDIV (0x8)	65
	LCD 闪烁控制寄存器 LCD_BLINK (0xC)	66
	LCD 电荷泵建立时间寄存器 LCD_PUMP (0x10)	66
	LCD 数据寄存器 LCD_BUFx (x=0~31) (地址 0x20- 0x3F)	66
9	定时器.....	66
9.1	概述.....	67
9.2	寄存器描述.....	68
	当前计数值寄存器 TC_CNT (0x00)	68
	预分频寄存器 TC_PS (0x04)	68
	目标计数值寄存器 TC_DN (0x0C)	68
	捕获比较通道 0 数据寄存器 TC_CCD0 (0x014)	68
	捕获比较通道 1 数据寄存器 TC_CCD1(0x018).....	68
	时钟配置寄存器 TC_CCFG (0x01C)	69
	控制寄存器 TC_CTRL (0x020)	70
	捕获比较通道 0/1 模式寄存器 TC_CM0/1 (0x024 和 0x028)	71
	中断使能寄存器 TC_IE (0x2C)	71
	状态寄存器 TC_STA (0x30)	72
9.3	典型应用.....	72
9.3.1	自动运行模式, 定时功能.....	72
9.3.2	输入捕获模式, 脉宽测量功能.....	73

9.3.3	比较输出模式，方波输出功能	73
9.3.4	比较输出模式，PWM 输出功能	74
9.3.5	从模式，外部清零功能	75
10	模拟外设.....	76
10.1	特点.....	76
10.2	寄存器.....	76
	ADC 控制寄存器 地址 0x4002C000+ 0x700.....	77
	SAR-ADC 启动寄存器 地址 0x4002C000+ 0x4.....	78
	SAR-ADC 状态寄存器 地址 0x4002C000+ 0x8.....	78
	ADC DAT 寄存器 地址 0x4002C000+ 0xC	78
	LVD 控制寄存器 地址 0x4002C000+ 0x10	78
	LVD 状态寄存器 地址 0x4002C000+ 0x14	79
11	GPIO	80
11.1	概述.....	80
11.2	PA 口.....	81
	PA 口模式寄存器：PMA 地址 0x50000000+0x00H.....	81
	PA 口数据寄存器：PA 地址：0x50000000+0x04H.....	82
	PA 口复用寄存器 0：PCA0 地址 0x50000000+0x08H	82
	PA 口复用寄存器 1：PCA1 地址 0x50000000+0x0CH.....	83
	PA 口上拉选择寄存器：PUA 地址 0x50000000+0x10H	84
	PA 口输入模式配置：PIMA 地址 0x50000000+0x14H	85
	PA 口输入使能：PIEA 地址：0x50000000+0x18H.....	85
11.3	PB 口.....	86
	PB 口模式寄存器（输入或者输出）：PMB 地址 0x50000000+0x1CH	86
	PB 口复用寄存器：PCB 地址 0x50000000+0x24H	87
	PUB 口下拉选择寄存器：PUB 地址 0x50000000+0x28H	87
	PB 口输入模式配置：PIMB 地址 0x50000000+0x2CH.....	88
	PB 口输入使能：PIEB 地址：0x50000000+0x30H	88
11.4	PC 口.....	88
	PC 口模式寄存器：PMC 地址：0x50000000+0x34H.....	88
	PC 口数据寄存器：PC 地址：0x50000000+0x38H.....	89
	PC 口复用寄存器：PCC 地址 0x50000000+0x3CH.....	89
	PUC 口上下拉选择寄存器：PUC 地址 0x50000000+0x40H	90
	PC 口输入使能：PIEC 地址：0x50000000+0x44H	90
11.5	COM 端口.....	91
11.6	SEGC0M 端口.....	91
11.7	置位及清零寄存器.....	91
12	外部中断控制器.....	92
12.1	概述.....	92
12.2	寄存器描述.....	92
13	KBI.....	94

13.1	特性.....	94
13.2	寄存器说明.....	94
14	UART	95
14.1	概述.....	95
14.2	寄存器.....	95
15	ISO7816.....	98
15.1	概述.....	98
15.2	寄存器.....	98
16	IIC 接口.....	107
16.1	概述.....	107
16.2	寄存器.....	107
17	SPI 接口	110
17.1	概述.....	110
17.2	功能描述.....	110
17.3	寄存器.....	111
18	选项字节.....	113
18.1	芯片保护设置.....	114
18.2	WDT 设置.....	114
18.3	RTC 设置.....	115
19	编程支持.....	116
19.1	概述.....	116
19.2	FLASH/EEPROM 保护机制.....	116
19.3	在系统编程 (ISP)	116
19.3.1	ISP 通讯协议.....	117
19.3.2	使用的 SoC 资源.....	117
19.3.3	ISP 命令.....	118
19.3.4	ISP 返回代码.....	123
19.4	在应用编程 (IAP)	124
19.4.1	IAP 命令.....	124
19.4.2	IAP 使用.....	125
19.5	量产平台.....	125
20	封装尺寸.....	125

1 概述

1.1 简介

RN721X 是一款高集成度、高精度、高可靠性、低功耗电测 SOC 芯片，集成 32 位 ARM Cortex-M0 核、3 路 Σ - Δ ADC、测量计量模块、多路复用 SAR ADC、LCD (RN7213)、定时器和多路 PWM、温度传感器、硬件温补 RTC、EEPROM、UART/SPI/I2C/7816 通信、GPIO、中断等模块，满足多种类型智能电测仪表的功能、性能要求。

RN721X 可以实现灵活的单相防窃电能表方案，其宽动态范围能满足锰铜大量程表的设计。

RN721X 适用多种单相参数表、三相电流电压表、直流表等设计。

RN721X 可以和锐能微三相计量芯片 RN7302 组成高性价比套片，满足三相多功能表、复费率表、谐波表、剩余电流火警探测器等设计。

RN721X 分两个型号：RN7211 LQFP64 小封装，适用 LED 显示表型；RN7213 LQFP100 封装，适用 LCD 显示表型。

1.2 产品特点

1.2.1 基本特点

- 高集成：集成 32 位 ARM Cortex-M0 核、3 路 Σ - Δ ADC、多路复用 SAR ADC、测量计量模块、LCD、定时器和多路 PWM、硬件温补 RTC、EEPROM、外设等
- 宽电压：保证测量精度的电压范围为 2.8V~5.5V
CPU 小系统可运行的典型电压范围为 2.2V~5.5V
GPIO 支持与不同工作电压器件的对接
- 高性能：CPU 最高工作频率可达 29.4912MHz
- 高精度：在 5000:1 动态范围内有功误差小于 0.1%；
计量参考基准温度系数典型值为 5ppm/°C，最大 15ppm/°C
RTC 在 -25°C ~70°C 内秒脉冲误差小于 ± 5 ppm，最小校正刻度为 0.068ppm
- 低功耗：系统主时钟为 3.6864MHz 典型功耗约为 3.5mA
系统主时钟为 32KHz 下功耗约为 18 μ A
睡眠模式下芯片整体功耗约为 10 μ A
- 两种封装形式：LQFP64 适用 LED 显示表型；LQFP100 适用 LCD 显示表型

1.2.2 处理器相关

- ARM Cortex-M0 内核
- 最高运行频率可达 29.4812Mhz
- 128Kbytes FLASH 存储器，擦写次数 10 万次，数据保持时间大于 20 年
- 16Kbytes SRAM
- 32KbytesEEPROM，擦写次数 100 万次，支持 byte 操作，数据保持时间大于 20 年；
- 单 cycle 乘法器 (32bit*32bit)
- CM0 内嵌系统定时器
- 2 个 DMA 控制器
- 硬件看门狗

- 支持外部中断等多种唤醒方式
- 提供完善的集成开发软硬件环境

1.2.3 测量和计量

- 3 路 Σ - Δ ADC 及其瞬时采样值
- 参考电压温度系数典型值为 5ppm/ $^{\circ}$ C，最大 15ppm/ $^{\circ}$ C
- 提供 3 路有效值，在 2000:1 动态范围内误差小于 0.2%，更新速率 73ms
- 提供 2 路有功功率、无功功率、视在功率，在 2000:1 动态范围内误差小于 0.1%，更新速率 73ms
- 提供 2 路瞬时有功功率，瞬时无功功率，更新速率是 7.2KHz
- 提供 2 路有功电能、无功电能、视在电能计量，在 5000:1 动态范围内有功计量误差小于 0.1%
- 提供 1 路用户自定义功率积分通道
- 提供 2 路功率因数测量，测量误差<0.2%
- 提供电压线频率测量，测量误差<0.02%
- 提供 2 路电流通道和电压通道夹角值
- 提供 3 路峰值检测功能
- 提供电压跌落功能
- 提供采样通道增益、相位校正及功率、有效值、直流 offset 校正功能
- 提供用于直流 offset 校正的 AUTODC 功能

1.2.4 LCD (RN7213)

- 支持 4*34、6*32、8*30
- 支持 DMA 自动轮显，不需要启动 CPU
- Charge pump 提供 LCD 电压，支持宽电压、全温度范围清晰显示
- 自动轮显功耗优于 20 μ A

1.2.5 定时器

- 2 个 32bit 扩展定时器，具有间隔定时方波、输出外部/内部事件计数、单脉冲输出、4 路 PWM 输出、脉宽测量功能
- 2 个 RTC 定时器
- 1 个 CM0 内嵌系统定时器

1.2.6 SAR ADC

- 10bit SAR ADC，温度传感器和最多 5 路引脚输入分时复用

1.2.7 RTC

- 硬件自动温补，满足国家标准的精度和功耗要求
- 温度传感器：提供准确的温度值，-25 $^{\circ}$ C~70 $^{\circ}$ C 范围内测温精度为 $\pm 3^{\circ}$ C (RN7211)， $\pm 1^{\circ}$ C (RN7213)
- 功耗优于 2 μ A


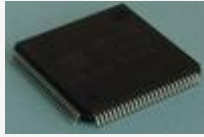
1.2.8 其他外设

- 高速 GPIO: 支持与不同电压外设器件的接口
- 按键中断: 最多 8 个, 管脚复用
- 外部中断: 最多 7 个, 管脚复用
- UART: 5 路, 支持自动波特率, 支持红外调制, 支持 UART 唤醒
- I2C: 1 路
- SPI: 1 路
- 7816: 最大支持 2 路
- 电压检测 LVD: 检测芯片电源电压; 检测外部电压
- 两个比较器 CMP1 和 CMP2: 检测外部电压, 其中 CMP2 功耗低于 1 μ A, 支持停电下的低功耗电源监测

1.2.9 RN721x 型号

表 1-1 RN7211 和 RN7213 资源对比表

电测表 SOC 系列	RN7211	RN7213
FLASH	128KBytes	128KBytes
EEPROM	32KBytes	32KBytes
RAM	16KBytes	16KBytes
Σ - Δ ADC	3 路	3 路
SAR ADC	1 路	5 路复用
测量	3 路有效值, 2 路有功功率、无功功率、视在功率、功率因数, 电压线频率; 75ms 刷新速率	3 路有效值, 2 路有功功率、无功功率、视在功率、功率因数等, 电压线频率; 75ms 刷新速率
计量	2 路有功电能、无功电能、视在电能	2 路有功电能、无功电能、视在电能
LCD	无	有, 4*34、6*32、8*30
DMA	2 个	2 个
RTC	有	有
温度传感器	无	1 个
定时器	5 个	5 个
PWM	4 路	4 路
GPIO	45 个	64 个
KEY 中断	7 个	8 个
INT 中断	7 个	6 个
UART	5 路	5 路
硬件 SPI	1 路	1 路
I2C	1 路	1 路
7816	2 路	1 路
模拟比较器	无	2 路
封装	LQFP64,7*7	LQFP100,14*14

LQFP64L (0707×1.4)	
LQFP100L (1414×1.4)	

具体封装尺寸详见第 19 章封装尺寸图。

1.3 系统框图

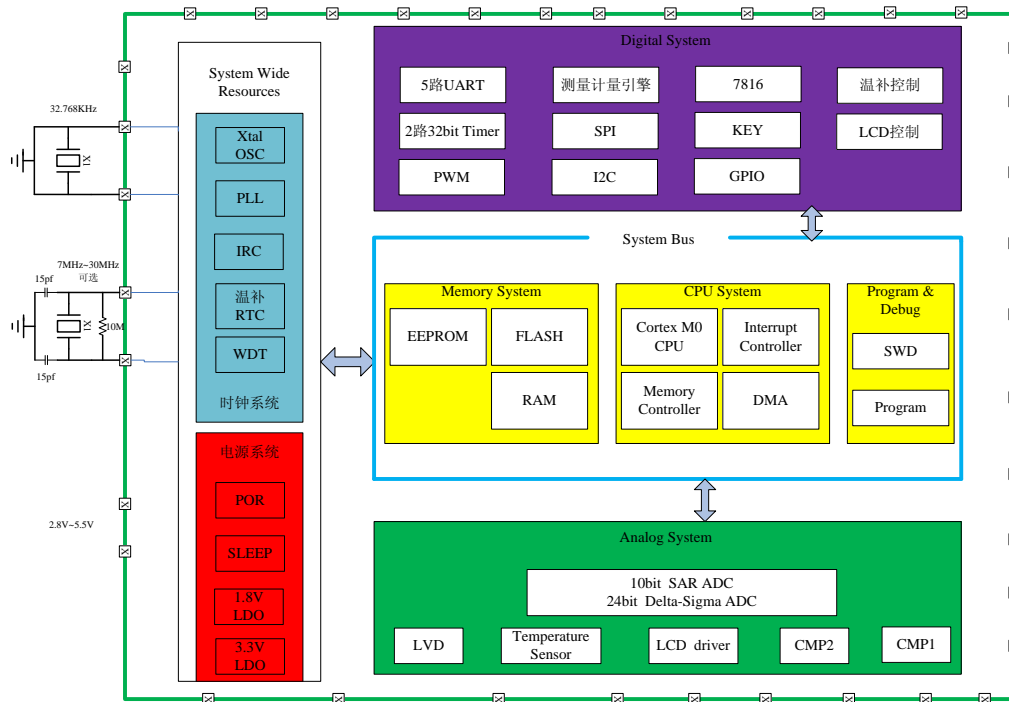
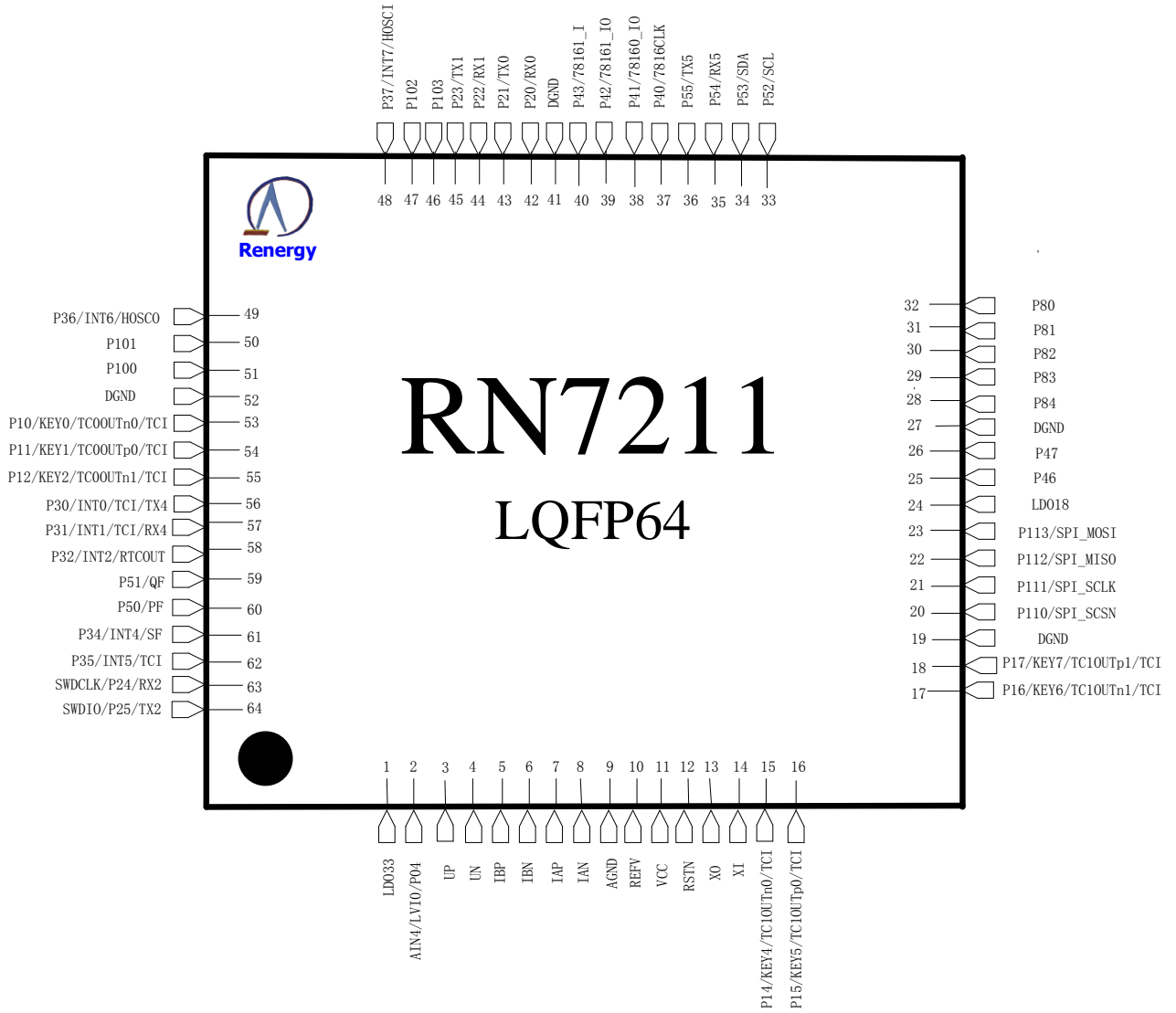


图 1.1 RN721X 系统框图

1.4 管脚排列



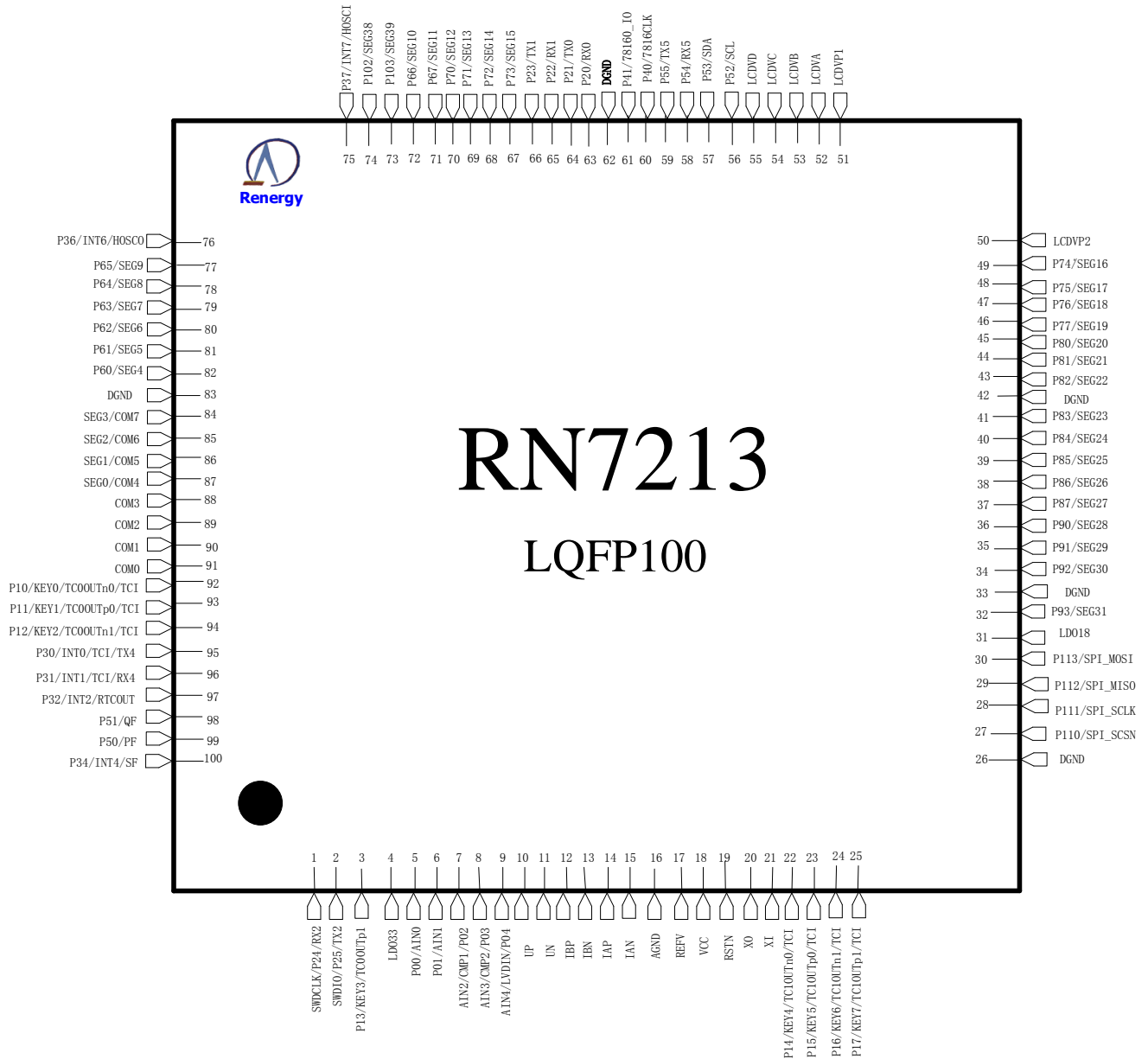


图 1.2 RN721X 管脚排列图

引脚类型说明:

类型	模拟 A	双向 B	输入 I	输出 O	上拉 U	下拉 D	施密特 S	TTL/CMOS L	OpenDrain D	晶振 X	SEG G	COM M	驱动
PBUS6		√			√		√						6mA
PBULD3		√			√			√	√				3mA
PABUS3	√	√					√						3mA
PUXI			√							√			
PBUSG3		√				√	√				√		3mA
PAM	√											√	
PAGM	√										√	√	

引脚说明:

7213	7211	标识	管脚类型	功能描述
1	63	SWDCLK/ P24/RX2	PBULD3	SWD 时钟、UART2 输入、P24 复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
2	64	SWDIO/ P25/TX2	PBULD3	SWD 数据口、UART2 输出、P25 复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
3		P13/KEY3/TC1OUTp1	PBULD3	IO 口、KEY 输入、定时器输出复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
4	1	LDO33	LDO 输出	3.3V 计量 LDO 输出，给 Σ - Δ ADC 供电； 外部并接 0.1uF 和 10uF 电容；
5		P00/AIN0	PABUS3	P00 口、SAR-ADC 输入复用引脚
6		P01/AIN1	PABUS3	P01 口、SAR-ADC 输入复用引脚
7		AIN2/CMP1/P02	PABUS3	SAR-ADC 输入、比较器 1 输入、P02 复用；
8		AIN3/CMP2/P03	PABUS3	SAR-ADC 输入、低功耗比较器 2 输入、 P03 复用；
9	2	AIN4/LVDIN/P04	PABUS3	SAR-ADC 输入、LVDIN 输入、P04 复用；
10	3	UP	模拟输入	电压通道的正模拟输入引脚
11	4	UN	模拟输入	电压通道的负模拟输入引脚
12	5	IBP	模拟输入	电流通道 B 的正模拟输入引脚
13	6	IBN	模拟输入	电流通道 B 的负模拟输入引脚
14	7	IAP	模拟输入	电流通道 A 的正模拟输入引脚，最大 16 倍增益。PGA=1 时，最大输入信号为 $\pm 1V$ (差分后信号)；
15	8	IAN	模拟输入	电流通道 A 的负模拟输入引脚。
16	9	AGND	地	模拟地
17	10	REFV	参考电压	Σ - Δ ADC 的参考输入，外部应并接 0.1uF 和 10uF 电容
18	11	VCC	电源	2.8V~5.5V 电源输入，应外接 10uF 电容并 联 0.1uF 电容去耦。
19	12	RSTN	复位	低电平复位电路，内部有上拉电阻；
20	13	XO	时钟	32.768KHz 无源晶振输出和输入。
21	14	XI	时钟	不需要外接电阻和电容，需要用地线将之 隔离。
22	15	P14/KEY4/TC1OUTn0/TCI	PBULD3	IO 口、KEY 输入、定时器输出、定时器输 入复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开 路可选。
23	16	P15/KEY5/TC1OUTp0/TCI	PBULD3	
24	17	P16/KEY6/TC1OUTn1/TCI	PBULD3	
25	18	P17/KEY7/TC1OUTp1/TCI	PBULD3	
26	19	DGND	地	数字地
27	20	P110/SPI-SCSN	PBULD3	P11 口与 SPI 复用；
28	21	P111/SPI-SCLK	PBULD3	P11 口的 SPI 与 P4 口的 SPI 不能同时使用；

29	22	P112/SPI-MISO	PBULD3	上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
30	23	P113/SPI-MOSI	PBULD3	
31	24	LDO18	LDO	1.8V LDO 的输出，应外接 10uf 电容并联 0.1uf 电容去耦；
	25	P46/SPI_MISO	PBULD3	P4 口与 SPI 复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
	26	P47/SPI_MOSI	PBULD3	
32		P93/SEG31	PBUSG3	LCD/GPIO 复用，选择为 GPIO 时为 open drain 结构，外部需加上拉电阻，下同。
33	27	DGND	地	数字地
34		P92/SEG30	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
35		P91/SEG29	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
36		P90/SEG28	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
37		P87/SEG27	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
38		P86/SEG26	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
39		P85/SEG25	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
40	28	P84/SEG24	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
41	29	P83/SEG23	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
42		DGND	地	数字地
43	30	P82/SEG22	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
44	31	P81/SEG21	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
45	32	P80/SEG20	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
46		P77/SEG19	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
47		P76/SEG18	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
48		P75/SEG17	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
49		P74/SEG16	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
50		LCDVP2	模拟	模拟输出，LCDVP2 和 LCDVP1 之间应该连接一个 100nF 的电容。
51		LVDVP1	模拟	模拟输出，LCDVP2 和 LCDVP1 之间应该连接一个 100nF 的电容。
52		LCDVA	模拟	LCD 电压输出，需要外接 470nF 电容
53		LCDVB	模拟	LCD 电压输出，需要外接 470nF 电容
54		LCDVC	模拟	LCD 电压输出，需要外接 470nF 电容
55		LCDVD	模拟	LCD 电压输出，需要外接 470nF 电容
56	33	P52/SCL	PBULD3	P5 口与 I2C 复用。
57	34	P53/SDA	PBULD3	上拉电阻可选、TTL/CMOS 输入可选、漏极开路可选；
58	35	P54/ RX5	PBULD3	P54 与 UART5 输入复用
59	36	P55/ TX5	PBULD3	P55 与 UART5 输出复用
60	37	P40/7816CLK	PBULD3	IO 口与 7816 复用的管脚。 上拉电阻可选、TTL/CMOS 输入可选、漏极开路可选； 备注：支持两个 7816 接口。
61	38	P41/78160_IO	PBULD3	
	39	P42/78161_IO	PBULD3	
	40	P43/78161_I/TCI	PBULD3	

				78160_IO 是 7816 0 的双向数据口； 78161_IO 是 7816 1 的双向数据口； 另外，7816 1 有寄存器可配置为： 78161_IO 作为 7816 1 的数据输出； 78161_I 作为 7816 1 的数据输入。
62	41	DGND	地	数字地
63	42	P20/RX0	PBULD3	P2 口与 UART0 和 UART1 复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
64	43	P21/TX0	PBULD3	
65	44	P22/RX1	PBULD3	
66	45	P23/TX1	PBULD3	
67		P73/SEG15	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
68		P72/SEG14	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
69		P71/SEG13	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
70		P70/SEG12	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
71		P67/SEG11	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
72		P66/SEG10	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
73	46	P103/SEG39	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
74	47	P102/SEG38	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
75	48	P37/INT7/HOSCI	PUXI	P3 口/中断口/高频晶体复用 高频晶体端口外部应串接一个 10M 欧的电阻，并联两个 15pf 的电容。
76	49	P36/INT6/HOSCO	PUXI	
	50	P101	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
	51	P100	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
77		P65/SEG9	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
78		P64/SEG8	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
79		P63/SEG7	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
80		P62/SEG6	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
81		P61/SEG5	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
82		P60/SEG4	PBUSG3	LCD/GPIO 复用
83	52	DGND	地	数字地
84		SEG3/COM7	PAM	SEG 与 COM 复用的端口
85		SEG2/COM6	PAM	SEG 与 COM 复用的端口
86		SEG1/COM5	PAM	SEG 与 COM 复用的端口
87		SEG0/COM4	PAM	SEG 与 COM 复用的端口
88		COM3	PAM	COM 端口
89		COM2	PAM	COM 端口
90		COM1	PAM	COM 端口
91		COM0	PAM	COM 端口
92	53	P10/KEY0/TC0OUTn0/TCI	PBULD3	IO 口、KEY 输入、定时器输入输出复用； 上拉可选、TTL/CMOS 电平可选、漏极开路可选。
93	54	P11/KEY1/TC0OUTp0/TCI	PBULD3	
94	55	P12/KEY2/TC0OUTn1/TCI	PBULD3	
95	56	P30/INT0/TCI/TX4	PBUS6	IO 口、外部中断输入、定时器输入、TX4 复用；

				上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力。
96	57	P31/ INT1/TCl/RX4	PBUS6	IO 口、外部中断输入、定时器输入、RX4 复用； 上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力。
97	58	P32/ INT2/ RTCOUT	PBUS6	IO 口、外部中断输入、RTC 脉冲输出复用； 上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力。
98	59	P51/QF	PBUS6	P51 口、无功脉冲输出复用； 上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力
99	60	P50/PF	PBUS6	P50 口、有功脉冲输出复用； 上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力
100	61	P34/INT4/SF	PBUS6	P34 与外部中断、视在脉冲 SF 复用；
	62	P35/ INT5/ TCI	PBUS6	P35 与外部中断、定时器输入复用； 上拉可选、施密特输入、6mA 驱动能力。

RN721X 关键管脚说明：

1. LDO33 是 3.3V LDO 的输出，给 Σ - Δ ADC 提供电源；外部应并接 0.1uf 和 10uf 电容，不用测量和计量功能时可悬空。
2. UP、UN、IBP、IBN、IAP、IAN 采用计量芯片常规接法；选择 PGA=1，单端输入满量程是 $\pm 500\text{mV}$ ，差分输入时满量程是 $\pm 1\text{V}$
3. AGND 是模拟地，DGND 是数字地；实际使用时可根据经验合理布局。
4. REFV 是计量 ADC 的参考输入，外部应并接 0.1uf 和 10uf 电容，不用测量和计量功能时可悬空。
5. VCC 是主电输入，正常工作范围 2.8V~5.5V，应外接 10uf 电容并联 0.1uf 电容去耦；
6. XO 和 XI 之间跨接 32.768KHz 晶体，最好用地线将之隔离，不需外接电阻和电容；RN7213 使用 LCD 功能时，必须外接 32.768KHz 晶体。
7. LDO18 是 1.8V LDO 的输出，给芯片 1.8V 数字域供电，应外接 10uf 电容并联 0.1uf 电容去耦；
8. LCDVD、LCDVC、LCDVB、LCDVA 是 LCD 电压输出，每个管脚都应外接 470nf 电容；
9. LCDVP1 和 LCDVP2 之间应连接一个 100nf 的电容；
10. LCD 与 GPIO 复用 PIN 在选择为 GPIO 时为 open drain 结构，需外加上拉电阻，RN7213 如果 LCD 选择为 3.3V 则不可用，只有当 LCD 选择为 5V 时才能选择为 GPIO 功能；RN7211 无此限制。

2 电气特性

测量参数 (VCC=3V~5.5V, 室温)						
测量项目	符号	最小	典型	最大	单位	测试条件和注释
有效值测量误差	Err			$\pm 0.2\%$		常温2000:1的动态范围
功率测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温2000:1的动态范围
有功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温5000:1的动态范围
无功电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温5000:1的动态范围
视在电能测量误差	Err			$\pm 0.1\%$		常温5000:1的动态范围
测量带宽	BW		7		kHz	
频率测量误差	Err			0.02%		
频率测量范围		40		70	Hz	
电能脉冲输出 最大频率	Hz			20KHz		

占空比 高电平脉宽	% ms		50% 84ms			当脉宽低于 84ms 时
Sigma-Delta ADC性能						
最大信号电平	V _{xn}			±1000	mV	PGA=1, 差分信号
ADC 失调误差	DC _{off}		1		mV	
-3dB 带宽	B _{-3dB}		7		kHz	
基准电压 (VCC=3V~5.5V, 温度范围: -40°C~+85°C)						
输出电压	V _{ref}	1.25	1.26	1.27	V	
温度系数	T _c		5	15	ppm/°C	
模拟外设						
SAR ADC 输入范围	SAR-I N	0		LBGR	V	LBGR 为内部低功耗基准, 典型值为 1.25V
SAR ADC 采样率			1		KHz	系统时钟 Mhz
低功耗比较器 CMP2 阈值	CMP2	1.1	1.22	1.35	V	该阈值为 CMP2 输出低电平比较结果阈值; 输出高电平比较结果阈值比该阈值高 200mv。
LCD 输出电压	LCDV D	4.85	5.05	5.25	V	全温度范围测试
LBGR 电压	LBGR	1.22	1.27	1.32	V	全温度范围测试
时钟参数						
输入低频时钟频率范围	XI		32.768		KHz	
输入高频时钟频率范围	HOSI	3.6864	7.3728	29.4912	Mhz	
内部PLL时钟频率范围	PLL			7.3728	MHz	fosc=32.768Khz
内部高频RC	RCH	1.4	1.6	1.8	MHz	用于芯片复位后默认时钟
内部低频RC	RCL	20	30	40	KHz	用于WDT时钟
电源						
主电源	VCC	2.8	5/3.3	5.5	V	
cpu 最低工作电压	Vil	2.1	2.2	2.35	V	常温
	Vil	2	2.15	2.3	V	低温-40度
	Vil	2.2	2.3	2.45	V	高温 85度
模拟电流	AIDD		2		mA	三路ADC均开启
数字电流	DIDD		1.5		mA	CPU运行在 3.6864MHz, 计量开启
休眠功耗	SIDD		10		μA	RTC自动温补; RAM保持; CPU及数字外设不掉电; WDT开启; 电源监测开启; 中断唤醒
LDO33	V33	3.2	3.3	3.4	V	
LDO18	V1P8	1.62	1.8	1.98	V	

