

ARM®Cortex®-M0

32 位微处理器

# SWM241 系列 MCU

## 数据手册

**华芯微特集成电路有限公司**

**Synwit Integrated Circuit Co., Ltd.**

# 目 录

相关文档.....	7
缩写表.....	7
寄存器描述列表缩写约定.....	7
命名规则说明.....	8
1 概述.....	9
2 特性.....	10
3 选型指南.....	13
4 功能方框图.....	14
5 管脚配置.....	15
5.1 SWM241PBT7.....	15
5.2 SWM241KBT7.....	16
5.3 SWM241CBT7.....	17
5.4 管脚定义.....	18
5.5 功能描述.....	24
5.6 管脚复用功能.....	26
6 功能描述.....	30
6.1 存储器映射.....	30
6.2 中断控制器 (NVIC).....	32
6.3 系统管理 (SYSCON).....	35
6.4 PORTCON.....	81
6.5 通用 I/O (GPIO).....	120
6.6 加强型定时器 (TIMER).....	142
6.7 看门狗定时器 (WDT).....	169
6.8 实时时钟 (RTC).....	181
6.9 UART 接口控制器 (UART).....	202
6.10 I2C 总线控制器 (I2C).....	223
6.11 SPI 总线控制器 (SPI).....	252
6.12 局域网控制器 (CAN).....	269
6.13 脉冲宽度调制 (PWM) 发生器.....	324
6.14 模拟数字转换器 (SAR ADC).....	378
6.15 直接内存存取 (DMA) 控制器.....	411
6.16 CRC 计算单元 (CRC).....	447
6.17 除法器 (DIV).....	456
6.18 SLED 控制模块 (SLED).....	467
6.19 SLCD 控制模块 (SLCD).....	476
6.20 SAFETY 模块 (SAFETY).....	491
6.21 FLASH 控制器与 ISP 操作.....	508
7 典型应用电路.....	519
8 电气特性.....	520

---

8.1	绝对最大额定值 .....	520
8.2	直流电气特性 .....	521
8.3	交流电气特性 .....	522
8.4	模拟器件特性 .....	524
9	封装尺寸 .....	528
9.1	LQFP44 .....	528
9.2	LQFP32 .....	529
9.3	LQFP48 .....	530
10	版本记录 .....	531

## 图目录

图 4-1 功能方框图.....	14
图 5-1 PBT7 封装管脚配置图.....	15
图 5-2 KBT7 封装管脚配置图.....	16
图 5-3 CBT7 封装管脚配置图.....	17
图 6-1 时钟结构框图.....	36
图 6-2 端口唤醒示意图.....	40
图 6-3 PORTCON 模块结构框图.....	82
图 6-4 IO 输入上拉下拉.....	84
图 6-5 推挽输出.....	84
图 6-6 开漏输出.....	85
图 6-7 TIMER 模块结构框图.....	143
图 6-8 定时器工作示意图.....	144
图 6-9 计数器工作示意图.....	145
图 6-10 级联模式工作示意图.....	146
图 6-11 脉冲发送示意图.....	147
图 6-12 单次高电平捕捉示意图.....	148
图 6-13 单次低电平捕捉示意图.....	148
图 6-14 Hall 双边沿记录示意图.....	149
图 6-15 WDT 模块结构框图.....	170
图 6-16 门狗发生中断及复位与计数值之间的关系示意图.....	171
图 6-17 WDT 工作示意图.....	172
图 6-18 WDT 配置为 RESET 模式波形图.....	172
图 6-19 WDT 配置为中断模式波形图.....	172
图 6-20 RTC 模块结构框图.....	182
图 6-21 UART 模块结构图.....	203
图 6-22 UART 字符格式.....	204
图 6-23 自动波特率示意图.....	205
图 6-24 LIN Fram 示意图.....	206
图 6-25 Break 信号不够长示意图.....	207
图 6-26 Break 信号恰好够长示意图.....	207
图 6-27 Break 信号足够长示意图.....	208
图 6-28 硬件流控.....	208
图 6-29 对方发送 8 个数据接收 FIFO 示意图.....	209
图 6-30 对方发送 9 个数据接收 FIFO 示意图.....	209
图 6-31 发送 FIFO 示意图.....	210
图 6-32 I2C 模块结构框图.....	225
图 6-33 I2C 通信示意图.....	226
图 6-34 Master SCL 周期配置示意图.....	227
图 6-35 Master 寄存器时序示意图.....	229

图 6-36 Slave 寄存器时序示意图.....	231
图 6-37 SPI 模块结构框图.....	253
图 6-38 SPI 模式波形图.....	255
图 6-39 SSI 模式单次输出波.....	255
图 6-40 SSI 模式连续输出波形.....	255
图 6-41 波特率设置示意图.....	273
图 6-42 PWM 模块结构框图.....	325
图 6-43 PWM 死区示意图.....	326
图 6-44 边沿模式.....	327
图 6-45 边沿模式带死区.....	328
图 6-46 中心对称模式带死区.....	329
图 6-47 中心对称模式周期结束更新示意图.....	329
图 6-48 中心对称模式半周期更新示意图.....	330
图 6-49 PWM 触发 ADC 采样示意图.....	331
图 6-50 输出屏蔽功能示意图.....	332
图 6-51 刹车结构图.....	333
图 6-52 刹车示意图.....	333
图 6-53 电平翻转示意图.....	334
图 6-54 ADC 模块结构框图.....	379
图 6-55 中心对称模式下 PWM 触发 ADC 采样示意图.....	381
图 6-56 SAR ADC 连续采样示意图.....	382
图 6-57 SAR ADC 多通道连续采样示意图.....	383
图 6-58 DMA 模块结构图.....	412
图 6-59 DMA 搬运 40 个字流程图.....	415
图 6-60 握手、非握手信号传输图.....	416
图 6-61 DMA 启动方式.....	417
图 6-62 CRC 结构框图.....	448
图 6-63 SLED 控制模块结构框图.....	468
图 6-64 SLED 刷新周期内相关时间配置关系图.....	469
图 6-65 SLCD 控制模块结构框图.....	477
图 6-66 1/4DUTY 和 1/3BIAS 驱动模式波形.....	480
图 6-67 1/3DUTY 和 1/3BIAS 驱动模式波形.....	481
图 6-68 1/3DUTY 和 1/2BIAS 驱动模式波形.....	482
图 6-69 SAFETY 模块结构框图.....	492
图 7-1 典型应用电路图.....	519
图 8-1 上电复位时间示意图.....	526
图 9-1 LQFP44 封装尺寸图.....	528
图 9-2 LQFP32 封装尺寸图.....	529

## 表格目录

表格 3-1 SWM241 系列 MCU 选型表 .....	13
表格 5-1 PORTA 复用功能表 .....	26
表格 5-2 PORTB 复用功能 .....	27
表格 5-3 PORTC 复用功能 .....	28
表格 5-4 PORTD 复用功能 .....	29
表格 6-1 存储器映射 .....	30
表格 6-2 中断编号及对应外设 .....	33
表格 6-3 DMA 各通道操作明细 .....	413
表格 6-4 1/3 BIAS Driver Output Levels .....	479
表格 6-5 1/2 BIAS Driver Output Levels .....	481
表格 6-6 显示数据映射表 .....	482
表格 8-1 绝对最大额定值 .....	520
表格 8-2 直流电气特性( $V_{dd} = 2.5V \sim 5.0V$ , $V_{ss} = 0V$ , $T_w = 25^{\circ}C$ ) .....	521
表格 8-3 内部高频 RC 振荡器特征值 .....	522
表格 8-4 内部低频 RC 振荡器特征值 .....	522
表格 8-5 外部 2-32MHz 晶体振荡器 .....	523
表格 8-6 外部振荡器典型电路 .....	523
表格 8-7 SAR ADC 特征值 .....	524
表格 8-8 LDO 特征值 .....	524
表格 8-9 欠压检测特性 .....	525
表格 8-10 上电复位特性 .....	526
表格 8-11 上电 VDD 上升率要求 .....	526

# 相关文档

## 缩写表

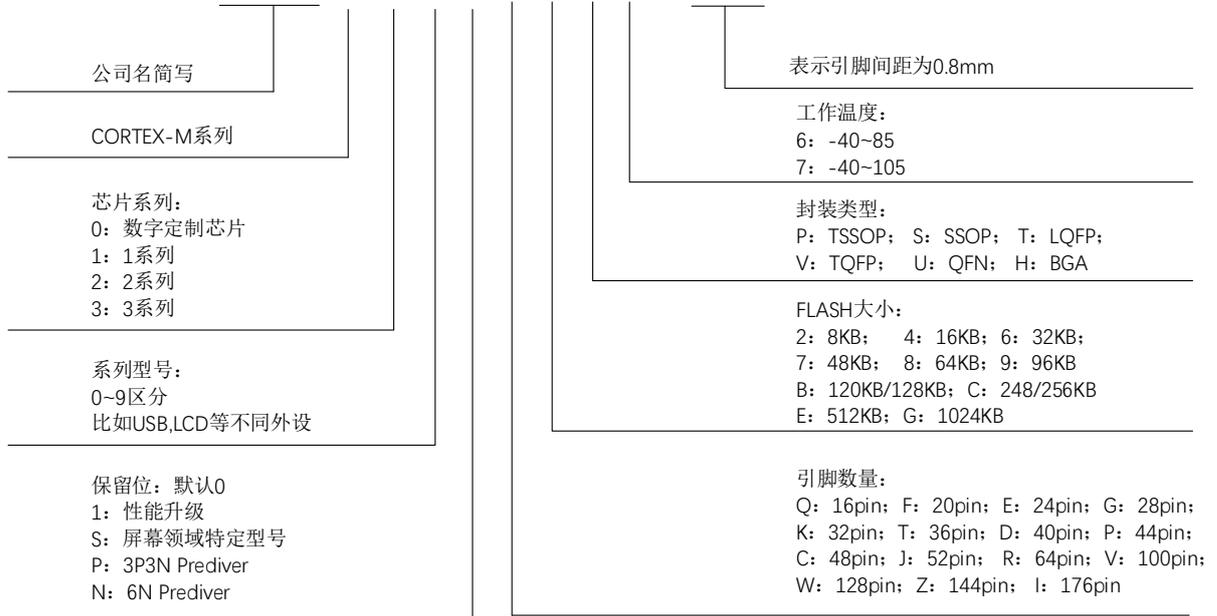
名称	描述
ACMP	Analog Comparator Controller
ADC	Analog-to-Digital Converter
AES	Advanced Encryption Standard
APB	Advanced Peripheral Bus
AHB	Advanced High-Performance Bus
BOD	Brown-out Detection
CAN	Controller Area Network
PWM	Pulse Width Modulation
FIFO	First In, First Out
GPIO	General-Purpose Input/Output
IAP	In Application Programming
ICP	In Circuit Programming
ISP	In System Programming
LDO	Low Dropout Regulator
MPU	Memory Protection Unit
NVIC	Nested Vectored Interrupt Controller
DMA	Direct Memory Access
PLL	Phase-Locked Loop

## 寄存器描述列表缩写约定

名称	描述
RO	只读 (read only)
WO	只写 (write only)
R/W	读/写 (read / write)
R/W0C	写 0 清零 (read/write 0 clear)
R/W1C	写 1 清零 (read/write 1 clear)
AC	自动清零 (auto clear)
RC	读清零 (read clear)
-	保留 (reserve)

## 命名规则说明

### S W M 2 4 1 P B T 7 - 8 0



# 1 概述

SWM241 系列 32 位 MCU（以下简称 SWM241）内嵌 ARM® Cortex®-M0 内核，凭借其出色的性能以及高可靠性、代码密度大等突出特点，可应用于工业控制、电机控制、白色家电等多种领域。

SWM241 支持片上包含精度为 1% 以内的 48MHz 时钟，最高支持 48MHz 时钟输出。同时提供最大为 128K 字节的 FLASH 和最大 8K 字节的 SRAM。此外，芯片支持 ISP（在系统编程）操作及 IAP（在应用编程），用户可自定义 BOOT 程序。

SWM241 外设串行总线包括最多 4 个 UART 接口、2 个 SPI 通信接口（支持主/从选择）及 2 个 I2C 接口（支持主/从选择）、1 个 CAN 模块，此外还具有 1 个 16 位看门狗定时器，8 组 32 位加强型定时器（可触发 DMA），4 路 8 通道 16bit PWM，1 个（最多 12 通道）通道 12bit、1MSPS 的逐次逼近型 ADC 模块，以及段码屏 SLCD 驱动器和大电流 SLED 驱动器，具备宽电压输入特性，并提供欠压中断及复位功能。

## 2 特性

- 内核
  - 32 位 ARM® Cortex®-M0 内核
  - 24 位系统定时器
  - 工作频率最高 48MHz
  - 硬件单周期乘法
  - 集成嵌套向量中断控制器 (NVIC)，提供最多 32 个、4 级可配置优先级的中断
  - 通过 SWD 接口烧录
- 内置 LDO
  - 供电电压范围 2.5V 至 5.5V
- SRAM 存储器
  - 8KB
- FLASH 存储器
  - 128KB
  - 支持用户定制 ISP（在系统编程）更新用户程序
  - 支持自定义 BOOT 程序
  - REMAP 功能
- 串行接口
  - UART\*4，具有独立 8 字节 FIFO，最高支持主时钟 16 分频
  - SPI\*2，具有 8 字节独立 FIFO，支持 SPI、SSI 协议，支持 master/slave 模式
  - I2C\*2，支持 7 位、10 位地址方式，支持 master/slave 模式
  - CAN\*1，支持协议 2.0A (11Bit 标识符) 和 2.0B (29Bit 标识符)
- PWM 控制模块
  - 独立 4 通道 16 位 PWM 产生器，互补模式下可扩展为 8 通道
  - 提供新周期开始中断，高电平结束中断以及中心对称模式下的半周期中断
  - 具有普通、中心对称输出模式
  - 死区控制
  - 由硬件完成与 ADC 的交互
- 定时器模块
  - 8 路 32 位加强定时器，支持计数器、捕获、脉冲发送等功能，1 路支持 HALL 接口
  - 16 位看门狗定时器，溢出后可配置触发中断或复位芯片
  - 内置低功耗定时器模块，使用内部 32KB 时钟，休眠计数并自唤醒
- DMA 模块
  - 共计 2 通道，支持 UART/SPI/ADC 模块及存储模块间数据交互
- GPIO
  - 最多可达 46 个 GPIO
  - 可配置 4 种 IO 模式
    - ◆ 上拉输入
    - ◆ 下拉输入
    - ◆ 推挽输出

- ◆ 开漏输出
- 灵活的中断配置
  - ◆ 触发类型设置（边沿检测、电平检测）
  - ◆ 触发电平设置（高电平、低电平）
  - ◆ 触发边沿设置（上升沿、下降沿、双边沿）
- 模拟外设
  - 12 位 12 通道高精度 SAR ADC
    - ◆ 采样率高达 1MSPS
    - ◆ 支持 single/scan 两种模式
    - ◆ 独立结果寄存器
    - ◆ 提供独立 FIFO
    - ◆ 可由软件/PWM/TIMER 触发
    - ◆ 支持 DMA
- 欠压检测
  - 支持欠压检测
  - 支持欠压中断和复位选择
- 时钟源
  - 48MHz 精度可达 1%的片内时钟源
  - 最高支持 48MHz 时钟
  - 32KHz 片内时钟源
  - 片外 2~32MHz 片外晶振
  - 片外 32KHz 时钟，供 RTC 使用
- SAFETY
  - 模拟电路配置写保护
  - 时钟配置写保护
  - IO 配置写保护
  - 各模块中断使能写保护
  - 非法地址访问检测
- SLED
  - 各模块中断使能写保护支持 1/4 占空比或 1/8 占空比
  - 具有 4 或 8 个 COM 输出引脚和 20 个 SEG 输出引脚
  - 8 路大电流驱动 I/O 口
  - SLED 刷新频率可灵活配置
  - 间隔时间可灵活配置
  - 灰度时间可灵活配置
- SLCD
  - LCD 帧频率设置
  - 支持按键扫描
  - 支持 TYPE B 驱动波形
  - 根据图形显示数据，产生驱动电平控制时序
- CRC

- 支持 CRC-32 码多项式
- 支持 CRC-16 码多项式
- 支持输出结果设置，包括翻转、取反
- 支持初始值自定义
- 支持输入可选择取反
- DIV
  - 支持 32 位整数除法运算及求余运算
  - 支持 32 位开方运算，支持小数位
  - 除法单次运算耗时 32 个时钟，不包括读写寄存器时间
  - 开方单次运算耗时 16/32 个时钟，不包括读写寄存器时间
  - 运算启动自动清除运算使能查询
  - 提供运算进行标志和完成标志
  - 支持有符号数和无符号数运算
- 其他
  - 自定义 BOOT 程序
  - 128BIT 独立 ID
- 低功耗
  - 正常模式：13mA@48MHz
  - 浅睡眠：30uA
- 环境
  - 工作温度：-40°C~105°C
  - 保存温度：-50°C~150°C
  - 湿度等级：MSL3
- 封装
  - LQFP44
  - LQFP32
  - LQFP48
- 应用范围
  - 仪器仪表
  - 工业控制
  - 电机驱动
  - 白色家电
  - 可穿戴设备

### 3 选型指南

表格 3-1 SWM241 系列 MCU 选型表

Peripherals	SWM241PBT7-80	SWM241KBT7-80	SWM241CBT7-80
Voltage (V)	2.5~5.5		
Flash (KB)	128		
SRAM (KB)	8		
I/O	40	28	44
Timer	8+1	8+1	8+1
RTC	1		
PWM	15	12	12
DMA	2		
SAR ADC	1(12)	1(8)	1(11)
UART	4		
I2C	2		
SPI	2		
CAN	1		
SLED	4x19	8x13	8x20
SLCD	4x30	3x16	4x32
CRC	1		
DIV	1		
SAFETY	1		
Package	LQFP44	LQFP32	LQFP48

# 4 功能方框图

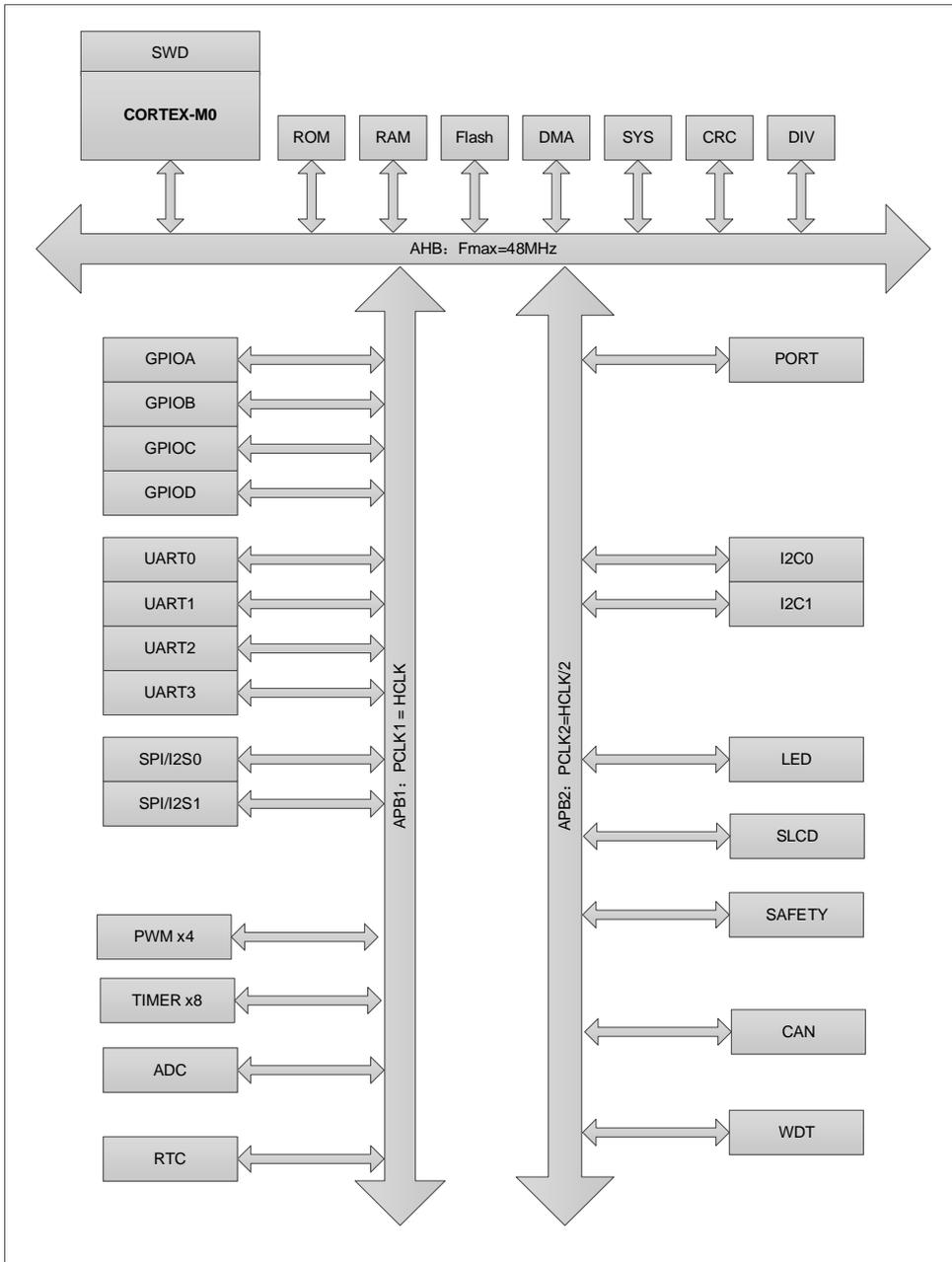


图 4-1 功能方框图

# 5 管脚配置

## 5.1 SWM241PBT7

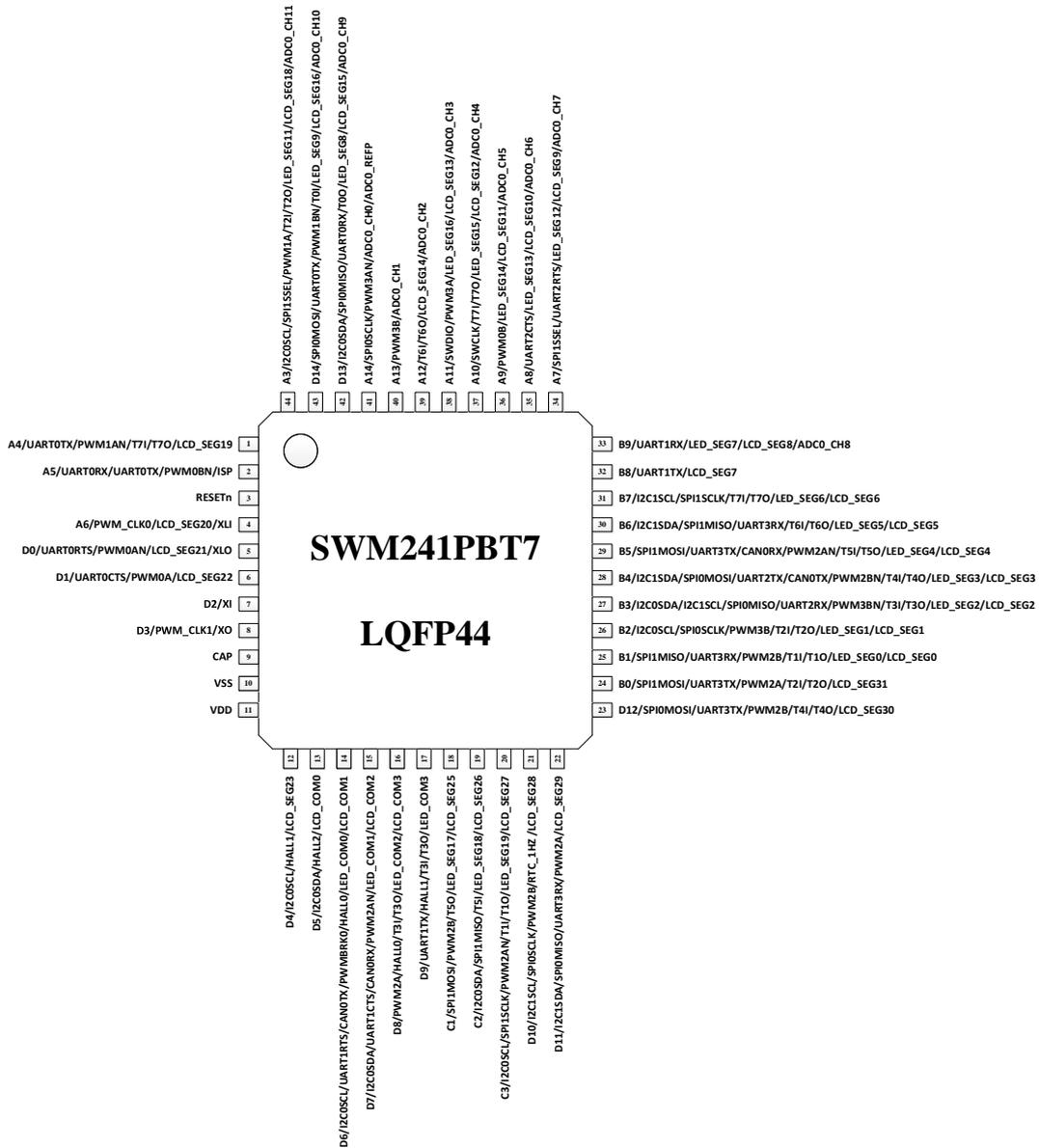


图 5-1 PBT7 封装管脚配置图

## 5.2 SWM241KBT7

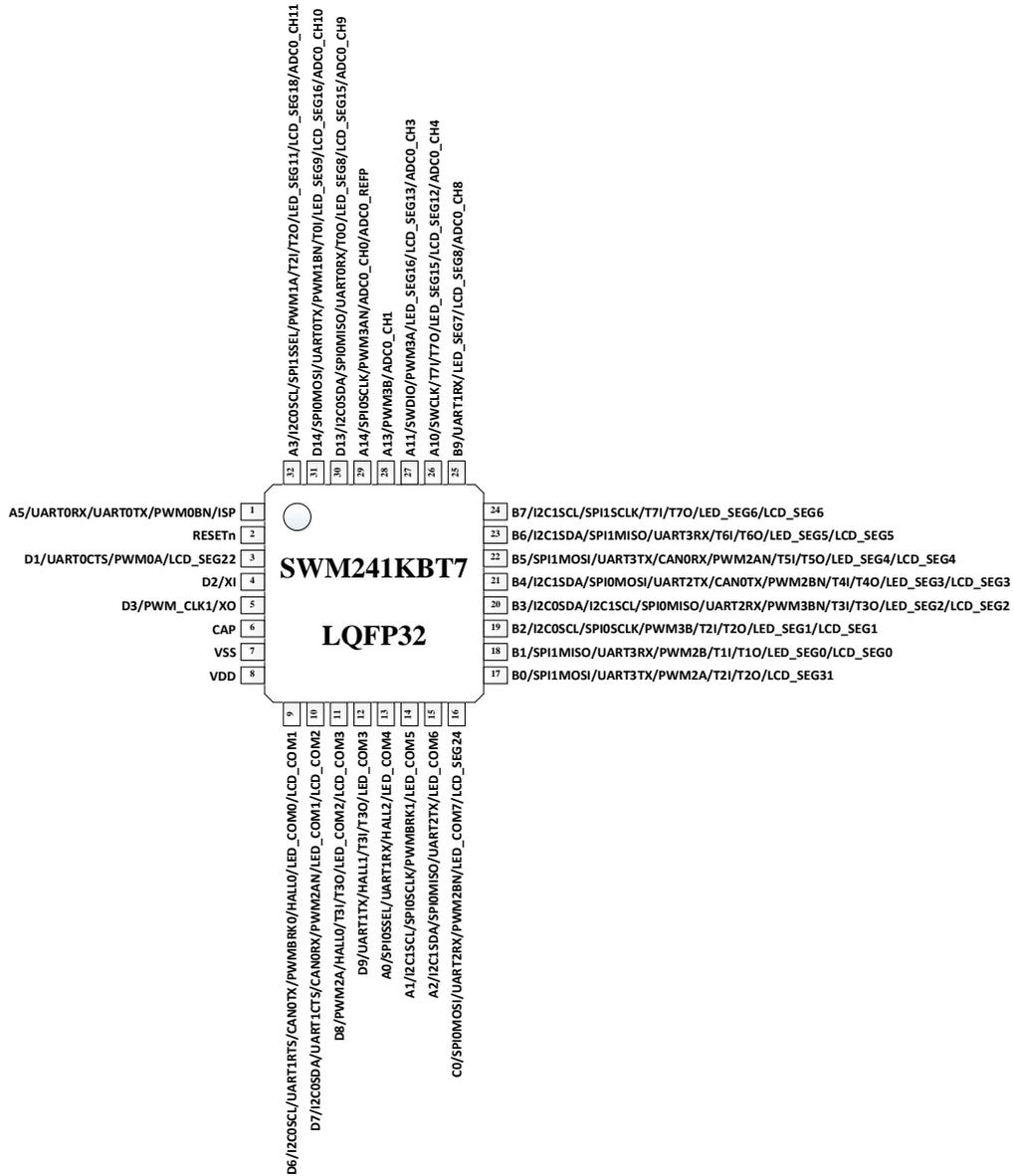


图 5-2 KBT7 封装管脚配置图

### 5.3 SWM241CBT7

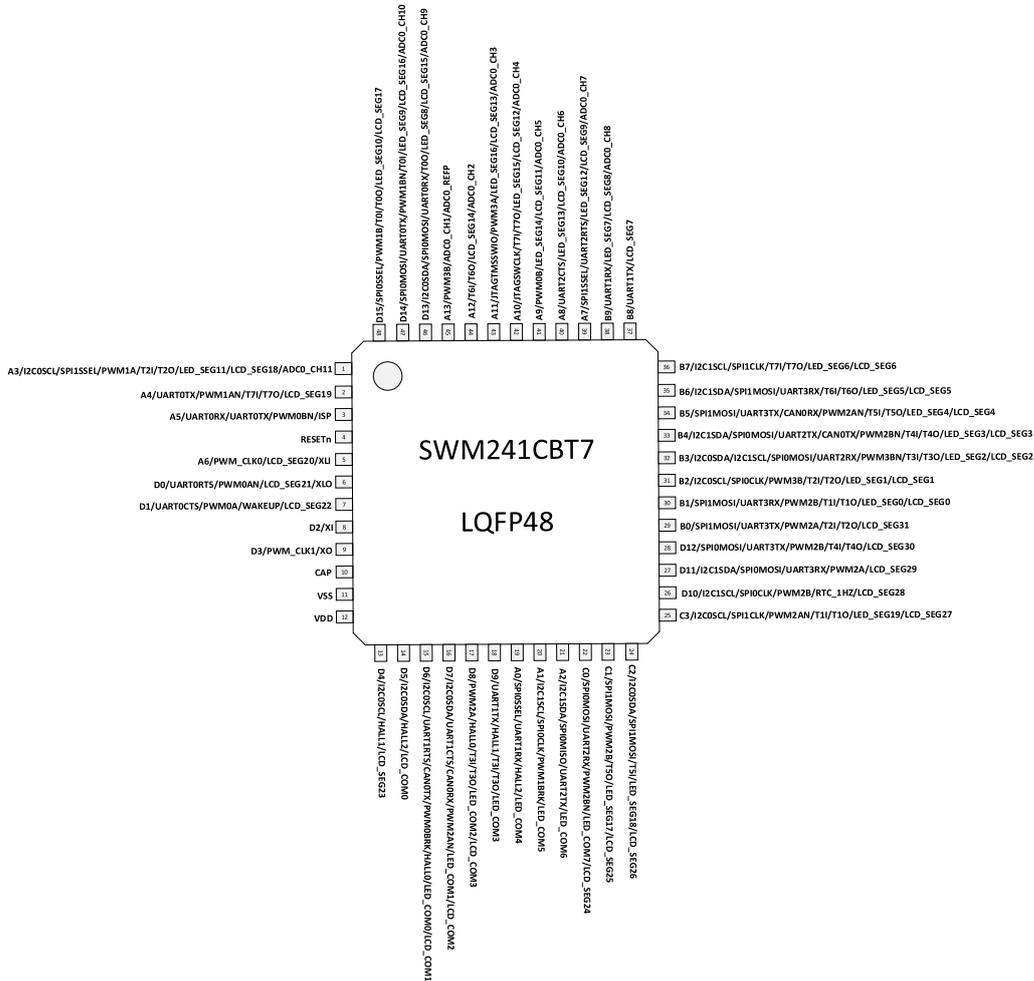


图 5-3 CBT7 封装管脚配置图

## 5.4 管脚定义

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KBT7	CBT7			
1	/	2	A4	I/O	UART0TX PWM1AN T7I T7O LCD_SEG19
2	1	3	A5	I/O	UART0RX UART0TX PWM0BN ISP
3	2	4	RESETn	I/O	—
4	/	5	A6	I/O	PWM_CLK0 LCD_SEG20 XLI
5	/	6	D0	I/O	UART0RTS PWM0AN LCD_SEG21 XLO
6	3	7	D1	I/O	UART0CTS PWM0A LCD_SEG22
7	4	8	D2	I/O	XI
8	5	9	D3	I/O	PWM_CLK1 XO
9	6	10	CAP	S	注：需要对地连接一个 1uF 电容
10	7	11	VSS	S	—
11	8	12	VDD	S	—
12	/	13	D4	I/O	I2COSCL HALL1 LCD_SEG23
13	/	14	D5	I/O	I2COSDA HALL2 LCD_COM0

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KBT7	CBT7			
14	9	15	D6	I/O	I2C0SCL UART1RTS CAN0TX PWM0BRK HALLO LED_COM0 LCD_COM1
15	10	16	D7	I/O	I2C0SDA UART1CTS CAN0RX PWM2AN LED_COM1 LCD_COM2
16	11	17	D8	I/O	PWM2A HALLO T3I T3O LED_COM2 LCD_COM3
17	12	18	D9	I/O	UART1TX HALL1 T3I T3O LED_COM3
/	13	19	A0	I/O	SPIOSSEL UART1RX HALL2 LED_COM4
/	14	20	A1	I/O	I2C1SCL SPIOCLK PWMBRK1 LED_COM5
/	15	21	A2	I/O	I2C1SDA SPIOMISO UART2TX LED_COM6

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KB7	CB7			
/	16	22	C0	I/O	SPI0MOSI UART2RX PWM2BN LED_COM7 LCD_SEG24
18	/	23	C1	I/O	SPI1MOSI PWM2B T5O LED_SEG17 LCD_SEG25
19	/	24	C2	I/O	I2C0SDA SPI1MISO T5I LED_SEG18 LCD_SEG26
20	/	25	C3	I/O	I2C0SCL SPI1SCLK PWM2AN T1I T1O LED_SEG19 LCD_SEG27
21	/	26	D10	I/O	I2C1SCL SPIOCLK PWM2B RTC_1HZ LCD_SEG28
22	/	27	D11	I/O	I2C1SDA SPI0MISO UART3RX PWM2A LCD_SEG29

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KB7	CB7			
23	/	28	D12	I/O	SPI0MOSI UART3TX PWM2B T4I T4O LCD_SEG30
24	17	29	B0	I/O	SPI1MOSI UART3TX PWM2A T2I T2O LCD_SEG31
25	18	30	B1	I/O	SPI1MISO UART3RX PWM2B T1I T1O LED_SEG0 LCD_SEG0
26	19	31	B2	I/O	I2COSCL SPIOCLK PWM3B T2I T2O LED_SEG1 LCD_SEG1
27	20	32	B3	I/O	I2C0SDA I2C1SCL SPI0MISO UART2RX PWM3BN T3I T3O LED_SEG2 LCD_SEG2

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KBT7	CBT7			
28	21	33	B4	I/O	I2C1SDA SPI0MOSI UART2TX CAN0TX PWM2BN T4I T4O LED_SEG3 LCD_SEG3
29	22	34	B5	I/O	SPI1MOSI UART3TX CAN0RX PWM2AN T5I T5O LED_SEG4 LCD_SEG4
30	23	35	B6	I/O	I2C1SDA SPI1MISO UART3RX T6I T6O LED_SEG5 LCD_SEG5
31	24	36	B7	I/O	I2C1SCL SPI1SCLK T7I T7O LED_SEG6 LCD_SEG6
32	/	37	B8	I/O	UART1TX LCD_SEG7
33	25	38	B9	I/O	UART1RX LED_SEG7 LCD_SEG8 ADCO_CH8

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KB7	CB7			
34	/	39	A7	I/O	SPI1SSEL UART2RTS LED_SEG12 LCD_SEG9 ADCO_CH7
35	/	40	A8	I/O	UART2CTS LED_SEG13 LCD_SEG10 ADCO_CH6
36	/	41	A9	I/O	PWM0B LED_SEG14 LCD_SEG11 ADCO_CH5
37	26	42	A10	I/O	SWCLK T7I T7O LED_SEG15 LCD_SEG12 ADCO_CH4
38	27	43	A11	I/O	SWDIO PWM3A LED_SEG16 LCD_SEG13 ADCO_CH3
39	/	44	A12	I/O	T6I T6O LCD_SEG14 ADCO_CH2
40	28	45	A13	I/O	PWM3B ADCO_CH1
41	29	/	A14	I/O	SPI0CLK PWM3AN ADCO_CH0 ADCO_REFP
/	/	/	A15	I/O	PWM3BN

管脚号			管脚名称	类型	可复用功能
PBT7	KBT7	CBT7			
42	30	46	D13	I/O	I2C0SDA SPI0MISO UART0RX T00 LED_SEG8 LCD_SEG15 ADCO_CH9
43	31	47	D14	I/O	SPI0MOSI UART0TX PWM1BN T0I LED_SEG9 LCD_SEG16 ADCO_CH10
/	/	48	D15	I/O	SPI0SSEL PWM1B T0I T0O LED_SEG10 LCD_SEG17
44	32	1	A3	I/O	I2C0SCL SPI1SSEL PWM1A T2I T2O LED_SEG11 LCD_SEG18 ADCO_CH11

注1: I=输入, O=输出, S=电源

注2: LED\_COMx (x=0, ..., 7) 集成大电流 SINK 能力

## 5.5 功能描述

管脚名称	描述
I2CxSCL	I2Cx 模块时钟引脚
I2CxSDA	I2Cx 模块数据引脚

管脚名称	描述
SPIxSSEL	SPIx 模块片选引脚
SPIxCLK	SPIx 模块时钟引脚
SPIxMISO	SPIx 模块主机接收引脚
SPIxMOSI	SPIx 模块主机发送引脚
UARTxRX	UARTx 模块数据接收引脚
UARTxTX	UARTx 模块数据发送引脚
UARTxCTS	UARTx 模块发送允许引脚
UARTxRTS	UARTx 模块接收请求引脚
CANxRX	CANx 模块接收引脚
CANxTX	CANx 模块发送引脚
PWMxA	PWM 模块第 x 组 A 路输出引脚
PWMxB	PWM 模块第 x 组 B 路输出引脚
PWMxAN	PWM 模块第 x 组 A 路反向输出引脚
PWMxBN	PWM 模块第 x 组 B 路反向输出引脚
PWM_CLKx	PWM PULSE 引脚
PWMxBRK	PWMx 模块的 BRAKE 输出引脚
Txi	TIMERx 模块输入捕获引脚
TxO	TIMERx 模块输出捕获引脚
HALLx	霍尔模块输入引脚 x
LED_COMx	LED 模块 COM 引脚 x
LED_SEGx	LED 模块 SEG 引脚 x
LCD_COMx	LCD 模块 COM 引脚 x
LCD_SEGx	LCD 模块 SEG 引脚 x
ADC0_CHx	ADC0 模块通道 x 输入引脚
ADC0_REFP	ADC0 REFP 基准正向输入引脚
ISP	ISP 功能引脚
RESETn	芯片复位功能引脚，低电平复位
RTC_1HZ	RTC 1Hz 输出引脚
XLI	外部低频晶振输入引脚
XLO	外部低频晶振输出引脚
XI	外部高频晶振输入引脚
XO	外部高频晶振输出引脚
CAP	LDO 电容引脚
VSS	芯片电源地引脚
VDD	芯片电源引脚
SWCLK	下载器 SWCLK 引脚
SWDIO	下载器 SWDIO 引脚

## 5.6 管脚复用功能

PORTA 管脚功能通过 PORTCON 模块的 PORTA\_FUNC0 和 PORTA\_FUNC1 寄存器对应位域配置。请使用驱动库提供的 PORT\_Init 函数和功能宏定义配置管脚功能，提高代码可读性。

表格 5-1 PORTA 复用功能表

管脚	功能 0	功能 1	功能 2	功能 3	功能 4	功能 5	功能 6	功能 7	功能 8	功能 15	其他
PA0	A0	SPI0CS	UART1RX	HALL2	LED_COM4						
PA1	A1	I2C1SCL	SPI0CLK	PWMBRK1	LED_COM5						
PA2	A2	I2C1SDA	SPI0MISO	UART2TX	LED_COM6						
PA3	A3/ ADC0_CH11	I2C0SCL	SPI1SSEL	PWM1A	T2I	T2O	LED_SEG11			LCD_SEG18	
PA4	A4	UART0TX	PWM1AN	T7I	T7O					LCD_SEG19	
PA5	A5	UART0RX	UART0TX	PWM0BN						-	ISP
PA6	A6	PWM_CLK0								LCD_SEG20	XLI
PA7	A7/ Adc0_CH7	SPI1SSEL	UART2RTS	LED_SEG12						LCD_SEG9	
PA8	A8/ ADC0_CH6	UART2CTS	LED_SEG13							LCD_SEG10	
PA9	A9/ ADC0_CH5	PWM0B	LED_SEG14								
PA10	A10/ ADC0_CH4	SWCLK	T7I	T7O	LED_SEG15					LCD_SEG12	
PA11	A11/ ADC0_CH3	SWDIO	PWM3A	LED_SEG16						LCD_SEG13	
PA12	A12/ ADC0_CH2	T6I	T6O							LCD_SEG14	
PA13	A13/ ADC0_CH1	PWM3B									
PA14	A14/ ADC0_CH0/ ADC0_REFP	SPI0CLK	PWM3AN								
PA15	A15	PWM3BN									

**注：**PA15 专用于 SLCD 模块电源域控制，使用 SLCD 时需要设置为输出高电平为 SLCD 供电，不使用 SLCD 时设置为输出低电平。

PORTB 管脚功能通过 PORTCON 模块的 PORTB\_FUNC0 和 PORTB\_FUNC1 寄存器对应位域配置。请使用驱动库提供的 PORT\_Init 函数和功能宏定义配置管脚功能，提高代码可读性。

表格 5-2 PORTB 复用功能

管脚	功能 0	功能 1	功能 2	功能 3	功能 4	功能 5	功能 6	功能 7	功能 8	功能 15	其他
PB0	B0	SPI1MOSI	UART3TX	PWM2A	T2I	T2O				LCD_SEG31	
PB1	B1	SPI1MISO	UART3RX	PWM2B	T1I	T1O	LED_SEG0			LCD_SEG0	
PB2	B2	I2C0SCL	SPI0CLK	PWM3B	T2I	T2O	LED_SEG1			LCD_SEG1	
PB3	B3	I2C0SDA	I2C0SCL	SPI0MISO	UART2RX	PWM3BN	T3I	T3O	LED_SEG2	LCD_SEG2	
PB4	B4	I2C1SDA	SPI0MOSI	UART2TX	CAN0TX	PWM2BN	T4I	T4O	LED_SEG3	LCD_SEG3	
PB5	B5		SPI1MOSI	UART3TX	CAN0RX	PWM2AN	T5I	T5O	LED_SEG4	LCD_SEG4	
PB6	B6		I2C1SDA	SPI1MISO	UART3RX	T6I	T6O	LED_SEG5		LCD_SEG5	
PB7	B7	I2C1SCL	SPI1CLK	T7I	T7O	LED_SEG6				LCD_SEG6	
PB8	B8	UART1TX								LCD_SEG7	
PB9	B9/ ADC0_CH8	UART1RX	LED_SEG7							LCD_SEG8	
PB10	B10										
PB11	B11										
PB12	B12										
PB13	B13										
PB14	B14										
PB15	B15										

PORTC 管脚功能通过 PORTCON 模块的 PORTC\_FUNC0 和 PORTC\_FUNC1 寄存器对应位域配置。请使用驱动库提供的 PORT\_Init 函数和功能宏定义配置管脚功能，提高代码可读性。