极限参数						
主电电压	V _{VCC}	-0.3	--	+7	V	
DV _{DD} to DGND		-0.3	--	+7	V	
DV _{DD} to AV _{DD}		-0.3		+0.3	V	
V1P,V1N,V2P,V2N,V3P,V3N		-6		+6	V	
数字IO输出高电平	VOH		--	DV _{DD} +0.3	V	
数字IO输出低电平	VOL	-0.3	--		V	
数字IO输入高电平	VIH		0.7VCC			CMOS
数字IO输入低电平	VIL		0.3VCC			CMOS
数字IO输入高电平	VIH		0.4VCC			TTL
数字IO输入低电平	VIL		0.2VCC			TTL
数字IO的I _{source}	I _{source}	5		10	mA	6mA类型
数字IO的I _{sink}	I _{sink}	7		15	mA	6mA类型
数字IO的I _{source}	I _{source}	3		5	mA	3mA类型
数字IO的I _{sink}	I _{sink}	5		10	mA	3mA类型
模拟输入电压相对于AGND	V _{INA}	-0.3	--	AV _{DD} +0.3	V	
工作温度范围	T _A	-40	--	85	°C	
存储温度范围	T _{stg}	-65	--	150	°C	

3 系统控制

3.1 电源管理

主电源电压范围为 2.7V~5.5V，保证测量精度的电源电压范围为 2.8V~5.5V，CPU 小系统可运行的典型电压范围为 2.2V~5.5V。GPIO 支持与不同工作电压器件的对接。

内置 3.3V 和 1.8V LDO。其中 3.3V LDO 给 3 路 Σ - Δ ADC 供电，用户若不使用测量计量功能，系统掉电控制寄存器 SYS_PD 可不使能 3.3V LDO，且 LDO33 引脚不接外围 10 μ F 和 0.1 μ F 去耦电容。1.8V LDO 给数字电路供电，LDO18 引脚需接 10 μ F 和 0.1 μ F 去耦电容。

内置电源监控电路，对主电源和内置 LDO 电源进行监测，保证芯片上下电可靠工作。

3.2 时钟源

- 外部时钟源有两个：
 - 32.768KHz 晶振，用于 RTC 时钟和低频工作下 CPU 时钟，永不关断；
 - 外部晶振，支持 3.6864Mhz 及 *2/*4/*8 四种频率，可用于 CPU 主系统时钟；
- 内部时钟源有三个：
 - 1.6MHz RC 用于芯片上电复位后 CPU 的时钟，上电复位后 CPU 的时钟默认是 IRC。
 - 32KHz RC 时钟，用于 WDT 时钟。
 - 32.768KHz 晶振+内置 PLL 7.3728MHZ 输出，用于系统主时钟，CPU 通过指令从低频时钟切换到高频时钟。

3.3 时钟切换

包含有如下切换：

1. 第一次上电复位后默认为 IRC；
2. 高频模式与 IRC 切换，由 CPU 指令完成；
3. 高频模式与 LOSC 切换，由 CPU 指令完成。
4. LOSC 与 IRC 切换，由 CPU 指令完成。

时钟切换请调用锐能微提供的库函数完成。

锐能微时钟切换库函数首先完成 FLASH 和 EEPROM 参数的配置，然后运行模式切换命令。

如果选择外部高频晶振 HOSC 作为系统主时钟，在调用库函数前需要配置 OSC_CTL2 寄存器。

如果选择 PLL 作为系统主时钟，并且为第一次上电，需要等待 32KHz 晶振起振后（起振时间约为 1.5 秒）再调用库函数进行时钟切换。

3.4 Soc 的低功耗模式

M0 有两种低功耗模式：

Sleep 和 DeepSleep。对于 RN721x 而言，两者的区别仅在于 DeepSleep 时部分模块时钟会自动关闭，建议用户仅使用 Sleep，不使用 DeepSleep。模块时钟采用软件关闭，不使用 DeepSleep 自动关闭功能。

除了 M0 本身的低功耗模式，SOC 提供了灵活的机制实现用户不同功耗模式的需求：

1. 提供高频时钟模式 HCM、内部 RC 模式 RCM、低频时钟模式 LCM，CPU 可通过指令在这三种模式之间任意切换；
2. CPU、外设的时钟或者电源均可关断；
3. 用户可根据 SOC 提供的如上机制灵活的实现自己需要的低功耗模式。

主要模块上电后的默认状态：

主要模块	默认工作状态
1.8V 电压域	
M0 内核	开启，可关时钟，永不掉电
中断系统	开启，可关时钟，永不掉电
SRAM	开启，可关时钟，永不掉电
ROM	开启，可关时钟，永不掉电
FLASH	开启，CPU 休眠后可自动关电
EEPROM	开启，CPU 休眠后需要调用锐能微库函数掉电；
RTC	开启，万年历不可关断，没有复位
EMM（正常计量）	关闭，可关时钟，永不掉电
其他外设	关闭，可关时钟，永不掉电
5V 电压域	
计量 ADC	关闭，可关电源
计量 ref	关闭，可关电源

3.3V LDO	关闭, 可关电源
1.8V LDO	开启, 不可关断
RC	开启, 可关电源
比较器 CMP2	关闭, 可关电源
LCD	关闭, 可关电源
温度 ADC	定时开启
LVD	关闭, 可关电源
比较器 CMP1	关闭, 可关电源
电源复位系统	一直开启
PLL	关闭, 可关电源
HOSC	关闭, 可关电源
LOSC	一直开启

4. 默认关闭的模块在三种时钟下都可以选择开启或者关闭。
5. 在最低功耗模式 (CPU 休眠、SRAM 及数字外设不掉电、RTC 运行、主电监测开启) 功耗约为 8uA 左右;

3.5 复位

复位源:

1. 外部 PIN 复位, 全局复位;
2. 上电及掉电复位, 全局复位;
3. 模式切换复位, 仅复位部分模块 (计量);
4. 软件复位, 全局复位;
5. 看门狗复位, 全局复位;

3.6 相关寄存器

系统控制模块的基址:

模块名	物理地址	映射地址
SYSC	0x40034000	0x40034000
寄存器名	地址偏移量	描述
OSC_CTL1	0x0	系统 OSC 控制寄存器 1
SYS_MODE	0x4	系统模式切换寄存器
SYS_PD	0x8	系统掉电控制寄存器
ADC_CTL	0xC	ADC 控制寄存器
OSC_CTL2	0x10	系统 OSC 控制寄存器 2
SYS_RST	0x14	系统复位寄存器
MAP_CTL	0x18	地址映射控制寄存器
MOD0_EN	0x1C	模块使能 0 寄存器
MOD1_EN	0x20	模块使能 1 寄存器
INTC_EN	0x24	INTC 使能寄存器
KBI_EN	0x28	KBI 使能寄存器
---	0x2C	保留
SYS_PS	0x30	系统控制寄存器密码保护位, 写为

0x82, 0x00~0x28 寄存器可写

系统 OSC 控制寄存器 1 OSC_CTL1(0x0)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:16	保留	保留	R	0
15:11	CLOCK_FLAG	系统时钟开启标志位：如果时钟是开启了，则此位为 1： { HOSC,RCL,RCH,PLL, LOSC }	R	01101
10:8	SYSCLK_STAT	系统主时钟频率指示： 000：当前系统主时钟为 7.3728MHz； 001：当前系统主时钟为 3.6864MHz； 010：当前系统主时钟为 1.8432MHz； 011：当前系统主时钟为 32.768KHz； 100：当前系统主时钟为 14.7456Mhz；（只支持外部晶振） 101：当前系统主时钟为 29.4912Mhz；（只支持外部晶振）	R	010
7	PLL_LOCK	PLL 锁定状态 0：未锁定 1：锁定	R	0
6	PLL_HOSC_ON	系统运行在外部高频或内部 PLL 时钟时，该位为 1； 系统运行在其他时钟时，该位为 0。	R	0
5	IRCH_ON	系统运行在内部高频时钟时，该位为 1； 系统运行在其他时钟时，该位为 0。	R	1
4	LOSC_ON	系统运行在外部低频时钟时，该位为 1； 系统运行在其他时钟时，该位为 0。	R	0
3:2	PLL_HOSC_DIV	系统主时钟分频选择：（只对高频时钟模式有效） 00：以 PLL、HOSC 作为 CPU 主时钟； 01：以 PLL、HOSC 的二分频作为 CPU 主时钟； 10：以 PLL、HOSC 的四分频作为 CPU 主时钟； 11：以 HOSC（时钟频率选择为 14MHz 和 29MHz 时）的八分频作为 CPU 主时钟； 备注：只能在 RC 或者 LC 模式才能更改。 备注：上述寄存器只决定分频系数，具体的系统主频需要根据分频系数和当前时钟源选择来确定。	R/W	01
1	IRCH_PD	1.6MHz 内部 RC 使能位： 0：打开；	R/W	0

		1: 关闭。		
0	PLL_PD	PLL 模块使能位(32.768KHz---7.3728MHz) 0: 打开 1: 关闭	RW	1

用户进行时钟切换，建议调用锐能微库函数。不建议用户在应用程序中对 OSC_CTL1(0x0)寄存器进行写操作。

系统模式设置寄存器 SYS_MODE(0x4)

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:6	---	预留	R	0
5	FLASH_BUSY	Flash busy 状态，不能进入模式切换： 0: idle 1: busy	R	0
4	EEPROM_BUSY	eeprom busy 状态，不能进入模式切换： 0: idle 1: busy	R	0
3:0	MODE	写入 D，设置进入高频模式 HCM，bit2 读为 1； 写入 E，设置进入 RC 模式 RCM，bit1 读为 1； 写入 F，设置进入 32.768KHz 模式 LCM，bit0 读为 1。 即该寄存器读出值为：{0,HCM,RCM,LCM}	R/W	2

注：当前模式状态的指示应该读取 LOSC_ON、IRCH_ON、PLL_HOSC_ON（OSC_CTL 寄存器 bit4~6）这三个状态。而不是读取该寄存器，该寄存器只代表模式切换命令写入，不代表已经切换到预期模式。

用户进行时钟切换，建议调用锐能微库函数。不建议用户在应用程序中对 SYS_MODE(0x4)寄存器进行写操作。

系统掉电控制寄存器 SYS_PD(0x8)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7	LBGR_PD	LBGR 电源开关 0: 上电 1: 掉电 备注：LCD 开启、LVD 开启、CMP1 开启、LBGR_PD 寄存器开启满足其中一个条件 LBGR 就开启。	R/W	1
6	BGR_PD	BGR 电源开关 0: 上电 1: 掉电 备注：I1 通道 ADC、I2 通道 ADC、U1 通道 ADC、温度测量启动、BGR_PD 寄存器开启满足其中	R/W	1

		一个条件 BGR 就开启。		
5	CMP2_PD	比较器 2 (低功耗比较器) 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	0
4	CMP1_PD	比较器 1 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	1
3	LVD_PD	LVD 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	1
2	ADCU_PD	U 通道 ADC 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	1
1	ADCI2_PD	I2 通道 ADC 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	1
0	ADCI1_PD	I1 通道 ADC 电源开关 0: 上电 1: 掉电	R/W	1

ADC 控制寄存器 ADC_CTL(0xC)

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:9	---	保留	R	0
8:6	ADCU_PGA	U 通道 ADC 增益配置 =x00 1 倍 =x01 2 倍 =x10 4 倍 =x11 4 倍	R/W	0
5:3	ADCI2_PGA	I2 通道 ADC 增益配置 =x00 1 倍 =x01 2 倍 =x10 4 倍 =x11 4 倍	R/W	0
2:0	ADCI1_PGA	I1 通道 ADC 增益配置 =x00 1 倍 =x01 2 倍 =x10 8 倍 =x11 16 倍	R/W	0

系统 OSC 控制寄存器 2 OSC_CTL2(0x10)

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:5	保留	保留		
4	PLL_HOSC_SEL	全速运行时系统主时钟选择: 0: 选择 PLL 输出作为系统主时钟; 1: 选择备用高频晶体作为系统主时钟。 该配置项只能在 RC 模式和低频模式下配置。	R/W	0

3	HOSC_PD	外部高频振荡器使能位： 0: 打开 1: 关闭	RW	1
2:0	HOSC_FREQ	000: 外接高频晶振为 7.3728MHz 001: 外接高频晶振为 14.7456MHz 010: 保留 011: 外接高频晶振为 29.4912MHz	RW	000

如果系统时钟选择为外部高频晶振，在调用锐能微库函数进行时钟切换前，用户程序需要对 OSC_CTL2 寄存器进行配置。

系统时钟配置真值表:

	PLL_HOSC_DIV=00 不分频	PLL_HOSC_DIV=01 二分频	PLL_HOSC_DIV=10 四分频	PLL_HOSC_DIV=11 八分频
PLL_HOSC_SEL=0 PLL_FREQ=000	7.3728Mhz	3.6864MHz	1.8432MHz	不支持八分频，如配置则为 1.8432Mhz
PLL_HOSC_SEL=1 HOSC_FREQ =000	7.3728Mhz	3.6864MHz	1.8432MHz	不支持八分频，如配置则为 1.8432Mhz
PLL_HOSC_SEL=1 HOSC_FREQ =001	14.7456Mhz	7.3728Mhz	3.6864Mhz	1.8432Mhz
PLL_HOSC_SEL=1 HOSC_FREQ =010	29.4912Mhz	14.7456Mhz	7.3728Mhz	3.6864Mhz

系统复位寄存器 SYS_RST(0x14)

(此寄存器的 8 到 5 位只能被上电/掉电复位)

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:9	---	预留	R	0
8	MCU_RST	CPU 复位标志 (发生过软件复位或者 LOCK UP 复位): =1 表示发生过该复位, =0 表示没有发生。 写 1 清零	R	0
7	WDT_RST	WDT 复位标志: =1 表示发生过该复位, =0 表示没有发生。 写 1 清零	R	0
6	PIN_RST	外部管脚复位标志: =1 表示发生过该复位, =0 表示没有发生。 写 1 清零	R	0
5	POWEROK_RST	电源上下电复位标志 =1 表示发生过该复位, =0 表示没有发生。 写 1 清零	R	1
4:3	保留	---	R	0
2	LOCKUP_ENRST	LOCKUP 使能复位(CPU 发生了两次 Hard Fault 会引起 LOCKUP, 如果使能该位, 可引起系统复位):	R/W	0

		0: LOCKUP 不引起系统复位 1: LOCKUP 引起系统复位		
1	保留	---	R	0
0	EMU_RST_REQ	软件复位 EMU 计算模块: 写入 1 复位 EMU 计算模块; 写入 0 取消 EMU 计算模块复位。 不复位 EMU 模块配置寄存器;	R/W	0

地址映射控制寄存器 MAP_CTL(0x18)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:3	---	预留	R	0
2:0	REMAP	地址映射: 000: FLASH 映射在 0 地址 (正常模式) 001: FLASH 与 EEPROM 映射地址互换 010: FLASH 与 SRAM 映射地址互换 011: 保留 100: FLASH 映射在 1/2 容量地址(只支持 192K 的 1/2 容量) 其他: 保留.	R/W	00

模块使能 0 寄存器 MOD0_EN(0x1C)

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:16	---	预留	R	0
15	SPI_EN	SPI 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
14	I2C_EN	I2C 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
13	ISO7816_EN	ISO7816 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
12	UART38K_EN	UART38K 红外调制时钟开启使能, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0
11	---	预留	R	0

10	UART2_EN	UART2 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
9	UART1_EN	UART1 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
8	UART0_EN	UART0 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
7	UART5_EN	UART5 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
6	UART4_EN	UART4 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
5	TC1_EN	TC1 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
4	TC0_EN	TC0 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
3	CPC_EN	协处理器模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 stop 或 halt 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
2	EEPROM_EN	EEPROM 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	1
1:0	---	预留	R	0

模块使能 1 寄存器 MOD1_EN(0x20)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:16	---	保留	R	0
15:12	---	保留	R	0
11	SAR_EN	SAR 模块使能清零, apb 总线时钟门控:	R/W	0

		0: 时钟停止 1: 时钟启动		
10	RTC_EN	RTC apb 总线时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止 1: 时钟启动 建议客户不要关闭该时钟。	R/W	1
9	WDT_EN	WDT apb 总线时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止 1: 时钟启动 建议客户不要关闭该时钟。	R/W	1
8	---	保留	R	0
7	EMU_EN	测量计量模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0
6	LCD_EN	LCD 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
5	GPIO_EN	GPIO 模块使能清零, 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
4	DMA_EN	DMA apb 时钟门控, cm0 进入 deepsleep 同步关闭此时钟: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
3	---	保留	R	0
2	---	保留	R	0
1	DMA1_EN	DMA1 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
0	DMA0_EN	DMA0 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0

INTC 使能寄存器 INTC_EN(0x24)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:16	---	保留	R	0
15:9	---	保留	R	0
8	INTC_EN	INTC apb 模块时钟门控: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0

7	INTC7_EN	INTC7 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0
6	INTC6_EN	INTC6 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0
5	INTC5_EN	INTC5 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
4	INTC4_EN	INTC4 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
3	---	保留	R	0
2	INTC2_EN	INTC 2 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
1	INTC1_EN	INTC1 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
0	INTC0_EN	INTC0 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0

KBI 使能寄存器 KBI_EN(0x28)

比 特 位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:9	---	保留	R	0
8	KBI_EN	KBI apb 模块时钟门控: 0: 时钟停止 1: 时钟启动	R/W	0
7	KBI7_EN	KBI7 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
6	KBI6_EN	KBI6 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
5	KBI5_EN	KBI 5 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
4	KBI4_EN	KBI 4 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
3	KBI3_EN	KBI 3 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零	R/W	0

		1: 时钟启动, 模块使能 备注: RN7211 不支持 KBI3, 该位保留, 只读。		
2	KBI2_EN	KBI 2 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
1	KBI1_EN	KBI 1 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0
0	KBI0_EN	KBI0 模块使能清零, 时钟门控: 0: 时钟停止, 模块清零 1: 时钟启动, 模块使能	R/W	0

系统控制密码寄存器 SYS_PSW(0x30)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	SYS_PSW	当 SYS_PSW=0x82 时, 0x00~0x28 寄存器可写; 当 SYS_PSW=其他值时, 0x00~0x28 寄存器不可写; 该寄存器读出值为写入的值。 建议用户在写操作完成后马上关闭写使能。	R/W	00

4 CPU 系统

4.1 概述

有三种方式（三个主设备）可以发起对 SoC 内置设备的访问：

◎ Cortex-M0:

- 指令访问和数据访问；
- 可访问所有的从设备；

◎ 外置的 SWD 控制器（如 JLINK 或类似功能的设备）:

- 调试接口和资源访问；
- 可访问所有的从设备；

◎ DMA:

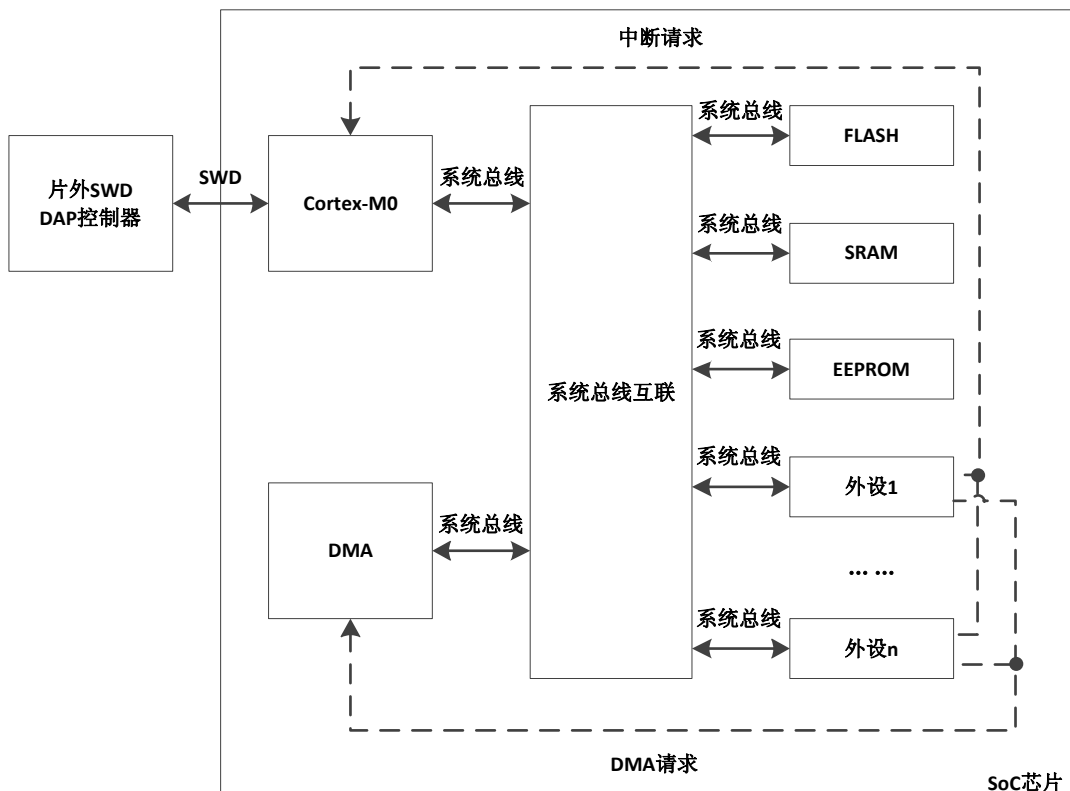
- 数据访问；
- 可访问所有的从设备

SoC 内置的从设备资源包括存储器（FLASH、EEPROM 和 SRAM）和各种外设（UART、定时器、看门狗等）。

部分外设可发起中断请求，如 UART、定时器等。

部分外设可发起 DMA 请求，如 UART、LCD 等。

图 4-1 SoC 设备物理互联架构



4.2 Cortex-M0 处理器

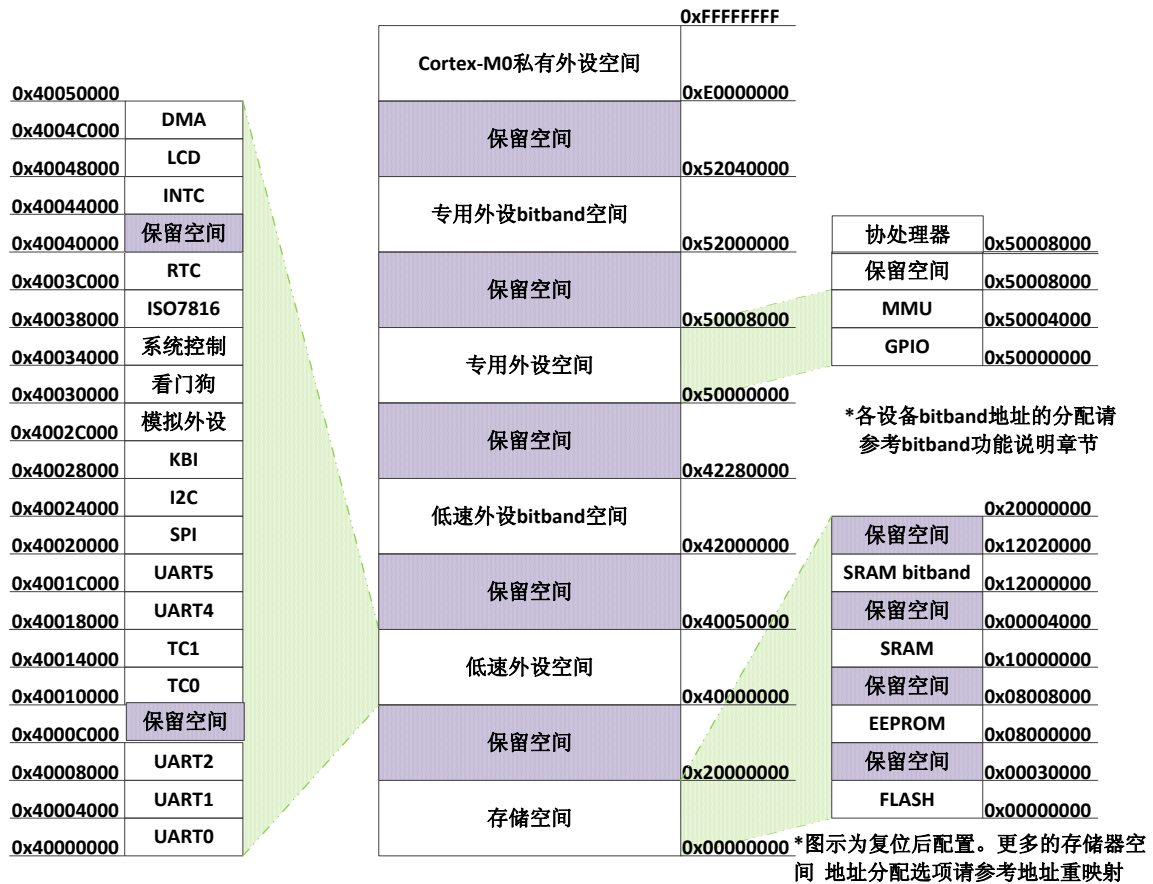
Cortex-M0 处理器是一个为嵌入式系统应用设计的 32 位处理器，具有如下特性：

- ◎ 简便易用的程序模型
 - ◎ 高代码集成度，具有 32 位的性能
 - ◎ 工具和二进制代码与 Cortex-M 处理器系列向上兼容，方便升级和扩展
 - ◎ 集成了极低功耗的睡眠模式
 - ◎ 高效的代码执行允许处理器时钟更低，或者延长睡眠模式的时间
 - ◎ 单周期 32 位硬件乘法器
 - ◎ 零抖动中断处理
 - ◎ 中断定时确定，中断处理效率高
 - ◎ 支持中断/异常嵌套和抢占
 - ◎ 支持 24 位系统节拍计数器
 - ◎ 提供 4 个中断优先级
 - ◎ 支持 2 个观察点，4 个硬件断点
 - ◎ 支持串行调试接口（SWD），实现处理器内部状态高度可视和可控
- 有关 Cortex-M0 的详细资料可参阅 ARM 文档。

4.3 存储映射

SoC 的存储映射请参考“图 4-2 SoC 地址空间映射”。

图 4-2 SoC 地址空间映射



4.3.1 存储重映射

SoC 支持对 3 个存储器，包括 FLASH、EEPROM、SRAM，地址空间进行地址重新映射。存储重映射操作通过配置系统控制器中的寄存器 SYS_CTL 的 REMAP 位域完成。外设的地址分配均不受存储重映射的影响。

表 4-1 存储重映射配置

存储器设备	REMAP	映射地址
FLASH	0	0x00000000~0x0001FFFF
	1	0x08000000~0x0801FFFF
	2	0x10000000~0x1001FFFF
	3	保留，不可用
EEPROM	0	0x08000000~0x08007FFF
	1	0x00000000~0x00007FFF
	2	0x08000000~0x08007FFF
	3	保留，不可用
SRAM	0	0x10000000~0x10003FFF
	1	0x10000000~0x10003FFF
	2	0x00000000~0x00003FFF

	3	保留，不可用
--	---	--------

4.3.2 Bitband

系统支持三个地址空间的 bitband 功能：

◎ **SRAM 空间：**

- 0x10000000~0x10003FFF 映射到 0x12000000~0x1201FFFF
- 0x00000000~0x00003FFF 映射到 0x02000000~0x0201FFFF
- 0x40000000~0x4004FFFF 映射到 0x42000000~0x423FFFFF;
- 0x50000000~0x50007FFF 映射到 0x52000000~0x5203FFFF;

对 bitband 区的访问等效于对外设寄存器中特定位的访问。

地址为 x 的存储单元的第 y 位对应的 bitband 地址：

$$Z = (X \& 0xFC000000) + 0x02000000 + (Y \ll 2) + ((X \ll 5) \& 0x03FFFFFF)$$

4.3.3 SRAM

SoC 内置最大 16KB SRAM：

- ◎ 运行频率与处理器同频；
- ◎ 支持 8 位、16 位或 32 位数据随机访问，可用作代码或数据的存储；
- ◎ 支持 bitband 操作。

4.3.4 EEPROM

SoC 内置最大 32KB EEPROM：

- ◎ 最少 100 万擦写次数；
- ◎ 数据最少保存时间 20 年；
- ◎ 采用页结构，页（page）大小为 64 字节，64 页为一块（sector），完全支持字节操作；
- ◎ 支持页擦除、块擦除、字节编程，具体的操作需要调用锐能微库函数（nvm.a(IAR)/nvm.lib(KEIL)）
- ◎ **低功耗应用时，客户需要调用锐能微库函数关闭或开启 EEPROM；**

库函数（nvm.a(IAR)/nvm.lib(KEIL)提供的 EEPROM 操作函数接口如下：

uint8_t	eepromPageErase(uint32_t pg)
uint8_t	eepromSectorErase(uint32_t sec)
uint8_t	eepromProgram(uint32_t dst_addr, uint32_t src_addr, uint32_t len)
void	eepromStandby(void)
void	eepromWakeup(void)

详细的操作请见《RN721x 应用笔记 003-库函数使用说明》。

4.3.5 FLASH

SoC 内置 128KB FLASH：

- ◎ 最少 10 万擦写次数；
- ◎ 数据最少保存时间 20 年；
- ◎ 采用页结构，页（page）大小为 128 字节，32 页为一块（sector）；

- ◎ 支持页擦除、块擦除、页编程，具体的操作需要调用锐能微库函数（nvm.a(IAR)/nvm.lib(KEIL)）
- ◎ 低功耗应用时，FLASH 会自动关闭或者开启；、

库函数（nvm.a(IAR)/nvm.lib(KEIL)提供的 FLASH 操作函数接口如下：

uint8_t	flashPageErase(uint32_t pg)
uint8_t	flashSectorErase(uint32_t sec)
uint8_t	flashProgram(uint32_t dst_addr, uint32_t src_addr, uint32_t len)

详细的操作请见《RN721x 应用笔记 003-库函数使用说明》。

4.4 中断分配

SoC 支持 32 个中断，其中 RN7211 开放有 7 个外部中断，分别为外部中断 0/1/2/4/5/6/7；RN7213 开放有 6 个外部中断，分别为外部中断 0/1/2/4/6/7。

中断的详细信息，如优先级屏蔽寄存器、嵌套向量中断控制器（NVIC）等请参考 ARM-M0 手册。

表 4-2 中断/异常向量表及其配置信息

异常编号	中断编号	向量名称	中断向量地址	优先级
-	-	MSP 初始值	0x00	-
1	-	复位	0x04	-3, 最高
2	-14	不可屏蔽中断	0x08	-2
3	-13	HARDFFAULT 中断	0x0C	-1
4~10	-12~-6	保留	0x10~0x28	-
11	-5	系统调用	0x2C	可配置
12~13	-4~-3	保留	0x30~0x34	-
14	-2	PendSV	0x38	可配置
15	-1	系统节拍计数器	0x3C	可配置
16	0	保留	0x40	可配置
17	1	CMP1、CMP2 和 LVD	0x44	可配置
18	2	保留	0x48	保留
19	3	RTC	0x4C	可配置
20	4	计量 MMU	0x50	可配置
21	5	模拟外设	0x54	可配置
22	6	UART0	0x58	可配置
23	7	UART1	0x5C	可配置
24	8	UART2	0x60	可配置
25	9	保留	0x64	保留
26	10	SPI	0x68	可配置
27	11	I2C	0x6C	可配置
28	12	7816_0	0x70	可配置
29	13	7816_1	0x74	可配置
30	14	TC0	0x78	可配置
31	15	TC1	0x7C	可配置

32	16	UART4	0x80	可配置
33	17	UART5	0x84	可配置
34	18	看门狗	0x88	可配置
35	19	KBI	0x8C	可配置
36	20	LCD	0x90	可配置
37	21	协处理器	0x94	可配置
38	22	DMA	0x98	可配置
39	23	保留	0x9C	保留
40	24	外部中断 0	0xA0	可配置
41	25	外部中断 1	0xA4	可配置
42	26	外部中断 2	0xA8	可配置
43	27	保留	0xAC	保留
44	28	外部中断 4	0xB0	可配置
45	29	外部中断 5 RN7213 不支持	0xB4	可配置
46	30	外部中断 6	0xB8	可配置
47	31	外部中断 7	0xBC	可配置

4.5 DMA

SoC 内置两通道 DMA 控制器，用于实现无需处理器干涉的外设和存储器之间的数据传送。

4.5.1 概述

DMA 具备如下特点：

- ◎ 支持两个独立的通道；
- ◎ 支持 8 位、16 位、32 位传送；
- ◎ 支持存储器到存储器、外设到存储器、存储器到外设传送；
- ◎ 支持递增或固定长度传送；
- ◎ 传送包长度可达 256；
- ◎ 传送帧长度可达 256；
- ◎ 支持包地址回绕；
- ◎ 支持帧地址回绕；
- ◎ 支持传送结束和错误中断；
- ◎ 支持单次和连续传送模式；
- ◎ 支持 32 个外设 DMA 请求；
- ◎ 支持已传送长度实时反馈；

4.5.2 DMA 通道分配

SoC 支持 32 个 DMA 申请通道，并为每个外设的 DMA 申请分配了固定的申请通道号。

DMA 工作时所用的 DMA 申请通道需通过 DMA 控制器中 C0CTL 寄存器或 C1CTL 寄存器的 TRGSEL 位域指定。

表 5-1 中断/异常向量表及其配置信息

通道号	TRGSEL 值	说明
0	0	软件模式。用于存储器之间的 DMA 传送
1	1	UART0 发送

2	2	UART0 接收
3	3	UART1 发送
4	4	UART1 接收
5	5	UART2 发送
6	6	UART2 接收
7	7	保留
8	8	保留
9	9	LCD 显示
10	10	SPI 发送
11	11	SPI 接收
12	12	I2C 发送
13	13	I2C 接收
14	14	ISO7816_0 发送
15	15	ISO7816_0 接收
16	16	ISO7816_1 发送
17	17	ISO7816_1 接收
18	18	TC0
19	19	TC1
20	20	保留
21	21	保留
22	22	RTC
23	23	SAR
24	24	保留
25	25	EMU
26	26	UART4 发送
27	27	UART4 接收
28	28	UART5 发送
29	29	UART5 接收
其他	其他	保留

4.6 寄存器说明

DMA 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
DMA	0x4004C000	0x4004C000

寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
DMA_IE	0x0	中断使能
DMA_STA	0x4	通道状态
DMA_C0CTL	0x10	通道 0 控制
DMA_C0SRC	0x14	通道 0 源地址
DMA_C0DST	0x18	通道 0 目的地址
DMA_C0LEN	0x1C	通道 0 已传送长度
DMA_C1CTL	0x20	通道 1 控制

DMA_C1SRC	0x24	通道 1 源地址
DMA_C1DST	0x28	通道 1 目的地址
DMA_C1LEN	0x2C	通道 1 已传送长度

中断使能寄存器 DMA_IE (0x0)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:10	---	预留	R	0
9:8	C1EIE~C0EIE	通道 1/0 错误中断使能: 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
7:6	---	预留	R	0
5:4	C1FIE~C0FIE	通道 1/0 帧传送结束中断使能: 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
3:2	---	预留	R	0
1:0	C1PIE~C0PIE	通道 1/0 包传送结束中断使能: 0: 禁止 1: 使能	R/W	0

通道状态寄存器 DMA_STA (0x4)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:6	C1ERR~C0ERR	通道 1/0 错误标志: (写 1 清 0) 0: 传送过程未出错 1: 传送过程出错	R/W	0
11:10	---	预留	R	0
9:8	C1FOK~C0FOK	通道 1/0 帧传送结束标志: (写 1 清 0) 0: 传送未结束 1: 传送已结束	R/W	0
7:6	---	预留	R	0
5:4	C1POK~C0POK	通道 1/0 包传送结束标志: (写 1 清 0) 0: 传送未结束 1: 传送已结束	R/W	0
3:2	---	预留	R	0
1:0	C1BUSY~C0BUSY	通道 1/0 忙状态: 0: 空闲 1: 忙	R	0

通道控制寄存器 DMA_C0CTL 和 DMA_C1CTL (0x10、0x20)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31: 24	FLEN	帧长度, 长度为 (FLEN+1)	R/W	0
23: 16	PLEN	包长度, 长度为 (PLEN+1)	R/W	0
15	TERM	终止: 0: 正常停止 1: 立即终止	R/W	0
14	---	保留	R	0
13	OSD	单次传送禁止: 0: 单次传送 1: 连续传送	R/W	0
12	TMODE	触发模式: 0: 一个单次 DMA 请求仅对一个数据传送 (UART) 1: 一个单次 DMA 请求对应一包数据传送	R/W	0

		(LCD/MEM)		
11: 7	TRGSEL	触发通道选择。参见“DMA 通道分配”章节说明。	R/W	0
6:5	DMODE	目的地址模式： 00: 保持不变 01: 包回绕 10: 帧回绕 11: 保留（等效于帧回绕）	R/W	0
4:3	SMODE	源地址模式： 00: 保持不变 01: 包回绕 10: 帧回绕 11: 保留（等效于帧回绕）	R/W	0
2:1	SIZE	传送尺寸： 00: 8 位 01: 16 位 10: 32 位 11: 保留（实际和 10 等效，即 32 位）	R/W	0
0	EN	通道使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0

通道源地址寄存器 DMA_C0SRC 和 DMA_C1SRC (0x14、0x24)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31: 0	SRC	源地址	R/W	0

通道目的地址寄存器 DMA_C0DST 和 DMA_C1DST (0x18、0x28)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31: 0	DST	目的地址	R/W	0

通道已传送长度寄存器 DMA_C0LEN 和 DMA_C1LEN (0x1C、0x2C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31: 16	---	预留	R	0
15: 8	FCNT	帧已传送长度	R	0
7: 0	PCNT	包已传送长度	R	0

5 计量

5.1 主要特点

- 3 路 Σ - Δ ADC 及其瞬时采样值
- 参考电压温度系数典型值为 5ppm/°C，最大 15ppm/°C
- 提供 3 路有效值，在 2000:1 动态范围内误差小于 0.2%，更新速率 73ms
- 提供 2 路有功功率、无功功率、视在功率，在 2000:1 动态范围内误差小于 0.1%，更新速率 73ms
- 提供 2 路瞬时有功功率，瞬时无功功率，更新速率是 7.2KHz
- 提供 2 路有功电能、无功电能、视在电能计量，在 5000:1 动态范围内有功计量误差小于 0.1%
- 提供 1 路用户自定义功率积分通道
- 提供 2 路功率因数测量，测量误差<0.2%
- 提供电压线频率测量，测量误差<0.02%

- 提供 2 路电流通道和电压通道夹角值
- 提供 3 路峰值检测功能
- 提供电压跌落功能
- 提供采样通道增益、相位校正及功率、有效值、直流 offset 校正功能
- 提供用于直流 offset 校正的 AUTODC 功能

5.2 寄存器列表

BaseAddr 为: 0x50004000

表 5-1 计量部分寄存器列表

地址	名称	R/W	有效字长	复位值	功能描述
校表参数和计量控制寄存器					
00H	EMUCON	R/W	3	00007h	计量控制寄存器, 写保护
04H	EMUCON2	R/W	3	000000h	计量控制寄存器 2, 写保护
08H	HFCnst	R/W	2	1000h	脉冲频率寄存器, 写保护
0CH	PStart	R/W	2	0060h	有功起动功率设置, 写保护
10H	Qstart	R/W	2	0120h	无功起动功率设置, 写保护
14H	GPQA	R/W	2	0000h	通道A功率增益校正寄存器, 写保护
18H	GPQB	R/W	2	0000h	通道B功率增益校正寄存器, 写保护
1CH	PhsA	R/W	2	0000h	通道A相位校正寄存器, 有效位数9bit, 校正刻度约为0.01度, 写保护
20H	PhsB	R/W	2	0000h	通道B相位校正寄存器, 有效位数9bit, 校正刻度约为0.01度, 写保护
24H	QphsCal	R/W	2	0000h	无功相位补偿, 写保护
28H	APOSA	R/W	2	0000h	通道A有功功率Offset校正寄存器, 写保护
2CH	APOSB	R/W	2	0000h	通道B有功功率Offset校正寄存器, 写保护
30H	RPOSA	R/W	2	0000h	通道A无功功率Offset校正寄存器, 写保护
34H	RPOSB	R/W	2	0000h	通道B无功功率Offset校正寄存器, 写保护
38H	IARMSOS	R/W	2	0000h	电流通道A有效值Offset补偿, 写保护
3CH	IBRMSOS	R/W	2	0000h	电流通道B有效值Offset补偿, 写保护
40H	URMSOS	R/W	2	0000h	电压通道有效值Offset补偿, 写保护 同 IARMSOS 和 IBRMSOS。对有效值、视在功率、视在电能起作用。
44H	IAGain	R/W	2	0000h	电流通道A增益设置, 写保护; 使用方法同IBGAIN, 对有效值、功率、电能均起作用。
48H	IBGain	R/W	2	0000h	电流通道B增益设置, 写保护
4CH	Ugain	R/W	2	0000h	电压通道增益设置, 写保护; 使用方法同IBGAIN, 对有效值、功率、电能均起作用。
50H	IADCOS	R/W	3	000000h	电流通道A直流offset校正, 24bit, 写保护
54H	IBDCOS	R/W	3	000000h	电流通道B直流offset校正, 24bit, 写保护
58H	UDCOS	R/W	3	000000h	电压通道直流offset校正, 24bit, 写保护
5CH	UADD	R/W	3	000000h	电压通道偏置寄存器, 24bit, 用于视在电能计量时电压写入固定值, 只对视在电能有影响。对有功、无功、有效值无影响
60H	USAG	R/W	2	0000h	电压跌落阈值设置, 写保护;

					当值为0时不使能该功能；当写入不为0的值后启动跌落检测，检测结果有中断报出。检测的半周期数由计量控制寄存器2中的usag_cfg[7:0]决定。
64H	IAPEAK	R/W	2	0000h	电流通道A峰值检测阈值设置，写保护。
68H	IBPEAK	R/W	2	0000h	电流通道B峰值检测阈值设置，写保护。
6CH	UPEAK	R/W	2	0000h	电压峰值检测阈值设置，写保护
70H	D2FP	R/W	4	00000000h	自定义功率寄存器，当 SADD=011 时，将功率值写入该寄存器，可以通过视在通道对写入的功率值进行积分计算电能。
计量参数和状态寄存器					
C0	PF2Cnt	R/W	2	0000h	通道B快速有功脉冲计数，写保护。
C4	QF2Cnt	R/W	2	0000h	通道B快速无功脉冲计数，写保护。
C8	SF2Cnt	R/W	2	0000h	通道B快速视在脉冲计数，写保护。
100	PFCnt	R/W	2	0000h	通道A快速有功脉冲计数，写保护。
104	QFCnt	R/W	2	0000h	通道A快速无功脉冲计数，写保护。
108	SFCnt	R/W	2	0000h	通道A快速视在脉冲计数，写保护。
10C	IARMS	R	3	000000h	通道A电流的有效值，更新速度为13.67Hz。稳定时间约为300ms。
110	IBRMS	R	3	000000h	通道B电流的有效值，更新速度为13.67Hz。稳定时间约为300ms。
114	URMS	R	3	000000h	电压有效值，更新速度为13.67Hz。稳定时间约为300ms。
118	Ufreq	R	2	0000h	电压频率，主要测量基波频率，测量带宽250Hz左右，频率值是一个16位的无符号数，参数格式化公式为： $f = \text{CLKIN} / 4 / \text{UFREQ}$ 其中CLKIN=1.8432MHz。 电压频率测量值更新的周期为0.7s
11C	PowerPA	R	4	00000000h	有功功率A，更新速度为1.7578125Hz
120	PowerPB	R	4	00000000h	有功功率B，更新速度为1.7578125Hz
124	PowerQA	R	4	00000000h	无功功率A，更新速度为14.0625Hz，稳定时间约为300ms
128	PowerQB	R	4	00000000h	无功功率B，更新速度为14.0625Hz，稳定时间约为300ms
12C	PowerSA	R	4	00000000h	视在功率A，更新速度为14.0625Hz，稳定时间约为300ms
130	PowerSB	R	4	00000000h	视在功率B，更新速度为14.0625Hz，稳定时间约为300ms
134	EnergyP	R	3	000000h	有功能量，读后清零或者不清零可配置，默认为读后清零。
138	EnergyP2	R	3	000000h	通道B有功能量，读后清零或者不清零可配置，默认为读后清零。
13C	EnergyQ	R	3	000000h	无功能量，读后清零或者不清零可配置，默认为读后清零。
140	EnergyQ2	R	3	000000h	通道B无功能量，读后清零或者不清零可配置，默认为读后清零。
144	EnergyS	R	3	000000h	视在能量，读后清零或者不清零可配置，默认为读后清零。

148	PFA	R	3	000000h	24位, 高位是符号位, 通道A功率因数。
14C	PFB	R	3	000000h	24位, 高位是符号位, 通道B功率因数。
150	ANGLEA	R	2	0000h	通道 A 与电压夹角, 计算方法: (ANGLEA/2 ¹⁵)*360度
154	ANGLEB	R	2	0000h	通道 B 与电压夹角计算方法: (ANGLEB/2 ¹⁵)*360度
158	EMUStatus	R	4	00FFEE78h	计量状态及校验和寄存器
15C	SPL_IA	R	3	000000h	电流通道A采样值, 更新速率是7.2KHz
160	SPL_IB	R	3	000000h	电流通道B采样值, 更新速率是7.2KHz
164	SPL_U	R	3	000000h	电压通道采样值, 更新速率是7.2KHz
168	PowerPA2	R	4	00000000h	有功功率A, 更新速度为14.0625Hz, 稳定时间约为300ms
16C	PowerPB2	R	4	00000000h	有功功率B, 更新速度为14.0625Hz, 稳定时间约为300ms
170	EnergyS2	R	3	000000h	通道B视在能量, 读后清零或者不清零可配置, 默认为读后清零。
174	SPL_PA	R	3	000000h	A通道瞬时有功功率, 更新速率是7.2KHz
178	SPL_PB	R	3	000000h	B通道瞬时有功功率, 更新速率是7.2KHz
17C	SPL_QA	R	3	000000h	A通道瞬时无功功率, 更新速率是7.2KHz
180	SPL_QB	R	3	000000h	B通道瞬时无功功率, 更新速率是7.2KHz
184	TRNG	R	4	00000000h	32位真随机数产生寄存器, 只读; 其中bit11~bit0为TRNG0, Bit31~bit12为保留位; 用户可使用TRNG0.
188	EMUStatus 2	R	4	00000000h	计量状态寄存器2
中断及DMA寄存器					
18C	IE	R/W	3	000000h	中断允许寄存器, 写保护
190	IF	R/W	3	000000h	中断标志寄存器, 写1清零
194	DMAEN	R/W	3	000000h	DMA允许寄存器, 定义同中断允许寄存器, 写保护
状态寄存器					
198	Rdata	R	4	--	上一次读出的数据
19C	Wdata	R	4	--	上一次写入的数据

计量控制寄存器 EMUCON (0x00)

Energy Measure Control Register (EMUCON) Addr:00H Default Value: 0007H		
位	位名称	功能描述
31: 21	保留	保留
20	S2RUN	S2RUN=1, 使能视在电能寄存器 2(EnergyS2)累加; S2RUN=0, 关闭视在电能寄存器 2(EnergyS2)累加。默认状态为 1。
19	Q2RUN	Q2RUN=1, 使能无功电能寄存器 2(EnergyQ2)累加; Q2RUN=0, 关闭无功电能寄存器 2(EnergyQ2)累加。默认状态为 1。
18	P2RUN	P2RUN=1, 使能有功电能寄存器 2(EnergyP2)累加; P2RUN=0, 关闭有功电能寄存器 2(EnergyP2)累加。默认状态为 1。
17	CF3_CFG	=0: 原 SF 引脚=SF1; =1: 原 SF 引脚=SF2;
16	U_start	=0: 视在电能计算时电压通道参与计算;

		=1: 视在电能计算时电压通道不参与计算, 只有 UADD 参与;															
15-14	QMOD[1:0]	无功能量累加方式选择: <table border="1"> <thead> <tr> <th>QMOD1</th> <th>QMOD0</th> <th>累加功率 Qm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>只累加正向功率</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>Qm=DataQ(保留)</td> </tr> </tbody> </table>	QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm	0	0	Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。	0	1	只累加正向功率	1	0	Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。		1	Qm=DataQ(保留)
QMOD1	QMOD0	累加功率 Qm															
0	0	Qm=DataQ, 正反向功率都参与累加, 负功率有 REVQ 符号指示。															
0	1	只累加正向功率															
1	0	Qm= DataQ , 正反向功率都参与累加, 无负功率符号指示。															
	1	Qm=DataQ(保留)															
13-12	PMOD[1:0]	有功能量累加方式选择: 同上表无功能量累加方式。															
11	ZXD1	ZX 输出初始值为 0, 根据 ZXD1 和 ZXD0 的配置输出不同的波形: ZXD1=0, 表示仅在选择的过零点处 ZX 输出发生变化; ZXD1=1, 表示在正向和负向过零点处 ZX 输出均发生变化。															
10	ZXD0	ZXD0=0, 表示选择正向过零点作为过零检测信号; ZXD0=1, 表示选择负向过零点作为过零检测信号。															
9	Energy_clr	=0:所有电能寄存器读后清零; =1:所有电能寄存器读后不清零;															
8	HPFIBOFF	HPFIBOFF=0: 使能 IB 通道数字高通滤波器 HPFIBOFF=1: 关闭 IB 通道数字高通滤波器															
7	HPFIAOFF	HPFIAOFF=0: 使能 IA 通道数字高通滤波器 HPFIAOFF=1: 关闭 IA 通道数字高通滤波器															
6	HPFUOFF	HPFUOFF=0: 使能 U 通道数字高通滤波器 HPFUOFF=1: 关闭 U 通道数字高通滤波器															
5	CFSUEN	CFSUEN 是 PF/QF 脉冲输出加速模块的控制位, CFSUEN=1, 使能脉冲加速模块, 脉冲的输出速率提高 $2^{(CFSU[1:0]+1)}$ 倍。CFSUEN=0, 关闭脉冲加速模块, 脉冲正常输出。															
4,3	CFSU[1:0]	该位和 CFSUEN 配合使用。见 CFSUEN 说明。															
2	SRUN	SRUN=1, 使能视在电能寄存器 1(EnergyS)累加; SRUN=0, 关闭视在电能寄存器 1(EnergyS)累加。默认状态为 1。															
1	QRUN	QRUN=1, 使能无功电能寄存器 1(EnergyQ)累加; QRUN=0, 关闭无功电能寄存器 1(EnergyQ)累加。默认状态为 1。															
0	PRUN	PRUN=1, 使能有功电能寄存器 1(EnergyP)累加; PRUN=0, 关闭有功电能寄存器 1(EnergyP)累加。默认状态为 1。															

计量控制寄存器 2 EMUCON2 (0x04)

Energy Measure Control Register 2(EMUCON2) Addr:04H Default Value: 0000H		
位	位名称	功能描述
31: 24	保留	保留
23:21	SADD[2:0]	通道 A 视在电能通道功率输入选择 SADD[2:0]: = 000 S=S1 或 S2, 由 CHNSEL 决定; = 001 S=S2 = 010 S=Q2 = 011 S=自定义功率

		= 其他 保留
20:18	QADD[2:0]	通道 A 无功电能通道功率输入选择 QADD[2:0]: =000 Q=Q1 或 Q2, 由 CHNSEL 决定; =001 Q=P1; =010 Q=P2; =其他 保留
17:15	PADD[2:0]	通道 A 有功电能通道功率输入选择 PADD[2:0]: = 000 P=P1 或 P2, 由 CHNSEL 决定; =001 P=P1 =010 P=P2 =其他 保留
14:13	CF2_CFG[1:0]	配置 P51/QF 引脚的电能脉冲输出选择 =00 原 QF 引脚=QF1 =01 原 QF 引脚=QF2 =10 原 QF 引脚=SF1 =11 原 QF 引脚=SF2
12:11	CF1_CFG[1:0]	配置 P50/PF 引脚的电能脉冲输出选择 =00 原 PF 引脚=PF1 =01 原 PF 引脚=PF2 =10 原 PF 引脚=QF1 =11 原 PF 引脚=QF2 备注: PF1/QF1/SF1 分别对应电能寄存器 EnergyP/ EnergyQ/ EnergyS; PF2/QF2/SF2 分别对应电能寄存器 EnergyP2/ EnergyQ2/ EnergyS2;
10:3	usag_cfg[7:0]	Usag_cfg[7:0]用于配置电压跌落检测的半周期数。
2	u_dc_en	U_dc_en、ib_dc_en、ia_dc_en 写 1 使能通道直流 offset 自动校正, 校正完成后自动清零, 校正值自动写入直流 offset 校正寄存器 (0x50~0x58H), 校正时间约为 1.2S。
1	ib_dc_en	
0	ia_dc_en	

校表寄存器说明 (0x08H~0x70H)

地址偏移	名称	说明
08H	HFCnst	HFCnst是16位无符号数, 做比较时, 将其与快速脉冲计数寄存器的绝对值的2倍做比较, 如果大于等于HFCnst的值, 那么就会有对应的PF/QF脉冲输出
0CH	PStart	启动阈值可由PStart和QStart寄存器配置。它们是16位无符号数, 做比较时, 将其分别与PowerP和PowerQ (为32bit有符号数)的高24位的绝对值进行比较, 以作启动判断。
10H	Qstart	
14H	GPQA	GPQA 用于通道 A 的有功/无功功率及电能的增益校正。GPQB 用于通道 B 的有功/无功功率及电能的增益校正。二进制补码格式, 最高位为符号位。 校正公式为: $P1=P0(1+GPQS)$ $Q1=Q0(1+GPQS)$ 其中GPQS为增益校正寄存器的归一化值。
18H	GPQB	
1CH	PhsA	有符号二进制补码, Bit0~bit8有效, 其中bit8为符号位, 分辨度为0.00976度。
20H	PhsB	
24H	QphsCal	无功相位补偿寄存器用于 U 通道 90°移相滤波器在无功计算中的相位补偿。无功相位补偿寄存器采用十六

		位二进制补码形式，最高位为符号位。 校正公式： $Q2 = Q1 - QPhs * P1$ 其中P1为有功功率，Q1为补偿前的无功功率，Q2为补偿后的无功功率。
28H	APOSA	功率 OFFSET 校正适合小信号的精度校正。二进制补码格式，16 位有效位数，最高位为符号位。 APOSA 寄存器为通道A有功功率Offset值。APOSB 寄存器为通道B有功功率Offset值。RPOSA 寄存器为通道A无功功率Offset值。RPOSB 寄存器为通道B无功功率Offset值。
2CH	APOSB	
30H	RPOSA	
34H	RPOSB	
38H	IARMSOS	有效值 Offset 校正寄存器用于电流有效值小信号精度的校正。16 位有效位数，二进制补码格式，最高位为符号位。
3CH	IBRMSOS	
40H	URMSOS	
44H	IAGain	三路ADC通道增益校正，16位二进制补码格式；
48H	IBGain	
4CH	Ugain	
50H	IADCOS	电流通道A直流offset校正，24bit，写保护
54H	IBDCOS	电流通道B直流offset校正，24bit，写保护
58H	UDCOS	电压通道直流offset校正，24bit，写保护 直流 offset 校正寄存器的最小刻度是有效值寄存器的1.414 倍；
5CH	UADD	电压通道偏置寄存器，24bit，用于视在电能计量时电压写入固定值，只对视在电能有影响。对有功、无功、有效值无影响。 UADD的最小刻度是有效值寄存器的1.414倍；
60H	USAG	电压跌落阈值设置，写保护； 当值为0时不使能该功能；当写入不为0的值后启动跌落检测，检测结果有中断报出。检测的半周期数由计量控制寄存器2中的usag_cfg[7:0]决定。
64H	IAPEAK	电流通道A峰值检测阈值设置，写保护。
68H	IBPEAK	电流通道B峰值检测阈值设置，写保护。
6CH	UPEAK	电压峰值检测阈值设置，写保护 峰值检测阈值为 16 位数，与 24 位波形采样值的高 16 位进行比较。
70H	D2FP	自定义功率寄存器，当 SADD=011 时，将功率值写入该寄存器，可以通过视在通道对写入的功率值进行积分计算电能。 该寄存器为 32 位，最小刻度与有功功率、无功功率等功率寄存器一致。

计量状态寄存器 EMUStatus(0x158H)

此寄存器包括计量状态寄存器和校验和寄存器两部分。

EMU STATUS Register (EMUStatus) Address: 0x158 h 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
31	NoSld	当视在功率小于起动功率时，NoSld 被置为 1；当视在功率大于/等于起动功率时 NoSld 清为 0。

30	WREN	写使能标志：=1 允许写入带写保护的寄存器； =0 不允许写入带写保护的寄存器。只读，不可写。
29	CHNSEL	电流通道选择状态标识位。只读，不可写。 =1 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 B； =0 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 A。 默认状态下该位为 0，标识选择通道 A 用于电能计量。
28	Noqld	当无功功率小于起动功率时，NoPld 被置为 1；当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
27	Nopld	当有功功率小于起动功率时，NoPld 被置为 1；当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
26	REVQ	反向无功功率指示标识信号，当检测到负无功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正无功功率时，该信号为 0。
25	REVP	反向有功功率指示标识信号，当检测到负有功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正有功功率时，该信号为 0。
24	ChksumBusy	校表数据校验计算状态寄存器。 ChksumBusy =0，表示校表数据校验和计算已经完成。校验值可用。 ChksumBusy =1，表示校表数据校验和计算未完成。校验值不可用。
23:0	Chksum	校验和输出

EMUStatus [23:0]存放校表参数配置寄存器的 24 位校验和，CPU 可以检测这个寄存器来监控校表数据是否错乱。

校验和的算法为三字节累加后取反。对于双字节寄存器，将其扩展为双字节后累加，扩展的字节为 00H。根据默认值计算得到的校验和为 0xFFEE78。

以下三种情况下，重新开始一次校验和计算：系统复位、00H~6CH 某个寄存器发生写操作、EMUStatus 寄存器发生读操作。一次校验和计算需要 32 个 cpu 时钟。

计量状态寄存器 2 EMUStatus2(0x188H)

EMU STATUS Register (EMUStatus) Address: 0x188h 只读寄存器		
位	位名称	功能描述
31:14	保留	保留
13	Nos2ld	当视在功率 2 小于起动功率时，NoS2ld 被置为 1；当视在功率 2 大于/等于起动功率时 NoS2Ld 清为 0。只读
12	Noq2ld	当无功功率 2 小于起动功率时，Noq2ld 被置为 1；当无功功率 2 大于/等于起动功率时 Noq2Ld 清为 0。只读
11	Nop2ld	当有功功率 2 小于起动功率时，Nop2ld 被置为 1；当有功功率 2 大于/等于起动功率时 Nop2Ld 清为 0。只读
10	Revq2	无功功率 2 反向指示信号，当检测到负无功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正有功功率时，该信号为 0。只读
9	Revp2	有功功率 2 反向指示信号，当检测到负有功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正有功功率时，该信号为 0。只读
8	Vref_flag	VREF 标志位，=1：VREF 正常；=0：VREF 低于跌落阈值；只读；
7	Ldo_flag	计量 LDO 标志位，=1：计量 LDO 正常；=0：计量 LDO 低于跌落阈值；只读
6	NoSld	当视在功率小于起动功率时，NoSld 被置为 1；当视在功率大于/等于起动功率时 NoSLd 清为 0。

5	WREN	写使能标志：=1 允许写入带写保护的寄存器； =0 不允许写入带写保护的寄存器。只读，不可写。
4	CHNSEL	电流通道选择状态标识位。只读，不可写。 =1 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 B； =0 表示当前用于计算有功/无功电能的电流通道为通道 A。 默认状态下该位为 0，标识选择通道 A 用于电能计量。
3	Noqld	当无功功率小于起动功率时，NoPld 被置为 1；当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
2	Nopld	当有功功率小于起动功率时，NoPld 被置为 1；当有功功率大于/等于起动功率时 NoPLd 清为 0。
1	REVQ	反向无功功率指示标识信号，当检测到负无功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正无功功率时，该信号为 0。
0	REVP	反向有功功率指示标识信号，当检测到负有功功率时，该信号为 1。 当再次检测到正有功功率时，该信号为 0。

中断配置和允许寄存器 IE(0x18CH)

当中断允许位配置为 1 且中断产生时，IRQ_N 引脚输出低电平。写保护寄存器，配置该寄存器前需将写使能打开。

Interrupt Enable Register (IE) Address: 0x18CH 默认值: 0x000000H 可读可写		
位	位名称	功能描述
其他	保留	保留
23	I2ZXIE	I2ZXIE=0:关闭电流通道 2 过零中断; I2ZXIE=1:开启电流通道 2 过零中断;
22	I1ZXIE	I1ZXIE=0:关闭电流通道 1 过零中断; I1ZXIE=1:开启电流通道 1 过零中断;
21	保留	保留
20	S2EOIE	S2EOIE=0: 关闭视在电能寄存器 2 溢出中断; S2EOIE=1: 使能视在电能寄存器 2 溢出中断。
19	Q2EOIE	Q2EOIE=0: 关闭无功电能寄存器 2 溢出中断; Q2EOIE=1: 使能无功电能寄存器 2 溢出中断。
18	P2EOIE	P2EOIE=0: 关闭有功电能寄存器 2 溢出中断; P2EOIE=1: 使能有功电能寄存器 2 溢出中断。
14	SF2IE	SF2IE=0: 关闭 SF2 中断; SF2IE=1: 打开 SF2 中断。
16	QF2IE	QF2IE=0: 关闭 QF2 中断; QF2IE=1: 打开 QF2 中断。
15	PF2IE	PF2IE=0: 关闭 PF2 中断; PF2IE=1: 打开 PF2 中断。
14	SFIE	SFIE=0: 关闭 SF 中断; SFIE=1: 打开 SF 中断。
13	SEOIE	SEOIE=0: 关闭视在电能寄存器溢出中断; SEOIE=1: 使能视在电能寄存器溢出中断。
12	VREFIE	计量参考基准 VREF 跌落中断使能, =1 使能, =0 不使能;
11	LDOIE	计量 LDO33 跌落中断使能, =1 使能, =0 不使能;
10	SPLIE	ADC 采样中断使能, =1 使能, =0 不使能;
9	USAGIE	U 通道跌落中断使能, =1 使能, =0 不使能;

8	UpeakIE	U 通道过载中断使能, =1 使能, =0 不使能;
7	IApeakIE	IA 通道过载中断使能, =1 使能, =0 不使能;
6	IBpeakIE	IB 通道过载中断使能, =1 使能, =0 不使能;
5	ZXIE	ZXIE=0: 关闭过零中断; ZXIE=1: 使能过零中断。
4	QEOIE	QEOIE=0: 关闭无功电能寄存器溢出中断; QEOIE=1: 使能无功电能寄存器溢出中断。
3	PEOIE	PEOIE=0: 关闭有功电能寄存器溢出中断; PEOIE=1: 使能有功电能寄存器溢出中断。
2	QFIE	QFIE=0: 关闭QF中断; QFIE=1: 打开QF中断。
1	PFIE	PFIE=0: 关闭PF中断; PFIE=1: 打开PF中断。
0	DUPDIE	DUPDIE=0: 关闭数据更新中断; DUPDIE=1: 使能数据更新中断。 数据 PowerPA/PowerPB、PowerQ、IARMS/IBRMS、URMS 寄存器刷新的频率为 13.67HZ, 当上述数据更新时, IRQ_N 引脚输出低电平。

中断状态寄存器 IF(0x190H)

Interrupt Flag Register (IF) Address: 0x190H R/W		
位	位名称	功能描述
其他	保留	保留
23	I2ZXIF	I2ZXIF=0: 电流通道 2 过零中断未发生; I2ZXIF=1: 电流通道 2 过零中断发生;
22	I1ZXIF	I1ZXIF=0: 电流通道 1 过零中断未发生; I1ZXIF=1: 电流通道 1 过零中断发生;
21	保留	保留
20	S2EOIF	S2EOIF=0: 未发生视在电能寄存器 2 溢出事件; S2EOIF=1: 发生视在电能寄存器 2 溢出事件。
19	Q2EOIF	Q2EOIF=0: 未发生无功电能寄存器 2 溢出事件; Q2EOIF=1: 发生无功电能寄存器 2 溢出事件。
18	P2EOIF	P2EOIF=0: 未发生有功电能寄存器 2 溢出事件; P2EOIF=1: 发生有功电能寄存器 2 溢出事件。
17	SF2IF	SF2IF =0: 未发生 SF2 脉冲输出事件; SF2IF =1: 发生 SF2 脉冲输出事件。
16	QF2IF	QF2IF =0: 未发生 QF2 脉冲输出事件; QF2IF =1: 发生 QF2 脉冲输出事件。
15	PF2IF	SF2IF =0: 未发生 PF2 脉冲输出事件; SF2IF =1: 发生 PF2 脉冲输出事件。
14	SFIF	SFIF =0: 未发生 SF 脉冲输出事件; SFIF =1: 发生 SF 脉冲输出事件。
13	SEOIF	SEOIF=0: 未发生视在电能寄存器溢出事件; SEOIF=1: 发生视在电能寄存器溢出事件。
12	VREFIF	VREF 跌落; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
11	LDOIF	LDO 跌落; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
10	SPLIF	ADC 采样中断; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
9	USAGIF	U 通道跌落中断; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。

8	UpeakIF	U 通道过载中断; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
7	IApeakIF	IA 通道过载中断; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
6	IBpeakIF	IB 通道过载中断; =1: 发生该事件; =0: 没有发生该事件。
5	ZXIF	ZXIF =0: 未发生过零事件; ZXIF =1: 发生过零事件。
4	QEOIF	QEOIF=0: 未发生无功电能寄存器溢出事件; QEOIF=1: 发生无功电能寄存器溢出事件。
3	PEOIF	PEOIF=0: 未发生有功电能寄存器溢出事件; PEOIF=1: 发生有功电能寄存器溢出事件。
2	QFIF	QFIF =0: 未发生 QF 脉冲输出事件; QFIF =1: 发生 QF 脉冲输出事件。
1	PFIF	PFIF =0: 未发生 PF 脉冲输出事件; PFIF =1: 发生 PF 脉冲输出事件。
0	DUPDIF	DUPDIF=0: 未发生数据更新事件; DUPDIF=1: 发生数据更新事件。

当某中断事件产生时, 硬件会将相应的中断标志置 1。

IF 中断标志的产生不受中断允许寄存器 IE 的控制, 只由中断事件是否发生决定。

特殊命令

命令名称	命令寄存器	数据	描述
写使能命令	1A8	0xE5	使能计量模块写操作
写保护命令	1A8	0xDC	关闭计量模块写操作
电流通道 A 选择命令	1A8	0x5A	电流通道 A 设置命令, 指定当前用于计算有功电能/无功电能的电流通道为通道 A; 对有效值和功率寄存器无影响; 当写使能之后, 系统才接受该命令; 计量状态寄存器中的 CHNSEL 寄存器位反映了该命令的执行结果。
电流通道 B 选择命令	1A8	0xA5	电流通道 B 设置命令, 指定当前用于计算有功电能/无功电能的电流通道为通道 B; 对有效值和功率寄存器无影响; 当写使能之后, 系统才接受该命令; 计量状态寄存器中的 CHNSEL 寄存器位反映了该命令的执行结果。