表格 5-3 PORTC 复用功能

管脚	功能 0	功能 1	功能 2	功能 3	功能 4	功能 5	功能 6	功能 7	功能 8	功能 15	其他
PC0	C0	SPI0MOSI	UART2RX	PWM2BN	LED_COM7					LCD_SEG24	
PC1	C1	SPI1MOSI	PWM2B	T5O	LED_SEG17					LCD_SEG25	
PC2	C2	I2C0SDA	SPI1MISO	T5I	LED_SEG18					LCD_SEG26	
PC3	C3	I2C0SCL	SPI1CLK	PWM2AN	T1I	T1O	LED_SEG19			LCD_SEG27	
PC4	C4										
PC5	C5										
PC6	C6										
PC7	C7										
PC8	C8										
PC9	C9										
PC10	C10										
PC11	C11										
PC12	C12										
PC13	C13										
PC14	C14										
PC15	C15										

PORTD 管脚功能通过 PORTCON 模块的 PORTD\_FUNC0 和 PORTD\_FUNC1 寄存器对应位域配置。请使用驱动库提供的 PORT\_Init 函数和功能宏定义配置管脚功能，提高代码可读性。

表格 5-4 PORTD 复用功能

管脚	功能 0	功能 1	功能 2	功能 3	功能 4	功能 5	功能 6	功能 7	功能 8	功能 15	其他
PD0	D0	UART0RTS	PWM0AN							LCD_SEG21	XLO
PD1	D1	UART0CTS	PWM0A							LCD_SEG22	
PD2	D2										XI
PD3	D3	PWM_CLK1									XO
PD4	D4	I2C0SCL	HALL1							LCD_SEG23	
PD5	D5	I2C0SDA	HALL2							LCD_COM0	
PD6	D6	I2C0SCL	UART1RTS	CAN0TX	PWMBRK0	HALL0	LED_COM0			LCD_COM1	
PD7	D7	I2C0SDA	UART1CTS	CAN0RX	PWM2AN	LED_COM1				LCD_COM2	
PD8	D8	PWM2A	HALL0	T3I	T3O	LED_COM2				LCD_COM3	
PD9	D9	UART1TX	HALL1	T3I	T3O	LED_COM3				-	
PD10	D10	I2C1SCL	SPI0CLK	PWM2B	RTC_1HZ					LCD_SEG28	
PD11	D11	I2C1SDA	SPI0MISO	UART3RX	PWM2A					LCD_SEG29	
PD12	D12	SPI0MOSI	UART3TX	PWM2B	T4I	T4O				LCD_SEG30	
PD13	D13/ ADC0_CH9	I2C0SDA	SPI0MISO	UART0RX	T0O	LED_SEG8				LCD_SEG15	
PD14	D14/ ADC0_CH10	SPI0MOSI	UART0TX	PWM1BN	T0I		LED_SEG9			LCD_SEG16	
PD15	D15	SPI0SSEL	PWM1B	T0I	T0O	LED_SEG10				LCD_SEG17	

## 6 功能描述

### 6.1 存储器映射

SWM241 控制器为 32 位通用控制器，提供了 4G 字节寻址空间，如下表所示。数据格式仅支持小端格式（Little-Endian），各模块具体寄存器排布及操作说明在后章节有详细描述。

表格 6-1 存储器映射

起始	结束	描述
<b>存储器</b>		
0x00000000	-	FLASH
0x20000000	-	SRAM
<b>AHB 总线外设</b>		
0x40000000	0x400007FF	SYSCON
0x40000800	0x40000FFF	DMA
0x40001000	0x400017FF	INTCTRL
0x40002800	0x40002FFF	CRC
0x40003800	0x40003FFF	DIVIDER
<b>APB1 总线外设</b>		
0x40040000	0x400407FF	GPIOA
0x40040800	0x40040FFF	GPIOB
0x40041000	0x400417FF	GPIOC
0x40041800	0x40041FFF	GPIOD
0x40042000	0x400427FF	UART0
0x40042800	0x40042FFF	UART1
0x40043000	0x400437FF	UART2
0x40043800	0x40043FFF	UART3
0x40044000	0x400447FF	SPI0
0x40044800	0x40044FFF	SPI1
0x40046000	0x400467FF	PWM
0x40046800	0x40046FFF	TIMER
0x40049000	0x400497FF	SARADC0
0x4004A000	0x4004A7FF	FLASHC
0x4004B800	0x4004BFFF	RTC
<b>APB2 总线外设</b>		
0x400A0000	0x400A07FF	PORTCON
0x400A0800	0x400A0FFF	WDT
0x400A6000	0x400A67FF	I2C0
0x400A6800	0x400A6FFF	I2C1
0x400A8000	0x400A8FFF	CAN0

0x400A9800	0x400A9FFF	SLCD
0x400AA000	0x400AA7FF	ANACON
0x400AA800	0x400AAFFF	SLED
0x400AB000	0x400AB7FF	SAFETY
<b>核内部控制器</b>		
0xE000E010	0xE000E01F	系统定时控制寄存器
0xE000E100	0xE000E4EF	NVIC 中断控制寄存器
0xE000ED00	0xE000ED3F	系统控制寄存器

## 6.2 中断控制器（NVIC）

### 6.2.1 概述

Cortex-M0 提供了“嵌套向量中断控制器（NVIC）”用以管理中断事件。

中断优先级分为 4 级，可通过中断优先级配置寄存器（IRQn）进行配置。中断发生时，内核比较中断优先级，并自动获取入口地址，并保护环境，将指定寄存器中数据入栈，无需软件参与。中断服务程序结束后，由硬件完成出栈工作。同时支持“尾链”模式及“迟至”模式，有效的优化了中断发生及背对背中断的执行效率，提高了中断的实时性。

更多细节请参阅“Cortex®-M0 技术参考手册”及“ARM® CoreSight 技术参考手册”。

### 6.2.2 特性

- 支持嵌套及向量中断
- 硬件完成现场的保存和恢复
- 动态改变优先级
- 确定的中断时间

### 6.2.3 功能描述

#### 中断向量表

SWM241 提供了 32 个中断供外设与核交互，其排列如表格 6-2 所示。可以通过中断配置模块，将任意模块或具体 IO 的中断连接至指定中断编号。具体使用参考中断配置模块。

表格 6-2 中断编号及对应外设

中断 (IRQ 编号)	外设
0	UART0
1	TIMER0
2	SPI0
3	UART1
4	UART2
5	TIMER1
6	DMA
7	PWM_CH0
8	I2C1
9	TIMER2
10	TIMER3
11	WDT
12	I2C0
13	UART3
14	SARADC0
15	TIMER4
16	CAN/GPIOD1
17	GPIOC2/GPIOB1
18	GPIOC3/TIMER5
19	GPIOD6/ GPIOA0
20	TIMER6/GPIOC1
21	GPIOD8/GPIOA1
22	GPIOD9/GPIOB7
23	GPIOB5/ GPIOD10
24	GPIOD13/GPIOB2/GPIOA2
25	TIMER7/ GPIOD12/XTAL_STOP_DET
26	GPIOA /PWM_CH1
27	GPIOB /PWM_CH2
28	PWM_HALT/GPIOD11/ BOD
29	SAFETY/GPIOC/PWM_CH3
30	HALL/CAN/ SPI1
31	RTC /GPIOD

---

NMI	SYSTEM
-----	--------

## 6.3 系统管理 (SYSCON)

### 6.3.1 概述

系统管理为整个芯片提供时钟源，包括系统时钟切换、外设时钟门控、工作模式选择、数据备份以及版本控制等功能。还可通过单独时钟的开或关，时钟源选择来进行功耗控制。

### 6.3.2 特性

- 时钟控制
- 工作模式选择
- 休眠使能
- RTC 唤醒设置
- 端口唤醒设置
- BOD 掉电检测控制
- 复位控制及状态
- UID

### 6.3.3 模块结构框图

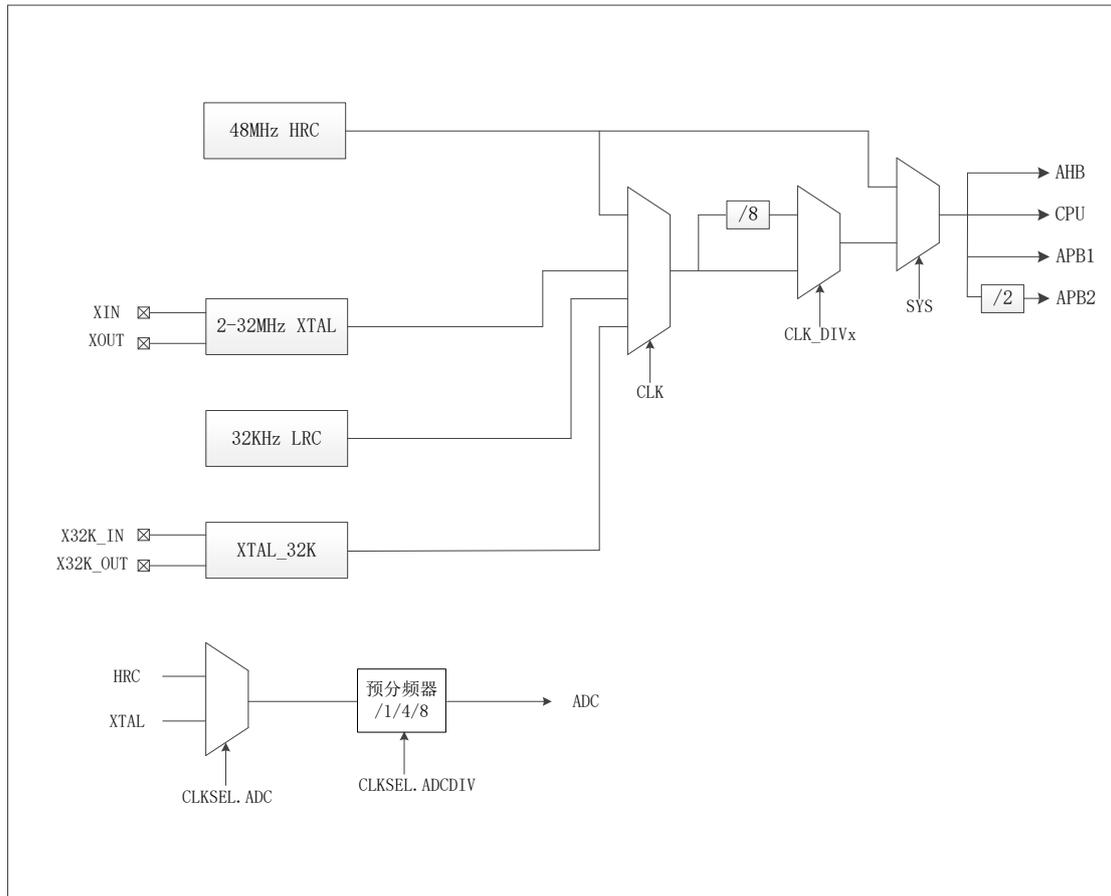


图 6-1 时钟结构框图

注：系统时钟：SYSCLK；AHB 时钟：HCLK；APB1 时钟：PCLK1；APB2 时钟：PCLK2。  
 $SYSCLK = HCLK = PCLK1 = 2 * PCLK2$ 。  
 例如：系统时钟 SYSCLK 选择的是 48MHz，那么  $PCLK1=48MHz$ ， $PCLK2=24MHz$ 。

## 6.3.4 功能描述

### 时钟控制

SWM241 有下列时钟源可供使用：

- 内部高频振荡器（HRC）：内部高频振荡器为片内时钟源，无需连接任何外部器件。频率为 48MHz，通过 HRCCR 寄存器进行切换，可提供较精确的固定频率时钟。
- 内部低频振荡器（LRC）：内部低频振荡器为片内时钟源，无需连接任何外部器件。频率为 32KHz。
- 外部振荡器（XTAL）：外部振荡器可接 2~32MHz 频率。
- 外部低频振荡器（XTAL\_32K）：外部低频振荡器，支持 32.768KHz 时钟接入

对于主时钟选择，通过 CLKSEL 寄存器 SYS 位，选择内部高频时钟或其他时钟。

CLKSEL 寄存器 SYS 位，选择内部高频时钟（HRC），时钟源为 48MHz，此时 CLKSEL 寄存器 CLK 位无效。

CLKSEL 寄存器 SYS 位，选择 CLK，通过 CLK 位可选择时钟源为片内高频 RC 振荡器（48MHz）、片外高频晶体振荡器（3~32MHz）、片外低频晶体振荡器（32.768KHz）、片内低频 RC 振荡器（32KHz），此时 CLKSEL 寄存器 CLK\_DIVX 位有效：

- CLK\_DIVX = 0 时，选择内部 HRC 时钟不分频
- CLK\_DIVX = 1 时，选择内部 HRC 时钟 8 分频

当 CLKSEL 寄存器 CLK 选择片外时钟。选择片外时钟前，需将相应引脚输入使能通过 INEN\_x 寄存器打开，并通过寄存器 PORTx\_SEL 将相应引脚换至外接晶振功能，且将 XTALCR 寄存器中外接晶振使能位使能。完成上述操作后，需根据外部晶振起振时间，使用软件产生一定时间，确保晶振稳定震荡，最后将 CLKSEL 寄存器中相应位设置为片外震荡器。

注意：执行时钟切换时，需要保证目标时钟使能及通路打开，在内部 HRC 时钟相互切换时，需要先切换至 32KHz 时钟

对于 ADC 时钟，通过 CLKSEL 寄存器 ADC、ADCDIV 位配置：

通过 CLKSEL.ADC 选择 SARADC 时钟为片内高频 RC 振荡器（HRC：48MHz）、片外高频晶体振荡器（2~32MHz）。可通过 CLKSEL.ADCDIV 选择 SARADC 时钟源分频，可选不分频、4 分频、8 分频。

内部 HRC 及 LRC 可通过 HRCCR 寄存器 ON 位与 LRCCR 寄存器 ON 位进行关闭操作，关闭前需确认时钟已切换，并未使用即将执行关闭操作的时钟。

外设时钟控制功能可控制外设时钟打开及关闭，如：

- GPIO
- SARADC

- SLED
- DIV
- CRC
- I2C
- SPI
- PWM
- TIMER
- WDT
- UART
- RTC

上电后，以上模块均处于时钟关闭状态，需要通过设置 CLKEN0 与 CLKEN1 寄存器进行时钟使能，否则访问对应模块寄存器操作无效。

### 复位

复位源包括上电/BOD/WDT/外部复位引脚/低功耗管理复位/system reset 及芯片各个模块独立软复位（ADC/RTC/DIV/I2C 等模块）。

当以下事件中的一个发生时，产生一个系统复位，**可复位芯片全局：**

- 上电复位
- 外部复位引脚复位
- WDT 看门狗计数复位
- BOD 掉电复位

可通过查看 RSTSR 复位状态寄存器中的复位状态标志位识别复位事件来源

各模块独立软复位只复位该模块。

### 休眠与唤醒设置

SWM241 系列提供浅睡眠（SLEEP），通过 SLEEP 寄存器进行使能操作。

浅睡眠模式

浅睡眠模式下，芯片进入保持状态，所有时钟关闭，在功耗较低的前提下保持数据。可以通过配置任意 I/O 引脚进行唤醒操作，也可以通过 RTC 定时器进行唤醒操作，或者两种唤醒操作同时存在。IO 唤醒操作同样为下降沿唤醒。唤醒后，程序从睡眠使能语句继续执行。

在 sleep 之前，需要将时钟切换为内部高频。

注意：浅睡眠模式使能前需保证 LRC（32KHz）时钟为使能状态，且将所有不需要唤醒操作的 IO 输入使能关闭（PORTCON 模块中 INEN\_x 寄存器）。

### RTC 唤醒

浅睡眠模式下，通过 SYSCON 模块中 RTCWKSr 寄存器及 RTCWKCR 寄存器进行定时器唤醒操作。流程如下：

- 关闭所有不需要唤醒功能的 IO 输入使能（PORTCON 模块中 INEN\_x 寄存器）
- 配置 RTC 时钟源及唤醒时间
- 使能唤醒源，设置 RTCWKCR 寄存器 EN 位为 1 (使能前需通过写 1 清除 RTCWKSr 寄存器 FLAG 位)
- 使能 RTC，RTC 开始计数
- SLEEP 寄存器 SLEEP 位置 1 后，芯片进入浅睡眠模式，RTC 计到设置值后唤醒芯片
- 唤醒后，RTCWKSr 寄存器 FLAG 位为 1（可通过对该位写 1 进行清除）

### 端口唤醒

浅睡眠模式下，可指定任意 IO 进行唤醒操作。示意图如图 6-2 所示。

具体流程如下：

- 确认 LRC（32KHz 时钟）为使能状态
- 将需要执行唤醒操作的引脚对应 PxWKEN 寄存器及 INEN\_x 寄存器指定位配置为 1，使能相应端口对应位输入使能及唤醒功能
- SLEEP 寄存器 BIT[0] = 1 后，芯片进入浅睡眠模式
- 唤醒端口可配置为 GPIO 端口，以及 UART 模块 RX 端口或 I2C 模块 DAT 端口，当配置端口对应位产生下降沿时，芯片被唤醒，继续执行程序。使用通讯接口进行唤醒时，需保证通讯采样速率低于 32KHz，避免出现数据丢失现象
- 唤醒后，端口对应 PxWKSr 寄存器对应位被置 1，可通过对该位写 1 进行清除（该位对进入休眠无影响）

注意：所有配置为唤醒功能的引脚，执行唤醒过程时只能有一个产生下降沿，对应引脚必须保证为高电平。为保证功耗最低，需确认所有输入使能引脚无悬空输入状态

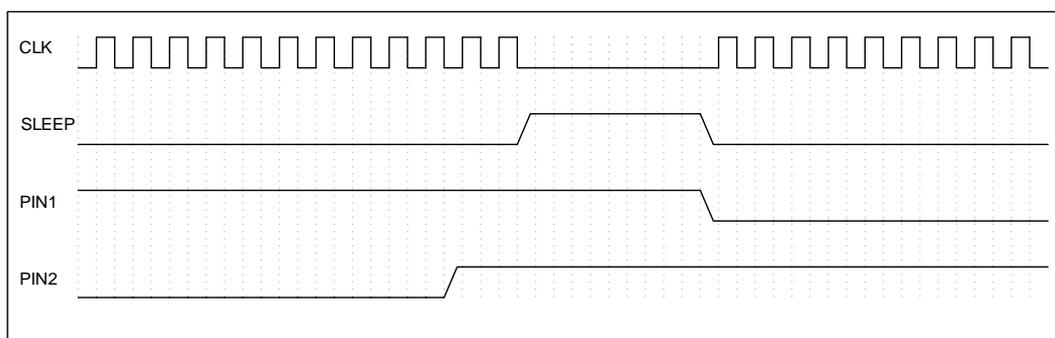


图 6-2 端口唤醒示意图

## BOD 掉电检测

芯片提供了低电压中断及复位功能，置 PERWP 寄存器 ANACFGR 位，关闭写保护，并通过 BODCR 寄存器进行配置。

通过配置寄存器 BODCR，可选择电压低压 1.7V/1.9V/2.1V/2.7V/3.5V 产生复位。当电压低于配置电压时，将产生低压复位。该功能为常开功能，**系统复位后默认低压阈值为 1.7V。**

通过配置寄存器 BODCR，可选择电压低压 1.9V/2.1V/2.3V/2.5V/2.7V/3.5V/4.1V 产生中断，当电压低于配置电压时，将产生 BOD 中断信号，通过查询 BODSR 寄存器 IF 位可以获取状态。

IF 位为中断状态位，当芯片供电电压从配置电压以上变为低于配置电压时，该位将被置 1（沿触发）。此时若 IE 位为非屏蔽状态（IE = 1），则 NVIC 控制器将接收到 BOD 中断。该中断可通过向 IF 位写 1 清除。**清除后，若电压低于配置电压，IF 位会再次置位，再次产生中断。**

## 用户 ID

芯片可以提供唯一 96BIT ID 号用于加密使用。

### 6.3.5 寄存器映射

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>SYSCON BASE: 0x40000000</b>				
CLKSEL	0x00	R/W	0x00CC2801	时钟选择控制寄存器
CLKDIVX_ON	0x04	R/W	0x00000000	源时钟控制寄存器
CLKEN0	0x08	R/W	0x00000000	时钟门控控制寄存器 0
CLKEN1	0x0C	R/W	0x00000000	时钟门控控制寄存器 1
SLEEP	0x10	R/W	0x00000000	系统模式控制寄存器
RSTSR	0x024	R/W1C	0x00000001	芯片复位状态寄存器
RTCWKCR	0x30	R/W	0x00000000	RTC 唤醒使能控制寄存器
RTCWKS	0x34	R/W1C	0x00000000	RTC 唤醒标志寄存器
CHIP_ID0	0x80	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 0
CHIP_ID1	0x84	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 1
CHIP_ID2	0x88	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 2
CHIP_ID3	0x8C	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 3
PRNGCR	0x0d0	R/W	0x00000001	伪随机数控制寄存器
PRNGDL	0x0d4	RO	0x00000000	伪随机数输出寄存器低 32 位数据
PRNGDH	0x0d8	RO	0x00000000	伪随机数输出寄存器高 32 位数据
PAWKEN	0x100	R/W	0x00000000	PORTA 唤醒使能控制寄存器
PBWKEN	0x104	R/W	0x00000000	PORTB 唤醒使能控制寄存器
PCWKEN	0x108	R/W	0x00000000	PORTC 唤醒使能控制寄存器
PDWKEN	0x10C	R/W	0x00000000	PORTD 唤醒使能控制寄存器
PAWKS	0x130	R/W1C	0x00000000	PORTA 唤醒状态寄存器
PBWS	0x134	R/W1C	0x00000000	PORTB 唤醒状态寄存器
PCWS	0x138	R/W1C	0x00000000	PORTC 唤醒状态寄存器
PDWS	0x13C	R/W1C	0x00000000	PORTD 唤醒状态寄存器
PRSTEN	0x720	R/W	0x00000000	芯片复位屏蔽寄存器
PRSTR1	0x724	R/W	0x00000000	芯片复位配置寄存器 1
PRSTR2	0x728	R/W	0x00000000	芯片复位配置寄存器 2
<b>ANACON BASE: 0x400AA000</b>				
HRCR	0x00	R/W	0x00000001	内部高频 RC 振荡器配置寄存器
BODCR	0x10	R/W	0x00000000	BOD 控制寄存器
BODSR	0x14	R/W1C	0x00000000	BOD 中断状态寄存器
XTALCR	0x20	R/W	0x00000000	晶体振荡器控制寄存器
XTALS	0x24	R/W1C	0x00000000	晶体振荡器状态寄存器
LRCCR	0x50	R/W	0x00000001	芯片内部低频 RC 配置寄存器