写保护的范

0x00h-0x6Ch 校表参数配置寄存器、快速脉冲寄存器、中断允许寄存器, 用特殊命令写使能后才能写入修改, 具体命令格式如上表。

6 RTC

6.1 概述

BaseAddr 为: 0x4003C000;

RTC 模块提供实时时钟、振荡器温度补偿、日历、闹钟、时钟脉冲输出等功能。

实时时钟用独立的时、分、秒寄存器跟踪时间。日历包括年、月、日以及星期寄存器, 具有闰年闰月自

动修正功能。时钟脉冲输出具有多种可选择频率用于时钟校准。提供闹钟/报警功能。
集成温度传感器，提供温度测量的数字结果。

6.2 特点

- 提供准确的温度值， $-25^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 范围内测温精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- 在常温下实现 RTC 的初始校正
- 自动完成 RTC 的温度补偿操作，不需要 CPU 参与
- 低功耗设计
- 高稳定性的振荡器
- RTC 在不同模式下都不关闭，在低功耗下仍然正常工作
- 提供时钟和日历功能：输出寄存器中包括秒，分钟，小时，日期，月份，年份和星期等
- 具有自动闰年闰月调整功能，计时范围 100 年 (00-99)
- 1 个晶振停振中断功能，1 个闹钟中断功能，2 个定时器周期性中断功能，5 个时间中断功能（秒，分，时，月，日）
- 可输出未校正的频率 1024/32768Hz
- 可输出校正后的频率 1/2/4/8/32/128Hz

6.3 寄存器

RTC 模块的基址

模块名	物理地址	映射地址
RTC	BaseAddr 为: 0x4003C000	Base1

RTC 模块的寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
RTC 寄存器组		
RTC_CTL	Offset+0x00	RTC 控制寄存器
RTC_SC	Offset+0x04	秒寄存器，写保护
RTC_MN	Offset+0x08	分钟寄存器，写保护
RTC_HR	Offset+0x0C	小时寄存器，写保护
RTC_DT	Offset+0x10	日寄存器，写保护
RTC_MO	Offset+0x14	月寄存器，写保护
RTC_YR	Offset+0x18	年寄存器，写保护
RTC_DW	Offset+0x1C	星期寄存器，写保护
RTC_CNT1	Offset+0x20	定时器 1 寄存器
RTC_CNT2	Offset+0x24	定时器 2 寄存器
RTC_SCA	Offset+0x28	秒闹钟寄存器
RTC_MNA	Offset+0x2C	分钟闹钟寄存器
RTC_HRA	Offset+0x30	小时闹钟寄存器
RTC_IE	Offset+0x34	RTC 中断使能寄存器
RTC_IF	Offset+0x38	RTC 状态寄存器
RTC_TEMP	Offset+0x3C	当前温度寄存器，可读可写，写保护
RTC_DMAEN	Offset+0xC0	DMA 控制寄存器

RTC 控制寄存器 RTC_CTL(0x00)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:11	---	预留	R	0
10	Cal_busy	RTC 校正忙。=1 时表示 RTC 正在进行校正；=0 时表示 RTC 校正完成。	R	0
9	Wr_busy	RTC 寄存器写操作忙，当 wr_busy=1 时，RTC 的寄存器不可写，只有当 wr_busy=0 时，才能对 RTC 的寄存器进行写操作。 注意：在 Wr_busy=1 时，不要关闭 RTC 的 APB 时钟；通过 WFI 指令进入 sleep 或者 deep sleep 时需要注意该事项。	R	0
8	WRRTC	RT 寄存器组写允许： 0：禁止 RTC 寄存器写操作； 1：允许 RTC 寄存器写操作。 注意： 该位对 RTC 寄存器组 00~1C/3C 有效，对 RTC_CTL[7:0]也有效。 写时间寄存器，需要最后写入秒寄存器，当写入秒寄存器后时间开始从写入时刻起累计。	R/W	0
7:6	TSE	温度传感器允许位 00：禁止自动温补。 01：启动自动温补。按照 TCP 的设置进行周期性温补。 10：启动用户温补模式 0，温度寄存器可更改，由用户填入温度值，用户每写一次温度寄存器启动一次温度补偿； 11：启动用户温补模式 1，温度寄存器不可更改，每次写温度寄存器就启动一次温度补偿操作，温度寄存器的值由 SOC 测量得到。 注：该寄存器仅有上电复位起作用。	R/W	00
5:3	TCP	温度补偿周期： 000:2S 001:10S 默认 010:20s 011:30s 100:1 分钟 101:2 分钟 110:5 分钟 111:10 分钟	R/W	001
02:00	FOUT	000：禁止输出 001：1Hz 输出 010：1/20Hz 输出 011：32768Hz 输出 100：16Hz 输出 101：8Hz 输出 110：4Hz 输出 111：禁止输出 注：该寄存器仅有上电复位起作用。	R/W	000

秒寄存器 RTC_SC(0x04)

地址：0x4003C000+ 0x04

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
-----	----	----	-------	-----

31:07	---	预留	R	0
06:00	SC	存储时钟的秒值 BCD 码格式， SC[6:4] 为秒值的十位， SC[3:0] 为秒值的个位，秒值的范围为 0~59	R/W	-

分钟寄存器 RTC_MN(0x8)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:07	---	预留	R	0
06:00	MN	存储时钟的分钟值 BCD 码格式， MN[6:4] 为分钟值的十位， MN[3:0] 为分钟值的个位，分钟值的范围为 0~59	R/W	-

小时寄存器 RTC_HR(0xC)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:06	---	预留	R	0
05:00	HR	存储时钟的小时值 BCD 码格式， HR[5:4] 为小时值的十位， HR[3:0] 为小时值的个位，小时值的范围为 0~23。	R/W	-

日期寄存器 RTC_DT(0x10)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:06	---	预留	R	0
05:00	DT	存储时钟的日期值 BCD 码格式， DT[5:4] 为日期值的十位， DT[3:0] 为日期值的个位，日期值的范围为 1~31。	R/W	-

月份寄存器 RTC_MO(0x14)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:05	---	预留	R	0
04:00	MO	存储时钟的月份值 BCD 码格式， MO[4] 为月份值的十位， MO[3:0] 为月份值的个位，月份值的范围为 1~12	R/W	-

年份寄存器 RTC_YR(0x18)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0
07:00	YR	存储时钟的年份值 BCD 码格式， YR[7:4] 为年份值的十位， YR[3:0] 为年份值的个位，年份值的范围为 0~99。	R/W	-

星期寄存器 RTC_DW(0x1C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:03	---	预留	R	0

02:00	DW	存储当前日期所对应的星期。 DW[2:0]的计数循环为 0-1-2-3-4-5-6-0-1-2-...	R/W	-
-------	----	--	-----	---

注：04~1CH 寄存器没有复位值，由于软件引起的复位不会造成时间信息改变。

RTC 定时寄存器 1RTC_CNT1(0x20)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0
07:00	CNT	定时器1计数器预设值 无符号数，计数单位为1s。当计数值=(CNT+1)时，置位 RTCCNT1F标志。（最小可以每1秒产生一次中断，最大可以每256 秒产生一次中断） 注：该定时器在RTC校正后是准确的。	R/W	0

RTC 定时寄存器 2RTC_CNT2(0x24)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0
07:00	CNT	定时器2计数器预设值 无符号数，计数单位为1/256s。当计数值=(CNT+1)时，置位 RTCCNT2F标志。（最小可以每1/256秒产生一次中断，最大可以每1秒产生一次中断） 注：该定时器源自32768Hz晶体，未经校正，有一定误差。	R/W	0

秒闹钟寄存器 RTC_SCA(0x28)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:07	---	预留	R	0
06:00	SCA	秒闹钟值 BCD 码格式，SCA[6:4]为秒值的十位，SCA[3:0]为秒值的个位，秒值的范围为 0~59	R/W	0

分钟闹钟寄存器 RTC_MNA(0x2C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:07	---	预留	R	0
06:00	MNA	分钟闹钟值 BCD 码格式，MNA[6:4]为分钟值的十位，MNA[3:0]为分钟值的个位，分钟值的范围为 0~59	R/W	0

小时闹钟寄存器 RTC_HRA(0x30)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:06	---	预留	R	0
05:00	HRA	小时闹钟值 BCD 码格式，HRA[5:4]为小时值的十位，HRA[3:0]为小时值的个位，小时值的范围为 0~23。	R/W	0

RTC 中断使能寄存器 RTC_IE(0x34)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:09	---	预留	R	0
08	IECLKEN	RTC 中断产生时钟使能； 当 RTC_IE[8:0]任何一位为高时，中断模块时钟打开； 当 RTC_IE[8:0]全部为低时，中断模块时钟才关闭；	R/W	0
7	MOIE	月份中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
6	DTIE	日期中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
5	HRIE	小时中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
4	MNIE	分钟中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
3	SCIE	秒中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
2	RTCCNT2IE	RTC 定时器 2 中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
1	RTCCNT1IE	RTC 定时器 1 中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0
0	ALMIE	闹钟事件中断使能 0：不使能 1：使能	R/W	0

RTC 中断标志寄存器 RTC_IF(0x38)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:12	---	预留	R	0
7	MOF	月份中断标志位 0：月份计数器未加 1 1：月份计数器加 1 Note：写 1 清零	R/W	0
6	DTF	日期中断标志位 0：日期计数器未加 1 1：日期计数器加 1 Note：写 1 清零	R/W	0
5	HRF	小时中断标志位	R/W	0

		0: 小时计数器未加 1 1: 小时计数器加 1 Note: 写 1 清零		
4	MNF	分钟中断标志位 0: 分钟计数器未加 1 1: 分钟计数器加 1 Note: 写 1 清零	R/W	0
3	SCF	秒中断标志位 0: 秒计数器未加 1 1: 秒计数器加 1 Note: 写 1 清零	R/W	0
2	RTCCNT2F	RTC 定时器 2 中断标志位 0: 定时器 1 中断未发生 1: 定时器 1 中断发生 Note: 写 1 清零	R/W	0
1	RTCCNT1F	RTC 定时器 1 中断标志位 0: 定时器 1 中断未发生 1: 定时器 1 中断发生 Note: 写 1 清零	R/W	0
0	ALMF	闹钟事件标志位, 与实时时钟匹配的闹钟事件发生 0: 闹钟事件未发生 1: 闹钟事件发生 Note: 写 1 清零	R/W	0

当前温度寄存器 RTC_TEMP(0x3C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:10	---	预留	R	0
09:00	TEMP	当前温度值。 Bit9 为符号位; Bit8~2 为整数位; Bit1~0 为小数位。 //Temp[9] Temp[8:2] Temp[1] Temp[0] //符号 -128 度~127 度 0.5 度 0.25 度 表示范围: -128 度~+127.75 度 TSE=00: 禁止自动温补。该寄存器无效, 读出的值无意义。 TSE=01: 按照 TCP 设置周期自动温补。该寄存器显示的是该测量周期的温度值。 TSE=10: 启动用户温补模式 0, 温度寄存器可更改, 由用户填入温度值, 用户每写一次温度寄存器启动一次温度补偿; TSE=11: 启动用户温补模式 1, 温度寄存器不可更改, 每次写温度寄存器就启动一次温度补偿操作, 温度寄存器的值由 SOC 测量得到。	R/W	-

RTC DMA 使能寄存器 RTC_DMAEN(0xC0)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
-----	----	----	-------	-----

31:08	---	预留	R	0
7	MO_DMAEN	月份中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
6	DT_DMAEN	日期中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
5	HR_DMAEN	小时中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
4	MN_DMAEN	分钟中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
3	SC_DMAEN	秒中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
2	RTCCNT2_DMAEN	RTC 定时器 2 中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
1	RTCCNT1_DMAEN	RTC 定时器 1 中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
0	ALM_DMAEN	闹钟事件中断启动 DMA 传输使能 0: 不使能 1: 使能	R/W	0

RTC 自动温补需要定义以下寄存器，这些寄存器值在客户量产环节获得。

1. 初始频率偏差寄存器 RTC_DOTA0: 修正晶体的初始频率偏差; (每台表需要获得, 锐能微提供的库函数可以完成该寄存器的操作)
2. 二次曲线顶点温度寄存器 RTC_XT0 (获得晶体批次参数, 配置选项字节, 通过编程界面写入)
3. 晶振温度系数寄存器 RTC_ALPHA (获得晶体批次参数, 配置选项字节, 通过编程界面写入)

7 WDT

SoC 内置硬件看门狗, 用于检测程序的异常执行。

7.1 概述

看门狗具备如下特点:

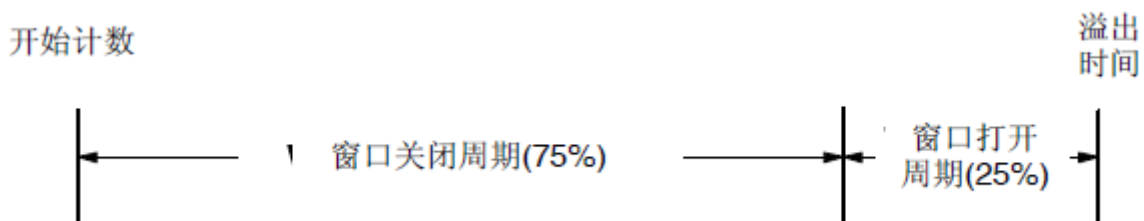
- ◎ 溢出时间可设置为: 16ms、32ms、128ms、512ms、1s、2s、4s、8s;
 - ◎ 喂狗窗口期可设置;
- 出现以下任何一种情况时产生看门狗复位:
- ◎ 看门狗定时器计数器溢出;
 - ◎ 将 0xBB 以外的数据写入 WDT_EN;
 - ◎ 在喂狗窗口关闭期间将数据写入 WDT_EN;
 - ◎ 通过 bitband 空间将数据写入 WDT_EN;

7.2 看门狗定时器的配置

RN721X 的 WDT 为硬件看门狗，不能通过寄存器直接进行配置，需要通过设置“选项字节”的方式对其进行配置。看门狗的配置有间隔中断，窗口打开周期，溢出时间，CPU 睡眠设置，CPU 调试设置等选项。

名称	描述	厂家默认值
间隔中断	0: Disable (不使能间隔中断) 1: Enable (达到溢出事件的 75%时产生间隔中断)	0
窗口打开周期	0: 25% 1: 50% 2: 75% 3: 100% 在窗口打开期间将 0xBB 写入 WDTE 寄存器，看门狗清零并重新计数； 在窗口关闭期间将 0xBB 写入 WDTE 寄存器，会产生内部复位信号。	3
溢出时间	0: 16ms 1: 32ms 2: 128ms 3: 512ms 4: 1s 5: 2s 6: 4s 7: 8s	4
CPU 睡眠设置	0: Disable (当 CPU 处于 sleep 或者 deepsleep 的时候不开启 WDT) 1: Enable (当 CPU 处于 sleep 或者 deepsleep 的时候开启 WDT)	0
CPU 调试设置	0: Disable (当 CPU 处于调试状态时不开启 WDT) 1: Enable (当 CPU 处于调试状态时开启 WDT) 注：CPU 处于调试状态指的是用户通过调试接口将 Cortex M0 停住 (PC 指针停止计数)。如果芯片处于开发过程中，不建议使能该设置。因为如果使能该设置，当芯片处于调试状态时 WDT 仍然会计数，溢出时会产生中断，将引起调试无法进行。	0

窗口打开周期的定义如下图所示，以 25%的窗口打开周期为示例：



7.3 寄存器说明

WDT 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
-----	------	------

WDT	0x40030000	0x40030000
WDT 寄存器偏移地址		
寄存器名	地址偏移量	描述
WDT_EN	0x0	使能寄存器

WDT_EN (0x0)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:9	---	预留	R	0
8	WR_BUSY	WDT 忙 当 WR_BUSY =1 时, WDT_EN 不可写; 只有当 WR_BUSY =0 时, 才能对 WDT_EN 寄存器进行写操作	R	0
7:0	WDTE	写入 0xBB 对看门狗定时器清零并再次开始计数操作。 复位信号的产生将该寄存器设置为 0x55	R/W	55

特别注意: 当用户程序往 WDTE 写入 0xBB 后, WR_BUSY 变为 1, 只有当 WR_BUSY 又变为 0 后才代表喂狗成功, 在此之前请不要关闭 WDT 模块的 APB 时钟。用户在执行 WFI 指令前喂狗需要注意该事项。

8 LCD

RN7213 内置段码式 LCD 控制器。

8.1 概述

LCD 控制器具备如下特性:

- ◎ 最高支持 4x34、6x32、8x30 LCD 驱动模式;
- ◎ 支持 A 类和 B 类两种驱动波形;
- ◎ 支持 1/3 和 1/4 偏压比;
- ◎ 支持静态, 1/2, 1/3, 1/4, 1/6, 1/8 占空比;
- ◎ 支持 16 级对比度驱动模式;
- ◎ 内置电荷泵偏置电压产生;

8.1.1 扫描时钟频率

LCD 波形扫描频率来自对 LOSC (频率为 32768Hz) 的分频。分频系数通过寄存器 LCD_CLKDIV 配置。

一般要求 LCD 屏的帧刷新频率略微大于 60Hz。表 8-1 中绿色标注的为正常使用的帧频。

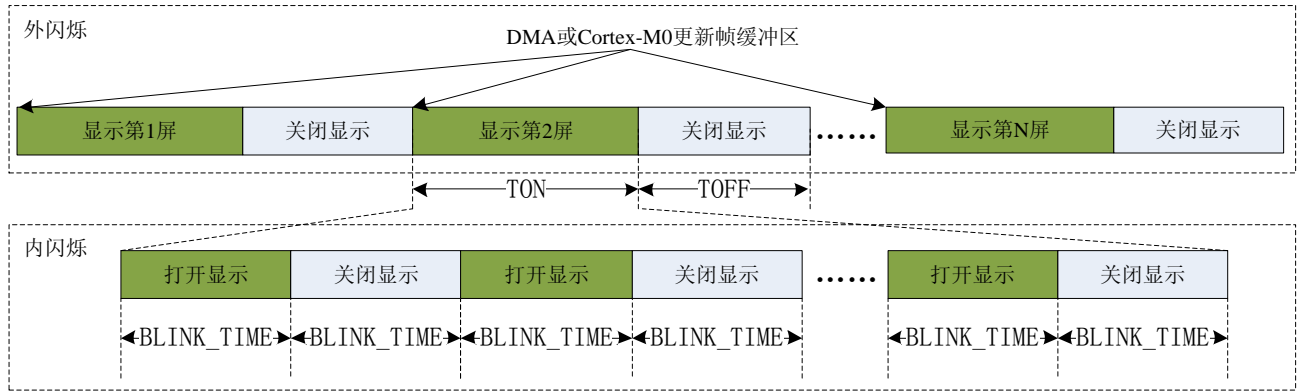
表 8-1 LCD 扫描频率与帧频

LCD_CLKDIV	扫描频率	静态占空比	1/2 占空比	1/3 占空比	1/4 占空比	1/6 占空比	1/8 占空比
0xff	64Hz	64Hz	32Hz	21.3Hz	16Hz	10.7Hz	8Hz
0x7f	128Hz	128Hz	64Hz	42.7Hz	32Hz	21.3Hz	16Hz
0x54	192.8Hz	192.8Hz	96.4Hz	64.3Hz	48.2Hz	32.1Hz	24.0Hz
0x3f	256Hz	256Hz	128Hz	85.3Hz	64Hz	42.7Hz	32Hz
0x2a	381.3Hz	381.3Hz	190.5Hz	127.0Hz	95.3Hz	63.5Hz	47.6Hz
0x1f	512Hz	512Hz	256Hz	170.7Hz	128Hz	85.3Hz	64Hz

8.1.2 闪烁模式

LCD 支持两种闪烁模式：内闪烁和外闪烁。两种模式可以同时使能。

图 8-1 LCD 闪烁方式



如图 8-1, LCD 使能后会根据 LCD_BLINK 寄存器的 TON 位域定义的时间长度打开显示, 随后根据 LCD_BLINK 寄存器的 TON 位域定义的时间长度关闭显示。

在显示打开和关闭时, LCD 可以发出中断请求或 DMA 请求。用户可以使用这些事件更新帧缓冲区。

配合 DMA 的回绕特性, 可以实现对多个帧缓冲区的自动轮显。

8.1.2.1 内闪烁模式

LCD 支持在由 LCD_BLINK 寄存器的 TON 位域指定长度的显示期间, 插入闪烁模式。闪烁的间隔由 LCD_BLINK 寄存器的 BLINK_TIME 位域给出。当 BLINK_TIME 为 0 时, 内闪烁模式被禁止; 当 BLINK_TIME 不为 0 时, TON 必须为 BLINK_TIME 的偶数倍。

8.1.2.2 外闪烁模式

当 LCD_BLINK 寄存器中 TOFF 不为 0 时, 闪烁功能被使能。Blink Mode 使能后, 根据 LCD_BLINK 寄存器的 TON 和 TOFF 的值确定闪烁频率。

8.1.3 LCD 驱动波形

LCD 驱动波形与显示波形类型, 占空比和偏压比有关。

显示波形类型 A 为行反转驱动方式, 即在每个帧内完成一次正负驱动交替; 显示波形类型 B 驱动为帧反转方式, 即在每两个帧内完成一次正负驱动交替。当占空比较大时, 采用显示波形类型 B 驱动方式显示效果会更优。

用户需要根据应用所需的 COM 数选择 LCD 输出波形的占空比:

- ◆ 1 个 COM: 选择静态占空比, 只使用 COM0;
- ◆ 2 个 COM: 选择 1/2 占空比, 使用 COM0, COM1;
- ◆ 3 个 COM: 选择 1/3 占空比, 使用 COM0 ~COM2;
- ◆ 4 个 COM: 选择 1/4 占空比, 使用 COM0 ~COM3;
- ◆ 6 个 COM: 选择 1/6 占空比, 使用 COM0 ~COM5;
- ◆ 8 个 COM: 选择 1/8 占空比, 使用 COM0 ~COM7;

8.1.3.1 类型 A 驱动波形

图 8-2 LCD 驱动波形 (1/4 Duty, 1/3 Bias, Type A)

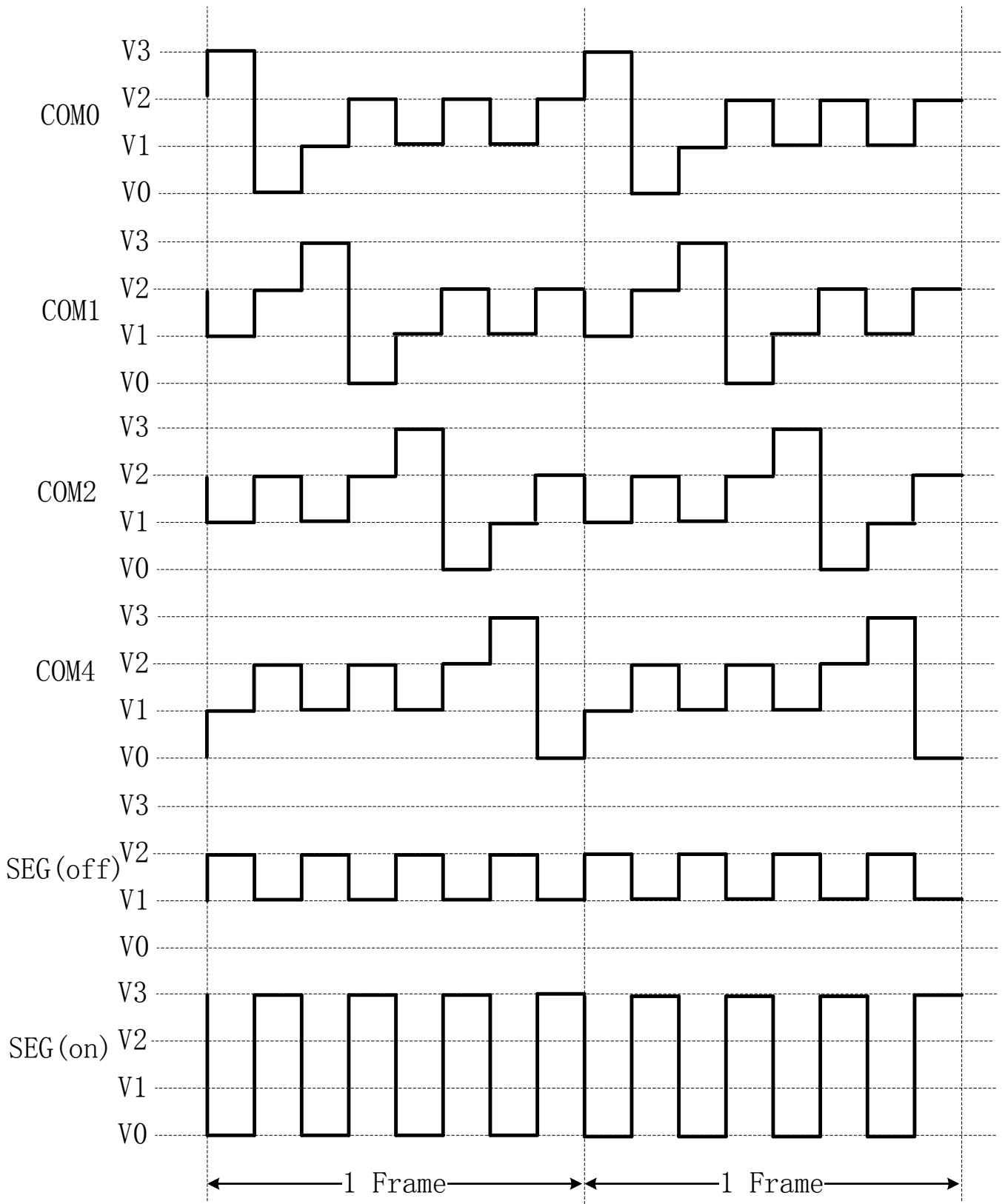
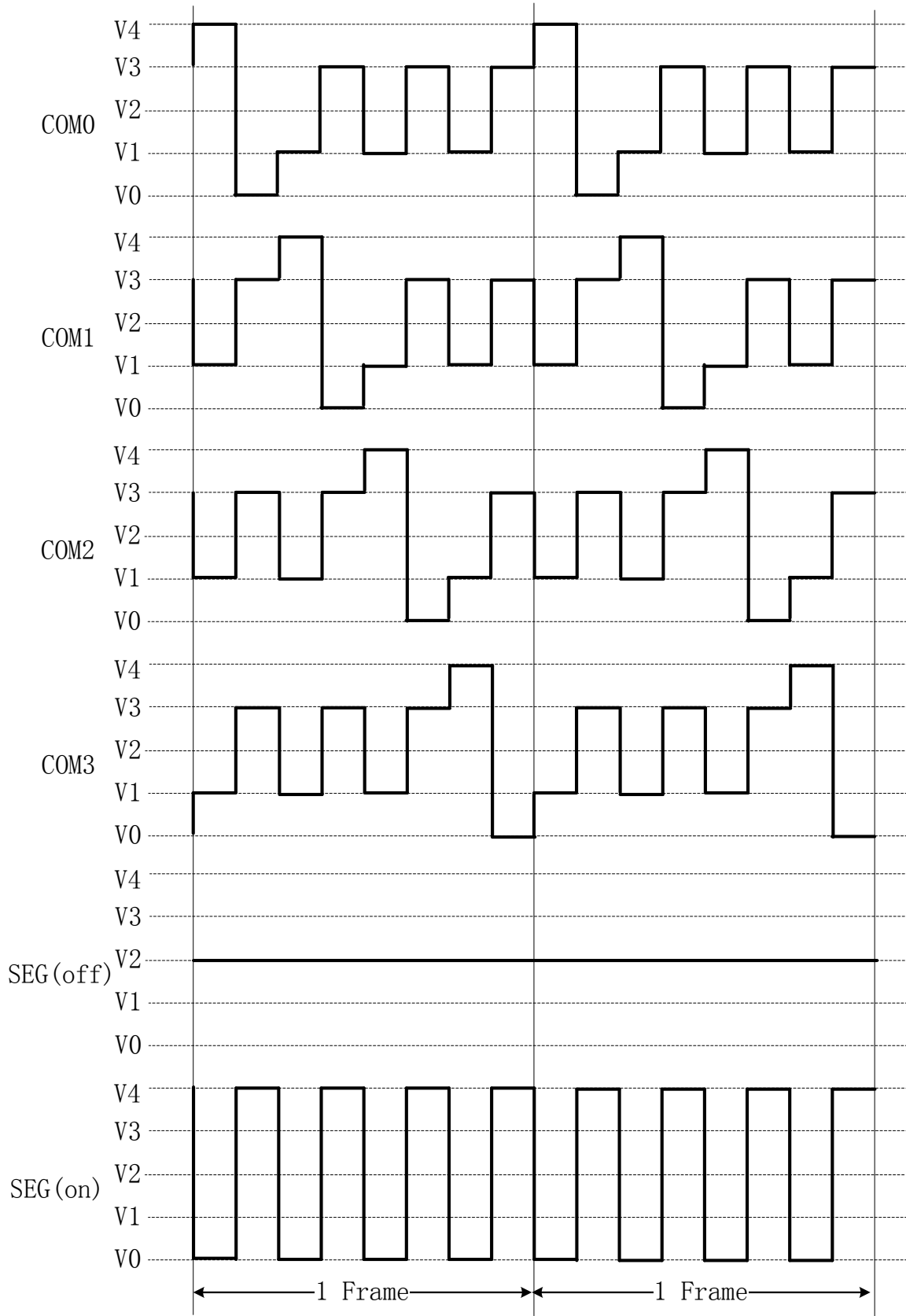


图 8-3 LCD 驱动波形 (1/4 Duty, 1/4 Bias, Type A)



8.1.3.2 类型 B 驱动波形

图 8-4 LCD 驱动波形 (1/4 Duty, 1/3 Bias, Type B)

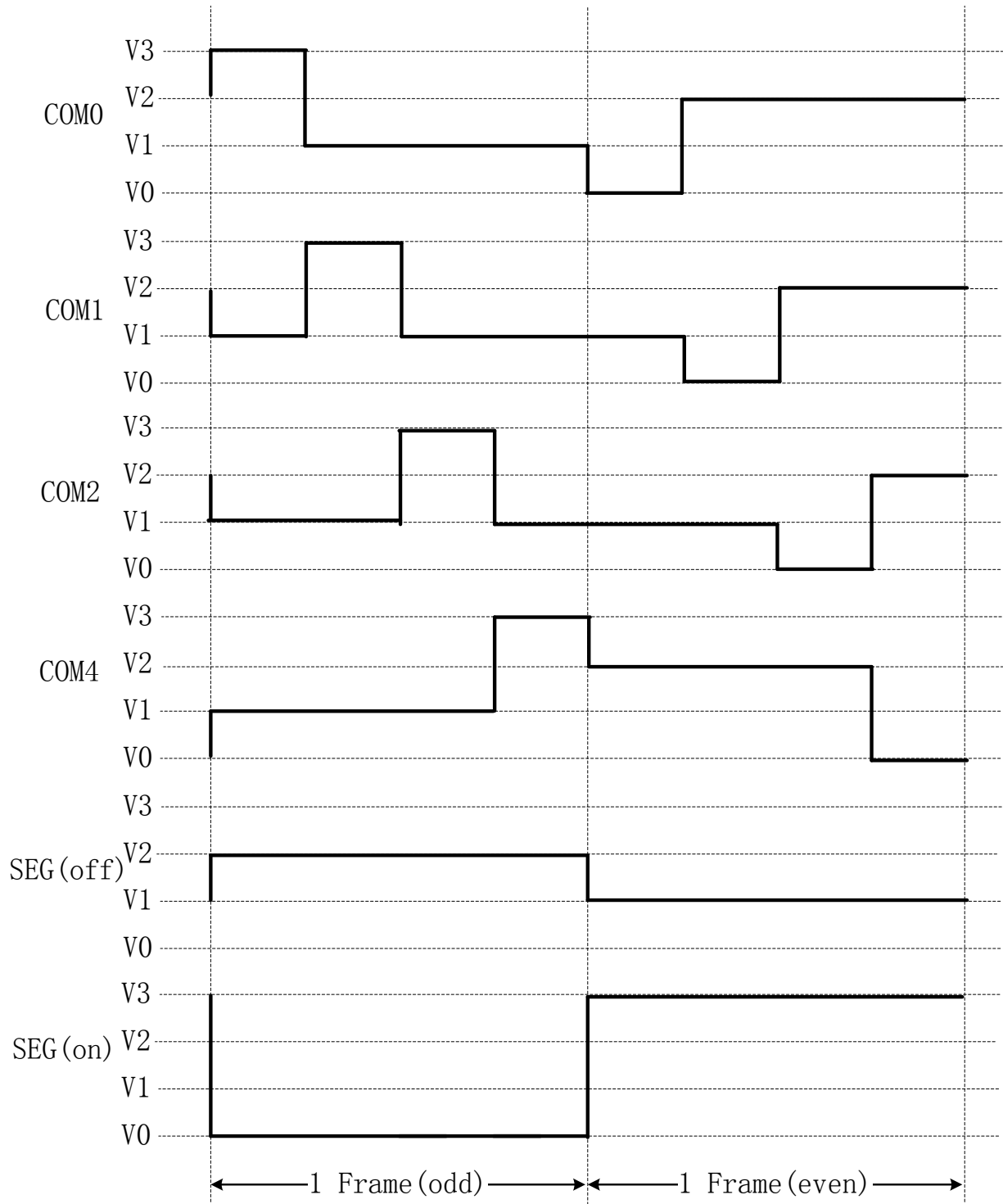
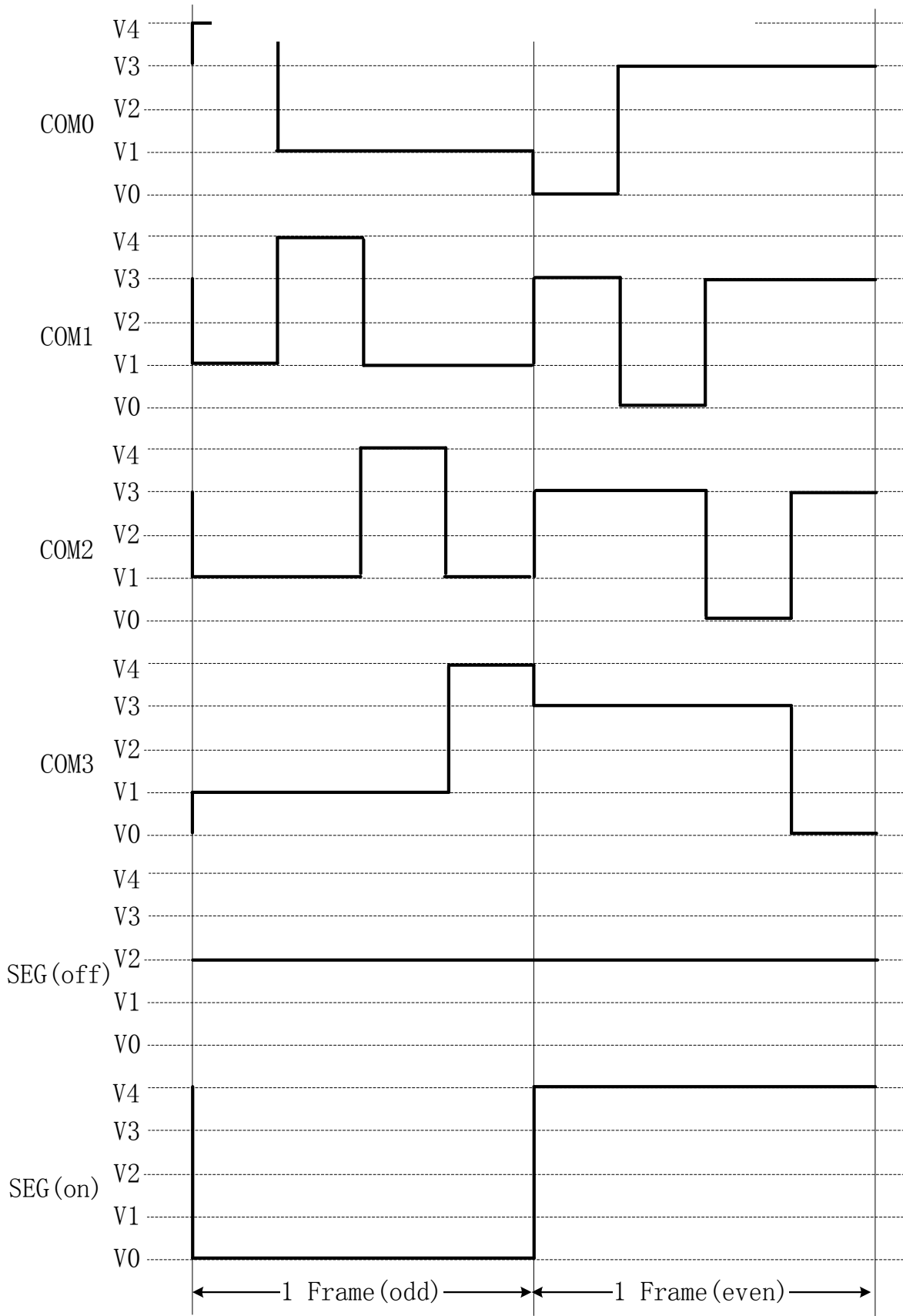


图 8-5 LCD 驱动波形 (1/4 Duty, 1/4 Bias, Type B)



8.1.4 LCD 偏置电压

LCD 的偏置电压可采用 Charge Pump 方式提供。Charge Pump 共需要产生 4 个电压 (Va, Vb, Vc, Vd), 以满足 1/4 偏压比的应用。对于不同偏压比设置, Charge Pump 输出的电压模式有所不同, 如表 8-2 所示。

表 8-2 LCD 驱动电压与偏压比关系

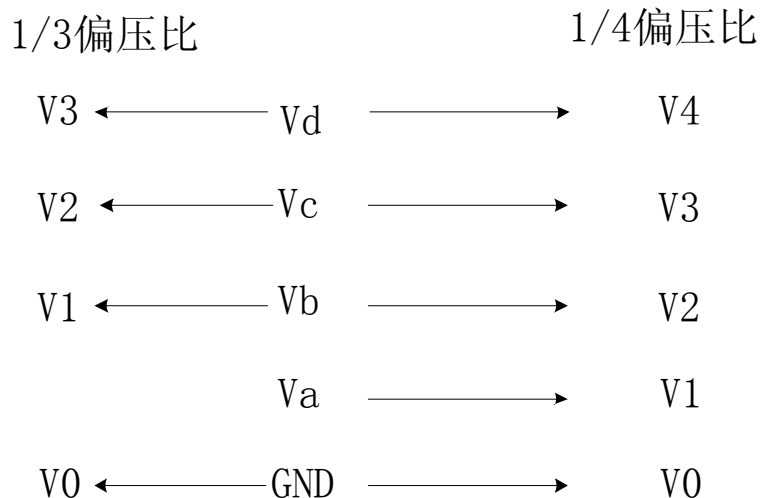
偏压比	灰度选择	Va	Vb	Vc	Vd	Vd (MAX)
1/3 偏压比	BIASLVL[5] = 0	$Va = Vref * (32 + BIASLVL[4:0]) / 63$	$Vb = Va$	$Vc = 2 * Va$	$Vd = 3 * Va$	3.75 V
	BIASLVL[5] = 1	$Va = Vref * (1 + BIASLVL[4:0] / 63)$	$Vb = Va$	$Vc = 2 * Va$	$Vd = 3 * Va$	5.59 V
1/4 偏压比	BIASLVL[5] = 0	$Va = Vref * (32 + BIASLVL[4:0]) / 63$	$Vb = 2 * Va$	$Vc = 3 * Va$	$Vd = 4 * Va$	5.0 V
	BIASLVL[5] = 1	$Va = Vref * (1 + BIASLVL[4:0] / 63)$	$Vb = 2 * Va$	$Vc = 3 * Va$	$Vd = 4 * Va$	6.032V

LCD 所需的 Vd 的最大值为 5.2V。当选择为 1/4 偏压比时, 当 BIASLVL[5:0] 设置大于 6'h2d 时, LCD 控制器自动把 BIASLVL[5:0] 钳位到 6'h2d。

LCD 默认选择 LBGR 作为基准, LBGR 输出典型值为 1.27V。

1/3 和 1/4 偏压比应用电压选择如图 8-6 所示:

图 8-6 偏置电压选择



8.1.5 LCD 帧缓冲映射

LCD_BUFx 寄存器与不同段码规格的 LCD 屏映射关系如下所示。

i. 当使用的是 8COM 时, 需要 30 个 LCD_BUF, 最大可以支持 8*30 的 LCD 屏

LCD_BUF[i] i=0~29 SEG 最大 30	SEG[i+4] COM7	SEG[i+4] COM6	SEG[i+4] COM5	SEG[i+4] COM4	SEG[i+4] COM3	SEG[i+4] COM2	SEG[i+4] COM1	SEG[i+4] COM0
-----------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

ii. 当使用的是 6COM 时, 需要 32 个 LCD_BUF, 最大可以支持 6*32 的 LCD 屏

LCD_BUF[i] i=0~31 SEG 最大 32	-	-	SEG[i+2] COM5	SEG[i+2] COM4	SEG[i+2] COM3	SEG[i+2] COM2	SEG[i+2] COM1	SEG[i+2] COM0
-----------------------------------	---	---	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

iii. 当使用的是 4COM/3COM/2COM/1COM 时, 需要 17 个 LCD_BUF, 最大可以支持 4*34 的 LCD 屏

LCD_BUF[i] i=0~16 SEG 最大 34	SEG[2*i+1] COM3	SEG[2*i+1] COM2	SEG[2*i+1] COM1	SEG[2*i+1] COM0	SEG[2*i] COM3	SEG[2*i] COM2	SEG[2*i] COM1	SEG[2*i] COM0
-----------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

8.2 寄存器

LCD 寄存器基地址

模块名	物理地址	映射地址
LCD	0x40048000	0x40048000

LCD 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
LCD_CTL	0x0	LCD 控制寄存器
LCD_STATUS	0x4	LCD 状态寄存器
LCD_CLKDIV	0x8	LCD 时钟控制寄存器
LCD_BLINK	0xc	LCD 闪烁控制寄存器
LCD_PS	0x10	LCD PUMP 建立时间寄存器
LCD_BUF[i]	0x20+i*1 (i=0-31)	LCD 数据寄存器 (共 32 个 8 位寄存器)

LCD 控制寄存器 LCD_CTL (0x0)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:13	---	预留	R	0
12	PWD_PUMP	LCD PUMP 开关: 0: 开启 PUMP, LCD 电压由内部 PUMP 产生。 1: 关闭 PUMP, 可以选择外部电阻串分压方式;	R/W	0
11	TYPE	LCD Drive Type Select 0: Type A 1: Type B	R/W	0
10:5	BIASLVL	LCD Bias 电压调节 控制 Charge Pump 输出不同幅度的电压以控制 LCD 的对比度	R/W	0
4	BIAS	LCD Bias 控制 0: 1/3Bias 1: 1/4Bias	R/W	0
3:1	DUTY	LCD 占空比控制 000: 静态输出 (COM0) 001: 1/2 占空比 (COM0~1)	R/W	0

		010: 1/3 占空比 (COM0~2) 011: 1/4 占空比 (COM0~3) 100: 1/6 占空比 (COM0~5) 101: 1/8 占空比 (COM0~7) Other: 预留		
0	EN	LCD 模块使能 0: LCD 模块关闭 1: LCD 模块使能	R/W	0

LCD 状态寄存器 LCD_STATUS (0x4)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:6	---	预留	R	0
6	LCD_BUSY	LCD Busy Bit 0: 不忙 1: 忙 Note: 当 LCD_BUSY 为 1 时, LCD_CTRL (除了 EN Bit 外), LCD_CLKDIV, LCD_BLINK, LCD_PS 寄存器不可修改	R	0
5	DMAOFFEN	Display Off DRQ Enable Bit 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
4	DMAONEN	Display On DRQ Enable Bit 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
3	IRQOFFEN	Display Off IRQ Enable Bit 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
2	IRQONEN	Display On IRQ Enable Bit 0: 不使能 1: 使能	R/W	0
1	DOFF	Display Off Pending Bit 0: 无中断事件 1: 显示由亮变灭时置位 Note: 写 1 清零	R/W	0
0	DON	Display On Pending Bit 0: 无中断事件 1: 显示由灭变亮时置位 Note: 写 1 清零	R/W	0

LCD 时钟控制寄存器 LCD_CLKDIV (0x8)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	CLKDIV	LCD Clock 分频系数	R/W	0

		LCD_CLK=fosc/(2*(CLKDIV+1)) (fosc 为 32768Hz)		
--	--	--	--	--

LCD 闪烁控制寄存器 LCD_BLINK (0xC)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	---	预留	R	0
25:18	BLINK_TIME	步长是 0.25s, 支持 0~63.75s 设置 TON 显示周期内, 亮与灭的时间 = 0.25*BLINK_TIME。 Note:当设置为 0 时, 代表在 TON 显示周期内长亮, 不闪烁。当设置值大于 0 时, TON 必须为 BLINK_TIME 的 2n 倍 (n 为大于 0 的整数)。	R/W	0
17:9	TOFF	步长是 0.25s, 支持 0~127.5s, 当使用该功能时请设置成大于>3s; 实际时间为: 0.25s*TOFF	R/W	0
8:0	TON	步长是 0.25s, 支持 0~127.5s, 当使用该功能时请设置成大于>3s; 实际时间为: 0.25*TON	R/W	0

LCD 电荷泵建立时间寄存器 LCD_PUMP (0x10)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:12	---	预留	R	0
11:0	PS	LCD PUMP Setup time Time = TOSC * (PS+4) (TOSC 为 30.5uS) 备注: 用户不需要对该寄存器进行配置。	R/W	0xccc

LCD 数据寄存器 LCD_BUFx (x=0~31) (地址 0x20- 0x3F)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	LCD_BUFx	LCD 屏 SEG 显示数据, 每位的物理意义如下: 0: 对应显示单元不显示 1: 对应显示单元显示	R/W	0

9 定时器

SoC内置2个32位定时器。每个定时器可完全独立工作；定时器之间不共享任何资源，可同步操作。定时器适合多种用途，具有如下功能：

- ◎ 间隔定时
- ◎ 方波输出
- ◎ 外部/内部事件计数
- ◎ 单脉冲输出
- ◎ PWM 输出
- ◎ 脉宽测量

9.1 概述

定时器具备如下特性:

- ◎ 2 个 32 位定时器, 每个定时器:
 - 具有 1 个 32 位递增自动重装计数器;
 - 具有 16 位可编程预分频器, 分频系数从 1~65535 之间可选;
 - 支持计数值动态访问;
 - 支持自由运行模式;
 - 支持单次运行;
- ◎ 每个定时器具有 2 个捕获/比较通道, 每个通道可独立配置成:
 - 输入捕获;
 - 输出比较;
 - 单斜率 PWM;
 - 双斜率 PWM;
 - 单脉冲输出;
 - 互补 PWM:
 - ◆ 死区长度可编程:
 - 两个边沿的死区长度可独立设置;
 - 输出极性可配置;
 - ◆ 可配置的失效处理:
 - 输出失效;
 - 输出清除;
 - 输出三态;
- ◎ 从模式支持:
 - 外部复位和重新启动;
 - 外部门控;
- ◎ 输入捕获支持:
 - 上升沿捕获;
 - 下降沿捕获;
 - 双沿捕获;
 - 周期测量;
 - 脉宽测量;
 - 可选滤波;
- ◎ 输出比较支持:
 - 三态输出;
 - 反转输出;
 - 固定电平输出;
 - 脉宽可配置脉冲输出;
 - 比较寄存器随时更新;
- ◎ 支持中断:
 - 计数溢出;
 - 输入捕获;
 - 输出比较;

9.2 寄存器描述

模块寄存器基地址

模块名	物理地址	映射地址
TC0	0x40010000	0x40010000
TC1	0x40014000	0x40014000

TC 模块寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
TC_CNT	0x0	当前计数值指示
TC_PS	0x4	预分频寄存器
TC_DN	0xC	目标计数值寄存器
TC_CCD0	0x14	捕获比较通道 0 数据寄存器
TC_CCD1	0x18	捕获比较通道 1 数据寄存器
TC_CCFG	0x1C	时钟配置寄存器
TC_CTRL	0x20	控制寄存器
TC_CM0	0x24	捕获比较通道 0 模式寄存器
TC_CM1	0x28	捕获比较通道 1 模式寄存器
TC_IE	0x2C	中断使能寄存器
TC_STA	0x30	状态寄存器

当前计数值寄存器 TC_CNT (0x00)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	CNT	当前计数值	R	0

预分频寄存器 TC_PS (0x04)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:16	-	保留	R	0
15:0	PS	分频系数, 分频值 (PS+1), 0 为不分频	R/W	0

目标计数值寄存器 TC_DN (0x0C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	DN	目标计数值, 实际计数时钟周期为 DN+1	R/W	0

捕获比较通道 0 数据寄存器 TC_CCD0 (0x014)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	CCD	捕获比较数据	R/W	0

注: 通道 0 配置为捕获功能 (即 TC_CM0 寄存器的 CCM 位域为 0) 时, TC_CCD0 寄存器不可写

捕获比较通道 1 数据寄存器 TC_CCD1(0x018)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	CCD	捕获比较数据	R/W	0

注: 通道 1 配置为捕获功能 (即 TC_CMI 寄存器的 CCM 位域为 0) 时, TC_CCD1 寄存器不可写

时钟配置寄存器 TC_CCFG (0x01C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	-	保留	R	0
23:16	FLTOPT	滤波参数设置, 设置滤波的时钟周期数。	R/W	0
15	-	保留	R	0
14:13	ECLKMODE	外部时钟模式: 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 11: 保留 (等效于双边沿)	R/W	0
12:8	CS	时钟源选择: (除外部IO口外, 其余配置均为芯片内部自动连接) 0: UART0 RXD 1: UART1 RXD 2: UART2 RXD 3: 保留 4: 另一定时器(TC0或TC1)的输出outn[0] 5: 另一定时器(TC0或TC1)的输出outp[0] 6: 另一定时器(TC0或TC1)的输出outn[1] 7: 另一定时器(TC0或TC1)的输出outp[1] 8: UART4 RXD 9: UART5 RXD 10: 7816_0输入P41 11: 7816_1输入P42 12: 7816_1输入P43 13~15: 保留 16: sf_out 17: qf_out 18: pf_out 19: rtc_out 20: p1[0]外部IO口 21: p1[1] 外部IO口 27~22: 保留 28: p3[0] 外部IO口 29~31: 保留	R/W	0
7:2	-	保留	R	0
1	FLTEN	滤波使能 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
0	CM	时钟模式: 0: 内部系统时钟 1: 外部输入时钟/事件	R/W	0

控制寄存器 TC_CTRL (0x020)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:29	-	保留	R	0
28	DBGSTBDIS	调试暂停使能： 0: 使能 1: 禁止	R/W	0
27	SLVDE	从模式DMA请求使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
26	CC1DE	捕获比较通道1 DMA请求使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
25	CC0DE	捕获比较通道0 DMA请求使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
24	OVDE	溢出DMA请求使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
23:21	-	保留	R	0
20	SLVGATELVL	从模式门控电平： 0: 低电平计数 1: 高电平计数	R/W	0
19:12	SLVFLTOPT	从模式输入滤波参数	R/W	0
11:10	SLVTRGMODE	从模式控制极性选择： 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 11: 门控模式	R/W	0
9:5	SLVCHANSEL	从模式输入选择： 同时钟配置寄存器 (0x01C) 中 CS 位域定义	R/W	0
4	OPS	单脉冲模式选择： 0: 计数溢出后不停止； 1: 计数溢出后停止	R/W	0
3	SLVFLTEN	从模式输入滤波使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
2	SLVEN	从模式使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
1	-	保留	R	0
0	START	定时器启动： 0: 停止 1: 启动	R/W	0

捕获比较通道 0/1 模式寄存器 TC_CM0/1 (0x024 和 0x028)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:30	-	保留	R	0
29	DFTLVL	缺省电平： 0: 低电平 1: 高电平	R/W	0
28	EFELVL	有效电平： 0: 低电平 1: 高电平	R/W	0
27:25	OM	输出模式： 000: 无输出（三态） 001: 设置为有效电平 010: 设置为无效电平 011: 翻转 100: 强制为有效电平 101: 强制为无效电平 110: PWM模式1 111: PWM 模式 2	R/W	0
24:20	CS	捕获通道选择： 同时钟配置寄存器（0x01C）中 CS 位域定义	R/W	0
19	FLTEN	滤波器使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
18:11	FLT OPT	滤波器参数	R/W	0
10:9	CPOL	捕获极性选择： 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 11: 保留	R/W	0
8:3	DL	死区长度	R/W	0
2	DIEN	死区插入使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0
1	CCM	捕获比较模式选择： 0: 捕获 1: 比较	R/W	0
0	ENABLE	通道使能： 0: 禁止 1: 使能	R/W	0

中断使能寄存器 TC_IE (0x2C)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:4	-	保留	R	0

3	SLVIE	从模式中断使能： 0：禁止 1：使能	R/W	0
2	CC1IE	捕获比较通道1中断使能： 0：禁止 1：使能	R/W	0
1	CC0IE	捕获比较通道0中断使能： 0：禁止 1：使能	R/W	0
0	OVIE	溢出中断使能： 0：禁止 1：使能	R/W	0

状态寄存器 TC_STA (0x30)

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:4	-	保留	R	0
3	SLVF	从模式事件标志：（写1清0） 0：无从模式事件 1：有从模式事件	R/W	0
2	CC1F	捕获比较通道1事件标志：（写1清0） 0：无捕获或比较事件 1：有捕获或比较事件	R/W	0
1	CC0F	捕获比较通道0事件标志：（写1清0） 0：无捕获或比较事件 1：有捕获或比较事件	R/W	0
0	OVF	溢出中断标志：（写1清0） 0：无溢出事件 1：有溢出事件	R/W	0

9.3 典型应用

9.3.1 自动运行模式，定时功能

自动运行模式即间隔定时功能。

基本定时功能，只需要对以下寄存器进行设置：

- 1、目标计数值寄存器，即为定时时长，与计数时钟相关。
- 2、中断使能寄存器中使能溢出中断使能。
- 3、控制寄存器，启动定时器。

定时器会以目标计数值为周期产生中断。

常用可选择功能配置说明：

- 1、可修改预分频寄存器值，改变定时器计数时钟频率。
- 2、可配置时钟配置寄存器，CM 修改配置为外部时钟，同时修改 CS 位配置的外部时钟源。外部时钟源频率不可比系统时钟频率的二分频高。
- 3、单脉冲模式，定时器定时一次后就停止，则配置控制寄存器的 OPS 位为 1 计数溢出后停止计数。

4、时钟源为另外一个定时器的输出，则可连接为两个定时器的级联模式，可增加定时器的寄存器的位宽。

9.3.2 输入捕获模式，脉宽测量功能

输入捕获模式的主要功能是可以测试脉冲的宽度。

基本脉宽测试功能，只需要对以下寄存器进行设置：

- 1、目标计数值寄存器，与计数时钟相关，可设置为最大值。
- 2、捕获比较通道 0/1 模式寄存器设置，ENABLE 通道 0/1 使能，CCM 配置为捕获模式，CPOL 选择捕获极性，CS 捕获输入选择。
- 3、中断使能寄存器中使能捕获比较通道 0/1 中断使能。
- 4、控制寄存器，启动定时器。

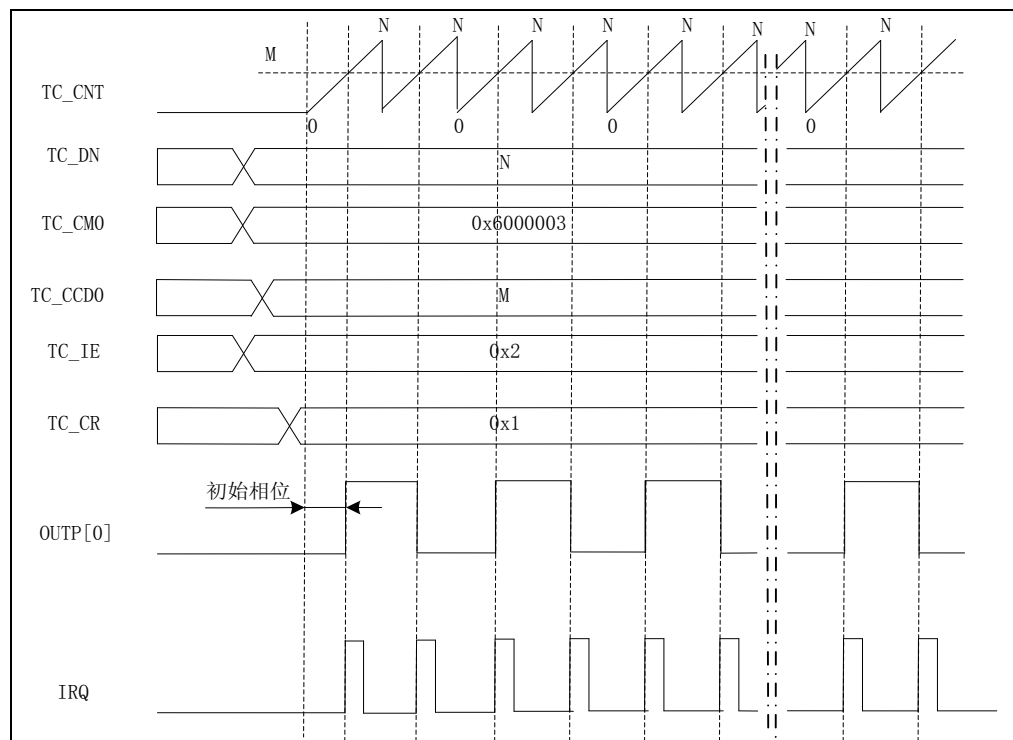
定时器在捕获输入通道捕获到对应的捕获极性时，产生中断，同时当前计数值会保存在捕获比较通道数据寄存器中。采用两个通道，一个通道捕获上升沿，一个通道捕获下降沿，则可通过两个通道的数据寄存器计算出脉冲宽度。

常用可选择功能配置说明：

- 1、可修改预分频寄存器值，改变定时器计数时钟频率。
- 2、可配置时钟配置寄存器，CM 修改配置为外部时钟，同时修改 CS 位配置的外部时钟源。外部时钟源频率不可比系统时钟频率的二分频高。
- 3、输入信号滤波功能，使能通道模式寄存器中 FLTEN 滤波功能，通过配置 FLT OPT 设置滤波周期数。
- 4、若捕获输入源为另外一个定时器的输出，则可连接为两个定时器的级联模式。

9.3.3 比较输出模式，方波输出功能

翻转输出功能即对 TC 的计数时钟进行分频输出的功能。每个定时器有两个输出通道，每个通道有 P 和 N 两个输出端，其中 P 为正常输出端口，N 为 P 的互补输出。



翻转输出功能，只需要对以下寄存器进行设置：

- 1、目标计数值寄存器，与计数时钟相关，可设置为最大值。
- 2、捕获比较通道 0/1 模式寄存器设置，ENABLE 通道 0/1 使能，CCM 配置为比较模式，DFTLVL 配置缺省电平，EFELVL 配置有效电平，OM 输出配置为翻转功能。
- 3、设置捕获比较通道 0/1 数据寄存器。
- 4、中断使能寄存器中使能捕获比较通道 0/1 中断使能。
- 5、控制寄存器，启动定时器。

目标计数值寄存器的值决定输出翻转的周期，比较数据寄存器的值为输出翻转点。

常用可选择功能配置说明：

- 1、可修改预分频寄存器值，改变定时器计数时钟频率。
- 2、可配置时钟配置寄存器，CM 修改配置为外部时钟，同时修改 CS 位配置的外部时钟源。外部时钟源频率不可比系统时钟频率的二分频高。
- 3、输入信号滤波功能，使能通道模式寄存器中 FLTEN 滤波功能，通过配置 FLTOPT 设置滤波周期数。

9.3.4 比较输出模式，PWM 输出功能

脉冲宽度调制（PWM）模式可以产生一个由 TC_DN 寄存器确定频率、由 TC_CCDx 寄存器确定占空比的信号。支持两种 PWM 模式：PWM 模式 1 和 PWM 模式 2：

PWM1 模式时，如果 $TC_CNT < TC_CCDx$ 时，输出为有效电平，否则为无效电平。

PWM2 模式时，如果 $TC_CNT \geq TC_CCDx$ 时，输出为有效电平，否则为无效电平。

PWM 输出功能，只需要对以下寄存器进行设置：

1. 目标计数值寄存器，与计数时钟相关。
2. 捕获比较通道 0/1 模式寄存器设置，ENABLE 通道 0/1 使能，CCM 配置为比较模式，DFTLVL 配置缺省电平，EFELVL 配置有效电平，OM 输出配置为 PWM1 或者 PWM2 功能。
3. 设置捕获比较通道 0/1 数据寄存器，必须比目标计数值寄存器小。
4. 控制寄存器，启动定时器。

在通道的 P 端则输出 PWM1/PWM2 模式的脉冲波行，在通道的 N 端输出与 P 端互补的波形。

PWM1：周期为目标计数值寄存器值加 1，有效电平周期为通道数据寄存器值的周期数加 1。

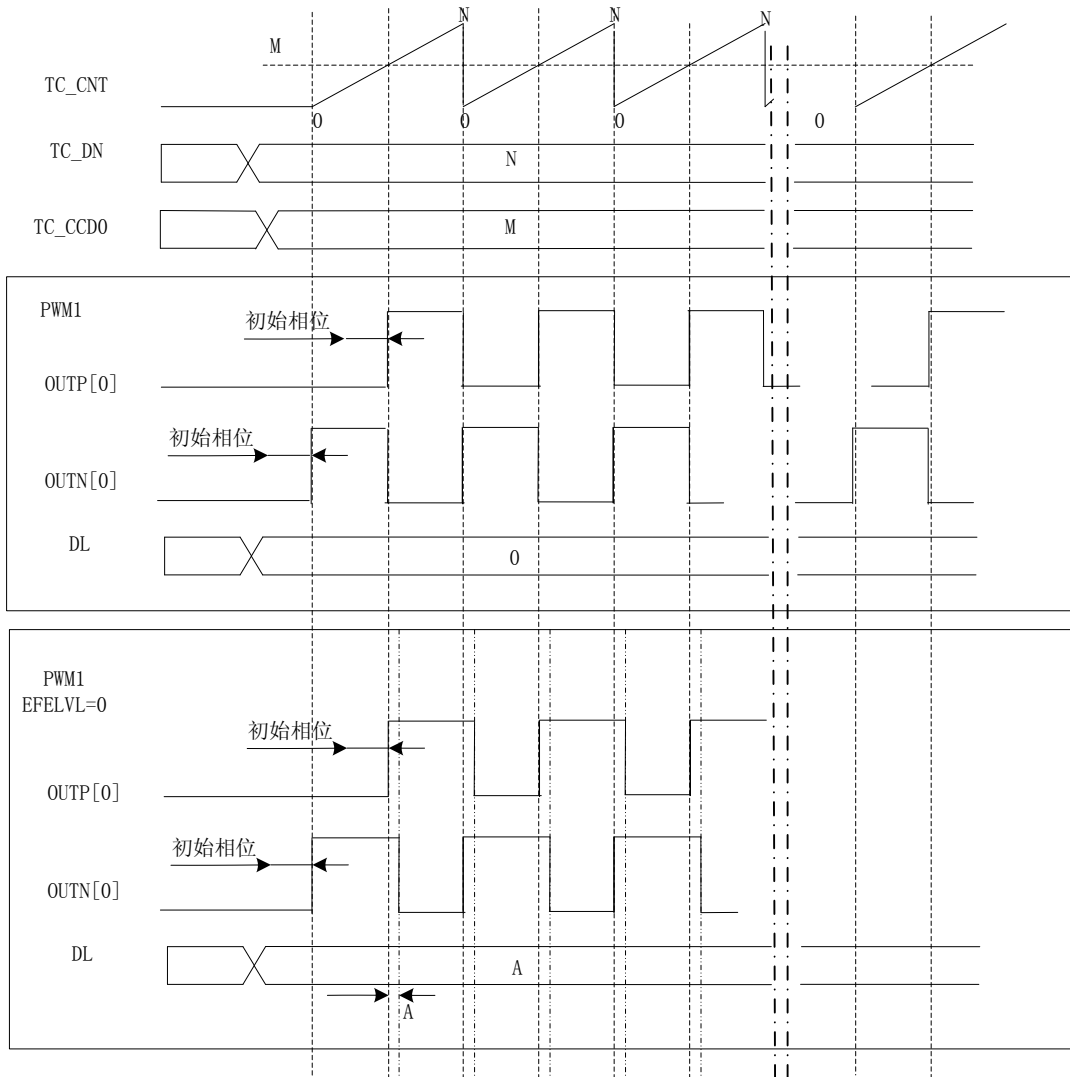
PWM2：周期为目标计数值寄存器值加 1，无效电平周期为通道数据寄存器值的周期数加 1。

常用可选择功能配置说明：

1. 可修改预分频寄存器值，改变定时器计数时钟频率。
2. 可配置时钟配置寄存器，CM 修改配置为外部时钟，同时修改 CS 位配置的外部时钟源。外部时钟源频率不可比系统时钟频率的二分频高。
3. 死区插入的互补输出，DIEN 死区插入使能，DL 配置死区插入长度。在 P 和 N 的两个沿切换中间加入延迟，即不让两个沿同时翻转。

当有效电平 EFELVL 为低电平时：P 和 N 的输出下降沿延后 DL 个周期。

当有效电平 EFELVL 为高电平时：P 和 N 的输出上升沿延后 DL 个周期



9.3.5 从模式，外部清零功能

从模式是增加了外部控制内部定时器的清零和门控的功能。

外部清零功能，只需要对以下寄存器进行设置：

- 1、目标计数值寄存器，与计数时钟相关。
- 2、中断使能寄存器中使能溢出中断使能。
- 3、控制寄存器，SLVEN 从模式使能，SLVTRGMODE 从模式控制极性选择，SLVCHANSEL 从模式输入选择，START 启动定时器。

这样在自由运行模式下增加了一个外部清零内部 CNT 的功能。

常用可选择功能配置说明：

- 1、可修改预分频寄存器值，改变定时器计数时钟频率。
- 2、可配置时钟配置寄存器，CM 修改配置为外部时钟，同时修改 CS 位配置的外部时钟源。外部时钟源频率不可比系统时钟频率的二分频高。
- 3、单脉冲模式，定时器定时一次后就停止，则配置控制寄存器的 OPS 位为 1 计数溢出后停止计数。
- 4、时钟源为另外一个定时器的输出，则可连接为两个定时器的级联模式，可增加定时器的寄存器的位宽。
- 5、从模式控制极性选择中，若选择为门控模式，SLVGATELVL 从模式门控电平配置，从模式的输入在门

控电平时内部 CNT 才会计数。

- 从模式下配置为输入捕获方式，从模式的输入和捕获的输入源配置为相同，捕获选择一个沿，从模式极性选择另外一个沿，则可有捕获数据寄存器直接获取脉冲宽度。

10 模拟外设

10.1 特点

10bit SAR ADC:

- 温度传感器测量，理论误差小于 0.125 度；
- 通用 ADC；
- 多路复用，其中温度传感器测量优先级最高，需要定时测量；
- RTC 应用时分时打开，要求不影响整体功耗（如 20 秒打开一次，平均功耗为几百 nA）；
- 最大功耗不超过 500uA
- 时钟为 32.768KHz。

一路 LVD 电路，主要特点如下：

- LVD 的输入可选为芯片电源，也可选择为外部 PIN 输入；
- LVD 的阈值可调，从 2.7V 到 4.9V 多个档位可设；
- 当选择为外部 PIN 输入时（LVDIN0），阈值固定为 1.2V 左右

RN7213 集成了两路比较器电路 CMP1 和 CMP2，主要特点如下：

- 外部 PIN 输入，阈值固定为 1.2V 左右
- CMP2 为低功耗比较器，建议使用 CMP2 进行主电上下电监测。

10.2 寄存器

模拟外设模块的基址

模块名	物理地址	映射地址
ANA	0x4002C000	0x4002C000

模拟外设模块的寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
SAR_CTL	Offset+0x0	SAR-ADC 控制寄存器
SAR_START	Offset+0x4	SAR-ADC 启动寄存器
SAR_STAT	Offset+0x8	SAR-ADC 状态寄存器
SAR_DAT	Offset+0xC	SAR-ADC 数据寄存器
LVD_CTL	Offset+0x10	比较器控制寄存器
LVD_STAT	Offset+0x14	比较器状态寄存器

- SAR_CTL

ADC 控制寄存器 地址 0x4002C000+ 0x700

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:17	---	预留	R	0
16:12	REF_WAIT	REF 在开启后到开启 ADC 需要等待的时间： 5'd0: 976uS 5'd31: (31+1)*976=31.232ms 即等待时间=(REF_WAIT+1)* 976uS	R/W	0
11:7	SAR_WAIT	SAR ADC 在开启后到开始采样转换需要等待的时间： 5'd0: 30.5uS 5'd31: (31+1)*30.5=976us 即等待时间=(SAR_WAIT+1)*30.5us 注：启动 ADC 测量的步骤： 开启 REF，等待 REF_WAIT 时间； 开启 ADC 和温度传感器，等待 SAR_WAIT 时间； 输入时钟和复位信号，16 个时钟周期后得到采样结果。 以上步骤均由硬件自动控制实现。	R/W	0xE
6	SARDMA_IE	SAR-DMA 控制： 1: 使能 DMA 请求； 0: 不使能 DMA 请求；	R/W	0
5	SAR_IE	SAR-ADC 中断控制： 1: 使能 ADC 中断输出； 0: 不使能 ADC 中断输出。	R/W	0
4:3	SAR_PGA	SAR-ADC 增益控制： 00: 0.5 倍 01: 1 倍 10: 1.5 倍 11: 2 倍	R/W	0
2:0	SAR_CH	SAR-ADC Channel 选择 000: 温度测量 001: 保留 010: 外部管脚输入 AIN0 011: 外部管脚输入 AIN1 100: 外部管脚输入 AIN2 101: 外部管脚输入 AIN3 110: 外部管脚输入 AIN4 111: 保留 不管设置为哪个通道，自动温度测量的优先级最高。 RN7211 只支持 000(温度测量)和 110(AIN4)。	R/W	0
备注：以上寄存器位只有当 SAR_START 中的 ST=0 时才可写。				

● SAR_START

SAR-ADC 启动寄存器 地址 0x4002C000+ 0x4

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:01	---	预留	R	0
0	ST	SAR-ADC Start Bit 0: SAR-ADC 无操作 1: 启动一次 SAR-ADC 采样, 完成采样后自动清零 Note: 由 RTC 控制的自动温度测量不受该位控制, 并且优先级高于该配置位;	R/W	0

● SAR- STATUS

SAR-ADC 状态寄存器 地址 0x4002C000+ 0x8

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:02	---	预留	R	0
1	TPS_BUSY	自动温度测量忙, =1: 自动温度测量正在进行; =0: 自动温度测量没有进行。 当 TPS_BUSY 为=1 时, 软件写 ADC_START 寄存器, 硬件操作会在等待 TPS_BUSY 为 0 后再进行。	R	0
0	DREADY	ADC Date Ready Pending Bit 0: ADC 转换结果未完成 1: ADC 转换结果已完成 Note: 写 1 清零; 由 RTC 控制的自动温度测量不在该状态中指示;	R/W	0

● SAR_DAT

ADC DAT 寄存器 地址 0x4002C000+ 0xC

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
15:10	---	预留	R	0
9:0	SAR-DAT	ADC 转换结果	R	0

● LVD_CTL

LVD 控制寄存器 地址 0x4002C000+ 0x10

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:10	---	预留	R	0
9:8	---	预留	R	0

7	CMP2IE	比较器 2 中断使能： =0：不使能中断； =1：使能中断； RN7211 不支持该寄存器位。	R/W	0
6	CMP1IE	比较器 1 中断使能： =0：不使能中断； =1：使能中断； RN7211 不支持该寄存器位。	R/W	0
5	LVDIE	LVD 中断使能： =0：不使能中断； =1：使能中断；	R/W	0
4	LVDC	保留	R	0
3:0	LVDS	LVD 阈值电压设置： 0000 2.7 0001 2.7 0010 2.7 0011 2.9 0100 3.1 0101 3.3 0110 3.5 0111 3.7 1000 3.9 1001 4.1 1010 4.3 1011 4.5 1100 4.7 1101 4.9 1110 检测外部管脚 LVDIN 的电压，与 LBGR (1.25V) 进行比较； 1111 保留；	R/W	0

备注：LVD、比较器 1 和比较器 2 合并一个中断向量；电源切换单独一个中断向量；SAR-ADC 单独一个中断向量。

● LVD_STAT

LVD 状态寄存器 地址 0x4002C000+ 0x14

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:7	---	预留	R	0
6	CMP2IIF	比较器 2 中断标志 =0：未产生中断；=1：产生中断； 当输入电压相对于阈值变低或者变高时产生中断，写 1 清零； RN7211 不支持该寄存器位。	R/W	0
5	CMP1IIF	比较器 1 中断标志 =0：未产生中断；=1：产生中断； 当输入电压相对于阈值变低或者变高时产生中断，写 1 清零； RN7211 不支持该寄存器位。	R/W	0
4	LVDIIF	LVD 中断标志 =0：未产生中断；=1：产生中断； 当输入电压相对于阈值变低或者变高时产生中断，写 1 清零；	R/W	0
3	---	预留	R	0
2	CMP2IF	比较器 2 状态标志 =0：低于阈值； =1：高于阈值； RN7211 不支持该寄存器位。	R	0

1	CMP1IF	比较器 1 状态标志 =0: 低于阈值; =1: 高于阈值; RN7211 不支持该寄存器位。	R	0
0	LVDIF	LVD 状态标志 =0: 低于阈值; =1: 高于阈值;	R	0

11 GPIO

11.1 概述

- 包含 PA、PB、PC 三个 32bit 的 GPIO;
- GPIO 是 AHB 的外设;
- 支持 bitband 操作;
- **RN7211 仅支持部分 IO 口，用户不应改变不支持 IO 口的相关寄存器。**

BaseAddr 为: 0x50000000

寄存器列表:

模块名	物理地址	映射地址
GPIO	BASE	BASE1

GPIO 接口的寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
PMA	0x00H	PA 口模式寄存器 (输入或者输出)
PA	0x04H	PA 口数据寄存器
PCA0	0x08H	PA 口复用寄存器 0
PCA1	0x0CH	PA 口复用寄存器 1
PUA	0x10H	PA 口上拉选择寄存器
PIMA	0x14H	PA 口输入模式配置
PIEA	0x18H	PA 口输入使能选择
PMB	0x1CH	PB 口模式寄存器 (输入或者输出)
PB	0x20H	PB 口数据寄存器
PCB	0x24H	PB 口复用寄存器

PUB	0x28H	PUB 口上拉选择寄存器
PIMB	0x2CH	PB 口输入模式配置
PIEB	0x30H	PB 口输入使能选择
PMC	0x34H	PC 口模式寄存器（输入或者输出）
PC	0x38H	PC 口数据寄存器
PCC	0x3CH	PC 口复用寄存器
PUC	0x40H	PUC 口上拉选择寄存器 PCC PC 口复用寄存器
PIEC	0x44H	PC 口输入使能选择
PC15	0x60H	SEGC0M 口复用寄存器
PASET	0X64H	PA 口数据置位寄存器，写 1 到该寄存器，PA 口对应位会被写 1；
PACLR	0X68H	PA 口数据清零寄存器，写 1 到该寄存器，PA 口对应位会被清零；
PBSET	0X6CH	PB 口数据置位寄存器，写 1 到该寄存器，PB 口对应位会被写 1；
PBCLR	0X70H	PB 口数据清零寄存器，写 1 到该寄存器，PB 口对应位会被清零；
PCSET	0X74H	PC 口数据置位寄存器，写 1 到该寄存器，PC 口对应位会被写 1；
PCCLR	0X78H	PC 口数据清零寄存器，写 1 到该寄存器，PC 口对应位会被清零；

注：IO 口类型见第 1.4 章管脚排列。

建议使用 bitband 功能（见 4.3.2 章节）访问 GPIO 的寄存器，便于对 IO 口的相关寄存器进行 bit 操作。也可采用 SET/CLR 寄存器（0x64H~0x78H）写 GPIO 的数据寄存器；

如果 IO 口复用配置选择为 IO 口之外的功能，模式寄存器、数据寄存器、输入使能寄存器无效，上拉选择、输入模式选择在所有复用配置下均有效。

RN7211 仅支持部分 IO 口，用户不应改变不支持 IO 口的相关寄存器。

11.2 PA 口

PA 口包含 5 个 P0 口、8 个 P1 口、6 个 P2 口、6 个 P3 口。

PA 口模式寄存器：PMA 地址 0x50000000+0x00H

其中 PM05、PM26、PM27、PM33、PM35 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PM37~PM30	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF

		PM37 和 PM36 只读，读出为 1，只能是输入模式；		
23:16	PM27~PM20	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
15:8	PM17~PM10	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
7:6	---	预留	R	0
5:0	PM05~PM00	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	3F

PA 口数据寄存器：PA 地址：0x50000000+0x04H

其中 P05、P26、P27、P33、P35 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:30	P37~P36	P36 和 P37 数据输入寄存器，只读；	R	0
29:24	P35~P30	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
23:16	P27~P20	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
15:8	P17~P10	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
7:6	---	预留	R	0
5:0	P05~P00	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值 如果定义为模拟输入，在输入模式读取到的值为 0。	R/W	00

PA 口复用寄存器 0：PCA0 地址 0x50000000+0x08H

当选择为模拟输入口时，自动选择为输入模式，PM0 寄存器无效。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:29	---	预留	R	0
29	SWD_SEL	=0: P24 和 P25 不选择为 SWD，由 PC245 (bit27) 定义； =1: P24 和 P25 选择为 SWD；	R/W	1
28	---	预留	R	0
27	PC245	定义端口 P24 和 P25 复用配置： =0: 选择为 IO 口； =1: 选择为 UART2 接口。	R/W	00
26	PC223	定义端口 P22 和 P23 复用配置： =0: 选择为 IO 口；	R/W	00

		=1: 选择为 UART1 接口。		
25	PC201	定义端口 P20 和 P21 复用配置: =0: 选择为 IO 口; =1: 选择为 UART0 接口。	R/W	00
24: 9	PC17[1:0] PC16[1:0] PC15[1:0] PC14[1:0] PC13[1:0] PC12[1:0] PC11[1:0] PC10[1:0]	分别定义端口 P10~P17 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为 KEY 输入口 =10: 选择为 TC 输出 =11: 选择为 TC 输入 P17~P10 对应的 TC 输出分别为 { tc1_p[1],tc1_n[1],tc1_p[0],tc1_n[0],tc0_p[1],tc0_n[1], tc0_p[0],tc0_n[0]}	R/W	00
12:11	PC11[1:0]	定义端口 P11 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为 KEY 输入口 =10: 选择为 TC 输出 =11: 选择为 TC 输入 P11 对应的 TC 输出为 tc0_p[0]		
10:9	PC10[1:0]	定义端口 P10 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为 KEY 输入口 =10: 选择为 TC 输出 =11: 选择为 TC 输入 P10 对应的 TC 输出为 tc0_n[0]	R/W	00
8:7	---	预留	R	0
6:4	PC04~PC02	定义端口 P02~P04 的复用配置: =0: 选择为 IO 口; =1: 选择为模拟输入口	R/W	0
3	---	预留	R	0
2	PC01	定义端口 P01 复用配置: =0: 选择为 IO 口; =1: 选择为模拟输入口	R/W	0
1	---	预留	R	0
0	PC00	定义端口 P00 复用配置: =0: 选择为 IO 口; =1: 选择为模拟输入口	R/W	0

PA 口复用寄存器 1: PCA1 地址 0x50000000+0x0CH

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:16	---	预留	R	0
15:14	PC37[1:0]	定义端口 P37 复用配置:	R/W	0

		=00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT7; =1x: 选择为晶体 POSCI 管脚 备注: 只要 PC36[1]和 PC37[1]中任何一位为高, 那么就选择为 POSC		
13:12	PC36[1:0]	定义端口 P36 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT6; =1x: 选择为晶体 POSCO 管脚 备注: 只要 PC36[1]和 PC37[1]中任何一位为高, 那么就选择为 POSC	R/W	0
11:10	PC35[1:0]	定义端口 P35 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT5; =10: 选择为 TC 输入 =11: 选择为 IO 口	R/W	0
9:8	PC34[1:0]	定义端口 P34 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT4; =10: 选择为视在电能脉冲输出 SF_OUT =11: 选择为 IO 口	9:8	PC34[1:0]
7:6	---	预留	R	0
5:4	PC32[1:0]	定义端口 P32 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT2; =10: 选择为 RTC 输出 RTC_OUT (默认选择为 RTC 输出) =11: 选择 IO 口	R/W	10
3:2	PC31[1:0]	定义端口 P31 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT1; =10: 选择为 TC 输入 =11: 选择为 RX4	R/W	0
1:0	PC30[1:0]	定义端口 P30 复用配置: =00: 选择为 IO 口; =01: 选择为外部中断输入口 INT0; =10: 选择为 TC 输入 =11: 选择为 TX4	R/W	0

PA 口上拉选择寄存器: PUA 地址 0x50000000+0x10H

备注: 当 IO 口处于输出模式或者模拟 PAD 模式时, 不管 PU 寄存器如何配置, PIN 上拉均不使能。其中 PU05、PU26、PU27、PU33、PU35 无实际意义, 用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
-----	----	----	-------	-----

31:24	PU37~PU30	定义端口上拉配置： =0: 不选择上拉； =1: 选择上拉；	R/W	00
23:16	PU27~PU20	定义端口上拉配置： =0: 不选择上拉； =1: 选择上拉； 备注：P24 和 P25 作为 SWD 默认上拉使能。	R/W	30
15:8	PU17~PU10	定义端口上拉配置： =0: 不选择上拉； =1: 选择上拉；	R/W	00
7:6	--	保留	R	0
5:0	PU05~PU00	定义端口上拉配置： =0: 不选择上拉； =1: 选择上拉；	R/W	00H

PA 口输入模式配置：PIMA 地址 0x50000000+0x14H

其中 PIL26、PIL27、PID33、PID35 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PIL27~PIL20	定义端口 P20~P27 输入缓冲器类型： =0: CMOS 缓冲器, $V_{il}=0.3V_{CC}$ $V_{ih}=0.7V_{CC}$; =1: TTL 缓冲器, $V_{il}=0.16V_{CC}$ $V_{ih}=0.4V_{CC}$;	R/W	00
23:16	PIL17~PIL10	定义端口 P10~P17 输入缓冲器类型： =0: CMOS 缓冲器, $V_{il}=0.3V_{CC}$ $V_{ih}=0.7V_{CC}$; =1: TTL 缓冲器, $V_{il}=0.16V_{CC}$ $V_{ih}=0.4V_{CC}$;	R/W	00
15:8	PID27~PID20	定义端口 P20~P27 是否是 N-ch 漏极开路输出： =0: 普通模式； =1: N-ch 漏极开路模式；	R/W	00
7:0	PID17~PID10	定义端口 P10~P17 是否是 N-ch 漏极开路输出： =0: 普通模式； =1: N-ch 漏极开路模式；	R/W	00

PA 口输入使能：PIEA 地址：0x50000000+0x18H

其中 PIE05、PIE26、PIE27、PIE33、PIE35 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PIE37~PIE30	输入使能： =1: 不使能输入； =0: 使能输入； 注：P30 上电后需要 BOOTROM 设为输入使能，方便 ISP 进行检测。	R/W	FF
23:16	PIE27~PIE20	输入使能：	R/W	FF

		=1: 不使能输入; =0: 使能输入;		
15:8	PIE17~PIE10	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF
7:6	保留	保留	R	0
5:0	PIE05~PIE00	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	7F

11.3 PB 口

PB 口包含 6 个 P4 口、6 个 P5 口、8 个 P6 口、8 个 P7 口。

PB 口模式寄存器（输入或者输出）：PMB 地址 0x50000000+0x1CH

其中 PM44、PM45、PM56、PM57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PM77~PM70	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
23:16	PM67~PM60	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
15:8	PM57~PM50	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
7:0	PM47~PM40	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF

当 IO 口设置为 7816 口或者 SPI 口时，方向寄存器不起作用，由通信模块本身控制。

PB 口数据寄存器：PB 地址：0x50000000+0x20H

其中 P44、P45、P56、P57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	P77~P70	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
23:16	P67~P60	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
15:8	P57~P50	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
7:0	P47~P40	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00

PB 口复用寄存器：PCB 地址 0x50000000+0x24H

其中 PC44、PC45、PC56、PC57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PC77~PC70	PC77~PC70 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择 LCD。	R/W	00
23:16	PC67~PC60	PC67~PC60 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择 LCD。	R/W	00
15:8	PC57~PC50	PC57~PC50 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择为其他。 P50-PF、P51-QF、P52-SCL、P53-SDA P54- UART5-RX、P55- UART5-TX、P56-ZX-OUT、P57-SF P50 默认为 PF，P51 默认为 QF，其他默认选择为 GPIO。	R/W	03
7:0	PC47~PC40	P47~P40 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：P40~P43 选择为 7816 P44~47 选择为 SPI。 默认选择为 GPIO。 PC44 仅在 SPI 从模式下有效，在 SPI 主模式下不要配置为 1。	R/W	00

PUB 口上下拉选择寄存器：PUB 地址 0x50000000+0x28H

其中 PU44、PU45、PU56、PU57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PU77~PU70	PU77~PU70 定义 P7 端口是否内接下拉： =0：不接下拉； =1：内接下拉。	R/W	00
23:16	PU67~PU60	PU67~PU60 定义 P6 端口是否内接下拉： =0：不接下拉； =1：内接下拉。	R/W	00
15:8	PU57~PU50	PU57~PU50 定义 P5 端口是否内接上拉： =0：不接上拉； =1：内接上拉。	R/W	00
7:0	PU47~PU40	PU47~PU40 定义 P4 端口是否内接上拉： =0：不接上拉； =1：内接上拉。	R/W	00

PB 口输入模式配置: PIMB 地址 0x50000000+0x2CH

其中 PID44、PID45、PID56、PID57、PIL44、PIL45、PID56、PID57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PIL57~PIL50	定义端口 P50~P57 输入缓冲器类型: =0: CMOS 缓冲器, $V_{il}=0.3VCC$ $V_{ih}=0.7VCC$; =1: TTL 缓冲器, $V_{il}=0.16VCC$ $V_{ih}=0.4VCC$; 其中 PIL51 和 PIL50 只读位 0;	R/W	00
23:16	PIL47~PIL40	定义端口 P40~P47 输入缓冲器类型: =0: CMOS 缓冲器, $V_{il}=0.3VCC$ $V_{ih}=0.7VCC$; =1: TTL 缓冲器, $V_{il}=0.16VCC$ $V_{ih}=0.4VCC$;	R/W	00
15:8	PID57~PID50	定义端口 P50~P57 是否是 N-ch 漏极开路输出: =0: 普通模式; =1: N-ch 漏极开路模式; 其中 PID51 和 PID50 只读位 0;	R/W	00
7:0	PID47~PID40	定义端口 P40~P47 是否是 N-ch 漏极开路输出: =0: 普通模式; =1: N-ch 漏极开路模式;	R/W	00

PB 口输入使能: PIEB 地址: 0x50000000+0x30H

其中 PIE44、PIE45、PIE56、PIE57 无实际意义，用户不要对其进行配置。

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:24	PIE77~PIE70	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF
23:16	PIE67~PIE60	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF
15:8	PIE57~PIE50	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF
7:0	PIE47~PIE40	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF

11.4 PC 口

PC 口包含 8 个 P8 口、4 个 P9 口、4 个 P10 口、4 个 P11 口。

PC 口模式寄存器: PMC 地址: 0x50000000+0x34H

比特位	名称	描述	读/写标志	复位
-----	----	----	-------	----

			志	值
31:28	保留	-----	R	x
27:24	PM113~PM110	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	F
23:20	保留	-----	R	0
19:16	PM103~PM100	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	F
15:12	保留	-----	R	0
11:8	PM93~PM90	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF
7:0	PM87~PM80	=0 输出模式 =1 输入模式	R/W	FF

PC 口数据寄存器：PC 地址：0x50000000+0x38H

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:28	保留	-----	R	0
27:24	P113~P110	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
23:20	保留	-----	R	0
19:16	P103~P100	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
15:12	保留	-----	R	0
11:8	P93~P90	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00
7:0	P87~P80	定义芯片端口需要输出的数据。 如果在输入模式下读端口，则读取的是引脚电平。如果在输出模式下读端口，则读取的是输出锁存器的值	R/W	00

PC 口复用寄存器：PCC 地址 0x50000000+0x3CH

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:29	保留	-----	R	0
28	SPI_MUX	SPI_MUX 定义是 P11 口还是 P4 口作为 SPI 接口： =0: 选择 P4 口作为 SPI 接口； =1: 选择 P11 口作为 SPI 接口。	R/W	00
27:24	PC113~PC110	PC113~PC110 定义端口复用配置： =0: 选择为 IO 口； =1: 选择 SPI 接口。	R/W	00

		PC110 仅在 SPI 从模式下有效，在 SPI 主模式下不要配置为 1.		
23:20	保留	-----	R	00
19:16	PC103~PC100	PC103~PC100 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择 LCD。	R/W	00
15:12	保留	-----	R	0
11:8	PC93~PC90	PC95~PC90 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择 LCD。	R/W	00
7:0	PC87~PC80	PC87~PC80 定义端口复用配置： =0：选择为 IO 口； =1：选择 LCD。	R/W	00

PUC 口上下拉选择寄存器：PUC 地址 0x50000000+0x40H

比 特 位	名称	描述	读 / 写 标 志	复 位 值
31:28	保留	-----	R	0
27:24	PU113~PU110	PU113~PU110 定义端口是否内接上拉： =0：不接上拉； =1：内接上拉。	R/W	00
23:20	保留	-----	R	00
19:16	PU103~PU100	PU103~PU100 定义端口是否内接下拉： =0：不接下拉； =1：内接下拉。	R/W	00
15:12	保留	-----	R	0
11:8	PU93~PU90	PU95~PU90 定义端口是否内接下拉： =0：不接下拉； =1：内接下拉。	R/W	00
7:0	PU87~PU80	PU87~PU80 定义端口是否内接下拉： =0：不接下拉； =1：内接下拉。	R/W	00

PC 口输入使能：PIEC 地址：0x50000000+0x44H

比 特 位	名称	描述	读 / 写 标 志	复 位 值
31:28	保留	-----	R	x
27:24	PIE113~PIE110	输入使能： =1：不使能输入； =0：使能输入；	R/W	F
23:20	保留	-----	R	00
19:16	PIE103~PIE100	输入使能：	R/W	F

		=1: 不使能输入; =0: 使能输入;		
15:12	保留	-----	R	0
11:8	PIE93~PIE90	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	3F
7:0	PIE87~PIE80	输入使能: =1: 不使能输入; =0: 使能输入;	R/W	FF

11.5 COM 端口

功能名称	I/O 类型	功能	复位后	复用功能
COM0	PAM	LCD COM 输出	LCD COM	
COM1	PAM		LCD COM	
COM2	PAM		LCD COM	
COM3	PAM		LCD COM	

COM 端口无寄存器配置。COM 端口不属于 GPIO。

11.6 SEGCOM 端口

功能名称	I/O 类型	功能	复位后	复用功能
SEG0	PAGM	LCD SEG 与 COM 复用输出	LCD SEG	COM4
SEG1	PAGM		LCD SEG	COM5
SEG2	PAGM		LCD SEG	COM6
SEG3	PAGM		LCD SEG	COM7

SEGCOM 口复用寄存器：PC15 地址：0x50000000+0x60H

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:4	---	预留	R	0
3:0	PC153~PC150	PC153~PC150 定义端口复用配置： =0: 选择为 SEG; =1: 选择为 COM。	R/W	00

11.7 置位及清零寄存器

PASET	0X64H	PA 口数据置位寄存器，写 1 到该寄存器，PA 口对应位会被写 1；
PACLR	0X68H	PA 口数据清零寄存器，写 1 到该寄存器，PA 口对应位会被清零；

PBSET	0X6CH	PB 口数据置位寄存器, 写 1 到该寄存器, PB 口对应位会被写 1;
PBCLR	0X70H	PB 口数据清零寄存器, 写 1 到该寄存器, PB 口对应位会被清零;
PCSET	0X74H	PC 口数据置位寄存器, 写 1 到该寄存器, PC 口对应位会被写 1;
PCCLR	0X78H	PC 口数据清零寄存器, 写 1 到该寄存器, PC 口对应位会被清零;

12 外部中断控制器

SoC 内置外部中断控制器 (INTC), 用于处理从芯片管脚输入的中断请求。

12.1 概述

外部中断控制器具备如下特性:

- ◎ 支持 4 个外部中断的模式设置: 上下边沿及双边沿可设;
- ◎ 支持外部中断状态指示;
- ◎ 支持外部中断软件触发;
- ◎ 支持外部中断状态;
- ◎ 支持外部中断屏蔽;
- ◎ 支持外部中断滤波;

12.2 寄存器描述

模块寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
INTC	0x40044000	0x40044000

INTC 模块的寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
INTC_CTL	0x0	INTC 控制寄存器
INTC_MODE	0x4	INTC 模式寄存器
INTC_MASK	0x8	INTC Mask 寄存器
INTC_STA	0xc	INTC 状态寄存器

● INTC_CTL

INTC 控制寄存器

地址 0x40044000+0x0

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0
7:0	Enable	使能信号, Enable[7:0]对应于 Extern_in[7:0] 0: 关闭对应的外部中断 1: 使能对应的外部中断	R/W	0

● INTC_MODE

INTC 模式寄存器

地址 0x40044000+0x4

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:06	---	预留	R	0

15:14	MODE7	Extern Int 7 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
13:12	MODE6	Extern Int 6 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
11:10	MODE5	Extern Int 5 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
9:8	MODE4	Extern Int 4 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
7:6	MODE3	Extern Int 3 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
5:4	MODE2	Extern Int 2 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
3:2	MODE1	Extern Int 1 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0
1:0	MODE0	Extern Int 0 模式选择 00: 上升沿 01: 下降沿 10: 双边沿 Others: Reserve	R/W	0

● INTC_MASK

INTC Mask 寄存器

地址 0x40044000+0x8

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0

07:00	MASK	MASK[7:0]对应于 Extern_int[7:0] 0: 中断禁止 1: 中断使能	R/W	0
-------	------	--	-----	---

● INTC_STA

INTC 状态寄存器

地址 0x40044000+0xc

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:08	---	预留	R	0
07:00	STA	STA[7:0]对应于 Extern_int[7:0] 0: 中断事件未发生 1: 中断事件发生 Note: 写 1 清零	R/W	0

13 KBI

SoC 内置按键接口控制器。

13.1 特性

按键接口控制器具有如下特性：

- ◎ 支持 8 个(RN7211 支持 7 个)按键，对应管脚为 P10/KEY0、P11/KEY1、P12/KEY2、P13/KEY3(RN7211 不支持 KEY3)、P14/KEY4、P15/KEY5、P16/KEY6、P17/KEY7；
- ◎ 支持每个按键状态查询；
- ◎ 支持每个按键输入滤波，滤波时间为 24ms；
- ◎ 支持每个按键可单独屏蔽中断

13.2 寄存器说明

表 13-1 KBI 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
KBI	0x40028000	0x40028000

表 13-2 KBI 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
KBI_CTL	0x0	控制寄存器
KBI_SEL	0x4	选择寄存器
KBI_DATA	0x8	数据寄存器
KBI_MASK	0xc	屏蔽寄存器

● 控制寄存器 (0x0)

表 13-3 KBI 控制寄存器 KBI_CTL

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	EN	使能信号，EN[7:0]对应于 KEY[7:0] 0: 关闭对应的 KEY 1: 使能对应的 KEY	R/W	0

● 选择寄存器 (0x4)

表 13-4 KBI 选择寄存器 KBI_SEL

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	SEL	SEL[7:0]对应于 KEY[7:0] 0: 上升沿有效 1: 下降沿有效	R/W	0

● 数据寄存器 (0x8)

表 13-5 KBI 数据寄存器 KBI_DATA

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	DAT	DAT[7:0]对应于 KEY[7:0] 0: 按键没有按下 1: 按键被按下 Note: 写 1 清零	R/W	0

● 屏蔽寄存器 (0xC)

表 13-6 KBI 屏蔽寄存器 KBI_MASK

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	MASK	MASK[7:0]对应于 KEY[7:0] 0: 中断禁止 1: 中断使能	R/W	0

14 UART

SoC 内置 5 个 UART 接口，用于与外部进行异步串行通信。

14.1 概述

UART 接口控制器具备如下特性：

- ◎ 五个全双工 UART 接口；
- ◎ 内置波特率发生器，支持不同的波特率配置；
- ◎ 数据位宽支持 5/6/7/8bit；
- ◎ 停止位可配置成 1 或 2bit；
- ◎ 可选 38kHz 红外调制；
- ◎ 支持自动波特率检测；
- ◎ 支持红外唤醒；

14.2 寄存器

表 14-1 UART 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
UART0	0x40000000	0x40000000
UART1	0x40004000	0x40004000
UART2	0x40008000	0x40008000

UART4	0x40018000	0x40018000
UART5	0x4001C000	0x4001C000

表 14-2 UART 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
UART_CTL	0x0	UART 控制寄存器
UART_BAUD	0x4	UART 波特率配置寄存器
UART_STAT	0x8	UART 状态指示寄存器
UART_TXD	0xC	UART 发送数据寄存器
UART_RXD	0x10	UART 接收数据寄存器

● 控制寄存器 (0x0)

表 14-3 控制寄存器 UART_CTL

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:12	---	预留	R	0
12	IRSEL	红外调制极性选择: 0: 正极性, 即默认驱动电平为高 1: 负极性, 即默认驱动电平为低	R/W	0
11	ILBE	内部环回使能 0: 内部环回禁止 1: 内部环回使能, TXD 与 RXD 信号在模块内部短接	R/W	0
10	IRE	红外调制使能位 0: 关闭红外调制输出 1: 打开红外调制输出, 用 38k 载波调制输出数据的低电平	R/W	0
9:7	PARS	校验位选择 0: 无校验 1: 奇校验 2: 偶校验 3: 固定为零校验 4: 固定为 1 校验 其它: 用户自定义校验	R/W	0
6:5	DATLEN	传输数据宽度位 0: 5-bit 1: 6-bit 2: 7-bit 3: 8-bit	R/W	0
4	STOPS	停止位位宽选择 0: 1-bit 停止位 1: 2-bit 停止位	R/W	0
3	ERRIE	错误中断使能位, 对应的标志位是状态指示寄存器中 bit5~bit2. 0: 关闭中断 1: 打开中断	R/W	0
2	RXIE	接收数据中断使能位, 对应的标志位是状态指示寄存器中 bit1. 0: 关闭中断	R/W	0

		1: 打开中断		
1	TXIE	发送数据中断使能位, 对应的标志位是状态指示寄存器中 bit0. 0: 关闭中断 1: 打开中断	R/W	0
0	EN	模块使能 0: 关闭 1: 打开	R/W	0

- 波特率配置寄存器 (0x4)

表 14-4 波特率配置寄存器 UART_BAUD

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:12	---	预留	R	0
11:0	CLKDIV	UARTx clock 分频数 波特率的计算公式是: 系统时钟/[16*(CLKDIV+1)]	R/W	0

- 状态指示寄存器 (0x8)

表 14-5 状态指示寄存器 UART_STA

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
9	tx_fifo_full	发送 FIFO 满: 0: 不满 1: 满	R	0
8	tx_fifo_empty	发送 FIFO 空: 0: 非空 1: 空	R	1
7	TB	发送状态标志位 0: 没有发送 1: 正在发送数据	R	0
6	RB	接收状态标志位 0: 没有接收 1: 正在接收数据	R	0
5	DE	数据错误, 写 1 清零 0: 无错误 1: 有错误	R/W	0
4	FE	帧错误, 写 1 清零 0: 无错误 1: 有错误	R/W	0
3	OE	溢出错误, 写 1 清零 0: 无错误 1: 有错误	R/W	0
2	PE	校验错误, 写 1 清零 0: 无错误 1: 有错误	R/W	0

1	TX	发送标识, 写 1 清零 0: 数据尚未发送或无待发送数据 1: 数据已发送	R/W	0
0	RX	接收标识, 写 1 清零 0: 无接收数据 1: 数据已接收	R/W	0

● 发送数据寄存器 (0xC)

表 14-6 发送数据寄存器 UART_TXD

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:9	---	预留	R	0
8	UP	用户自定义校验位	R/W	0
7:0	TXDATA	发送数据寄存器	R/W	0

● 接收数据寄存器 (0x10)