### 6.3.6 寄存器描述

#### 时钟选择控制寄存器 CLKSEL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLKSEL	0x00	R/W	0x00CC2801	时钟选择控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							WKUP
23	22	21	20	19	18	17	16
-				ADCDIV		-	ADC
15	14	13	12	11	10	9	8
RTCTRM		WDT		-			
7	6	5	4	3	2	1	0
-		RTC	CLK			CLK_DIVX	SYS

位域	名称	描述
31:25	-	-
24	WKUP	SLEEP 唤醒时钟选择 1: 片外低频晶体振荡器 (32.768KHz) 0: 内部低频 RC 振荡器 (32KHz)
23:20	-	-
19:18	ADCDIV	SARADC 采样时钟选择, 对所有 SARADC 均有效 0x: 时钟源 1 分频 10: 时钟源 4 分频 11: 时钟源 8 分频 注: SARADC 采样时钟在进行不同源选择时, 必须先将 SARADC 时钟使能关闭, 再进行时钟源切换。
17:16	ADC	SARADC 时钟源选择, 对所有 SARADC 均有效 01: 片外高频晶体振荡器 (2~32MHz) 00: 片内高频 RC 振荡器 (48MHz) 其他: 保留
15:14	RTCTRM	RTC TRIM 参考时钟选择 11: XTAL/8 10: XTAL/4 01: XTAL/2 00: 片外高频晶体振荡器 (XTAL)

13:12	WDT	<p>WDT 计数时钟选择</p> <p>10: 片内低频 RC 振荡器 (32KHz)</p> <p>其他: 保留</p>
11:6	-	-
5	RTC	<p>32K 时钟选择</p> <p>1: 片外低频晶体振荡器 (32.768KHz)</p> <p>0: 内部低频 RC 振荡器 (32KHz)</p>
4:2	CLK	<p>CLK 时钟选择</p> <p>1xx: 片内高频 RC 振荡器 (HRC: 48MHz)</p> <p>011: 片外高频晶体振荡器 (XTAL: 2~32MHz)</p> <p>010: 片外低频晶体振荡器 (XTAL_32K: 32.768KHz)</p> <p>001: 保留</p> <p>000: 片内低频 RC 振荡器 (LRC: 32KHz)</p>
1	CLK_DIVX	<p>CLK 分频选择</p> <p>1: CLK/8 分频</p> <p>0: CLK</p>
0	SYS	<p>系统时钟选择</p> <p>1: HRC (48MHz)</p> <p>0: CLK</p> <p>注: 更改 CLK 或 CLK_DIVX 设置时, 需要将此位先切换为 1, 再进行时钟源或分频切换</p>

**源时钟选择控制寄存器 CLKDIVX\_ON**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLKDIVX_ON	0x04	R/W	0x00000000	源时钟控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							CLKDIVX_ON

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	CLKDIV_ON	DIVCLK 时钟门控 1: 关闭 0: 打开 注: 更改 DIV 时, 需保证此位为 1, 在关闭状态下进行更改 注 2: 系统时钟选择不同时钟切换时, 若需要在 SRCDIVCLK 或 SRCCLK 内部时钟源之间进行切换, 则系统时钟需要先切换回 HRC, 然后将该位置为 1 后再进行切换。 注 3: 若系统时钟已选择了 HRC 作为时钟源, 并需要改变 HRC 频率时, 系统时钟需要先切至其他时钟源, 然后再改变 HRC 频率, 最后再将系统时钟切换回 HRC。

**时钟门控控制寄存器 0 CLKEN0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLKEN0	0x08	R/W	0x00000000	时钟门控控制寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
SLED	-	SLCD	CAN		SDADC0	ANAC	-
23	22	21	20	19	18	17	16
-		DIV	-	CRC	-		I2C1
15	14	13	12	11	10	9	8
I2C0	SPI1	SPI0	PWM	TIMER	WDT	UART3	UART2
7	6	5	4	3	2	1	0
UART1	UART0	-		GPIOD	GPIOC	GPIOB	GPIOA

位域	名称	描述
31	SLED	SLED 时钟使能
30	-	-
29	SLCD	SLCD 模块时钟使能
28	CAN	CAN 模块时钟使能
27	-	-
26	ADC	SARADC 数字控制时钟使能
25	ANAC	ANACON 时钟使能 注：包括 HRC/BOD/XTAL/LRC/OPA/CMP 时钟使能
24:22	-	-
21	DIV	DIVIDER 时钟使能
20	-	-
19	CRC	CRC 时钟使能
18:17	-	-
16	I2C1	I2C1 时钟使能
15	I2C0	I2C0 时钟使能
14	SPI1	SPI1 时钟使能
13	SPI0	SPI0 时钟使能
12	PWM	PWM 时钟使能
11	TIMER	TIMER 时钟使能
10	WDT	WDT 时钟使能
9	UART3	UART3 时钟使能
8	UART2	UART2 时钟使能
7	UART1	UART1 时钟使能
6	UART0	UART0 时钟使能

5:4	-	-
3	GPIOD	GPIOD 时钟使能
2	GPIOC	GPIOC 时钟使能
1	GPIOB	GPIOB 时钟使能
0	GPIOA	GPIOA 时钟使能

**时钟门控控制寄存器 1 CLKEN1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLKEN1	0x0C	R/W	0x00000000	时钟门控控制寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-				RTC	-		
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							

位域	名称	描述
31:20	-	-
19	RTC	RTC 时钟使能
18:0	-	-

注：RTC 时钟使能后， RTC 模块使能寄存器置 1， RTC 在工作时钟使能下开始工作。

**系统模式控制寄存器 SLEEP**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SLEEP	0x10	R/W	0x00000000	系统模式控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							SLEEP

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	SLEEP	将该位置 1 后，系统将进入 SLEEP 模式

**芯片复位状态寄存器 RSTSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RSTSR	0x024	R/W1C	0x00000001	芯片复位状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			IAA	-		WDT	POR

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	IAA	非法地址访问复位状态标志寄存器 1: 表示出现非法地址访问复位 写 1 清零
3:2	-	-
1	WDT	WDT 复位状态标志寄存器, 写 1 清零 1: 出现 WDT 复位 0: 未出现 WDT 复位
0	POR	POR 复位状态标志寄存器, 写 1 清零 1: 出现 POR 复位 0: 未出现 POR 复位

**RTC 唤醒使能控制寄存器 RTCWKCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RTCWKCR	0x30	R/W	0x00000000	RTC 唤醒使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							EN

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	EN	基本 RTC 唤醒使能寄存器 1: 使能基本 RTC 唤醒功能 0: 禁止基本 RTC 唤醒功能

**RTC 唤醒标志寄存器 RTCWKSr**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RTCWKSr	0x34	R/W1C	0x00000000	RTC 唤醒标志寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							FLAG

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	FLAG	基本 RTC 唤醒标志，写 1 清除 0：未产生唤醒标志 1：已产生唤醒标志

**芯片 128 位 ID 寄存器 0CHIP\_ID0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHIP_ID0	0x80	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
ID0							
23	22	21	20	19	18	17	16
ID0							
15	14	13	12	11	10	9	8
ID0							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID0							

位域	名称	描述
31:0	ID0	芯片 128 位 ID 寄存器 0

**芯片 128 位 ID 寄存器 1CHIP\_ID1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHIP_ID1	0x84	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
ID1							
23	22	21	20	19	18	17	16
ID1							
15	14	13	12	11	10	9	8
ID1							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID1							

位域	名称	描述
31:0	ID1	芯片 128 位 ID 寄存器 1

**芯片 128 位 ID 寄存器 2CHIP\_ID2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHIP_ID2	0x88	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
ID2							
23	22	21	20	19	18	17	16
ID2							
15	14	13	12	11	10	9	8
ID2							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID2							

位域	名称	描述
31:0	ID2	芯片 128 位 ID 寄存器 2

**芯片 128 位 ID 寄存器 3CHIP\_ID3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHIP_ID3	0x8C	RO	—	芯片 128 位 ID 寄存器 3

31	30	29	28	27	26	25	24
ID3							
23	22	21	20	19	18	17	16
ID3							
15	14	13	12	11	10	9	8
ID3							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID3							

位域	名称	描述
31:0	ID3	芯片 128 位 ID 寄存器 3

**伪随机数控制寄存器 PRNGCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRNGCR	0x0d0	R/W	0x00000001	伪随机数控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							RDY
7	6	5	4	3	2	1	0
-					CLK		SEEDCLR

位域	名称	描述
31:9	-	-
8	RDY	PRNG 随机数准备标志，RO 当检测到该信号为 1 时，则可以读取 PRNG_DATA1 和 PRNG_DATAH，并且每次需要将 PRNG_DATA1 和 PRNG_DATAH 两个寄存器一并读出。
7:3	-	-
2:1	CLK	PRNG 随机数发生器时钟配置 Bit1: 为 0 时，所有时钟无效；为 1 时，正常工作 Bit0: 为 0 时，三个时钟工作模式（HRC、LRC、XTAL）；为 1 时，两个时钟工作模式（HRC、LRC）
0	SEEDCLR	PRNG 种子清零寄存器 1: 种子清零。此时随机数发生器不工作 0: 随机数发生器工作 注：该信号如果有效，则其为高的时间不能短于 LRC 一个周期。

**伪随机数输出寄存器低 32 位数据 PRNGDL**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRNGDL	0x0d4	RO	0x00000000	伪随机数输出寄存器低 32 位数据

31	30	29	28	27	26	25	24
DATAL							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATAL							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATAL							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATAL							

位域	名称	描述
31:0	DATAL	随机数输出寄存器低 32 位数据

**伪随机数输出寄存器高 32 位数据 PRNGDH**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRNGDH	0x0d8	RO	0x00000000	伪随机数输出寄存器高 32 位数据

31	30	29	28	27	26	25	24
DADAH							
23	22	21	20	19	18	17	16
DADAH							
15	14	13	12	11	10	9	8
DADAH							
7	6	5	4	3	2	1	0
DADAH							

位域	名称	描述
31	-	-
30:0	DATAH	随机数输出寄存器高 31 位数据

**PORTA 唤醒使能控制寄存器 PAWKEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PAWKEN	0x100	R/W	0x00000000	PORTA 唤醒使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PAWKEN15	PAWKEN14	PAWKEN13	PAWKEN12	PAWKEN11	PAWKEN10	PAWKEN9	PAWKEN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PAWKEN7	PAWKEN6	PAWKEN5	PAWKEN4	PAWKEN3	PAWKEN2	PAWKEN1	PAWKEN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PAWKEN15	PA15 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
14	PAWKEN14	PA14 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
13	PAWKEN13	PA13 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
12	PAWKEN12	PA12 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
11	PAWKEN11	PA11 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
10	PAWKEN10	PA10 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
9	PAWKEN9	PA9 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
8	PAWKEN8	PA8 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
7	PAWKEN7	PA7 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
6	PAWKEN6	PA6 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
5	PAWKEN5	PA5 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
4	PAWKEN4	PA4 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能

3	PAWKEN3	PA3 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
2	PAWKEN2	PA2 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
1	PAWKEN1	PA1 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
0	PAWKEN0	PA0 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能

**PORTB 唤醒使能控制寄存器 PBWKEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PBWKEN	0x104	R/W	0x00000000	PORTB 唤醒使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PBWKEN9	PBWKEN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PBWKEN7	PBWKEN6	PBWKEN5	PBWKEN4	PBWKEN3	PBWKEN2	PBWKEN1	PBWKEN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PBWKEN9	PB9 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
8	PBWKEN8	PB8 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
7	PBWKEN7	PB7 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
6	PBWKEN6	PB6 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
5	PBWKEN5	PB5 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
4	PBWKEN4	PB4 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
3	PBWKEN3	PB3 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
2	PBWKEN2	PB2 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
1	PBWKEN1	PB1 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
0	PBWKEN0	PB0 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能

**PORTC 唤醒使能控制寄存器 PCWKEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PCWKEN	0x108	R/W	0x00000000	PORTC 唤醒使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PCWKEN3	PCWKEN2	PCWKEN1	PCWKEN0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PCWKEN3	PC3 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
2	PCWKEN2	PC2 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
1	PCWKEN1	PC1 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能
0	PCWKEN0	PC0 输入唤醒使能 1: 使能    0: 禁能

**PORTD 唤醒使能控制寄存器 PDWKEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PDWKEN	0x10C	R/W	0x00000000	PORTD 唤醒使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PDWKEN9	PDWKEN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PDWKEN7	PDWKEN6	PDWKEN5	PDWKEN4	PDWKEN3	PDWKEN2	PDWKEN1	PDWKEN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PDWKEN9	PD9 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
8	PDWKEN8	PD8 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
7	PDWKEN7	PD7 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
6	PDWKEN6	PD6 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
5	PDWKEN5	PD5 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
4	PDWKEN4	PD4 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
3	PDWKEN3	PD3 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
2	PDWKEN2	PD2 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
1	PDWKEN1	PD1 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
0	PDWKEN0	PD0 输入唤醒使能 1: 使能 0: 禁能

**PORTA 唤醒状态寄存器 PAWKSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PAWKSR	0x130	R/W1C	0x00000000	PORTA 唤醒状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PAWKSR15	PAWKSR14	PAWKSR13	PAWKSR12	PAWKSR11	PAWKSR10	PAWKSR9	PAWKSR8
7	6	5	4	3	2	1	0
PAWKSR7	PAWKSR6	PAWKSR5	PAWKSR4	PAWKSR3	PAWKSR2	PAWKSR1	PAWKSR0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PAWKSR15	PA15 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
14	PAWKSR14	PA14 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
13	PAWKSR13	PA13 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
12	PAWKSR12	PA12 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
11	PAWKSR11	PA11 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
10	PAWKSR10	PA10 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
9	PAWKSR9	PA9 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
8	PAWKSR8	PA8 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒

7	PAWKSR7	PA7 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
6	PAWKSR6	PA6 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
5	PAWKSR5	PA5 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
4	PAWKSR4	PA4 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
3	PAWKSR3	PA3 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
2	PAWKSR2	PA2 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
1	PAWKSR1	PA1 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
0	PAWKSR0	PA0 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒

**PORTB 唤醒状态寄存器 PBWKSr**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PBWKSr	0x134	R/W1C	0x00000000	PORTB 唤醒状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PBWKSr9	PBWKSr8
7	6	5	4	3	2	1	0
PBWKSr7	PBWKSr6	PBWKSr5	PBWKSr4	PBWKSr3	PBWKSr2	PBWKSr1	PBWKSr0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PBWKSr9	PB9 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
8	PBWKSr8	PB8 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
7	PBWKSr7	PB7 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
6	PBWKSr6	PB6 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
5	PBWKSr5	PB5 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
4	PBWKSr4	PB4 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
3	PBWKSr3	PB3 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
2	PBWKSr2	PB2 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒

1	PBWKS1	PB1 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
0	PBWKS0	PB0 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒

**PORTC 唤醒状态寄存器 PCWKS R**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PCWKS R	0x138	R/W1C	0x00000000	PORTC 唤醒状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PCWKS R3	PCWKS R2	PCWKS R1	PCWKS R0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PCWKS R3	PC3 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
2	PCWKS R2	PC2 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
1	PCWKS R1	PC1 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
0	PCWKS R0	PC0 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒

**PORTD 唤醒状态寄存器 PDWKSr**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PDWKSr	0x13C	R/W1C	0x00000000	PORTD 唤醒状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PDWKSr9	PDWKSr8
7	6	5	4	3	2	1	0
PDWKSr7	PDWKSr6	PDWKSr5	PDWKSr4	PDWKSr3	PDWKSr2	PDWKSr1	PDWKSr0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PDWKSr9	PD9 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
8	PDWKSr8	PD8 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
7	PDWKSr7	PD7 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
6	PDWKSr6	PD6 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
5	PDWKSr5	PD5 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
4	PDWKSr4	PD4 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
3	PDWKSr3	PD3 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒
2	PDWKSr2	PD2 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1, 软件写 1 清除 1: 唤醒 0: 未唤醒

1	PDWKSRI	PD1 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒
0	PDWKSRO	PD0 输入唤醒状态标志位 唤醒后硬件置 1，软件写 1 清除 1：唤醒      0：未唤醒

**芯片复位屏蔽寄存器 PRSTEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRSTEN	0x720	R/W	0x00000000	芯片复位屏蔽寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PRSTEN							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	PRSTEN	只有当该寄存器配置为 0x55 时，才能对 PRSTR1 和 PRSTR2 进行写操作。

**芯片复位配置寄存器 1 PRSTR1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRSTR1	0x724	R/W	0x00000000	芯片复位配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
SLED	-	SLCD	CAN	-	SARADC0	-	
23	22	21	20	19	18	17	16
-		DIV	-	CRC	-		I2C1
15	14	13	12	11	10	9	8
I2C0	SPI1	SPI0	PWM	TIMER	WDT	UART3	UART2
7	6	5	4	3	2	1	0
UART1	UART0	-		GPIOD	GPIOC	GPIOB	GPIOA

位域	名称	描述
31	SLED	SLED 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
30	-	-
29	SLCD	
28	CAN	CAN 模块复位配置位
27	-	-
26	SARADC0	SARADC0 模块数字部分复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
25	-	*保留* 该位必须置 0
14:24	-	-
21	DIV	DIV 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
20	-	-
19	CRC	CRC 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
18:17	-	-
16	I2C1	I2C1 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
15	I2C0	I2C0 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
14	SPI1	SPI1 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
13	SPI0	SPI0 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。

12	PWM	PWM 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
11	TIMER	TIMER 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
10	WDT	WDT 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
9	UART3	UART3 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
8	UART2	UART2 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
7	UART1	UART1 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
6	UART0	UART0 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
5:4	-	-
3	GPIOD	GPIOD 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
2	GPIOC	GPIOC 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
1	GPIOB	GPIOB 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。
0	GPIOA	GPIOA 模块复位配置位 将该位置 1，则复位该模块。

**芯片复位配置寄存器 2 PRSTR2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRSTR2	0x728	R/W	0x00000000	芯片复位配置寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-				RTC	-		
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							

位域	名称	描述
31:20	-	-
19	RTC	RTC_BASE 模块复位配置位 将该位置 1, 则复位该模块。
18:0	-	-

**内部高频 RC 振荡器配置寄存器 HRCCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HRCCR	0x00	R/W	0x00000001	内部高频 RC 振荡器配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							ON

位域	名称	描述
31:2	-	-
0	ON	内部高频 RC 振荡器使能 0: 关闭 1: 开启

**BOD 控制寄存器 BODCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BODCR	0x10	R/W	0x00000000	BOD 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						RSTLVL	
7	6	5	4	3	2	1	0
RSTLVL	INTLVL			-		IE	-

位域	名称	描述
31:7	-	-
9:7	RSTLVL	BOD 复位电位配置寄存器 000: BOD 1.7V 产生复位 001: BOD 1.9V 产生复位 010: BOD 2.1V 产生复位 011: BOD 2.7V 产生复位 100: BOD 3.5V 产生复位
6:4	INTLVL	BOD 中断电位配置寄存器 000: BOD 1.9V 产生中断 001: BOD 2.1V 产生中断 010: BOD 2.3V 产生中断 011: BOD 2.5V 产生中断 100: BOD 2.7V 产生中断 101: BOD 3.5V 产生中断 110: BOD 4.1V 产生中断
3:2	-	-
1	IE	BOD 中断功能使能寄存器 1: 使能 0: 关闭
0	-	-

**BOD 中断状态寄存器 BODSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BODSR	0x14	R/W1C	0x0000000	BOD 中断状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							IF

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	IF	BOD 中断状态标志位，写 1 清除 1：已触发中断电压 0：未触发中断电压 注：只有当 BODCR.IE=1 时，BODSR.IF 才会置位

**晶体振荡器控制寄存器 XTALCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
XTALCR	0x20	R/W	0x00000000	晶体振荡器控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-			DRV				
15	14	13	12	11	10	9	8
-				32KDRV			
7	6	5	4	3	2	1	0
-		DET	32KDET	-		ON	32KON

位域	名称	描述
31:21	-	-
20:16	DRV	高频晶体振荡器驱动能力控制信号 每 bit 位控制的驱动能力一样，将该寄存器配置几个 bit 为 1，则表示有几倍的驱动能力，可微调频率
15:12	-	-
11:8	32KDRV	32K 低频晶振偏置电流控制信号，32K 驱动能力，可微调频率
7:6	-	-
5	DET	外接高频晶振停振检测 0: 关闭 1: 开启
4	32KDET	外接低频晶振停振检测 0: 关闭 1: 开启
3:2	-	-
1	ON	外接高频晶振使能 0: 关闭 1: 开启
0	32KON	外接低频晶振使能 0: 关闭 1: 开启

**晶体振荡器状态寄存器 XTALSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
XTALSR	0x24	R/W1C	0x00000000	晶体振荡器状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						STOP	32KSTOP

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	STOP	外接高频晶振状态，写 1 清 0 0: 正常 1: 停振，发生停震后将自动切换至 HRC
0	32KSTOP	外接低频晶振状态，写 1 清 0 0: 正常 1: 停振

**内部低频 RC 配置寄存器 LRCCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
LRCCR	0x50	R/W	0x00000001	内部低频 RC 配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							ON

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	ON	内置低频 RC 使能 0: 关闭 1: 开启

## 6.4 PORTCON

### 6.4.1 概述

端口控制模块主要包括管脚输入使能，管脚功能配置，I/O 上拉、下拉、开漏配置。SWM241 系列所有型号 PORTCON 模块操作均相同，部分型号无对应管脚时，对应寄存器位无效。