表 14-7 接收数据寄存器 UART_RXD

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
31:9	---	预留	R	0
8	UP	校验位	R	0
7:0	RXDATA	接收数据寄存器	R	0

15 ISO7816

SoC 内置两个 ISO7816 通道, 支持外接 2 个 7816 协议接口设备。
RN7213 不支持 7816 通道 1。

15.1 概述

ISO7816 接口控制器具备如下特性:

- ◎ 支持标准的 ISO7816 协议, 工作在主模式;
- ◎ 支持卡时钟输出, 频率可在 1~5MHz 之间设置;
- ◎ 支持 7816 多种分频比设置;
- ◎ 支持 MSB 先输出的低逻辑和 LSB 先输出的高逻辑数据编码方式;
- ◎ 支持 1, 2ETU 宽度的错误信号宽度设置;
- ◎ 支持 0~254ETU 宽度的 EGT 设置;
- ◎ 支持发送数据传输错误重发机制, 重发次数可在 0~7 之间设置;
- ◎ 7816 卡协议栈支持接口两个 (Esam 和卡): esam 模块接收和发送用一个管脚口;
- ◎ 支持卡接口接收和发送分离;

15.2 寄存器

表 15-1 ISO7816 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
ISO7816	0x40038000	0x40038000

表 15-2 ISO7816 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
------	-------	----

ISO7816_CTL0	0x0	控制寄存器 0
ISO7816_CTL1	0x4	控制寄存器 1
ISO7816_CLK	0x8	时钟配置寄存器
ISO7816_BDDIV0	0xc	波特率配置寄存器 0
ISO7816_BDDIV1	0x10	波特率配置寄存器 1
ISO7816_STAT0	0x14	状态指示寄存器 0
ISO7816_STAT1	0x18	状态指示寄存器 1
ISO7816_DAT0	0x1c	数据发送寄存器 0
ISO7816_DAT1	0x20	数据发送寄存器 1

● 控制寄存器 (0x0)

表 15-3 ISO7816 控制寄存器 0 ISO7816_CTL0

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:28	---	预留	R	0
27	RX_GT0	接收数据 GT 选择位, 发送时固定为 2etu 1: 接收数据 GT 为 1etu 0: 接收数据 GT 为 2etu	R/W	0
26	TX0_DMA_EN	发送 DMA 请求 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
25	RX0_DMA_EN	接收 DMA 请求 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
24:17	EGT0	EGT 宽度选择值(0~255), 即额外保护时间 N, 默认值 N=0。 在0到254范围内, N用于计算两个相邻数据起始沿之间的延迟: $12 \text{ etu} + (Q \times (N/f))$ 。 公式中, Q应取下面两个值中的一个: ——当复位应答中不存在T=15时, 取F/D; ——当复位应答中存在T=15时, 取 Fi/Di; N=255表示在传输协议期间, 两个连续字符的起始沿之间的最小延迟在传输的两个方向上是相同的。这个最小延迟值是: ——T=0时, 12etu ——T=1时, 11etu	R/W	0
16: 14	REP_CNT0	数据奇偶校验出错时自动重发次数控制 000: 0次 001: 1次 010: 2次 011: 3次 100: 4次 101: 5次 110: 6次 111: 7次	R/W	011
13	RXPAR_ESEL0	接收数据奇偶校验错误处理方式选择 1: 奇偶校验错, 根据 T=0 协议回发 error signal。置 RX_PAR_ERR 标志, 进行中断。 0: 奇偶校验错, 不发送 error signal, 置 RX_PAR_ERR 标志, 直接中断。	R/W	1

12:11	ERRWTH0	错误信号宽度选择位，只适用于接收，且 RXPARESELO=1 00: 2 etu 01: 1 etu 10: 1.5 etu 11: 2 etu	R/W	01
10:8	PARSELO	校验位选择位 000: 无校验 001: 奇校验 010: 偶校验 011: 固定为零校验 100: 固定为 1 校验 其它: 保留	R/W	010
7	BGT_EN0	数据接收到发送的 BGT 控制位 0: 关闭 BGT 功能，数据接收发送之间不插入 BGT 1: 打开 BGT 功能，数据接收发送之间插入 BGT (22etu)	R/W	0
6	ERR_IRQ_EN0	传输出错中断使能位，发送数据时数据冲突、接收数据时数据溢出以及接收数据帧格式错误 0: 禁止传输出错产生中断 1: 使能传输出错产生中断	R/W	0
5	RX_IRQ_EN0	数据接收中断使能位，使能数据从移位寄存器移入到接收缓存寄存器产生中断 0: 禁止数据接收产生中断 1: 使能数据接收产生中断	R/W	0
4	TX_IRQ_EN0	数据发送中断使能位，使能数据从移位寄存器发送完成产生中断 0: 禁止数据发送产生中断 1: 使能数据发送产生中断	R/W	0
3	RX_EN0	接收数据使能 0: 禁止数据接收 1: 使能数据接收	R/W	0
2	TX_EN0	发送数据使能 0: 禁止数据发送 1: 使能数据发送	R/W	0
1	DIRSELO	数据编码方式选择位 0: LSB 先传的正逻辑数据编码方式 1: MSB 先传的负逻辑数据编码方式 (数据取反)	R/W	0
0	EN0	ISO7816 控制器使能位 0: 控制器关闭 1: 控制器打开	R/W	0

● ISO7816 控制寄存器 1 (0x04)

RN7213 不支持 7816 通道 1，该寄存器不应访问。

表 15-4 ISO7816 控制寄存器 1 ISO7816_CTL1

比 特 位	名称	描述	读/写标志	复位值
-------	----	----	-------	-----

31	CARD1_CHECK_EN	卡拔出检测使能位, 只在 OLD 检测功能使能后该位有效 1: 使能卡拔出检测中断功能 0: 不使能卡拔出检测中断功能	R/W	0
30	OLD1_IRQ_EN	OLD 检测中断功能使能, 只在 OLD 检测功能使能后该位有效 1: 使能 OLD 检测中断功能 0: 不使能 OLD 检测中断功能	R/W	0
29	OLD1_EN	OLD 检测功能使能 1: 使能 OLD 检测功能 0: 不使能 OLD 检测功能	R/W	0
28	RX1_GT0	接收数据 GT 选择位, 发送时固定为 2etu 1: 接收数据 GT 为 1etu 0: 接收数据 GT 为 2etu	R/W	0
27	TX1_DMA_EN	发送 DMA 请求使能 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
26	RX1_DMA_EN	接收 DMA 请求 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
25	IO1_EN	数据为双向使能信号 1: 78161_IO 端口为双向信号 0: 78161_IO 端口为单向信号, 只输出, 数据输入从 78161_I 端口输入。	R/W	1
24:17	EGT1	EGT 宽度选择值(0~255), 额外保护时间 N 默认值N=0。 在0到254范围内, N表示在准备好接收下一字符之前, 卡要求从前一个字符(也是由卡或接口设备发送的)的起始沿开始的下列延迟: $12 \text{ etu} + (Q \times (N/f))$ 公式中, Q应取下面两个值中的一个: F/D, 即用于计算etu的值, 当T=15不存在于复位应答中时, Fi/Di, 当T=15存在于复位应答中时。 N=255表示在传输协议期间, 两个连续字符的起始沿之间的最小延迟在传输的两个方向上是相同的。这个最小延迟值是 T=0时, 12etu T=1 时, 11etu	R/W	0
16: 14	REP_CNT1	数据奇偶校验出错时自动重发次数控制 000: 0 次 001: 1 次 010: 2 次 011: 3 次 100: 4 次 101: 5 次 110: 6 次 111: 7 次	R/W	011
13	RXPAR_ESEL1	接收数据奇偶校验错误处理方式选择	R/W	1

		1: 奇偶校验错, 根据 T=0 协议回发 error signal。置 RX_PAR_ERR 标志, 进行中断。 0: 奇偶校验错, 不发送 error signal, 置 RX_PAR_ERR 标志, 直接中断。		
12:11	ERRWTH1	错误信号宽度选择位 00: 2 etu 01: 1 etu 10: 1.5 etu 11: 2 etu	R/W	01
10:8	PARSEL1	校验位选择位 000: 无校验 001: 奇校验 010: 偶校验 011: 固定为零校验 100: 固定为 1 校验 其它: 保留	R/W	010
7	BGT_EN1	数据接收到发送的 BGT 控制位 0: 关闭 BGT 功能, 数据接收发送之间不插入 BGT 1: 打开 BGT 功能, 数据接收发送之间插入 BGT	R/W	0
6	ERR_IRQ_EN1	传输出错中断使能位, 发送数据时数据冲突、接收数据时数据溢出以及接收数据帧格式错误 0: 禁止传输出错产生中断 1: 使能传输出错产生中断	R/W	0
5	RX_IRQ_EN1	数据接收中断使能位, 使能数据从移位寄存器移入到接收缓存寄存器产生中断 0: 禁止数据接收产生中断 1: 使能数据接收产生中断	R/W	0
4	TX_IRQ_EN1	数据发送中断使能位, 使能数据从发送缓存寄存器移入到移位寄存器产生中断 0: 禁止数据发送产生中断 1: 使能数据发送产生中断	R/W	0
3	RX_EN1	接收数据使能 0: 禁止数据接收 1: 使能数据接收	R/W	0
2	TX_EN1	发送数据使能 0: 禁止数据发送 1: 使能数据发送	R/W	0
1	DIRSEL1	数据编码方式选择位 0: LSB 先传的正逻辑数据编码方式 1: MSB 先传的负逻辑数据编码方式	R/W	0
0	EN1	ISO7816 控制器使能位 0: 控制器关闭 1: 控制器打开	R/W	0

● ISO7816_CLK (0x08)

表 15-5 ISO7816 时钟控制寄存器 1 ISO7816_CLK

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:4	---	预留	R	0
3	CLKO_EN	卡时钟输出使能位 0: 关闭卡时钟输出 1: 使能卡时钟输出	R/W	0
2:0	CLKDIV	ISO7816 时钟输出 CLK_O 的分频系数 ISO7816 模块的源时钟从系统时钟 fsyspll 上直接取得 000: 不分频; 001: 2 分频; 010: 4 分频; 011: 8 分频 100: 16 分频; 101: 32 分频; 110: 64 分频; 111: 128 分频	R/W	0

● ISO7816 波特率系数 0 寄存器 (0x0c)

表 15-6 ISO7816 波特率系数 0 寄存器 ISO7816_BDDIV0

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:22	---	预留	R	0
21	FDS0_EN	使能软件配置 F/D 的系数。 1: 波特率系数通过软件写入 FDS0 来确定 0: 波特率系数通过 FD0 来确定	R/W	0
20:8	FDS0	软件配置的波特率系数值, 该位只在 FDS0_EN=1 时可写, 其它情况下均为 13'd372。	R/W	13'd372
7:0	FD0	复位应答所传送的 8 位 FI 和 DI	R/W	8'h01

● ISO7816 波特率系数 1 寄存器 (0x10)

RN7213 不支持 7816 通道 1, 该寄存器不应访问。

表 15-7 ISO7816 波特率系数 1 寄存器 ISO7816_BDDIV1

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:22	---	预留	R	0
21	FDS0_EN	使能软件配置 F/D 的系数。 1: 波特率系数通过软件写入 FDS0 来确定 0: 波特率系数通过 FD0 来确定	R/W	0
20:8	FDS0	软件配置波特率系数, 只在 FDS0_EN=1 时可写, 其它情况下均为 372	R/W	13'd372
7:0	FD0	复位应答所传送的 8 位 FI 和 DI	R/W	8'h01

● ISO7816 状态 0 寄存器 (0x14)

表 15-8 ISO7816 状态 0 寄存器 ISO7816_STAT0

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:12	---	预留	R	0
11	FRAME_ERR0	接收数据帧格式错误中断标志位, 该位写 1 清零, 1: 发送接收数据帧格式错误, 当传输错误中断使能位有效时产生中断 0: 未发送接收数据帧格式错误	R/W	0

10	BDDIV_R0	波特率匹配为指示。FI 和 DI 是否匹配指示；FD 默认为 8'h01，时钟匹配，当写入的 FD 值不匹配时该位置 1。 1: 匹配 0: 不匹配	R	1
9	TX_FLAG0	发送缓冲区空标志。上电复位后自动置位，表示缓冲区空，可以写入数据。MCU 写入数据后标志自动清除，数据从发送缓冲寄存器移入移位寄存器后置 1。 1: 数据发送缓冲区空 0: 数据发送缓冲区内有数据待发送	R	1
8	RX_FLAG0	数据缓冲区满标志，7816 接口控制器每收到 1byte 数据，硬件自动置位，表示接收到 1byte 数据，读数据接收缓冲寄存器清零。 1: 接收到 1byte 数据，数据接收缓冲区满 0: 未接收到数据，数据接收缓冲区空	R	0
7	RXBUSY0	数据接收忙标志位。硬件置位，软件清零 硬件自动清置位 0: 数据接收空闲 1: 接收移位寄存器正在接收数据，收到起始位后自动置 1，收到停止位后自动清零	R	0
6	TXBUSY0	数据发送忙标志。硬件置位，软件清零 硬件自动清置位 0: 数据发送空闲 1: 发送移位寄存器正在发送数据，发送起始位时置 1，发送停止位时自动清零	R	0
5	TXPAR_ER RIF0	发送数据奇偶校验错误标志位，重发次数到后仍然奇偶校验错误则该位置位。 对该位写 1 将清零 1: 发送数据时发生奇偶校验错误 0: 发送数据时无奇偶校验错误	R/W	0
4	RXPAR_ER RIF0	接收数据奇偶校验错误标志位，重发次数到后仍然奇偶校验错误则该位置位。 对该位写 1 将清零 1: 接收数据时发生奇偶校验错误 0: 接收数据时无奇偶校验错误	R/W	0
3	COL_IF0	发送数据冲突错误中断标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生	R/W	0
2	OVL_IF0	接收数据溢出错误标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 无溢出错误 1: 中断发生，接收缓冲寄存器未被读出，又接收到新的数据，溢出错误标志有效	R/W	0
1	RXIF0	数据接收中断标志位。数据从移位寄存器移入接收缓存寄存器后置 1。硬件置位，软件清零	R/W	0

		对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生		
0	TXIF0	数据发送中断标志位。数据从发送缓冲寄存器移入移位寄存器后置 1。 硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生	R/W	0

● ISO7816 状态 1 寄存器 (0x18)

RN7213 不支持 7816 通道 1，该寄存器不应访问。

表 15-9 ISO7816 状态 1 寄存器 ISO7816_STAT1

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:14	---	预留	R	0
13	CARD_OUT_FLAG	CARD_CHECK_EN 使能后该位有效，该位写 1 清零。 1: 检测到卡拔出（检测到输入端口的高电平脉宽大于 40mS） 0: 未测到卡拔出（检测到输入端口的高电平脉宽不大于 40mS）	R	0
12	OLD_FLAG	OLD_EN 使能后该位有效，为配合 RA9105 的接收到 OLD 信号的中断标志位，该位写 1 清零。 1: 接收到 OLD 信号。 0: 未接收到 OLD 信号。	R/W	0
11	FRAME_ERROR0	接收数据帧格式错误中断标志位，该位写 1 清零 1: 发送接收数据帧格式错误，当传输错误中断使能位有效时产生中断 0: 未发送接收数据帧格式错误	R/W	0
10	BDDIV_R1	波特率匹配为指示。FI 和 DI 是否匹配指示；FD 默认为 8'h01，时钟匹配，当写入的 FD 值不匹配时该位置 1。 1: 匹配 0: 不匹配	R	1
9	TX_FLAG1	发送缓冲区空标志。上电复位后自动置位，表示缓冲区空，可以写入数据。MCU 写入数据后标志自动清除，数据从发送缓冲寄存器移入移位寄存器后置 1。 1: 数据发送缓冲区空 0: 数据发送缓冲区内有数据待发送	R	1
8	RX_FLAG1	数据接收完成标志，7816 接口控制器每收到 1byte 数据，根据接收的通道相应发出一次中断。硬件置位，读数据接收缓冲寄存器清零。 1: 接收到 1byte 数据，数据接收缓冲区满 0: 未接收到数据，数据接收缓冲区空	R	0
7	RXBUSY1	数据接收忙标志位。硬件置位，软件清零 硬件自动清置位 0: 数据接收空闲 1: 接收移位寄存器正在接收数据，收到起始位后自动置 1，收到停止位后自动清零	R	0

6	TXBUSY1	数据发送忙标志。硬件置位，软件清零 硬件自动清置位 0: 数据发送空闲 1: 发送移位寄存器正在发送数据，发送起始位时置 1，发送停止位时自动清零	R	0
5	TXPAR_ER RIF1	发送数据奇偶校验错误标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 1: 发送数据时发生奇偶校验错误 0: 发送数据时无奇偶校验错误	R	0
4	RXPAR_ER RIF1	接收数据奇偶校验错误标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 1: 接收数据时发生奇偶校验错误 0: 接收数据时无奇偶校验错误	R/W	0
3	COL_IF1	发送数据冲突错误中断标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生	R/W	0
2	OVL_IF1	接收数据溢出错误标志位。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 无溢出错误 1: 中断发生，接收缓冲寄存器未被读出，又接收到新的数据，溢出错误标志有效	R/W	0
1	RXIF1	数据接收中断标志位。数据从移位寄存器移入接收缓存寄存器后置 1。硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生	R/W	0
0	TXIF1	数据发送中断标志位。数据从发送缓冲寄存器移入移位寄存器后置 1。 硬件置位，软件清零 对该位写 1 将清零 0: 没有中断 1: 中断发生	R/W	0

● ISO7816 数据 0 寄存器 (0x1C)

表 15-10 ISO7816 数据 0 寄存器 ISO7816_DAT0

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
保留	--	--	R	0
8	DATA0[8]	当 parsel 为用户自定义模式时，为数据帧中的 PARITY 位	R/W	0
7:0	DAT0	数据寄存器 0	R/W	0

● ISO7816 数据 1 寄存器 (0x20)

RN7213 不支持 7816 通道 1，该寄存器不应访问。

表 15-11 ISO7816 数据 1 寄存器 ISO7816_DAT1

比特位	名称	描述	读 / 写标志	复位值
-----	----	----	---------	-----

			志	值
保留	--	--	R	0
8	DATA1[8]	当 parsel 为用户自定义模式时，为数据帧中的 PARITY 位	R/W	0
7:0	DAT1	数据寄存器 1	R/W	0

16 IIC 接口

SoC 内置一个 I²C 接口控制器。

16.1 概述

I²C 接口控制器具备如下特性：

- ◎ 支持主模式和从模式；
- ◎ 支持 7-bit 地址；
- ◎ 支持多种分频比设置；
- ◎ 支持 100kbps 和快速模式 400kbps；

16.2 寄存器

表 16-1 I²C 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
I ² C	0x40024000	0x40024000

表 16-2 I²C 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
I ² C_CTL	0x0	控制寄存器
I ² C_CLK	0x4	时钟配置寄存器
I ² C_STAT	0x8	状态指示寄存器
I ² C_ADDR	0xC	从设备地址寄存器
I ² C_DATA	0x10	收发数据寄存器

- 控制寄存器 (0x0)

表 16-3 控制寄存器 I²C_CTL

比 特 位	名称	描述	读 / 写 标 志	复位值
31:6	---	预留	R	0
5	MODE	模式选择位 1: 主机模式 0: 从机模式	R/W	0
4	ACK	ACK 发送使能 1: 接收到第九个 SCL 的时候，产生 ACK 0: 接收到第九个 SCL 的时候，不产生 ACK	R/W	0
3	IRQE	I ² C 中断使能 0: 禁止中断 1: 使能中断	R/W	0
2:1	BUSCON	总线控制产生位，开始命令在总线为空闲状态或者主机是发送状态时有效。结束命令在主机是发送状态时有效。	R/W	0

		当检测到 start 或者 stop 时序时，对命令位清零， 00：没有动作 01：产生 START 时序 10：产生 STOP 时序 11：保留		
0	EN	模块使能 1：I ² C 打开 0：I ² C 关闭	R/W	0

● 时钟配置寄存器 (0x4)

表 16-4 时钟配置寄存器 I²C_CLK

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值																				
31:3	---	预留	R	0																				
2:0	CLKDIV	I ² C 时钟分频参数选择位： I ² C 通信时钟速率计算公式为： $SCL=APBCLK/m$ ，其中 m 由 CLKDIV 产生，如下表。 根据不同的系统主频和分频参数选择位产生 I ² C 高速/正常模式通信时钟。 当配置选项不在下表中时，默认选择为 10 分频。	R/W	001																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">系统主频</th> <th colspan="2">分频参数 /CLKDIV(m)</th> </tr> <tr> <th>高速模式</th> <th>正常模式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.8432Mhz</td> <td>000 (6)</td> <td>010 (20)</td> </tr> <tr> <td>3.6864Mhz</td> <td>001 (10)</td> <td>011 (38)</td> </tr> <tr> <td>7.3728Mhz</td> <td>010 (20)</td> <td>100 (76)</td> </tr> <tr> <td>14.7456Mhz</td> <td>011 (38)</td> <td>101 (152)</td> </tr> <tr> <td>29.4912Mhz</td> <td>100 (76)</td> <td>110 (304)</td> </tr> </tbody> </table>	系统主频	分频参数 /CLKDIV(m)		高速模式	正常模式	1.8432Mhz	000 (6)	010 (20)	3.6864Mhz	001 (10)	011 (38)	7.3728Mhz	010 (20)	100 (76)	14.7456Mhz	011 (38)	101 (152)	29.4912Mhz	100 (76)	110 (304)		
系统主频	分频参数 /CLKDIV(m)																							
	高速模式	正常模式																						
1.8432Mhz	000 (6)	010 (20)																						
3.6864Mhz	001 (10)	011 (38)																						
7.3728Mhz	010 (20)	100 (76)																						
14.7456Mhz	011 (38)	101 (152)																						
29.4912Mhz	100 (76)	110 (304)																						

● 状态指示寄存器 (0x8)

表 16-5 状态指示寄存器 I²C_STAT

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:9	---	预留	R	0
8	DIR	读写方向标志 1：读。 0：写。	R	0
7	MATCH	地址匹配，检测到 start 或者 stop 时序后会清零 0：地址不匹配 1：地址匹配	R	0
6	BUSY	通讯状态标志 0：IIC 处于空闲状态 1：IIC 处于正常通讯状态	R	0
5	COL	发送冲突中断标志。写 1 清零 发送数据寄存器不为空或接收数据时，用户向数据寄存器写新的数据，将触发发送冲突中断标志。	R/W	0

		0: 没有触发发送冲突中断 1: 触发发送冲突中断		
4	OVERF	接收溢出中断标志。写 1 清零 接收数据时, 当上一个接收数据未被取走前又收到新的数据, 将触发溢出中断标志 0: 没有触发溢出中断 1: 触发溢出中断	R/W	0
3	TXEMPT	发送数据寄存器空错误标志。写 1 清零 从模式下, 主机要求从机发送数据, 但发送缓冲区为空时, 触发发送数据寄存器空错误中断标志 0: 没有发生发送数据寄存器空错误 1: 触发发送数据寄存器空错误中断	R/W	0
2	TRANC	传输完成中断标志。写 1 清零 发送数据时发送缓存为空或者接收数据时接收缓存满, 触发传输完成中断标志 0: 传输未完成 1: 传输已完成	R/W	0
1	RX_NACK	收到 NACK 中断标志。写 1 清零 1: 收到 nack 0: 没有接收到 nack	R/W	0
0	STPD	STOP 时序检测中断标志。写 1 清零 关闭模块或者接收到 START 时序后, 该位自动清零 0: 没有检测到 STOP 时序 1: 检测到 STOP 时序	R/W	0

● 从设备地址寄存器 (0xC)

表 16-6 从设备地址寄存器 I²C_ADDR

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:1	SADR	设备地址, 在传输地址期间不可写 主机模式时, 表示从设备的地址; 从机模式时, 该地址用来与主机发来的地址进行比较	R/W	0
0	RW	主机读写方向控制位 0: 写 1: 读	R/W	0

● 收发数据寄存器 (0x10)

表 16-7 收发数据寄存器 I²C_DATA

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:8	---	预留	R	0
7:0	TRDATA	接收/发送数据	R/W	0

17 SPI 接口

SoC 内置一个 SPI 接口。

17.1 概述

SPI 接口控制器具备如下特性：

- ◎ 支持 SPI 全双工模式；
- ◎ 支持主模式和从模式工作；
- ◎ 支持时钟的极性和相位设定；
- ◎ 支持发送和接收独立双缓冲区；
- ◎ 支持 LSB 和 MSB 传输模式 8 位，16 位，32 位可配置；
- ◎ 支持 256 种波特率可设，最高 3.6864MHz；
- ◎ 支持数据传输完成中断；
- ◎ 支持数据传输冲突中断；
- ◎ 支持 SCSN 模式错误中断；

17.2 功能描述

SPI 接口符合标准的 SPI HOST 协议，SPI 时钟工作方式通过 CPOL(Clock Polarity)和 CPHA(Clock Phase)参数设置：CPOL 决定时钟的前边沿是上升沿还是下降沿，CPHA 决定时钟的前边沿是数据采样还是数据建立。

详细的工作模式如下表：

表 17-1 SPI 时钟工作方式

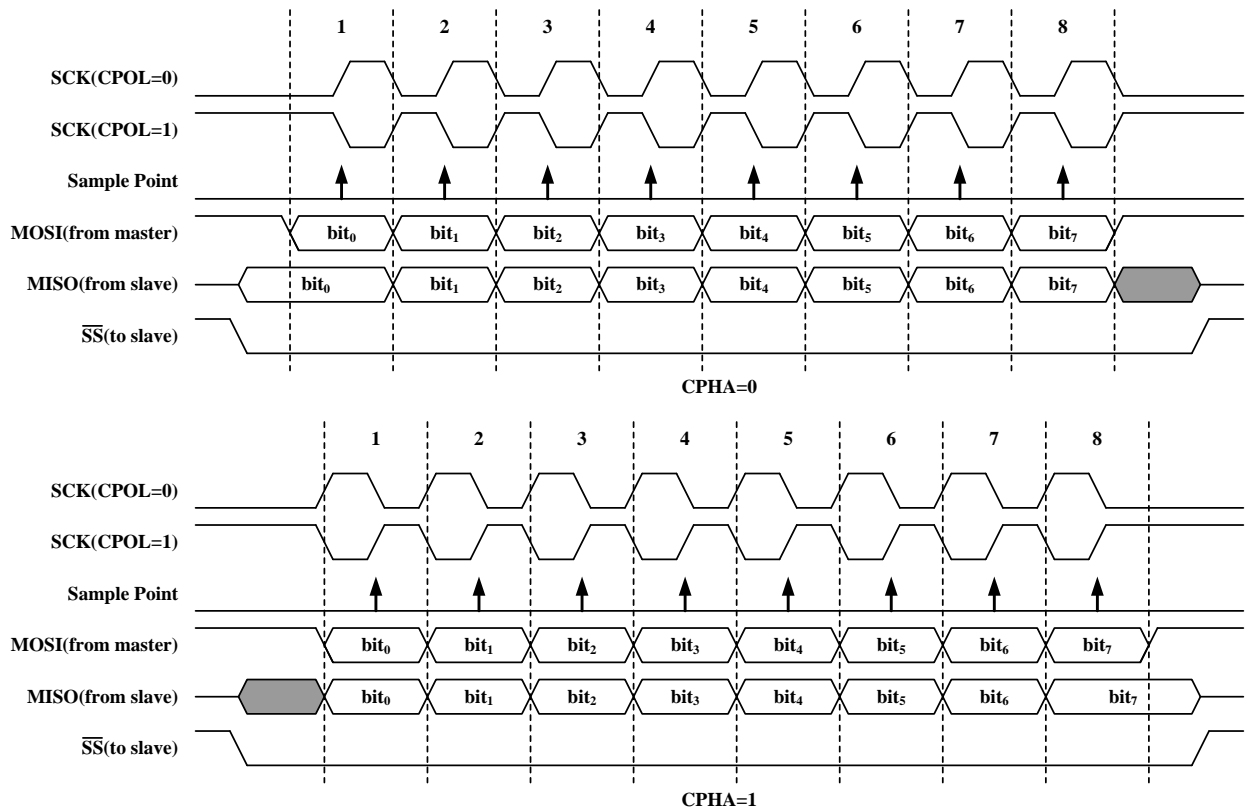
SPI 模式	CPOL/CPHA	前边沿	后边沿
0	0/0	上升沿，数据采样	下降沿，数据建立
1	0/1	上升沿，数据建立	下降沿，数据采样
2	1/0	下降沿，数据采样	上升沿，数据建立
3	1/1	下降沿，数据建立	上升沿，数据采样

数据传输大小支持 8/16/32bit 宽度，SPI 时钟源来自系统时钟，经过一个分频系数后产生通讯时钟。

支持数据发送冲突中断、数据接收溢出中断、传输结束中断和 SS 模式出错中断等四种中断。

发送数据冲突，当一次数据发送正在进行中 (txbusy 为 1)，此时总线又有一次写命令，则 TXCOLIF 置 1，若 COL_IRQ_EN=1，则会产生中断，同时该发送命令不会响应，正在发送的数据会正常传输完成。

图 14-2 SPI 时钟工作方式



接收数据溢出：在下次完整的接收数据进入移位寄存器之前，没有读取 RXDATA 寄存器，将产生接收数据溢出，则 RXCOLIF 置 1，若 COL_IRQ_EN=1，则会产生中断，同时新的接收数据会保存到接收数据寄存器中，原来没被读走的数据将被覆盖。

传输结束中断：当传输结束时 (sck_end)，若 TR_IRQ_EN=1，则会产生一个中断，同时 TRIF 置 1。

SCSN 模式出错中断：从模式下，SCSN 必须作为输入，在数据传输过程中 SCSN 变高，则 SCSN 模式出错标志置 1；在主模式下，只有使能主模式 SCSN 模式错误检测 (SCSN_EN=1)，同时 SCSN 输入为低，则 SCSN 模式出错标志置 1。一旦 SCSN 模式出错标志为 1，则会终止正在进行的传输同时复位 SPI 模块，如果 ERR_IRQ_EN=1 还会产生一个中断。

17.3 寄存器

表 17-2 SPI 寄存器基址

模块名	物理地址	映射地址
SPI	0x40020000	0x40020000

表 17-3 SPI 寄存器偏移地址

寄存器名	地址偏移量	描述
SPI_CTL	0x0	控制寄存器
SPI_STAT	0x4	状态指示寄存器
SPI_TXDATA	0x8	数据发送寄存器
SPI_RXDATA	0xC	数据接收寄存器

● 控制寄存器 (0x0)

表 17-4 SPI 控制寄存器 SPI_CTL

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:22	---	预留	R	0

21	TX_DMA_EN	发送 DMA 请求 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
20	RX_DMA_EN	接收 DMA 请求 1: 使能 DMA 请求 0: 不使能 DMA 请求	R/W	0
19:12	CLKDIV	SCK 时钟分频系数 SCK 频率=系统时钟频率/(2*(CLKDIV + 1))	R/W	0
11:10	WIDTH	数据宽度选择 0: 8bit 1: 16bit 2: 32bit 3: 预留, 8bit	R/W	0
9	SCSN_EN	SCSN 模式错误检测使能, 只适用于主模式 0: 不使能主模式 SCSN 模式错误检测, SCSN 为通用 IO 1: 使能主模式 SCSN 模式错误检测, SCSN 作为 SPI 的输入	R/W	0
8	CPHA	时钟相位选择 0: 前边沿采样数据 1: 前边沿建立数据	R/W	0
7	CPOL	时钟极性选择 0: “SCK”在空闲状态时被设置为低电平 1: “SCK”在空闲状态时被设置为高电平	R/W	0
6	LMSB	LSB/MSB 选择 0: MSB 先传输 1: LSB 先传输	R/W	0
5	TXCOL_IRQ_EN	数据冲突中断使能 0: 关闭写冲突中断 1: 打开写冲突中断	R/W	0
4	RXCOL_IRQ_EN	数据冲突中断使能信号 0: 关闭读冲突中断 1: 打开读冲突中断	R/W	0
3	ERR_IRQ_EN	SCSN 模式错误中断使能 0: 关闭模式错误中断 1: 打开模式错误中断	R/W	0
2	TR_IRQ_EN	数据传输中断使能 0: 关闭发送数据中断 1: 打开发送数据中断	R/W	0
1	MAST/SLAV	主从选择 1: MASTER 0: SLAVE	R/W	1
0	EN	使能信号 0: 关闭 SPI 接口 1: 打开 SPI 接口	R/W	0

● 状态寄存器 (0x4)

表 17-5 SPI 状态寄存器 SPI_STAT

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:5	---	预留	R	0
4	TXBUSY	数据发送忙状态标志。 0: 数据发送空闲, 总线可以发写 SPITX 寄存器命令 1: 数据正在发送过程中, 总线不能发写 SPITX 寄存器命令	R	0
3	TXCOLIF	写冲突标志。写 1 清零 正在发送 (即 TXBUSY 为 1) 时, 用户向 SPI 写入新的发送数据, 则新的发送数据将被丢弃, 并置写冲突标志为 1。 0: 没有写数据冲突中断 1: 产生写数据冲突中断	R/W	0
2	RXCOLIF	接收数据溢出标志。写 1 清零 连续数据接收时, 如用户不读取 RXDATA 寄存器, 将产生接收数据溢出事件 0: 没有接收数据溢出中断 1: 产生接收数据溢出中断	R/W	0
1	ERRIF	SCSN 模式冲突中断标识位: SPI 为主模式, 只有在 SCSN_EN 为 1 时, 同时检测到“SCSN”输入电平为低, 则该位置 1; SPI 为从模式, “SCSN”作为从机的片选输入, 在数据传输过程中, 若“SCSN”输入电平为高, 则该位置 1; 若 ERR_IRQ_EN=1, 则会产生一个中断, 一旦发生模式冲突错误, 则 SPI 模块复位。该位写 1 清零。 0: 没有模式冲突中断 1: 产生模式冲突中断	R/W	0
0	TRIF	数据传输中断标识位, 若数据传输结束, 该位置 1, 若 TR_IRQ_EN=1, 则会产生中断, 该位写 1 清零。 0: 没有数据发送中断 1: 产生数据发送中断, 发送数据寄存器为空	R/W	0