### 6.4.2 特性

- 配置 I/O 引脚为特定功能
- 支持上拉/下拉/推挽/开漏功能
- 配置管脚输入使能

### 6.4.3 模块结构框图

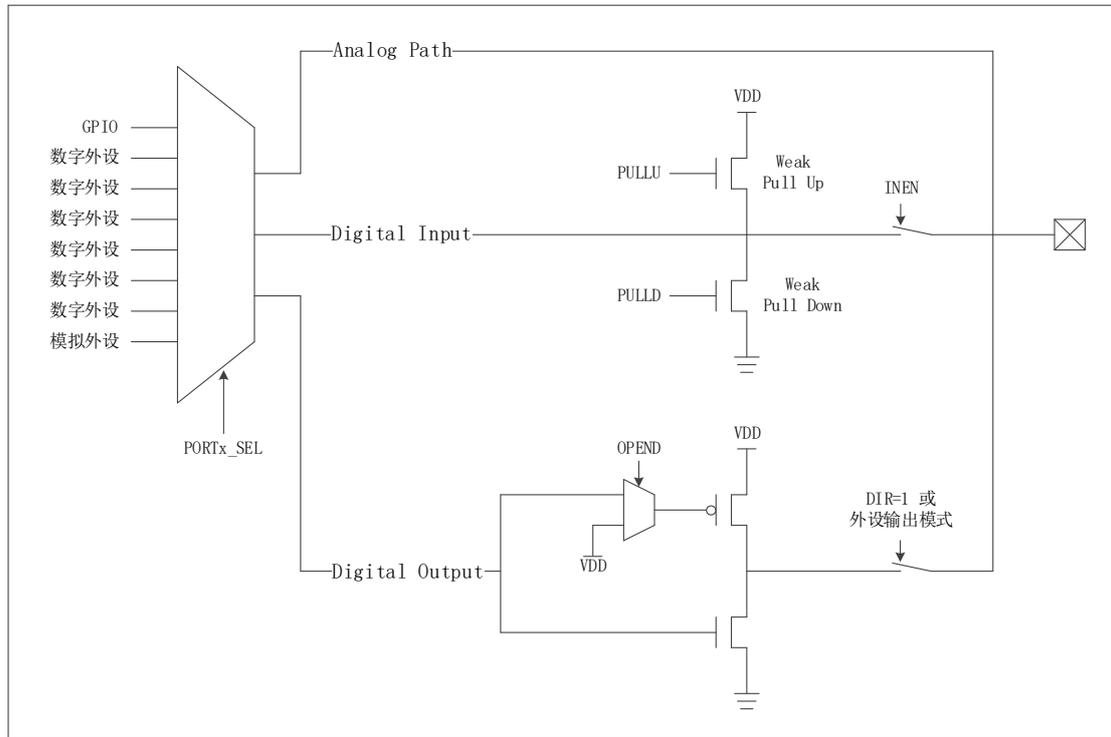


图 6-3 PORTCON 模块结构框图

## 6.4.4 功能描述

端口控制模块主要包括管脚输入使能，管脚功能配置，I/O 上拉、下拉、开漏配置。SWM241 系列所有型号 PORTCON 模块操作均相同，部分型号无对应管脚时，对应寄存器位无效。

### 引脚输入使能

本芯片引脚作为输入或需要输入的外设时，需要打开引脚对应输入使能寄存器（INEN\_x），当引脚所在寄存器对应位设置为 1 时，输入使能打开，引脚可获取外部状态。

### 功能选择配置

端口复用通过端口复用寄存器 PORTx\_SEL 寄存器实现。当指定位配置为对应值时，引脚功能实现切换。

每个端口可能具备以下功能：

- 通用输入输出接口：引脚作为通用输入输出功能，输入或输出指定数字电平
- 外设接口：将对应引脚切换至指定数字功能，如 TIMER/UART/PWM 等
- 模拟接口：将对应引脚切换至模拟功能，如时钟输入等
- 下载接口：使用仿真器连接下载程序及单步执行

### 上拉/下拉/推挽/开漏配置

本芯片每个引脚均可配置为以下模式：

- 上拉输入
- 下拉输入
- 推挽输出
- 开漏输出

当对应引脚作为除 GPIO 之外的功能引脚时，此配置同样生效。

作为输入功能使用时，GPIO DIR 寄存器对应位为 0，该状态为上电默认状态。此时可以开启内部上拉和下拉功能，通过配置 PULLU 及 PULLD 寄存器实现，将引脚所对应寄存器指定位配置为 1，即可实现该功能。如图 6-4 所示：

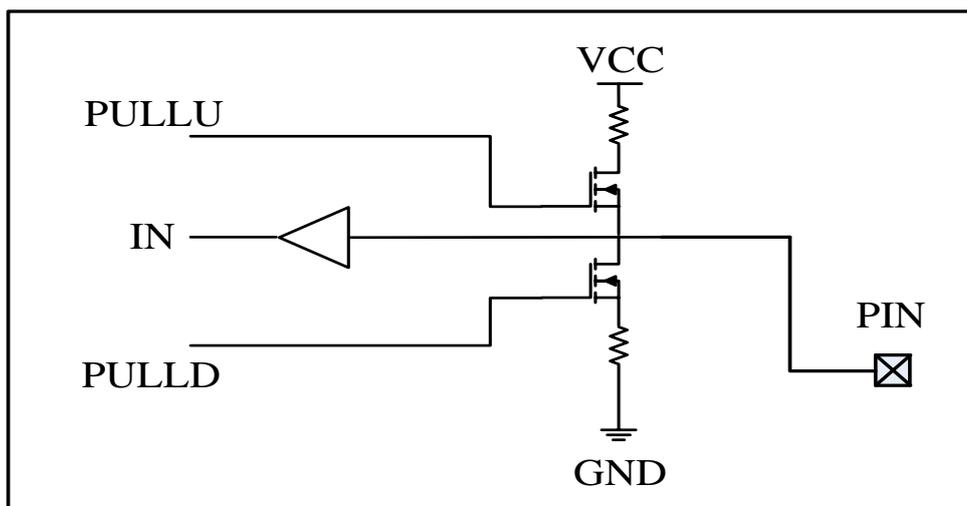


图 6-4 IO 输入上拉下拉

作为输出功能使用时，GPIO DIR 寄存器对应位为 1，此时可配置引脚状态为推挽输出或开漏输出，通过配置 OPEND 寄存器实现。

作为推挽输出时，GPIO OPEND 寄存器对应位为 0，芯片具备拉/灌电流的能力，GPIO DATA 寄存器配置值将反映到对应引脚电平。如图 6-5 所示：

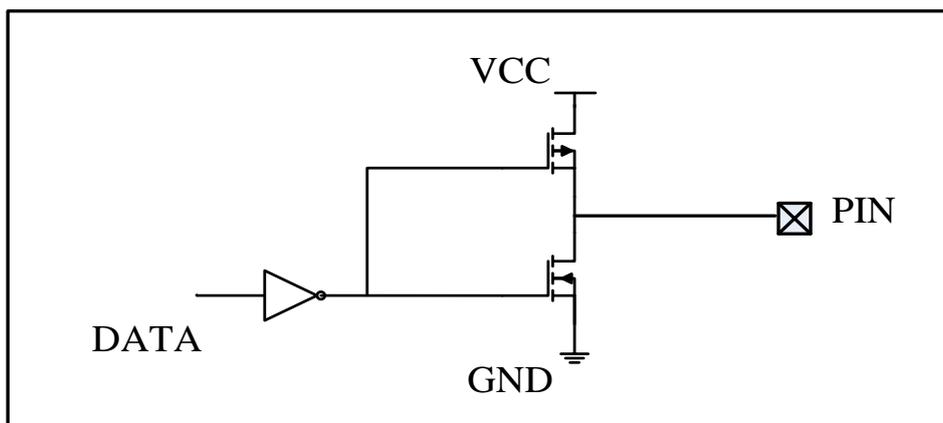


图 6-5 推挽输出

作为开漏输出时，GPIO OPEND 寄存器对应位为 1，芯片只具备灌电流的能力，不具备拉电流能力。GPIO 输出配置为 0 时，对应引脚将输出 0，配置为 1 时，输出高阻。若需要输出 1 时，需要将外部引脚接上拉电阻，通过外部上拉实现高电平输出。示意图如图 6-6 所示：

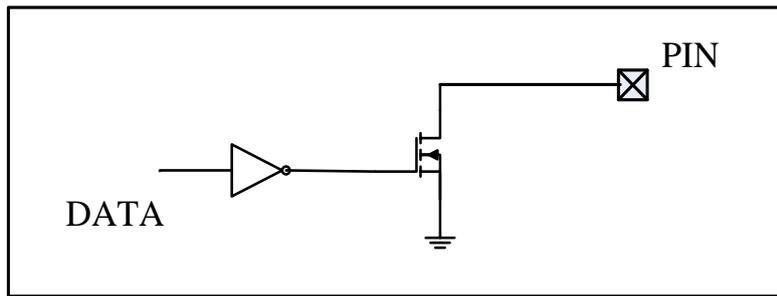


图 6-6 开漏输出



## 6.4.6 寄存器描述

### PORTA\_FUNC0

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTA_FUNC0	0x00	R/W	0x00000000	端口 A 功能配置寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN7				PIN6			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN5				PIN4			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN3				PIN2			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN1				PIN0			

注：具体复用功能，见表格 5-1 PORTA 复用功能。

**PORTA\_FUNC1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTA_FUNC1	0x04	R/W	0x00000000	端口 A 功能配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN15				PIN14			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN13				PIN12			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN11				PIN10			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN9				PIN8			

注：具体复用功能，见表格 5-1 PORTA 复用功能表。

**PORTB\_FUNC0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTB_FUNC0	0x10	R/W	0x00000000	端口 B 功能配置寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN7				PIN6			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN5				PIN4			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN3				PIN2			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN1				PIN0			

注：具体复用功能，见表格 5-2 PORTB 复用功能。

**PORTB\_FUNC1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTB_FUNC1	0x14	R/W	0x00000000	端口 B 功能配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN15				PIN14			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN13				PIN12			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN11				PIN10			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN9				PIN8			

注：具体复用功能，见表格 5-2 PORTB 复用功能。

**PORTC\_FUNC0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTC_FUNC0	0x20	R/W	0x00000000	端口 C 功能配置寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN7				PIN6			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN5				PIN4			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN3				PIN2			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN1				PIN0			

注：具体复用功能，见表格 5-3 PORTC 复用功能。

**PORTC\_FUNC1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTC_FUNC1	0x20	R/W	0x00000000	端口 C 功能配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN15				PIN14			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN13				PIN12			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN11				PIN10			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN9				PIN8			

注：具体复用功能，见表格 5-3 PORTC 复用功能。

**PORTD\_FUNC0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTD_FUNC0	0x30	R/W	0x00000000	端口 D 功能配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN7				PIN6			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN5				PIN4			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN3				PIN2			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN1				PIN0			

注：具体复用功能，见表格 5-4 PORTD 复用功能。

**PORTD\_FUNC1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PORTD_FUNC1	0x34	R/W	0x00000000	端口 D 功能配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
PIN15				PIN14			
23	22	21	20	19	18	17	16
PIN13				PIN12			
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN11				PIN10			
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN9				PIN8			

注：具体复用功能，见表格 5-4 PORTD 复用功能。

**PORTA 端口上拉功能寄存器 PULLU\_A**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLU_A	0x00	R/W	0x00000000	端口 A 上拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

3	PIN3	PIN3 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTB 端口上拉功能寄存器 PULLU\_B**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLU_B	0x10	R/W	0x00000000	端口 B 上拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PIN9	PIN9 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
3	PIN3	PIN3 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTC 端口上拉功能寄存器 PULLU\_C**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLU_C	0x20	R/W	0x00000000	端口 C 上拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PIN3	PIN3 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTD 端口上拉功能寄存器 PULLU\_D**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLU_D	0x30	R/W	0x00000030	端口 D 上拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

3	PIN3	PIN3 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 上拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTA 端口下拉功能寄存器 PULLD\_A**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLD_A	0x100	R/W	0x00000020	端口 A 下拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

<b>3</b>	PIN3	PIN3 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
<b>2</b>	PIN2	PIN2 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
<b>1</b>	PIN1	PIN1 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
<b>0</b>	PIN0	PIN0 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTB 端口下拉功能寄存器 PULLD\_B**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLD_B	0x110	R/W	0x00000000	端口 B 下拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PIN9	PIN9 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
3	PIN3	PIN3 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTC 端口下拉功能寄存器 PULLD\_C**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLD_C	0x120	R/W	0x00000000	端口 C 下拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PIN3	PIN3 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTD 端口下拉功能寄存器 PULLD\_D**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PULLD_D	0x130	R/W	0x00000001	端口 D 下拉使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

3	PIN3	PIN3 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 下拉电阻使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTA 端口输入使能功能寄存器 INEN\_A**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INEN_A	0x200	R/W	0x00000C20	端口 A 输入使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 输入使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 输入使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 输入使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 输入使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 输入使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 输入使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 输入使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 输入使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 输入使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 输入使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 输入使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 输入使能 0: 禁能 1: 使能

3	PIN3	PIN3 输入使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 输入使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 输入使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 输入使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTB 端口输入使能功能寄存器 INEN\_B**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INEN_B	0x210	R/W	0x00000000	端口 B 输入使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PIN9	PIN9 输入使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 输入使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 输入使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 输入使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 输入使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 输入使能 0: 禁能 1: 使能
3	PIN3	PIN3 输入使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 输入使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 输入使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 输入使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTC 端口输入使能功能寄存器 INEN\_C**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INEN_C	0x220	R/W	0x00000000	端口 C 输入使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PIN3	PIN3 输入使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 输入使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 输入使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 输入使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTD 端口输入使能功能寄存器 INEN\_D**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INEN_D	0x230	R/W	0x00000031	端口 D 输入使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 输入使能 0: 禁能 1: 使能
14	PIN14	PIN14 输入使能 0: 禁能 1: 使能
13	PIN13	PIN13 输入使能 0: 禁能 1: 使能
12	PIN12	PIN12 输入使能 0: 禁能 1: 使能
11	PIN11	PIN11 输入使能 0: 禁能 1: 使能
10	PIN10	PIN10 输入使能 0: 禁能 1: 使能
9	PIN9	PIN9 输入使能 0: 禁能 1: 使能
8	PIN8	PIN8 输入使能 0: 禁能 1: 使能
7	PIN7	PIN7 输入使能 0: 禁能 1: 使能
6	PIN6	PIN6 输入使能 0: 禁能 1: 使能
5	PIN5	PIN5 输入使能 0: 禁能 1: 使能
4	PIN4	PIN4 输入使能 0: 禁能 1: 使能

3	PIN3	PIN3 输入使能 0: 禁能 1: 使能
2	PIN2	PIN2 输入使能 0: 禁能 1: 使能
1	PIN1	PIN1 输入使能 0: 禁能 1: 使能
0	PIN0	PIN0 输入使能 0: 禁能 1: 使能

**PORTA 端口开漏功能寄存器 OPEND\_A**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OPEND_A	0x300	R/W	0x00000000	端口 A 开漏使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
14	PIN14	PIN14 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
13	PIN13	PIN13 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
12	PIN12	PIN12 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
11	PIN11	PIN11 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
10	PIN10	PIN10 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
9	PIN9	PIN9 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
8	PIN8	PIN8 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

7	PIN7	PIN7 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
6	PIN6	PIN6 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
5	PIN5	PIN5 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
4	PIN4	PIN4 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
3	PIN3	PIN3 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
2	PIN2	PIN2 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
1	PIN1	PIN1 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
0	PIN0	PIN0 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

**PORTB 端口开漏功能寄存器 OPEND\_B**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OPEND_B	0x310	R/W	0x00000000	端口 B 开漏使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	PIN9	PIN9 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
8	PIN8	PIN8 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
7	PIN7	PIN7 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
6	PIN6	PIN6 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
5	PIN5	PIN5 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
4	PIN4	PIN4 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
3	PIN3	PIN3 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
2	PIN2	PIN2 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

1	PIN1	PIN1 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
0	PIN0	PIN0 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

**PORTC 端口开漏功能寄存器 OPEND\_C**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OPEND_C	0x320	R/W	0x00000000	端口 C 开漏使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	PIN3	PIN3 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
2	PIN2	PIN2 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
1	PIN1	PIN1 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
0	PIN0	PIN0 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

**PORTD 端口开漏功能寄存器 OPEND\_D**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OPEND_D	0x330	R/W	0x00000000	端口 D 开漏使能控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	PIN15 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
14	PIN14	PIN14 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
13	PIN13	PIN13 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
12	PIN12	PIN12 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
11	PIN11	PIN11 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
10	PIN10	PIN10 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
9	PIN9	PIN9 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
8	PIN8	PIN8 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

7	PIN7	PIN7 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
6	PIN6	PIN6 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
5	PIN5	PIN5 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
4	PIN4	PIN4 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
3	PIN3	PIN3 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
2	PIN2	PIN2 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
1	PIN1	PIN1 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式
0	PIN0	PIN0 开漏使能 0: 推挽模式 1: 开漏模式

## 6.5 通用 I/O (GPIO)

### 6.5.1 概述

通用输入输出模块主要功能包括数据控制、中断控制功能。SWM241 系列所有型号 GPIO 操作均相同。使用前需使能对应 GPIO 模块时钟。

### 6.5.2 特性

- 最高 58 个独立 IO。
- 每个 IO 均支持位带功能
- 每个 IO 均可触发中断。
- 中断触发条件可配置，支持电平触发/边沿触发。
  - 电平触发支持高电平/低电平
  - 边沿触发中断可配置为上升沿/下降沿/双边沿触发。
- 每个 IO 均支持上拉/下拉/推挽/开漏功能。

### 6.5.3 功能描述

#### 数据控制

除 SWD 引脚与 ISP 引脚外，所有引脚上电后默认状态均为 GPIO 浮空输入（DIR = 0）。SWD 引脚可在加密章节进行修改，ISP 引脚默认下拉使能，保证浮空状态不会进入 ISP 模式。**PA15 专用于 SLCD 电源域控制，使用 SLCD 时需要设置输出高电平，不使用 SLCD 时需要设置为输出低电平。**

GPIO 方向寄存器（DIRx）用来将每个独立的管脚配置为输入模式或者输出模式：

- 当数据方向设为 0 时，GPIO 对应引脚配置为输入  
通过读取相应数据寄存器（IDRx）对应位或对应 DATAPINx 寄存器获取指定 GPIO 端口当前状态值
- 当数据方向设为 1 时，GPIO 对应引脚配置为输出  
通过向对应端口数据寄存器（ODRx）对应位或对应 DATAPINx 寄存器写入值改变指定引脚输出，0 输出低电平，1 输出高电平。

#### 中断控制与清除

可根据需求将 GPIO 端口对应引脚配置为中断模式，并通过相关寄存器配置中断极性及其触发方式。触发方式分为边沿触发和电平触发两种模式。

- 对于边沿触发中断，可以设置为上升沿触发，下降沿触发或双边沿触发。中断发生后，标志位具备保持特性，必须通过软件对中断标志位进行清除
- 对于电平触发中断，当外部引脚输入为指定电平时，中断发生。当电平翻转后，中断信号消失，无需软件进行清除。使用电平触发中断，需保证外部信号源保持电平稳定，以便有效中断电平能被端口识别

使用以下寄存器来对产生中断触发方式和极性进行定义：

- GPIO 中断触发条件寄存器（INTLVLTRG），用于配置电平触发或边沿触发
- GPIO 中断触发极性寄存器（INTRISEEN），用于配置电平或边沿触发极性
- GPIO 中断边沿触发配置寄存器（INTBE），选择为边沿触发后，用于配置单边沿触发或双边沿触发

通过 GPIO 中断使能寄存器（INTEN）可以使能或者禁止相应端口对应位中断，GPIO 原始中断状态（INTRAWSTAUS）不受使能位影响。当产生中断时，可以在 GPIO 原始中断状态

（RAWINTSTAUS）获取中断信号的状态。当中断使能寄存器（INTEN）对应位为 1 时，中断状态（INTSTAUS）寄存器可读取到对应中断信号，且中断信号会进入中断配置模块及 NVIC 模块，执行中断程序。

通过写 1 到 GPIO 中断清除寄存器（INTCLR）指定位可以清除相应位中断。

**6.5.4 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
GPIOA	BASE: 0x40040000			
GPIOB	BASE: 0x40040800			
GPIOC	BASE: 0x40041000			
GPIOD	BASE: 0x40041800			
ODR	0x00	R/W	0x00000000	GPIO 写数据寄存器
DIR	0x04	R/W	0x00000000	GPIO 方向寄存器
INTLVLTRG	0x08	R/W	0x00000000	GPIO 中断触发条件
INTBE	0x0c	R/W	0x00000000	GPIO 中断沿触发配置寄存器
INTRISEEN	0x10	R/W	0x00000000	GPIO 中断触发极性
INTEN	0x14	R/W	0x00000000	GPIO 中断使能
INTRAWSTAT	0x18	R/W	0x00000000	GPIO 中断原始状态
INTSTAT	0x1c	R/W	0x00000000	GPIO 中断状态
INTCLR	0x20	R/W	0x00000000	GPIO 中断清除
IDR	0x30	R/W	0x00000000	GPIO 读数据寄存器
DATAPIN0	0x40	R/W	0x00000000	GPIO PIN0 数据寄存器
DATAPIN1	0x44	R/W	0x00000000	GPIO PIN1 数据寄存器
DATAPIN2	0x48	R/W	0x00000000	GPIO PIN2 数据寄存器
DATAPIN3	0x4c	R/W	0x00000000	GPIO PIN3 数据寄存器
DATAPIN4	0x50	R/W	0x00000000	GPIO PIN4 数据寄存器
DATAPIN5	0x54	R/W	0x00000000	GPIO PIN5 数据寄存器
DATAPIN6	0x58	R/W	0x00000000	GPIO PIN6 数据寄存器
DATAPIN7	0x5c	R/W	0x00000000	GPIO PIN7 数据寄存器
DATAPIN8	0x60	R/W	0x00000000	GPIO PIN8 数据寄存器
DATAPIN9	0x64	R/W	0x00000000	GPIO PIN9 数据寄存器
DATAPIN10	0x68	R/W	0x00000000	GPIO PIN10 数据寄存器
DATAPIN11	0x6c	R/W	0x00000000	GPIO PIN11 数据寄存器
DATAPIN12	0x70	R/W	0x00000000	GPIO PIN12 数据寄存器
DATAPIN13	0x74	R/W	0x00000000	GPIO PIN13 数据寄存器
DATAPIN14	0x78	R/W	0x00000000	GPIO PIN14 数据寄存器
DATAPIN15	0x7c	R/W	0x00000000	GPIO PIN15 数据寄存器

### 6.5.5 寄存器描述

#### GPIOx 写数据寄存器 ODR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ODR	0x00	R/W	0x00000000	GPIO 写数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚数据写寄存器位
14	PIN14	Px14 引脚数据写寄存器位
13	PIN13	Px13 引脚数据写寄存器位
12	PIN12	Px12 引脚数据写寄存器位
11	PIN11	Px11 引脚数据写寄存器位
10	PIN10	Px10 引脚数据写寄存器位
9	PIN9	Px9 引脚数据写寄存器位
8	PIN8	Px8 引脚数据写寄存器位
7	PIN7	Px7 引脚数据写寄存器位
6	PIN6	Px6 引脚数据写寄存器位
5	PIN5	Px5 引脚数据写寄存器位
4	PIN4	Px4 引脚数据写寄存器位
3	PIN3	Px3 引脚数据写寄存器位
2	PIN2	Px2 引脚数据写寄存器位
1	PIN1	Px1 引脚数据写寄存器位
0	PIN0	Px0 引脚数据写寄存器位

**GPIOx 方向寄存器 DIR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DIR	0x04	R/W	0x00000000	GPIO 方向寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
14	PIN14	Px14 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
13	PIN13	Px13 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
12	PIN12	Px12 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
11	PIN11	Px11 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
10	PIN10	Px10 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
9	PIN9	Px9 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
8	PIN8	Px8 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入

7	PIN7	Px7 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
6	PIN6	Px6 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
5	PIN5	Px5 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
4	PIN4	Px4 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
3	PIN3	Px3 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
2	PIN2	Px2 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
1	PIN1	Px1 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入
0	PIN0	Px0 引脚方向寄存器位 1: 输出 0: 输入

**GPIOx 中断触发条件寄存器 INTLVLRG**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTLVLRG	0x08	R/W	0x00000000	GPIO 中断触发方式

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
14	PIN14	Px14 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
13	PIN13	Px13 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
12	PIN12	Px12 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
11	PIN11	Px11 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
10	PIN10	Px10 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
9	PIN9	Px9 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
8	PIN8	Px8 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测

<b>7</b>	PIN7	Px7 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>6</b>	PIN6	Px6 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>5</b>	PIN5	Px5 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>4</b>	PIN4	Px4 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>3</b>	PIN3	Px3 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>2</b>	PIN2	Px2 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>1</b>	PIN1	Px1 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测
<b>0</b>	PIN0	Px0 引脚中断敏感条件寄存器位 1: 电平检测 0: 边沿检测

**GPIOx 中断沿触发配置寄存器 INTBE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTBE	0x0c	R/W	0x00000000	GPIOx 中断沿触发配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发
14	PIN14	Px14 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发
13	PIN13	Px13 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发
12	PIN12	Px12 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发
11	PIN11	Px11 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发
10	PIN10	Px10 引脚中断沿触发配置寄存器位 1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断 0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发

9	PIN9	<p>Px9 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
8	PIN8	<p>Px8 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
7	PIN7	<p>Px7 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
6	PIN6	<p>Px6 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
5	PIN5	<p>Px5 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
4	PIN4	<p>Px4 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
3	PIN3	<p>Px3 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
2	PIN2	<p>Px2 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
1	PIN1	<p>Px1 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>
0	PIN0	<p>Px0 引脚中断沿触发配置寄存器位</p> <p>1: 相应位为双边沿触发中断, 即上升沿和下降沿都会触发中断</p> <p>0: 相应位为单边沿触发中断, 由 INTRISEEN 寄存器相应位确定是上升沿/下降沿触发</p>

**GPIOx 中断触发极性寄存器 INTRISEEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTRISEEN	0x10	R/W	0x00000000	GPIO 中断触发极性

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
14	PIN14	Px14 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
13	PIN13	Px13 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
12	PIN12	Px12 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
11	PIN11	Px11 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
10	PIN10	Px10 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
9	PIN9	Px9 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
8	PIN8	Px8 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断

<b>7</b>	PIN7	Px7 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>6</b>	PIN6	Px6 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>5</b>	PIN5	Px5 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>4</b>	PIN4	Px4 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>3</b>	PIN3	Px3 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>2</b>	PIN2	Px2 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>1</b>	PIN1	Px1 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断
<b>0</b>	PIN0	Px0 引脚中断事件寄存器位 1: 上升沿/高电平触发中断 0: 下降沿/低电平触发中断

**GPIOx 中断使能寄存器 INTEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTEN	0x14	R/W	0x00000000	GPIO 中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
14	PIN14	Px14 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
13	PIN13	Px13 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
12	PIN12	Px12 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
11	PIN11	Px11 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
10	PIN10	Px10 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
9	PIN9	Px9 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
8	PIN8	Px8 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止

<b>7</b>	PIN7	Px7 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>6</b>	PIN6	Px6 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>5</b>	PIN5	Px5 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>4</b>	PIN4	Px4 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>3</b>	PIN3	Px3 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>2</b>	PIN2	Px2 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>1</b>	PIN1	Px1 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止
<b>0</b>	PIN0	Px0 引脚中断使能寄存器位 1: 相应位为中断使能 0: 相应位为中断禁止

**GPIOx 原始中断状态寄存器 INTRAWSTAT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTRAWSTAT	0x18	R/W	0x00000000	GPIO 中断原始状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
14	PIN14	Px14 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
13	PIN13	Px13 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
12	PIN12	Px12 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
11	PIN11	Px11 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
10	PIN10	Px10 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
9	PIN9	Px9 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
8	PIN8	Px8 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)

7	PIN7	Px7 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
6	PIN6	Px6 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
5	PIN5	Px5 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
4	PIN4	Px4 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
3	PIN3	Px3 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
2	PIN2	Px2 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
1	PIN1	Px1 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)
0	PIN0	Px0 引脚原始中断状态寄存器位 1: 检测到中断触发条件(不受使能影响) 0: 没有检测到中断触发条件(不受使能影响)

**GPIOx 中断状态寄存器 INTSTAT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTSTAT	0x1c	R/W	0x00000000	GPIO 中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
14	PIN14	Px14 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
13	PIN13	Px13 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
12	PIN12	Px12 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
11	PIN11	Px11 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
10	PIN10	Px10 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx

9	PIN9	Px9 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
8	PIN8	Px8 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
7	PIN7	Px7 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
6	PIN6	Px6 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
5	PIN5	Px5 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
4	PIN4	Px4 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
3	PIN3	Px3 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
2	PIN2	Px2 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
1	PIN1	Px1 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx
0	PIN0	Px0 引脚中断状态寄存器位 1: 检测到了中断 0: 没有检测到中断 INTSTAT.PINx = INTRAWSTAT.PINx & INTEN.PINx

**GPIOx 中断清除寄存器 INTCLR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTCLR	0x20	R/W	0x00000000	GPIO 中断清除

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
14	PIN14	Px14 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
13	PIN13	Px13 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
12	PIN12	Px12 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
11	PIN11	Px11 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
10	PIN10	Px10 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
9	PIN9	Px9 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
8	PIN8	Px8 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
7	PIN7	Px7 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
6	PIN6	Px6 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
5	PIN5	Px5 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
4	PIN4	Px4 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
3	PIN3	Px3 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
2	PIN2	Px2 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
1	PIN1	Px1 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断
0	PIN0	Px0 引脚中断清除寄存器位, 写 1 清除中断

**GPIOx 读数据寄存器 IDR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IDR	0x30	R/W	0x00000000	GPIO 读数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PIN15	PIN14	PIN13	PIN12	PIN11	PIN10	PIN9	PIN8
7	6	5	4	3	2	1	0
PIN7	PIN6	PIN5	PIN4	PIN3	PIN2	PIN1	PIN0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	PIN15	Px15 引脚数据读寄存器位
14	PIN14	Px14 引脚数据读寄存器位
13	PIN13	Px13 引脚数据读寄存器位
12	PIN12	Px12 引脚数据读寄存器位
11	PIN11	Px11 引脚数据读寄存器位
10	PIN10	Px10 引脚数据读寄存器位
9	PIN9	Px9 引脚数据读寄存器位
8	PIN8	Px8 引脚数据读寄存器位
7	PIN7	Px7 引脚数据读寄存器位
6	PIN6	Px6 引脚数据读寄存器位
5	PIN5	Px5 引脚数据读寄存器位
4	PIN4	Px4 引脚数据读寄存器位
3	PIN3	Px3 引脚数据读寄存器位
2	PIN2	Px2 引脚数据读寄存器位
1	PIN1	Px1 引脚数据读寄存器位
0	PIN0	Px0 引脚数据读寄存器位

**GPIOx PINn 数据寄存器 DATAPINx(x = 0~15)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN0	0x40	R/W	0x00000000	GPIO PIN0 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN1	0x44	R/W	0x00000000	GPIO PIN1 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN2	0x48	R/W	0x00000000	GPIO PIN2 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN3	0x4C	R/W	0x00000000	GPIO PIN3 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN4	0x50	R/W	0x00000000	GPIO PIN4 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN5	0x54	R/W	0x00000000	GPIO PIN5 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN6	0x58	R/W	0x00000000	GPIO PIN6 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN7	0x5C	R/W	0x00000000	GPIO PIN7 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN8	0x60	R/W	0x00000000	GPIO PIN8 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN9	0x64	R/W	0x00000000	GPIO PIN9 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN10	0x68	R/W	0x00000000	GPIO PIN10 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN11	0x6C	R/W	0x00000000	GPIO PIN11 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN12	0x70	R/W	0x00000000	GPIO PIN12 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN13	0x74	R/W	0x00000000	GPIO PIN13 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN14	0x78	R/W	0x00000000	GPIO PIN14 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAPIN15	0x7C	R/W	0x00000000	GPIO PIN15 数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							DATAPINi

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	DATAPINi	GPIOx PINn 数据寄存器。 读：GPIOx PINn 的输入数据 写：GPIOx PINn 的输出数据

## 6.6 加强型定时器（TIMER）

### 6.6.1 概述

SWM241 系列所有型号 TIMER 操作均相同,不同型号具备 TIMER 数量可能不同。使用前需使能 TIMER 模块时钟。

每个 TIMER 模块均具备定时器功能（使用片内时钟作为计数基准）和计数器功能（使用片外时钟作为计数基准）、输出比较及输入捕获功能。

TIMERO 支持 Hall 功能及连续脉宽捕捉功能。

### 6.6.2 特性

- 8 路 32 位通用定时器
  - 24 位计数器
  - 8 位预分频
- 可单独配置计时触发条件为内部时钟或者外部输入
- 支持脉冲捕获及宽度测量，检测脉冲极性可配
- 支持脉冲发送功能，可作为 PWM 使用
- TIMERO 支持 HALL 功能，可采集霍尔传感器信号
- TIMERO~1 输出可作为外部触发事件信号
- 定时器溢出脉冲输出，可用于触发 ADC

### 6.6.3 模块结构框图

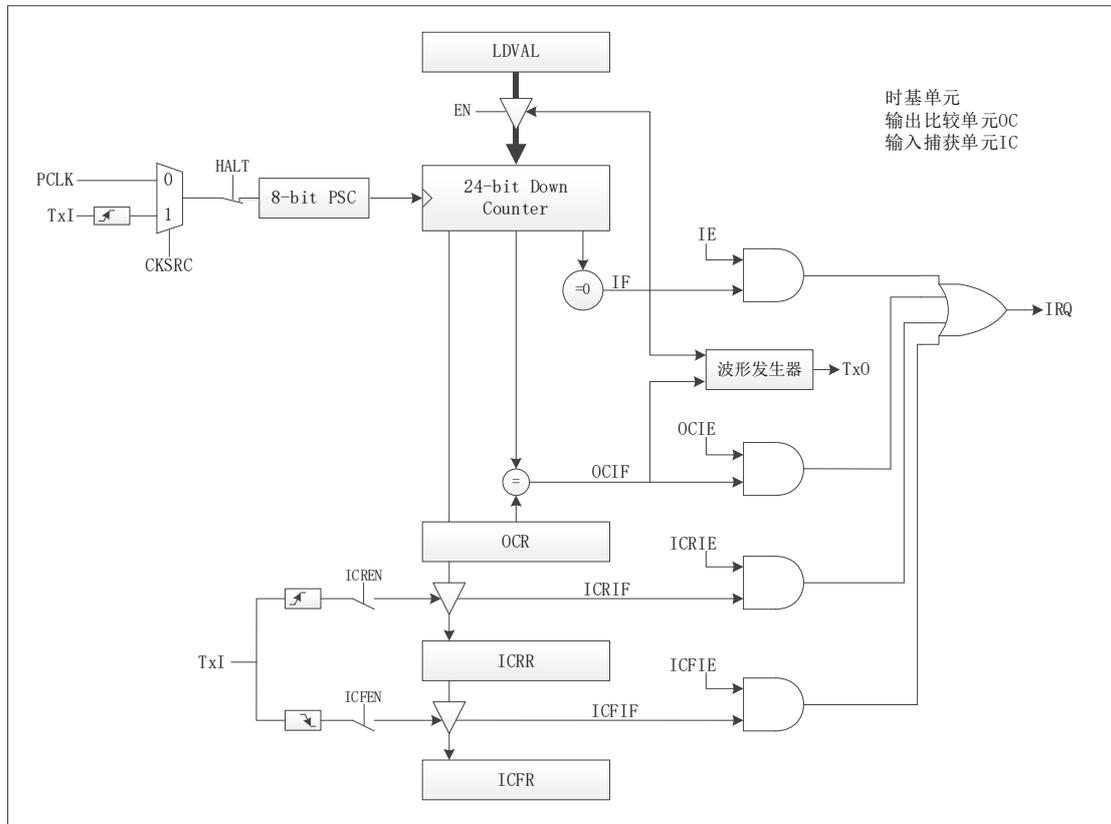


图 6-7 TIMER 模块结构框图

## 6.6.4 功能描述

### 定时器

使用 TIMERx 作为定时器时，为递减计数。流程如下：

- 将控制寄存器（CRx）中 MODx 位配置为定时器，CLKSRCx 位配置计数源选择，配置为使用系统时钟作为计数源。
- 通过预分频寄存器（PSCx）配置定时器时钟分频值，装载值寄存器（LOADx）设置计数起始值。
- 使能寄存器（EN）对应位使能为 1。
- 对应 TIMERx 开始递减计数，计数到 0 时，产生中断，同时重新装载计数值，进行下一周期计数。

在计数过程中，可通过对当前值寄存器（VALUEx）进行读取，获取当前计数值。

定时器计数过程中改变装载值寄存器（LOADx）值，将在下个计数周期（计数到 0 重新装载）生效，不会改变本周期计数值。

定时器计数过程中，可以通过 BRK 寄存器控制位置 1 暂停指定通道计数，置 0 后继续计数。

如图 6-8 所示。

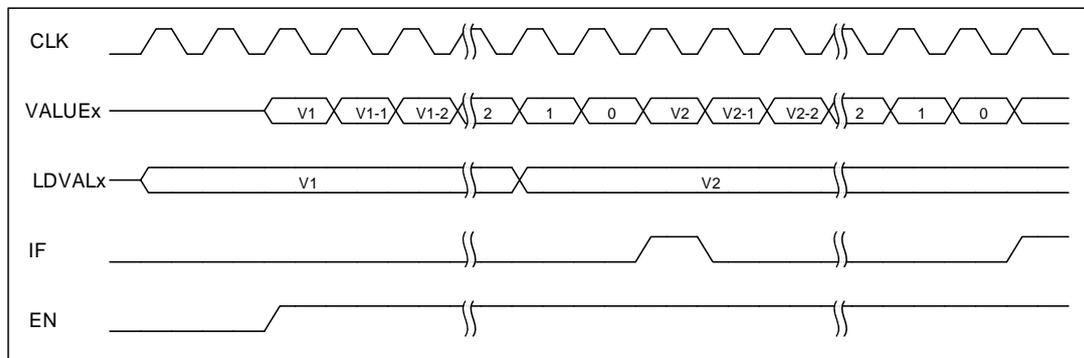


图 6-8 定时器工作示意图

注：如图 6-8 中 CLK 不是系统时钟，是系统时钟经过 PSC 分频之后的时钟

### 计数器

使用 TIMERx 作为计数器时，为递减计数。流程如下：

- 将控制寄存器（CRx）中 MODEx 位配置为定时器模式，CLKSRCx 位配置计数源选择，配置为使用外部的 cntsrc 的上升沿。此时，对应 TIMER 将以配置为 CNT 引脚外部输入的上升沿作为计数目标。
- 针对外部信号输入引脚进行如下操作：

- 配置 PORTCON 模块中 INEN 寄存器使能引脚输入功能。
- 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚切换为指定数字功能。
- 通过装载值寄存器 (LOADx) 设置计数目标值。
- 使能寄存器 (EN) 对应位使能为 1, 对应 TIMERx 开始递减计数, 计数到 0 时, 产生中断, 同时重新装载计数值, 进行下一周期计数。

在计数过程中, 可通过对当前值寄存器 (CVALx) 进行读取, 获取当前计数值。

定时器计数过程中改变装载值寄存器 (LOADx) 值, 将在下个计数周期 (计数到 0 重新装载) 生效, 不会改变本周期计数值。

计数器使用过程中, 可以通过 HALT 寄存器控制位置 1 暂停指定通道计数, 置 0 后继续计数。

示意图如图 6-9 所示。

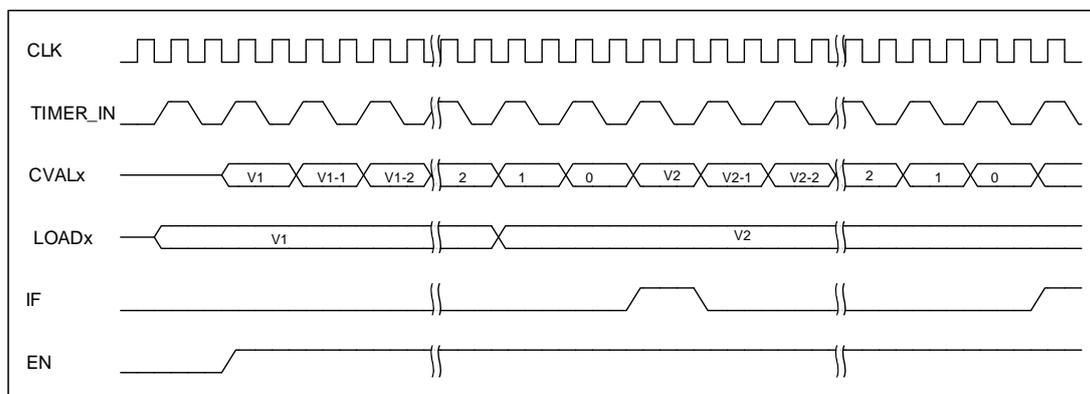


图 6-9 计数器工作示意图

## 级联

当 TIMER 无法满足计数宽度或时间长度时, 可以通过级联方式, 使计数周期为 TIMER 位宽相乘的关系。最高支持两级级联。

使用方式如下:

- TIMERn 根据需要设置为定时器或计数器模式
- TIMERn+1 设置为级联模式 (CLKSRCx 位配置为使用上一路计数器的进位标志)
- LOADn = 目标计数值 A
- LOADn+1 = 目标计数值 B, 总计数周期为 A\*B
- 使能 TIMERn+1 中断
- 使能 TIMERn+1
- 使能 TIMERn

- TIMERN+1 中断产生，在中断程序中使能 TIMERN 中断
- TIMERN 中断产生，计数周期完成

示意图如图 6-10 所示：

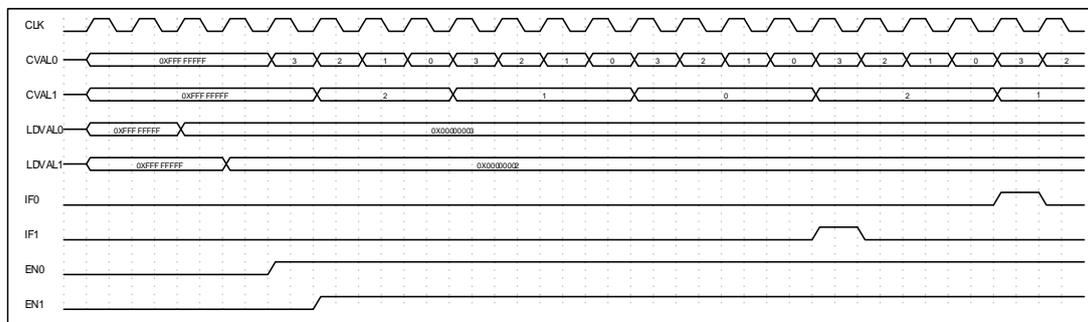


图 6-10 级联模式工作示意图

## 脉冲发送

所有 TIMER 模块均支持脉冲发送功能，可发送指定脉宽的方波。该计数器为向下计数。使用方式如下：

- 针对外部信号输入引脚进行如下操作
  - 配置 PORTCON 模块中使能引脚输出功能
  - 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚切换为 TIMER 对应数字功能
- TIMER 初始化
  - 指定要被设置的定时器
  - 设置 TIMER 的工作模式为 OC(输出比较)模式
  - 设置定时周期
- 输出比较功能初始化
  - 指定要被设置的定时器
  - 设置当计数器的值递减到 MATCH 时引脚输出电平翻转
  - 设置初始输出电平
- 启动定时器