● 数据发送寄存器 (0x8)

表 17-6 SPI 数据发送寄存器 SPI_TXDATA

比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	TXDATA	数据发送寄存器	R/W	0

● 数据接收寄存器 (0xC)

表 17-7 SPI 数据接收寄存器 SPI_RXDATA

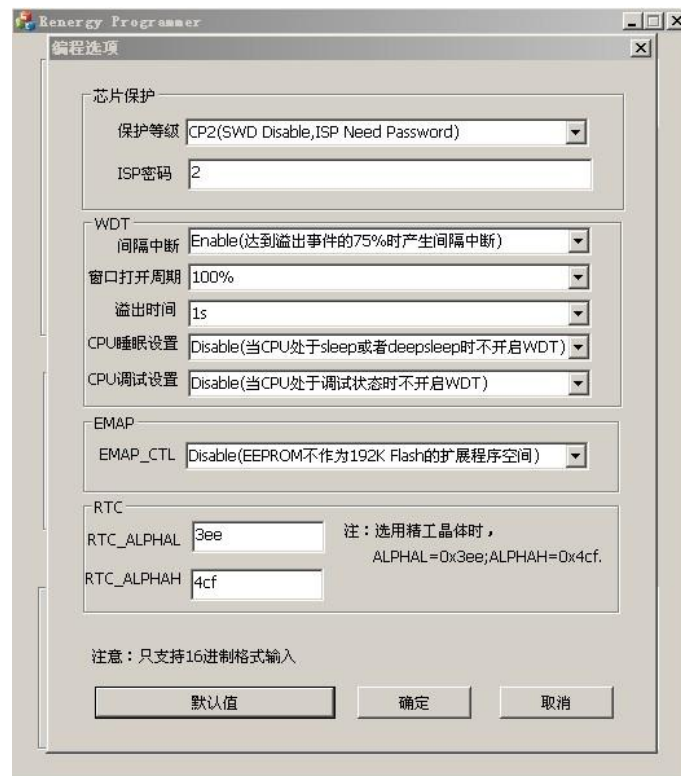
比特位	名称	描述	读/写标志	复位值
31:0	RXDATA	数据接收寄存器	R	0

18 选项字节

RN721x 内置了一个选项字节的区域, 当芯片发生复位时, 会自动配置选项字节, 执行设定的指定功能。选项字节包括对芯片保护, WDT, EMAP 和 RTC 的配置。

选项字节编程可以通过锐能微的编程工具 (MINIPRO 编程器或者 ISP 编程工具) 进行设置, 以 MINIPRO

编程器为例，打开编程选项对话框，即可对选项字节进行设置，如下图所示（详细的操作方法请见《MINIPRO 编程器使用手册》）。



18.1 芯片保护设置

选项字节提供的芯片保护功能可以保护RN721x内置的Flash/EEPROM，用户可以通过设置保护等级和ISP密码对芯片进行保护。保护机制提供了如下保护等级：

保护等级	名称	说明
0	CP0	无任何保护（ISP 访问也不需要密码）
1	CP1	SWD 接口可访问芯片，ISP 访问需要密码
2	CP2	禁止通过 SWD 接口访问芯片，ISP 访问需要密码
3	CP3	禁止通过 SWD 和 ISP 接口访问芯片（ISP 只提供整片擦除 FLASH 的功能（在该保护等级下擦除操作会使芯片的保护等级将为 CP0））

18.2 WDT 设置

选项字节提供WDT的间隔中断，窗口打开周期，溢出时间，CPU睡眠设置，CPU调试设置，详细的意义请见WDT章节。如下表所示：

名称	描述	厂家默认值
间隔中断	0: Disable（不使能间隔中断） 1: Enable（达到溢出事件的75%时产生间隔中断）	0
窗口打开周期	0: 25%	3

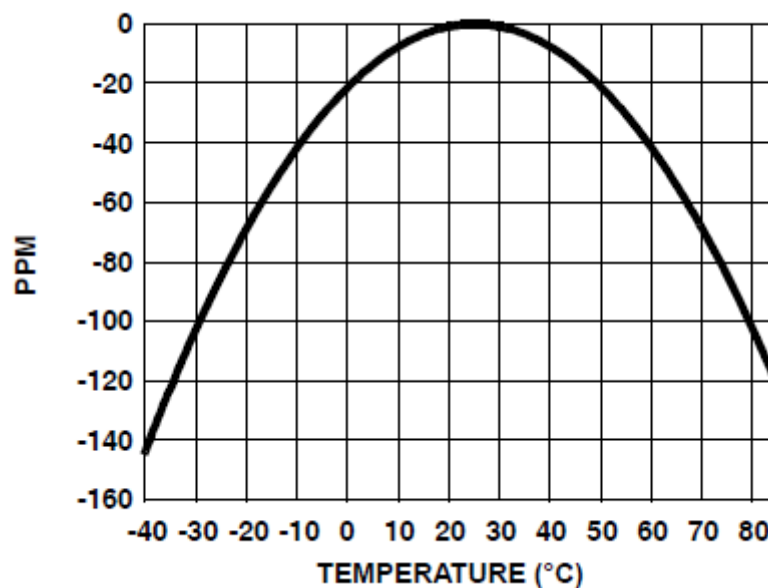
	1: 50% 2: 75% 3: 100% 在窗口打开期间将 0xBB 写入 WDTE 寄存器, 看门狗清零并重新计数; 在窗口关闭期间将 0xBB 写入 WDTE 寄存器, 会产生内部复位信号。	
溢出时间	0: 16ms 1: 32ms 2: 128ms 3: 512ms 4: 1s 5: 2s 6: 4s 7: 8s	4
CPU 睡眠设置	0: Disable (当 CPU 处于 sleep 或者 deepsleep 的时候不开启 WDT) 1: Enable (当 CPU 处于 sleep 或者 deepsleep 的时候开启 WDT)	0
CPU 调试设置	0: Disable (当 CPU 处于调试状态时不开启 WDT) 1: Enable (当 CPU 处于调试状态时开启 WDT) 注: CPU 处于调试状态指的是用户通过调试接口将 Cortex M0 停住 (PC 指针停止计数)。	0

18.3 RTC 设置

RN721X的RTC内置了自动温补功能, 可以对32k晶体进行自动温度补偿, 以提供在-25℃~70℃范围输出准确的秒脉冲。

其中, 晶体的温度频率曲线如下图所示, 是以顶点为25度的二次曲线 ($f=f_0-\alpha*(T-T_0)$, T_0 为25度)。而事实上高温段 (25℃~85℃) 与低温段 (-25℃~70℃) 的二次曲线参数 α 并不相同, 所以选项字节提供了 RTC_ALPHAL和 RTC_ALPHAH参数, 填入的值为 $\text{round}(\alpha*32768)$ 其中round为四舍五入操作。

如果选用的是精工 (Seiko) 提供的高一致性晶体 (VT-200-F), ALPHAL=0x3ee, ALPHAH=0x4cf。



19 编程支持

SoC 支持对内置 EEPROM 和 FLASH 的编程。

建议客户调用锐能微库函数实现 IAP 功能；使用锐能微编程器完成 ISP 功能。

19.1 概述

SoC 编程系统具备如下特性：

- ◎ 内置对 FLASH/EEPROM 内容的保护机制
- ◎ 支持 ISP 编程模式；
- ◎ 支持 IAP 编程模式；
- ◎ 支持通过 SWD 下载烧录模式；
- ◎ 支持量产烧录模式；

19.2 Flash/EEPROM 保护机制

Flash/EEPROM 保护是允许用户在系统中通过使能不同的安全级别来限制对片内 Flash 和 EEPROM 访问的保护机制。保护机制保护了如下保护等级。用户可以通过“选项字节”设置芯片的保护等级。

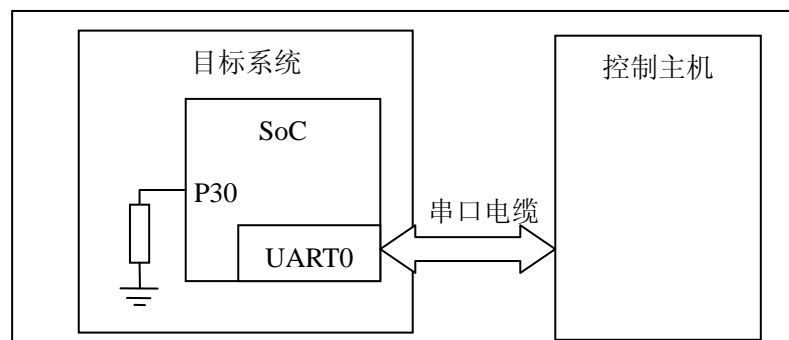
表 19-1 SoC 保护等级

保护等级	名称	说明
0	CP0	无任何保护（ISP 访问也不需要密码）
1	CP1	SWD 接口可访问芯片，ISP 访问需要密码
2	CP2	禁止通过 SWD 接口访问芯片，ISP 访问需要密码
3	CP3	禁止通过 SWD 和 ISP 接口访问芯片（ISP 只提供整片擦除 FLASH 的功能（在该保护等级下擦除操作会使芯片的保护等级将为 CP0））

19.3 在系统编程（ISP）

用户可以将 P30 信号拉低，并复位 SoC，让 SoC 进入 ISP 模式。ISP 模式的连接图如图 18-1 所示。

图 18-1 ISP 硬件配置图



ISP 的主要流程：

按连接图配置并连接目标系统和控制主机；

复位目标系统；

控制主机配置串口为 1 个起始位，8 个数据位，1 个停止位；
控制主机发送“?”；
目标系统响应“Synchnonized/r/n”；
控制主机发送“Synchnonized/r/n”；
目标系统响应“7373(1843)/r/n”；（如果当前系统频率为 7.3728M，则发送 7373；如果为 1.8432M，则发送 1843）
控制主机可以根据需要执行对应的 ISP 命令；

19.3.1 ISP 通讯协议

所有ISP 命令都以单个ASCII 字符串形式发送。字符串应当以回车 (/r) 和/或换行 (/n) 控制字符作为结束符。

所有ISP 响应都是以<CR><LF>结束的ASCII 字符串形式发送。

数据以原始数据（不转化为ASCII码）发送和接收。

- 命令格式

命令 参数 0 参数 1 ... 参数 n/r/n

{数据}

- 响应格式

返回代码/r/n

响应0/r/n

响应1/r/n

...

响应n/r/n

{数据}

- 数据格式

在启动WM, RM两个命令后，会启动ISP的数据传输。数据以行为单位进行传输，1行最多包含16个32 bit（不满16个数据，则发相应个数）的数据；每传输完1个Block（1个Block最多包含32行（不满32行，则发相应行数））数据，发送一个校验行（该Block数据的累加校验和的负数补码（以word进行计算））。

当RN721X接收完一个完整的Block数据后，会对数据进行校验，如果校验通过，则发送“OK/r/n”命令；如果数据校验出错，或者接收到不合法的数据包，发送“RS/r/n”，当编程器接收到该命令，需要重新发送该Block数据。

数据传输形式：

当行内数据为 0x7e 时，转义成 0x7d, 0x5e 发送；当行内数据为 0x7d 时，转义为 0x7d, 0x5d 发送
数据行格式：（B 代表传输数据 Byte，为 16 进制）

表 19-2 ISP 数据传输格式

行首	1	2	3	4	5	6	64	65	行尾
0x7e	Num	B0	B1	B2	B3	B4	B62	B63	0x7e

校验行格式：（ASCII 码。S 代表累加校验和 SUM）

表 19-3 ISP 数据校验格式

行首	1	2	3	4	5	行尾
0x7e	0xff	S0	S1	S2	S3	0x7e

19.3.2 使用的 SoC 资源

ISP使用片内0x10001000到0x10002800范围内的RAM，堆栈位于RAM的顶部。Flash，EEPROM能使用0x10000000-0x10001000（4KB）范围内的RAM进行编程。

19.3.3 ISP 命令

每个ISP命令都支持具体的状态代码。当接收到未定义命令时，命令处理程序发送返回代码 INVALID_COMMAND。

命令和返回代码为ASCII 格式。只有当接收到的ISP命令执行完毕时，ISP 命令处理器才会发送 CMD_SUCCESS，这时主机才能发送新的ISP 命令。

ISP命令分成三种：

1. 普通命令：只在CP0，或者在CP1，CP2并且保护密码正确的情况下，可以访问
2. UN命令在CP0，CP1，CP2保护等级（保护密码不提供）下，都能访问
3. FC,AL命令在任何情况下都能访问

表 19-4 ISP命令

命令	用法	属性
设置波特率	BS <波特率> <停止位>	普通命令
回显	RD <开关设置>	普通命令
写内存	WM <地址> <字节长度> <模式>	普通命令
读内存	RM <地址> <字节长度> <模式>	普通命令
Flash 页擦除	FP <页地址>	普通命令
Flash 块擦除	FS <块地址>	普通命令
Flash 片擦除	FC	特殊命令
Flash 块查空	FQ <块地址>	普通命令
EEPROM 页擦除	EP <页地址>	普通命令
EEPROM 块擦除	ES <块地址>	普通命令
EEPROM 片擦除	EC	普通命令
EEPROM 块查空	EQ <块地址>	普通命令
FLASH 编程	FW <FLASH 地址> <RAM 地址> <字节长度>	普通命令
EEPROM 编程	EW <EEPROM 地址> <RAM 地址> <字节长度>	普通命令
芯片 ID	ID	普通命令
读 ISP 版本	VE	普通命令
内存比较	MC <地址 1> <地址 2> <字节长度>	普通命令
运行	GO <地址>	普通命令
解锁	UN <密码>	特殊命令
获取保护等级	AL	特殊命令
使能 PFP	PM <开关设置>	普通命令
软件复位	RS	普通命令
使 能 NVM (FLASH/EEPROM)	NV <NVM选项>	普通命令

● 波特率设置

表 19-5 ISP 波特率设置命令

命令	BS <波特率> <停止位>
输入	波特率：9600 或 19200 或 38400 或 57600 或 115200 停止位：1 或 2
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_BAUD_RATE 或 INVALID_STOP_BIT 或

	INVALID_PARAM
说明	改变 ISP 通讯串口帧格式，包括波特率和停止位。串口起始位固定为 1，数据位固定为 8。新帧格式在返回 CMD_SUCCESS 后生效。
范例	“BS 9600 2”设置串口波特率为9600bps，2个停止位。

- 回显

表 19-6 ISP 回显命令

命令	RD <开关设置>
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	命令和数据回显。缺省为开。回显打开状态下，SoC 会将收到的命令和数据发回主机。
范例	“RD 0”关闭回显。

- 写内存

表 19-7 ISP 写内存命令

命令	WM <地址> <字节长度> <模式>
输入	地址：起始地址，应该 32 位对齐； 字节数：应该是 4 的倍数； 模式：0 为串口，1 为并口
返回代码	CMD_SUCCESS 或 FM_MODE_ERROR 或 ADDR_NOT_ALIGN 或 COUNT_ERROR 或 COUNT_ERROR 或 ADDR_NOT_MAPPED 或 INVALID_PARAM
说明	向片内 SRAM 写入数据
范例	“WM 268436224 4 0” “78” “56” “34” “12” 采用串口向0x10000300地址写入0x12345678

- 读内存

表 19-8 ISP 读内存命令

命令	RM <地址> <字节长度> <模式>
输入	地址：读出地址，应该 32 位对齐； 字节数：应该是 4 的倍数； 模式：0 为串口，1 为并口
返回代码	CMD_SUCCESS 或 FM_MODE_ERROR 或 ADDR_NOT_ALIGN 或 COUNT_ERROR 或 COUNT_ERROR 或 ADDR_NOT_MAPPED 或 INVALID_PARAM
说明	读取 SoC 片内 SRAM 的内容
范例	“RM 268436224 4 0”采用串口读取片内SRAM地址0x10000300的内容。

- Flash 页擦除

表 19-9 ISP Flash 页擦除命令

命令	FP <页地址> (FPGA 版本为 0 到 3071)
输入	页地址：0 到 1535 之间可选；
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PAGE 或 INVALID_PARAM

说明	擦除 SoC 片上 FLASH 指定块
范例	“FP 0”擦除第0页的内容

- Flash 块擦除

表 19-10 ISP Flash 块擦除命令

命令	FS <块地址>
输入	块地址：0 到 47 之间可选；
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_SECTOR 或 INVALID_PARAM
说明	擦除 SoC 片上 FLASH 指定块
范例	“FS 0”擦除第0块的内容

- Flash 片擦除

表 19-11 ISP Flash 片擦除命令

命令	FC
输入	无
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	擦除 SoC 片上 FLASH 全部内容。
范例	“FC”擦除片上FLASH全部内容

- Flash 块查空

表 19-12 ISP Flash 块查空命令

命令	FQ <块地址>
命令	
输入	块地址：0 到 47 之间可选；
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_SECTOR 或 INVALID_PARAM
说明	检查片上 FLASH 指定块的内容是否为空（擦除后未编程）
范例	“FQ 1”检查第1块的内容是否为空

- EEPROM 页擦除

表 19-13 ISP EEPROM 页擦除命令

命令	EP <页地址>
输入	块地址：0 到 511 之间可选；（FPGA 版本为 0 到 1023）
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PAGE 或 INVALID_PARAM
说明	擦除 SoC 片上 EEPROM 指定块
范例	“EP 1”擦除第1页的内容

- EEPROM 块擦除

表 19-14 ISP EEPROM 页擦除命令

命令	ES <块地址>
输入	块地址：0 到 7 之间可选；（FPGA 版本为 0 到 15）
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_SECTOR 或 INVALID_PARAM
说明	擦除 SoC 片上 EEPROM 指定块
范例	“ES 1”擦除第1块的内容

- EEPROM 片擦除

表 19-15 ISP EEPROM 片擦除命令

命令	EC
输入	无

返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	擦除 SoC 片上 FLASH 全部内容。片擦除命令页将清除密钥和保护等级设置，将芯片置回出厂状态。
范例	“EC”擦除片上 EEPROM 全部内容

- EEPROM 块查空

表 19-16 ISP EEPROM 块查空命令

命令	EQ <块地址>
输入	页地址：0 到 7 之间可选；（FPGA 版本为 0 到 15）
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_SECTOR 或 INVALID_PARAM
说明	检查片上 EEPROM 指定块的内容是否为空（擦除后未编程）
范例	“EQ 1”检查第1块的内容是否为空

- Flash 编程

表 19-17 ISP Flash 编程命令

命令	FW <FLASH 地址> <RAM 地址> <字节长度>
输入	FLASH 地址：要写入的 FLASH 目标地址 RAM 地址：源缓冲区所在的 SRAM 地址 字节长度：写入的字节数量。（如果字节长度不为 Flash 页的字节数，则该 Flash 也其余内容填充为 0）
返回代码	CMD_SUCCESS 或 COUNT_ERROR 或 SRC_ADDR_NOT_ALIGN 或 SRC_ADDR_NOT_MAPPED 或 DST_ADDR_NOT_ALIGN 或 DST_ADDR_NOT_MAPPED 或 INVALID_PARAM
说明	用于编程Flash 存储器。
范例	“FW 0 268436224 128”将SRAM地址0x10000300开始的128字节复制到 FLASH地址0

- EEPROM 编程

表 19-18 ISP EEPROM 编程命令

命令	EP <EEPROM 地址> <RAM 地址> <字节长度>
输入	EEPROM 地址：要写入的 FLASH/EEPROM 目标地址 SRAM 地址：源缓冲区所在的 SRAM 地址 字节长度：写入的字节数量
返回代码	CMD_SUCCESS 或 COUNT_ERROR 或 SRC_ADDR_NOT_MAPPED 或 DST_ADDR_NOT_MAPPED 或 INVALID_PARAM
说明	用于编程EEPROM 存储器。
范例	“EP 0 268436224 128”将SRAM地址0x10000300开始的128字节复制到 EEPROM地址0

- 芯片 ID

表 19-19 ISP 芯片 ID 命令

命令	ID
输入	无
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	返回芯片ID号
范例	“ID”将返回“9103”

- 读 ISP 版本

表 19-20 ISP 读 ISP 版本命令

命令	VE
输入	无
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	返回ISP版本号
范例	“VE”将返回“1.0”

- 内存比较

表 19-21 ISP 内存比较命令

命令	MC <地址 1> <地址 2> <字节长度>
输入	地址1 (DST) : 要比较的内存区域1起始地址。应当与字对齐; 地址2 (SRC) : 要比较的内存区域2起始地址。应当与字对齐; 字节长度: 待比较的字节数, 应当为 4 的倍数;
返回代码	CMD_SUCCESS 或 COUNT_ERROR 或 SRC_ADDR_NOT_ALIGN 或 SRC_ADDR_NOT_MAPPED 或 DST_ADDR_NOT_ALIGN 或 DST_ADDR_NOT_MAPPED 或 COMPARE_ERROR 或 INVALID_PARAM
说明	该命令用来比较存储器两个区域的内容
范例	“MC 268436224 268436224 4”将SRAM地址0x10000300的4个字节与SRAM地址0x10000300的4个字节进行比较

- 运行

表 19-22 ISP 内存比较命令

命令	GO <地址>
输入	地址: 代码执行起始的 Flash 或 RAM 地址。该地址必须为 Thumb 地址
返回代码	CMD_SUCCESS 或 ADDR_NOT_THUMB 或 ADDR_NOT_MAPPED 或 INVALID_PARAM
说明	该命令用于执行位于RAM 或Flash 存储器当中的程序。一旦成功执行该命令, 就有可能不再返回ISP 命令处理程序。
范例	“GO 5”跳转到地址0x00000004处执行

- 解锁

表 19-23 ISP 解锁命令

命令	UN
输入	密码: 32 位 16 进制数
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PASS 或 INVALID_PARAM
说明	该命令用于解锁ISP.
范例	“UN 567”输入密码567解锁ISP

- 获取保密等级

表 19-24 ISP 获取保密等级命令

命令	AL
输入	无
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	该命令用于获取SoC当前的保护等级
范例	“AL”将返回SoC当前的保护等级

- 使能 PFPM

表 19-25 ISP 使能 PFPM 命令

命令	PM <开关设置>
输入	开关设置: 0 (关) 或 1 (开)
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	该命令使能/不使能PFPM (并行编程模式)
范例	“PM 1”将使能PFPM

- 软件复位

表 19-26 ISP 系统复位命令

命令	RS
输入	无
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	该命令触发软件复位
范例	“RS”将触发软件复位

- 使能 NVM

表 19-27 ISP 使能 NVM 命令

命令	NV <NVM 选项>
输入	NVM 选项: 0 (Flash) 或 1 (EEPROM)
返回代码	CMD_SUCCESS 或 INVALID_PARAM
说明	该命令使能Flash或者EEPROM
范例	“NV 0”将使能Flash写, 编程操作。

19.3.4 ISP 返回代码

表 19-25 ISP 返回码

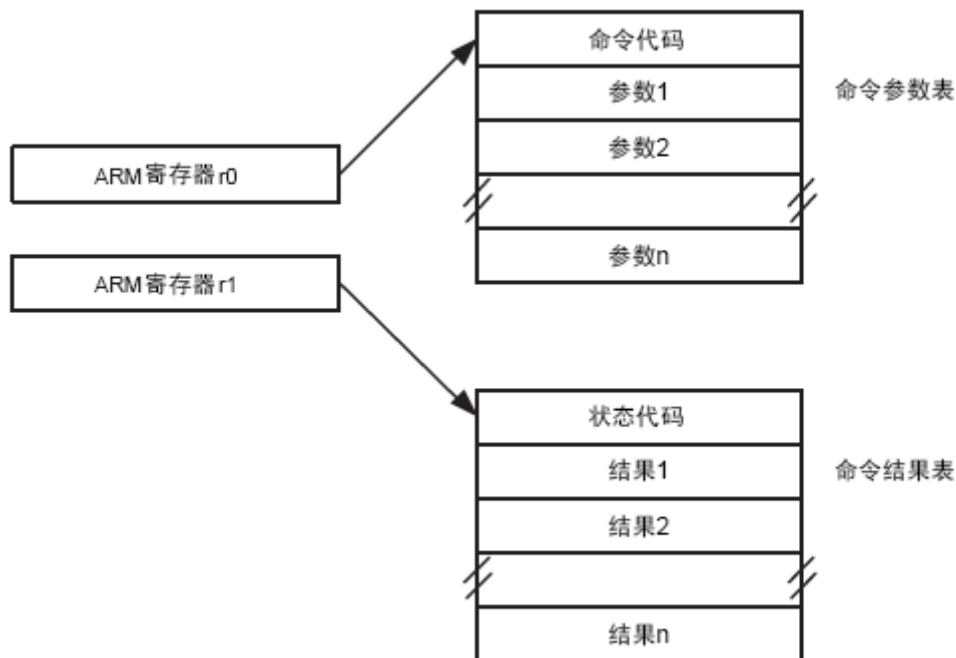
返回码 (ASCII 码)	符号	说明
0	CMD_SUCCESS	成功执行命令。只有成功执行命令后, ISP 处理器才发送该代码
1	INVALID_COMMAND	无效命令
2	INVALID_PARAM	无效参数 (参数的 ASCII 码不为 0-9)
3	INVALID_BAUD_RATE	无效波特率
4	INVALID_STOP_BIT	无效停止位
5	ADDR_NOT_ALIGN	地址不是以字为边界
6	COUNT_ERROR	字节计数值不是 4 的倍数
7	ADDR_NOT_MAPPED	所访问的地址空间越界
8	INVALID_SECTOR/INVALID_PAGE	无效 SECTOR_NUM 或者 PAGE_NUM
9	SECTOR_NOT_BLANK	SECTOR 非空
10	SRC_ADDR_NOT_ALIGN	源地址不是以字为边界
11	SRC_ADDR_NOT_MAPPED	所访问的源地址空间越界
12	DST_ADDR_NOT_ALIGN	目的地址不是以字节为边界
13	DST_ADDR_NOT_MAPPED	所访问的目的地址空间越界

14	COMPARE_ERROR	比对错误
15	FM_MODE_ERROR	操作内存模式错误
16	ADDR_NOT_THUMB	地址不为 Thumb 指令
17	INVALID_PASS	错误密码

19.4 在应用编程 (IAP)

对于在应用编程，应当通过寄存器r0中的字指针来调用IAP程序，该字指针指向含有命令代码和参数的存储器 (RAM)。IAP命令的结果返回到寄存器r1所指向的结果表。用户可以把寄存器r0 和r1 中的指针赋予相同的值，如此便能将命令表复用来存放结果。参数表应当大到足够保存所有的结果以防结果的数目大于参数的数目。参数传递见图18-2。参数和结果的数目根据IAP命令而有所不同。“Flash编程”，“EEPROM编程”命令参数的最大数目为4。结果的数目为1。命令处理器在接收到一个未定义的命令时发送状态代码 INVALID_COMMAND。IAP程序是Thumb代码，驻留在地址0x1800_1c01。

图18-2 IAP参数传递



19.4.1 IAP 命令

表 19-26 IAP 命令

IAP 命令	命令代码	说明
Flash 页擦除	0x50	参看ISP章节
Flash 块擦除	0x51	参看ISP章节
flash 片擦除	0x52	参看ISP章节
Flash 块查空	0x53	参看ISP章节
EEPROM 页擦除	0x54	参看ISP章节
EEPROM 块擦除	0x55	参看ISP章节
EEPROM 片擦除	0x56	参看ISP章节
EEPROM 块查空	0x57	参看ISP章节
Flash 编程	0x58	参看ISP章节

EEPROM 编程	0x59	参看 ISP 章节
使能 NVM	0x5a	参看 ISP 章节
模拟软件复位	0x5b	参看 ISP 章节

19.4.2 IAP 使用

IAP用于以下两个方面:

- ◎ 在线升级 (更新 FLASH) ;
- ◎ 客户数据信息 (电量等) 更新 (更新 EEPROM) ;

在线升级时需要Flash进行擦除/写操作。Flash擦写操作持续4ms左右, 会增加在此期间发生的中断的处理延迟。

一种 IAP 实现方法:

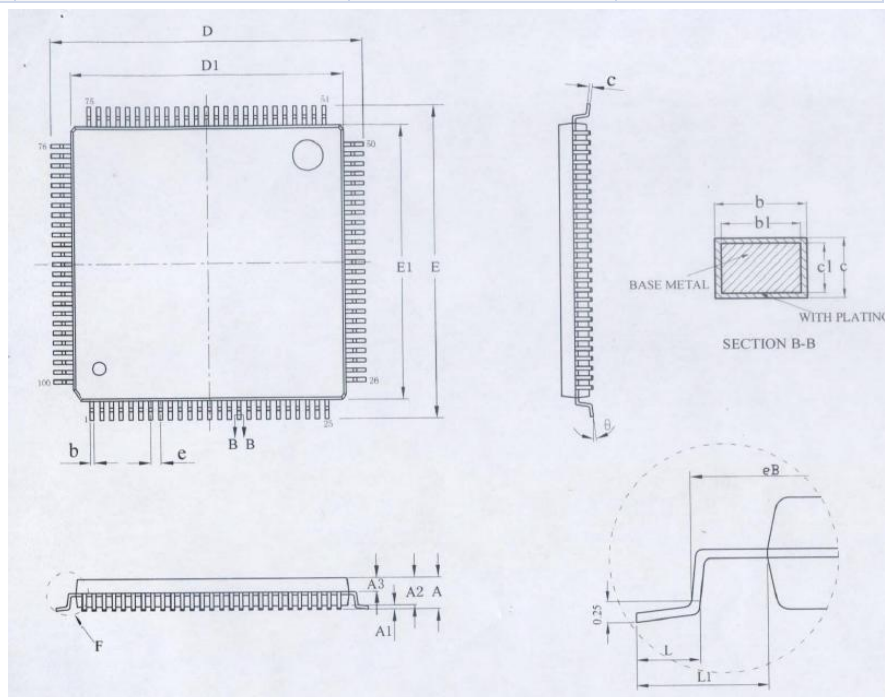
用户需要实现在线升级时, 需要在软件设计中增加一个 IAP 升级的程序段。这段程序实现通过通讯口 (如 UART) 从远程主机接收程序或数据, 并使用 SoC 提供的 IAP 接口, 将这些程序或数据写入到 SoC 内部的 EEPROM 或 FLASH 中。

19.5 量产平台

Renergy 提供了多种编程手段对芯片进行程序编程和选项编程, 具体可参见《RN721x 应用笔记 008-编程平台使用说明》。

20 封装尺寸

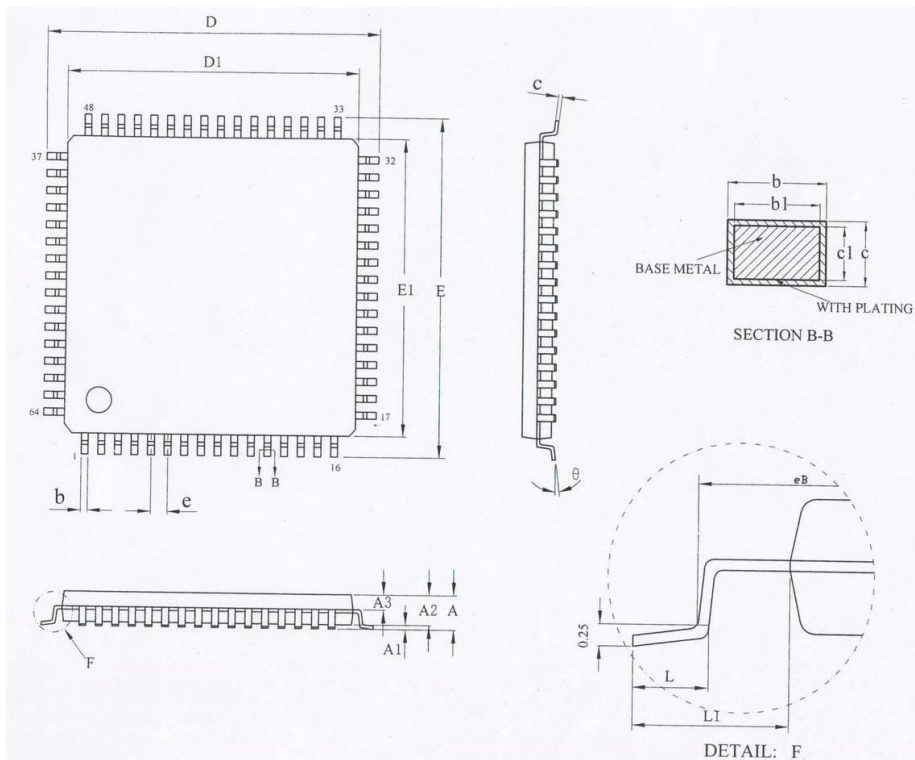
LQFP100L (1414×1.4)		14.00×14.00×1.40	e=0.50
------------------------	---	------------------	--------



SYMBOL	MILLIMETER
--------	------------

	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.6
A1	0.05	---	0.20
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.19	---	0.27
b1	0.18	0.20	0.23
c	0.13	---	0.18
c1	0.12	0.13	0.14
D	15.80	16.00	16.20
D1	13.90	14.00	14.10
E	15.80	16.00	16.20
E1	13.90	14.00	14.10
eB	15.05	---	15.35
e	0.50BSC		
L	0.45	---	0.75
L1	1.00BSC		
θ	0	----	7°

LQFP64L (0707×1.4)		7.00×7.00×1.40	e=0.40
-----------------------	---	----------------	--------



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	---	---	1.6
A1	0.05	---	0.20
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.17	---	0.25
b1	0.16	0.18	0.20
c	0.13	---	0.18
c1	0.12	0.127	0.14
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
eB	8.10	---	8.25
e	0.40BSC		
L	0.40	---	0.65
L1	1.00BSC		
θ	0	-----	7°