示意图如图 6-11 所示：

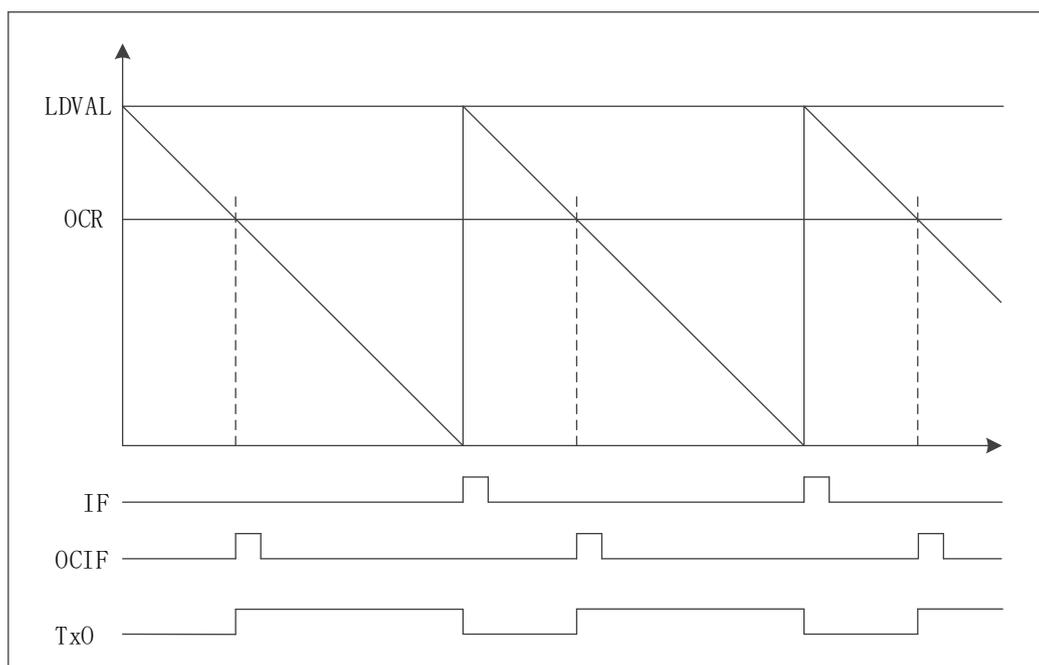


图 6-11 脉冲发送示意图

## 脉冲捕捉

所有 TIMER 模块均支持用于捕捉外部脉宽，可记录外部单个脉冲宽度。

使用方式如下：

- 针对外部信号输入引脚进行如下操作
  - 配置 PORTCON 模块中 INEN 寄存器使能引脚输入功能
  - 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚切换为 TIMER 对应数字功能
- 设置中断使能寄存器 (IEx)，使能中断
- 使能寄存器 (EN) 对应位使能，启动捕捉功能
- 当指定引脚出现变化沿时，开始记录宽度，再次出现沿时，将对应种类的脉宽长度记录于 ICLOWx 或 ICHIGHx 寄存器，并产生中断。
- 进入中断，读取脉冲长度寄存器，获取指定种类的脉冲宽度
- 如果不操作 EN 位，则持续记录电平宽度，直至 EN 位关闭。

捕捉高电平示意图如图 6-12 所示。

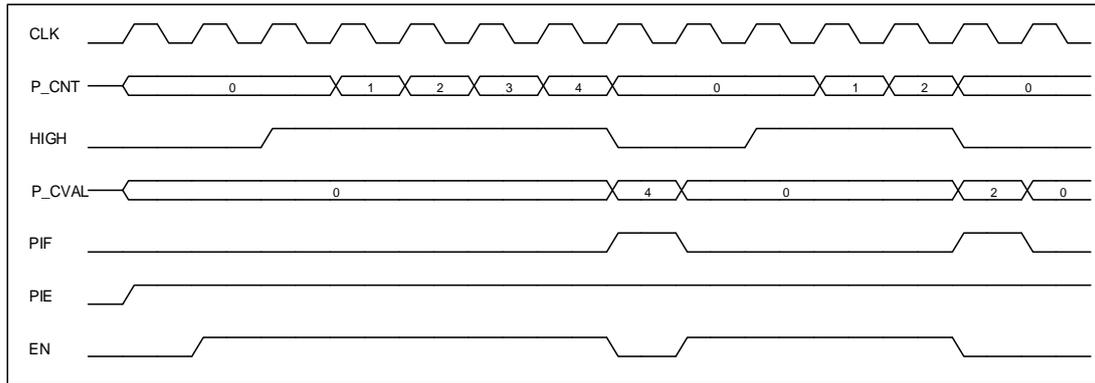


图 6-12 单次高电平捕捉示意图

低电平示意图如图 6-13 所示。

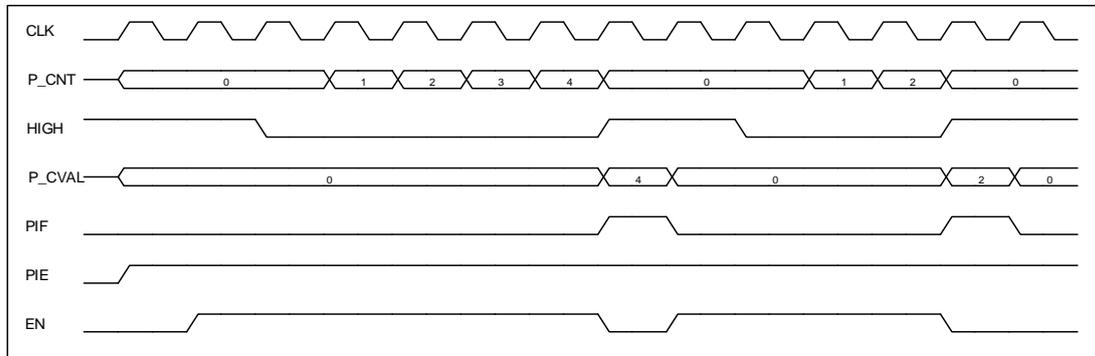


图 6-13 单次低电平捕捉示意图

## 霍尔接口

TIMERO 模块提供了 HALL 接口功能，能够自动记录脉冲变化间隔，并产生中断，使用方式如下：

- HALL 功能为指定引脚，且不同封装可能有所差异，具体引脚详见管脚排布：
  - 配置 PORTCON 模块中 INEN 寄存器使能引脚输入功能
  - 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚切换为 HALL 功能
- 配置 HALLCR 寄存器，设置对应管脚计数及中断产生条件，支持上升沿/下降沿/双沿产生中断
- 配置 TIMERO 装载值寄存器（LOADx）为 0xFFFFFFFF
- 使能控制寄存器使能位（EN）
- 当外部 HALL\_X 引脚产生指定电平变化时，TIMERO 计数值自动装载至 HALL\_X（本次覆盖上次），并产生 TIMER 中断。同时 HALLIF 寄存器 IFx 将产生对应标示位，标识对应引脚产生电平变化。
- 当 TIMERO 记载至 0 时，将重新从 0xFFFFFFFF 计数

双边沿记录示意图如图 6-14 所示。

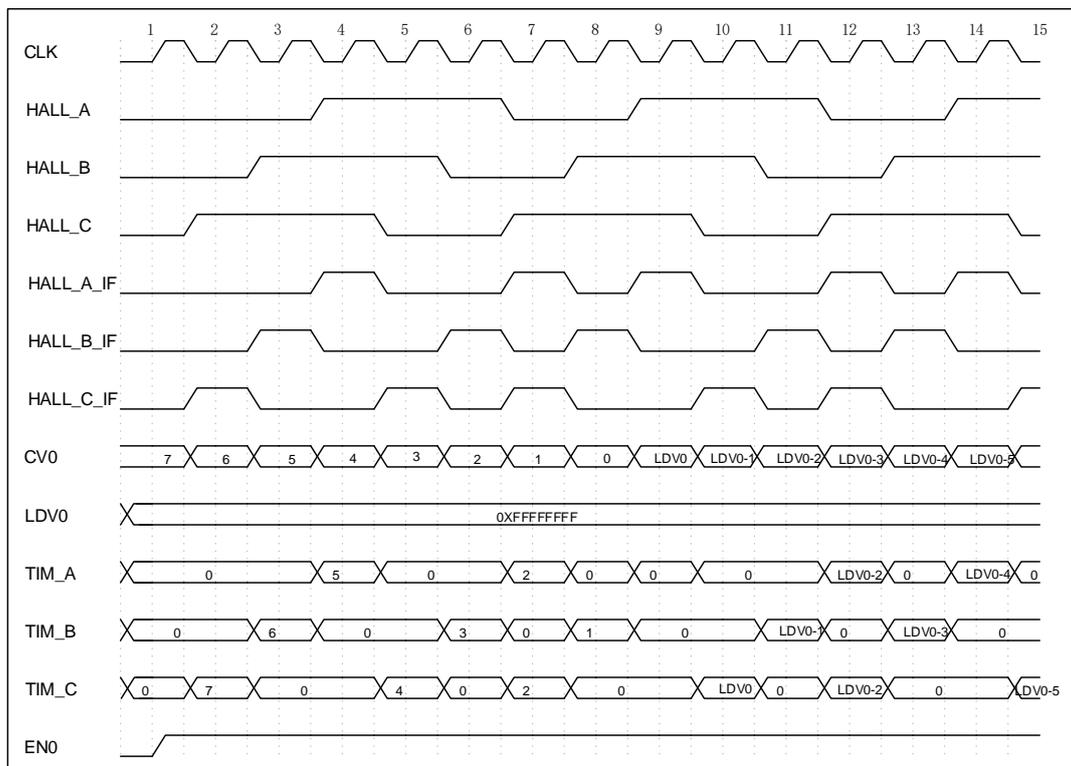


图 6-14 Hall 双边沿记录示意图

## ADC 采样触发功能

TIMER2/3 支持 SAR ADC 触发功能

对于 SAR ADC，配置 ADC 完成后，将寄存器（CTRL）中 TRIG 设置为 TIMER2 触发或 TIMER3 触发，则当对应 TIMER 计数值减至 0 时，将触发 SAR ADC 配置寄存器（CTRL）中选中的通道进行采样。可以通过 ADC 采样完成中断进行结果获取。

此功能配置为定时器或脉冲发送均有效。

## 中断配置与清除

每路 TIMER 均具备独立中断，通过中断使能寄存器 IE 进行各 TIMER 中断使能。通过中断状态寄存器 IF 进行中断查询及清除。

### TIMER 中断

可通过配置中断使能寄存器 IEx 相应位使能中断。当检测到中断触发条件时，中断标志寄存器 IFx 相应位中置 1。如需清除此标志，需在相应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

### HALL 中断

可通过配置 HALL 模式控制寄存器对应位设置输入 HALLx 信号触发中断的条件：上升沿、下降

沿、上升沿和下降沿。可通过配置 HALL 中断使能寄存器 HALLIE 相应位使能中断。当检测到中断触发条件时，HALL 中断标志寄存器 HALLIF 相应位中置 1。如需清除此标志，需在相应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

**6.6.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
TIMER0			BASE: 0x40046800	
TIMER1			BASE: 0x40046840	
TIMER2			BASE: 0x40046880	
TIMER3			BASE: 0x400468C0	
TIMER4			BASE: 0x40046900	
TIMER5			BASE: 0x40046940	
TIMER6			BASE: 0x40046980	
TIMER7			BASE: 0x400469C0	
LOADx	0x0	R/W	0x00000000	TIMERx 装载值寄存器
VALUEx	0x4	RO	0x00FFFFFF	TIMERx 当前计数值寄存器
CRx	0x8	R/W	0x00000000	TIMERx 控制寄存器
IEx	0x10	R/W	0x00000000	TIMERx 中断使能寄存器
IFx	0x14	R/W1C	0x00000000	TIMERx 中断状态。写 1 清零。
HALTx	0x18	R/W	0x00000000	TIMERx 暂停控制
OCCRx	0x1C	R/W	0x00000000	TIMER 发送脉冲控制信号
OCMATx	0x20	R/W	0x00000000	PWM 输出脉冲反转值
ICLOWx	0x28	RO	0x00000000	输入脉冲低电平长度
ICHIGHx	0x2C	RO	0x00000000	输入脉冲高电平长度
PSCx	0x30	R/W	0x00000000	TIMERx 预分频器装载值寄存器
HALLIE	0x400	R/W	0x00000000	HALL 中断使能
HALLIF	0x408	R/W1C	0x00000000	HALL 中断状态
HALLEN	0x40C	R/W	0x00000000	HALL 触发使能寄存器
HALLDR	0x410	RO	0x00000000	HALL0 信号触发时, 计数器计数值
HALLSR	0x41C	RO	0x00000000	外部 HALL 输入信号的状态寄存器
EN	0x440	R/W	0x00000000	TIMER 使能寄存器

### 6.6.6 寄存器描述

#### 装载值寄存器 LOADx

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
LOADx	0x0	R/W	0x00	TIMERx 装载值寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
LOADx							
15	14	13	12	11	10	9	8
LOADx							
7	6	5	4	3	2	1	0
LOADx							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	LOADx	定时器通道 x 的装载值

**当前值寄存器 VALUE<sub>x</sub>**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
VALUE <sub>x</sub>	0x4	RO	0xFFFFF	TIMER <sub>x</sub> 当前计数值寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
VALUE <sub>x</sub>							
15	14	13	12	11	10	9	8
VALUE <sub>x</sub>							
7	6	5	4	3	2	1	0
VALUE <sub>x</sub>							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	VALUE <sub>x</sub>	定时器通道 x 的计数器当前值

**控制寄存器 CRx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CRx	0x8	R/W	0x00	TIMERx 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-		ICEDGE <sub>x</sub>		MODE <sub>x</sub>		CLKSRC <sub>x</sub>	

位域	名称	描述
31:6	-	-
5:4	ICEDGE <sub>x</sub>	输入脉冲测量模式下，计数模式： 00：检测到上升沿或者下降沿后开始计数 01：检测到上升沿开始计数 10：检测到下降沿开始计数
3:2	MODE <sub>x</sub>	定时器工作模式： 00：普通定时器模式 01：输入脉冲测量模式 10：输出 PWM 模式
1:0	CLKSRC <sub>x</sub>	定时器计数源选择： 00：使用内部系统时钟上升沿 01：使用上一路计数器的进位标志（x=1 时，使用第 0 路；x=2 时，使用第 1 路；依次类推，x=0 时，使用第 TM_NO-1 路，最多支持两级级联） 10：使用外部的 cntsrc 的上升沿

**中断使能寄存器 IEx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IEx	0x10	R/W	0x00	TIMERx 中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			ICF	ICR	OC1	OC0	TO

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	ICF	输入脉冲下降沿中断使能 1: 使能 0: 禁能
3	ICR	输入脉冲上升沿中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	OC1	输出 PWM 翻转点 1 中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	OC0	输出 PWM 翻转点 0 中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	TO	计数器溢出中断 1: 使能 0: 禁能

**中断状态寄存器 IFx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IFx	0x14	R,W1C	0x00	TIMERx 中断状态。写 1 清零。

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			ICF	ICR	OC1	OC0	TO

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	ICF	输入脉冲下降沿中断状态, R/W1C 1: 中断发生 0: 中断未发生
3	ICR	输入脉冲上升沿中断状态, R/W1C 1: 中断发生 0: 中断未发生
2	OC1	输出 PWM 翻转点 1 中断状态, R/W1C 1: 中断发生 0: 中断未发生
1	OC0	输出 PWM 翻转点 0 中断状态, R/W1C 1: 中断发生 0: 中断未发生
0	TO	计数器溢出中断状态, R/W1C 1: 中断发生 0: 中断未发生  当使用级联功能时, 高一级的中断不会触发, 低一级的中断在全部计数结束后触发。比如通道 0 和通道 1 级联, 当通道 1 和通道 0 的计数都到 0 时, 通道 0 的溢出中断才会触发, 通道 1 的溢出中断始终不会触发。

**暂停控制寄存器 HALTx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKx	0x18	R/W	0x00	TIMERx 暂停控制

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							HALTx

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	HALTx	定时器暂停控制 1: 暂停当前定时器的计数 0: 当前定时器正常减计数

**发送脉冲控制信号寄存器 OCCRx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OCCRx	0x1C	R/W	0x00	TIMER 发送脉冲控制信号

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					FORCEEN	INITLVL	FORCELVL

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	FORCEEN	Force Level, 强制输出使能
1	INITLVL	Initial Level, 初始输出电平
0	FORCELVL	Force Level, 强制输出电平

**输出脉冲反转值寄存器 OCMATx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OCMATx	0x20	R/W	0x00	PWM 输出脉冲反转值

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
OCMATx							
15	14	13	12	11	10	9	8
OCMATx							
7	6	5	4	3	2	1	0
OCMATx							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	OCMATx	PWM 输出脉冲反转值

**输入脉冲低电平长度寄存器 ICLOWx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ICLOWx	0x28	RO	0x00	输入脉冲低电平长度

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
ICLOWx							
15	14	13	12	11	10	9	8
ICLOWx							
7	6	5	4	3	2	1	0
ICLOWx							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	ICLOWx	输入脉冲低电平长度

**输入脉冲高电平长度寄存器 ICHIGHx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ICHIGHx	0x2C	RO	0x00	输入脉冲高电平长度

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
ICHIGHx							
15	14	13	12	11	10	9	8
ICHIGHx							
7	6	5	4	3	2	1	0
ICHIGHx							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	ICHIGHx	输入脉冲高电平长度

**预分频器装载值寄存器 PSCx**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PSCx	0x30	R/W	0x00	TIMERx 预分频器装载值寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PSCx							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	PSCx	定时器时钟分频 0: 1 分频 1: 2 分频 ..... 254: 255 分频 255: 256 分频 注: 在级联模式下, 除了第一级, 其它级的这个字段必须设置为 0

**HALL 中断使能寄存器 HALLIE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HALLIE	0x400	R/W	0x00	HALL 中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							HALL0

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	HALL0	HALL0 中断使能。 1: HALL 中断使能 0: HALL 中断禁能 注: 此功能对应 Timer0

**HALL 中断状态寄存器 HALLIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HALLIF	0x408	R,W1C	0x00	HALL 中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					IN2	IN1	IN0

位域	名称	描述
31:6	-	-
2	IN2	输入 HALL0 信号 2 触发中断的状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	IN1	输入 HALL0 信号 1 触发中断的状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	IN0	输入 HALL0 信号 0 触发中断的状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**HALL 触发使能寄存器 HALLEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HALLEN	0x40C	R/W	0x00	HALL 触发使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							HALLO

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	HALLO	输入 HALLO 信号触发使能 0: 不触发 1: 触发

**HALL0 信号触发时, Timer0 计数值寄存器 HALLDR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HALLDR	0x410	RO	0x00	HALL0 信号触发时, 计数器计数值

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
HALLDR							
15	14	13	12	11	10	9	8
HALLDR							
7	6	5	4	3	2	1	0
HALLDR							

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:0	HALLDR	HALL0 信号触发时, 计数器 0 的计数值。 HALL0 输入跳变沿将 Timer0 (加载值-当前值) 存入此寄存器

**外部 HALL 输入信号的状态 HALLSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HALLSR	0x41C	R/W	0x00	外部 HALL 输入信号的状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					IN2	IN1	IN0

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	IN2	输入 HALLO 输入信号 2 当前状态, R/W 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	IN1	输入 HALLO 输入信号 1 当前状态, R/W 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	IN0	输入 HALLO 输入信号 0 当前状态, R/W 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**使能寄存器 EN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
EN	0x440	R/W	0x00	TIMER 使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
EN7	EN6	EN5	EN4	EN3	EN2	EN1	EN0

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	EN7	TIMER7 使能 1: 使能 0: 禁能
6	EN6	TIMER6 使能 1: 使能 0: 禁能
5	EN5	TIMER5 使能 1: 使能 0: 禁能
4	EN4	TIMER4 使能 1: 使能 0: 禁能
3	EN3	TIMER3 使能 1: 使能 0: 禁能
2	EN2	TIMER2 使能 1: 使能 0: 禁能
1	EN1	TIMER1 使能 1: 使能 0: 禁能
0	EN0	TIMER0 使能 1: 使能 0: 禁能

## 6.7 看门狗定时器 (WDT)

### 6.7.1 概述

SWM241 系列所有型号 WDT 操作均相同。使用前需使能对应 WDT 模块时钟。

看门狗定时器 (WDT) 主要用于控制程序流程正确, 在程序流长时间未按既定流程执行指定程序的情况下产生中断或复位芯片。

### 6.7.2 特性

- 产生计数器溢出复位信号, 复位信号使能可配
- 具有 16 位计数位宽, 可配置灵活、宽范围的溢出周期
- 具有中断功能
- 时钟源为 32K

### 6.7.3 模块结构框图

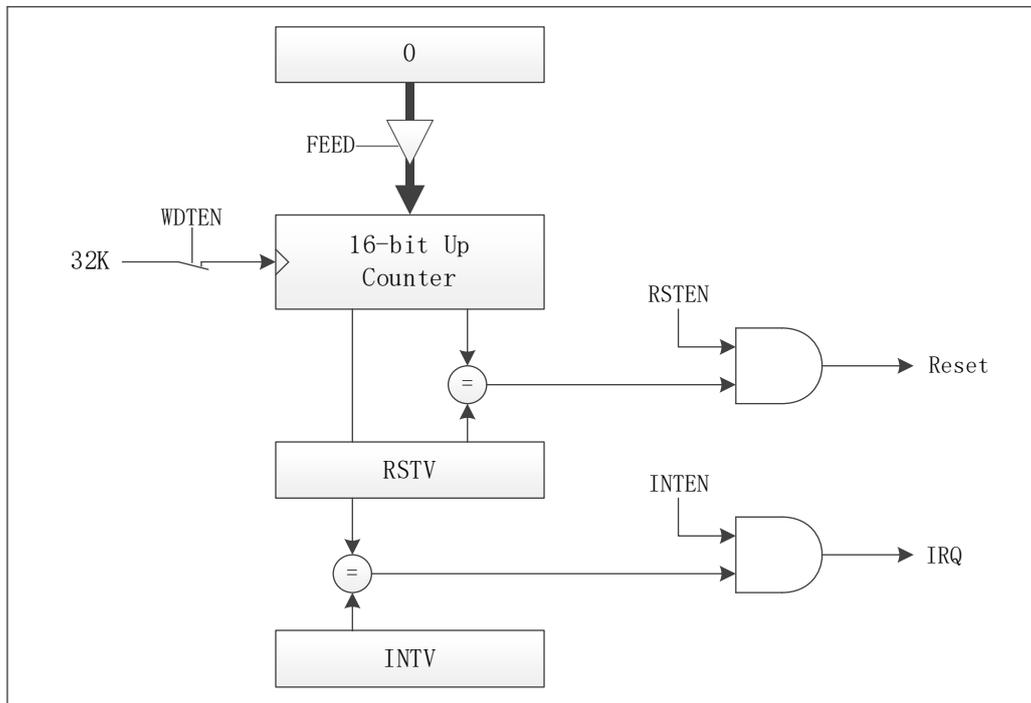


图 6-15 WDT 模块结构框图

## 6.7.4 功能描述

### 配置方式

看门狗定时器（WDT）主要用于控制程序流程正确，在程序流程时间未按既定流程执行指定程序的情况下产生中断或复位芯片。

看门狗发生中断及复位与计数值之间的关系示意图如图 6-16 所示：

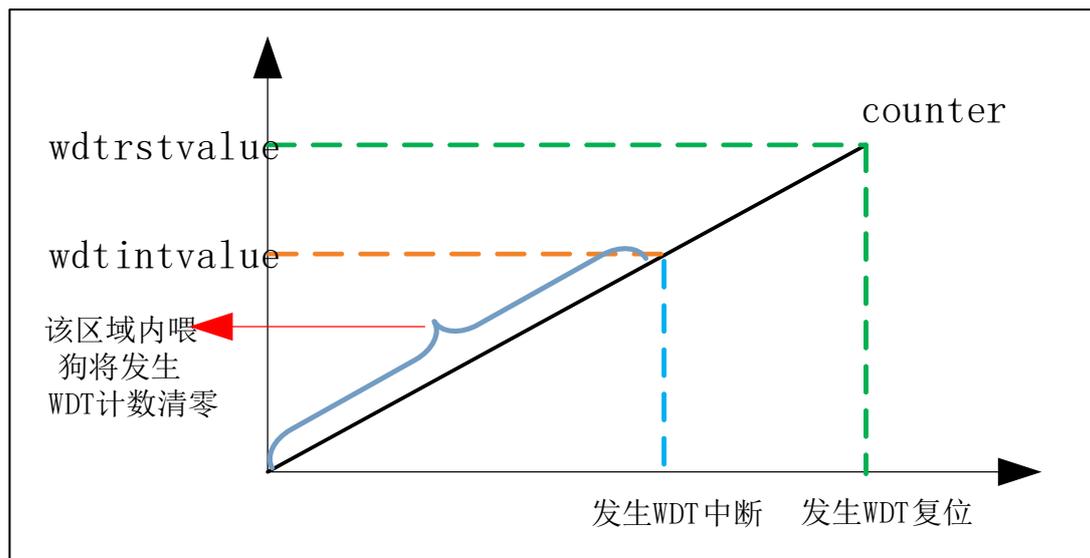


图 6-16 门狗发生中断及复位与计数值之间的关系示意图

配置方式如下：

- 配置复位值寄存器 RSTVAL，设置复位值，WDT 为递增计数
- 配置控制寄存器 CR 中 RSTEN 位，设置以系统时钟为单位递增时产生中断或产生复位
- 将控制寄存器 CR 中 EN 位置 1，使能 WDT 模块
- 程序执行过程中通过向 FEED 寄存器写入 0x55 喂狗，重启计数，两次喂狗至少间隔 5 个及以上 WDT 时钟周期
- 若当 VALUE 寄存器加至 RSTVAL，依然未执行喂狗操作，则根据 CR 寄存器设置，产生中断或复位信号

在使用看门狗定时器（WDT）时需要注意：

- 在看门狗定时器停止状态下，不要执行喂狗动作
- 执行喂狗动作后，不能立即执行停止动作，必须间隔 5 个及以上 WDT 时钟周期

工作示意图如图 6-17 所示：

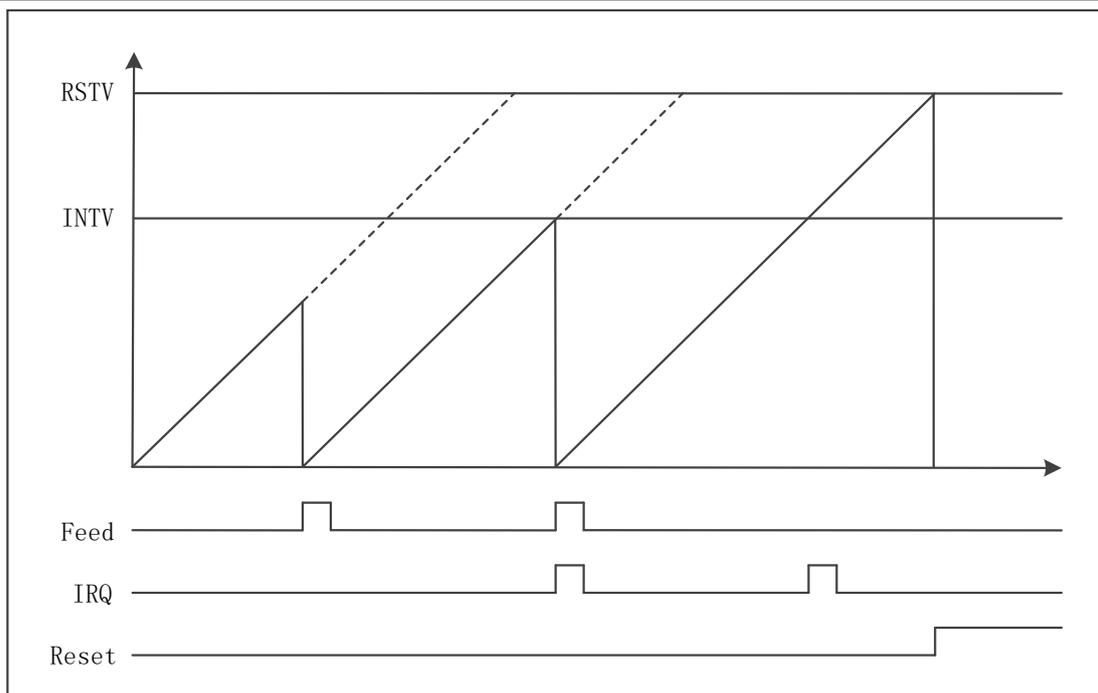


图 6-17 WDT 工作示意图

控制寄存器 CR 中 RSTEN 位配置为复位使能时，使能后波形如图 6-18 所示：

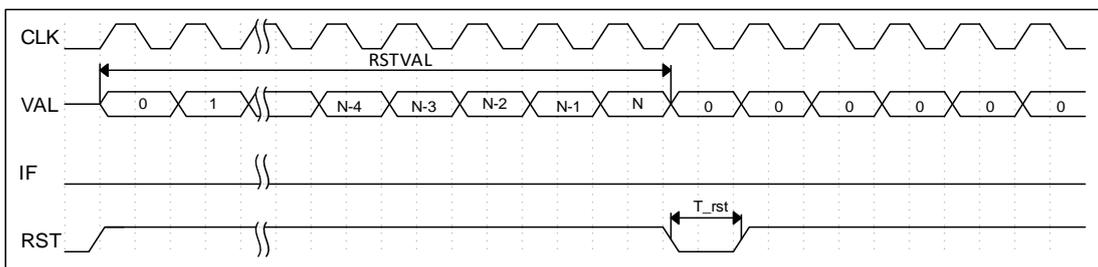


图 6-18 WDT 配置为 RESET 模式波形图

控制寄存器 CR 中 RSTEN 位配置为复位失能时，使能后波形如图 6-19 所示，中断产生后，通过 IF 寄存器进行清除。

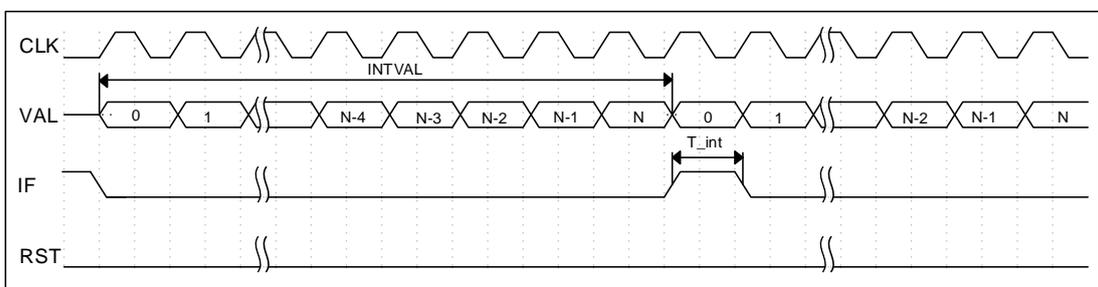


图 6-19 WDT 配置为中断模式波形图

## 中断配置与清除

可通过配置 WDT 控制寄存器 CR 设置以系统时钟为单位递增时产生中断，并使能中断，启动 WDT，当 VALUE 寄存器加至 RSTVAL，依然未执行喂狗操作时，中断标志寄存器 IF 位置 1。如需清除此标志，需在标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

### 6.7.5 寄存器映射

下表列出了 WDT 模块的相关寄存器，所列偏移量为寄存器相对于 WDT 模块基址的 16 进制增量：

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>WDT</b> <b>BASE: 0x400A0800</b>				
RSTVAL	0x00	R/W	0x0000FFFF	WDT 复位值寄存器
INTVAL	0x04	R/W	0x0000FFFF	WDT 中断值寄存器
CR	0x08	R/W	0x00000000	WDT 控制寄存器
IF	0x0C	R/W	0x00000000	WDT 中断状态寄存器
FEED	0x10	WO	0x00000000	WDT 重启计数器寄存器

## 6.7.6 寄存器描述

### WDT 复位值寄存器 RSTVAL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RSTVAL	0x00	R/W	0x0000FFFF	WDT 复位值寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
RSTVAL							
7	6	5	4	3	2	1	0
RSTVAL							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	RSTVAL	WDT 计数器的复位计数初始值。 当 WDT 计数值计数到该寄存器设置值时，产生复位。 使能后配置无效

WDT 中断值寄存器 INTVAL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INTVAL	0x04	R/W	0x0000FFFF	WDT 中断值寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
INTVAL							
7	6	5	4	3	2	1	0
INTVAL							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	INTVAL	<p>WDT 计数器中断目标值</p> <p>当 WDT 计数值递增计数到该寄存器设置值时，产生中断；</p> <p>产生中断后，若未设置复位值则重新归 0 计数，若设置复位值，则继续计数直至复位；</p> <p>当中断与复位同时使用时，INTVAL 需要小于 RSTVAL，产生中断后，若未执行喂狗操作，则计数器继续计数，直至产生复位；</p> <p>使能后配置无效；</p> <p>当 CR 寄存器 WINEN 位为 1 时，在未发生中断时喂狗，则直接发生看门狗复位。</p> <p>当 CR 寄存器 WINEN 位为 0 时，发生看门狗复位跟喂狗没有关系；</p>

**WDT 控制寄存器 CR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x08	R/W	0x00000000	WDT 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				CLKDIV			
7	6	5	4	3	2	1	0
-				WINEN	INTEN	RSTEN	EN

位域	名称	描述
31:12	-	-
11:8	CLKDIV	看门狗计数时钟预分频寄存器 0000: 2 0001: 4 0010: 8 0011: 16 0100: 32 0101: 64 0110: 128 0111: 256 1000: 512 1001: 1024 1010: 2048 1011: 4096 1100: 8192 1101: 16384 1110: 32768 1111: 65536
7:4	-	-
3	WINEN	WDT 窗口功能使能 1: 使能窗口功能 0: 禁止窗口功能
2	INTEN	WDT 中断输出使能位 1: 使能中断 0: 禁止中断

1	RSTEN	WDT 复位输出使能位 1: 使能复位 0: 禁止复位
0	EN	WDT 启动位 1: 启动 WDT 计数 0: 停止计数

**WDT 中断状态寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x0C	R/W	0x00000000	WDT 中断状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							IF

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	IF	WDT 中断位，高有效，R/W1C 硬件置位，写 1 清零

**WDT 重启寄存器 FEED**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FEED	0x10	WO	0x00000000	WDT 重启计数器寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
FEED							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	FEED	看门狗重启计数器寄存器 当向该寄存器写入 0x55 后会重启看门狗计数器（喂狗操作）

## 6.8 实时时钟（RTC）

### 6.8.1 概述

使用前需使能 RTC 模块时钟。RTC 控制器用于提供给用户实时的时间信息与日期信息。

### 6.8.2 特性

- 可自由设置日期（年、月、周、日）和时间（时、分、秒）
- 可自由设置闹钟（周、时、分、秒）
- 自动识别当前设置年份是否为闰年
- 支持 RTC 时钟校正功能
- 支持 RTC 中断从 SLEEP 模式下唤醒芯片

### 6.8.3 模块结构框图

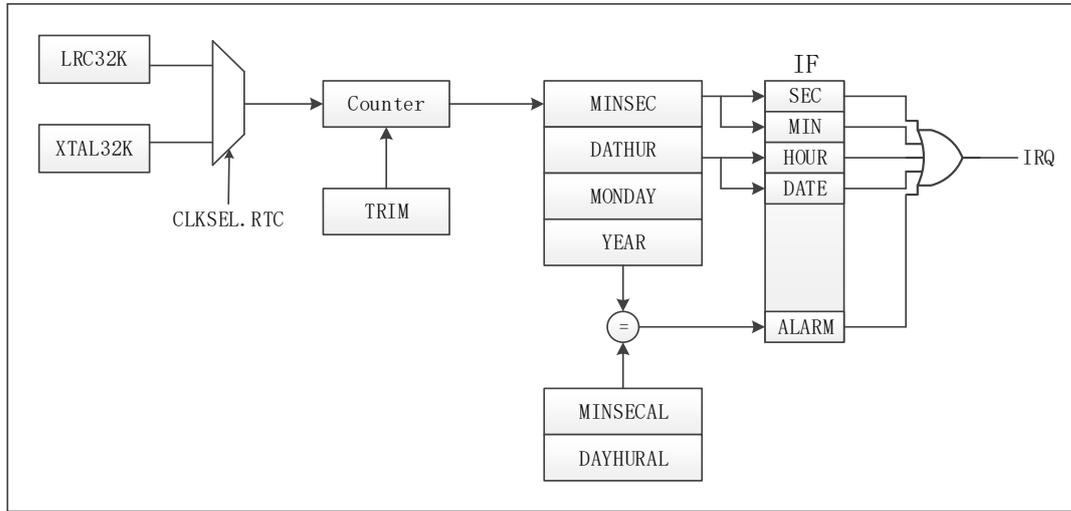


图 6-20 RTC 模块结构框图

## 6.8.4 功能描述

使用 RTC 前，需进行如下操作：

- 通过寄存器 EN 禁能 RTC；
- 读取配置状态寄存器 CFGABLE，当该寄存器 = 1 时，分别通过寄存器 MINSEC、DATHUR、MONDAY、YEAR 配置 RTC 的初始计数值，通过寄存器 MINSECAL、DATHURAL 设置 RTC 闹钟时间；
- 通过寄存器 LOAD 加载各项初始值；
- 用户根据需要，通过寄存器 IE 使能天/时/分/秒等中断或闹钟中断；
- 通过寄存器 EN 使能 RTC；
- 若使能了天/时/分/秒等中断，计数到规定时间后进入中断；若使能了闹钟中断，计数到闹钟设定时间后将芯片从休眠状态唤醒（进入闹钟中断前芯片需处于休眠状态）。

### 备份寄存器

在 SYSCON 模块中，提供了 3 个 32 位 RTC 电源域备份寄存器，用于存储数据，RTC 电源域备份寄存器处在备份域，由于此芯片 RTC 没有单独额外供电，当系统在待机模式下被唤醒，或系统复位时，该寄存器不会被复位；只有在断电复位时，该寄存器才会复位。使用流程如下所示：

- 确认 RCLF（32KHz 时钟）为使能状态
- 配置 PxWKEN 寄存器指定位，使能相应端口对应位唤醒功能
- SLEEP 寄存器 BIT[0] = 1 后，芯片进入睡眠模式
- 当配置端口对应位产生下降沿时，芯片被唤醒，继续执行程序
- 唤醒后，端口对应 PxWKSr 寄存器对应位被至 1，可通过对该位写 1 进行清除（该位对进入休眠无影响）

*注：内部的 NVIC\_RESET 对 RTC 域没有影响*

### RTC 唤醒

浅睡眠模式下，通过 SYSCON 模块中 RTCWKSr 寄存器及 RTCWKCR 寄存器进行定时器唤醒操作。

在 sleep 之前，需要将时钟切换为内部高频。

流程如下：

关闭所有不需要唤醒功能的 IO 输入使能（PORTCON 模块中 INEN\_x 寄存器）

配置 RTC 时钟源及唤醒时间

使能唤醒源，设置 RTCWKCR 寄存器 EN 位为 1 (使能前需通过写 1 清除 TWGFLG 寄存器 FLG 位)

使能 RTC，RTC 开始计数

SLEEP 寄存器 SLEEP 位置 1 后，芯片进入浅睡眠模式，RTC 计到设置值后唤醒芯片

唤醒后，RTCWKSr 寄存器 FLG 位为 1（可通过对该位写 1 进行清除）

### **时钟源**

RTC 时钟源可选择片外低频晶体振荡器（32.768KHz）或内部低频 RC 振荡器（32KHz）两个时钟源，可通过 SYSCON 模块中 CLKSET 寄存器中 RTC（32K 时钟选择）设置 RTC 时钟源。

### **中断配置与清除**

可通过配置中断使能寄存器 IE 相应位使能中断。当计数到设定时间时，中断标志寄存器 IF 对应位置 1。如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

**6.8.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>RTC BASE: 0x4004B800</b>				
MINSEC	0x00	R/W	0x00000000	分秒计数寄存器
DATHUR	0x04	R/W	0x00000000	日时计数寄存器
MONDAY	0x08	R/W	0x00000000	月周计数寄存器
YEAR	0x0C	R/W	0x00000000	年计数寄存器
MINSECAL	0x10	R/W	0x00000000	分秒闹铃设置寄存器
DAYHURAL	0x14	R/W	0x00000000	周时闹铃设置寄存器
LOAD	0x18	R/W, AC	0x00000000	初始化计数器
IE	0x1C	R/W	0x00000000	中断使能寄存器
IF	0x20	R/W1C	0x00000000	中断标志寄存器
EN	0x24	R/W	0x00000000	RTC 使能寄存器
CFGABLE	0x28	RO	0x00000000	配置状态寄存器
TRIM	0x2C	R/W	0x00000000	时钟调整寄存器
TRIMM	0x30	R/W	0x00000000	时钟微调整寄存器
CALIBSR	0x68	RO	0x00000000	校正状态寄存器

## 6.8.6 寄存器描述

### 分秒计数寄存器 MINSEC

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MINSEC	0x00	R/W	0x00000000	分秒计数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				MIN			
7	6	5	4	3	2	1	0
MIN		SEC					

位域	名称	描述
31:12	-	-
11:6	MIN	计时器分钟计数
5:0	SEC	计时器秒计数

**日时计数寄存器 DATHUR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATHUR	0x04	R/W	0x00000000	日时计数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						DATE	
7	6	5	4	3	2	1	0
DATE				HOUR			

位域	名称	描述
31:10	-	-
9:5	DATE	计时器天计数
4:0	HOUR	计时器小时计数

月周计数寄存器 MONDAY

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MONDAY	0x08	R/W	0x00000000	月周计数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-								
7	6	5	4	3	2	1	0	
-	MON				DAY			

位域	名称	描述
31:7	-	-
6:3	MON	计时器月计数 0000: 保留 0001: 1月 0010: 2月 0011: 3月 0100: 4月 0101: 5月 0110: 6月 0111: 7月 1000: 8月 1001: 9月 1010: 10月 1011: 11月 1100: 12月 1101: 保留 1110: 保留 1111: 保留

2:0	DAY	计时器周计数 000: 表示周日 001: 表示周一 010: 表示周二 011: 表示周三 100: 表示周四 101: 表示周五 110: 表示周六
-----	-----	---

**年计数寄存器 YEAR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
YEAR	0x0C	R/W	0x00000000	年计数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				YEAR			
7	6	5	4	3	2	1	0
YEAR							

位域	名称	描述
31:12	-	-
11:0	YEAR	计时器年计数。支持 1901-2199

**分秒闹铃设置寄存器 MINSECAL**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MINSECAL	0x10	R/W	0x00000000	分秒闹铃设置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				MIN			
7	6	5	4	3	2	1	0
MIN		SEC					

位域	名称	描述
31:12	-	-
11:6	MIN	定时器分钟设置
5:0	SEC	定时器秒设置

**周时闹铃设置寄存器 DATHURAL**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DAYHURAL	0x14	R/W	0x00000000	周时闹铃设置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				SAT	FRI	THU	WED
7	6	5	4	3	2	1	0
TUE	MON	SUN	HOUR				

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	SAT	定时器周设置,设置为周六
10	FRI	定时器周设置,设置为周五
9	THU	定时器周设置,设置为周四
8	WED	定时器周设置,设置为周三
7	TUE	定时器周设置,设置为周二
6	MON	定时器周设置,设置为周一
5	SUN	定时器周设置,设置为周日
4:0	HOUR	定时器小时设置

**初始化寄存器 LOAD**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
LOAD	0x18	R/W, AC	0x00000000	初始化计数器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						ALARM	TIME

位域	名称	描述
31:1	-	-
1	ALARM	将 MISEAL 和 WEHOAL 寄存器装载到 alarm 同步寄存器，持续到 rtclk 的上升沿来临，自动清零，AC
0	TIME	将 MINSEC、DATHUR、MONDAY、YEAR 的值装载到相关 cnt 计数器，将 TRM 和 TRMM 的值装载到 basecnt 中，持续到 rtclk 的上升沿来临，自动清零

注:

需要在 MINSEC、DATHUR、MONDAY、YEAR、TRIM 和 TRIMM 配置完成后，再配置 TIME 信号；

需要在 MINSECAL 和 DATHURAL 配置完成后，再配置 ALARM 信号。

若配置 TIME 之后，需要关闭 pclk，则只需要等待 TIME=0 之后，再关闭 pclk。

**中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x1C	R/W	0x00000000	中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
QSEC	HSEC	TRIM	ALARM	DATE	HOUR	MIN	SEC

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	QSEC	四分之一秒中断使能 1: 使能 0: 禁能
6	HSEC	半秒中断使能 1: 使能 0: 禁能
5	TRIM	Rtc_calib 中断使能 1: 使能 0: 禁能
4	ALARM	闹钟中断使能 1: 使能 0: 禁能
3	DATE	天中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	HOUR	小时中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	MIN	分钟中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	SEC	秒中断使能 1: 使能 0: 禁能



**中断标志寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x20	R/W1C	0x00000000	中断标志寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
QSEC	HSEC	TRIM	ALARM	DATE	HOUR	MIN	SEC

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	QSEC	四分之一秒中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	HSEC	半秒中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	TRIM	Rtc_calib 中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	ALARM	闹钟中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	DATE	天中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	HOUR	小时中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	MIN	分钟中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	SEC	秒中断状态, 写 1 清零 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**RTC 使能寄存器 EN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
EN	0x24	R/W	0x00000000	RTC 使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							EN

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	EN	RTC 使能寄存器 1: 使能 0: 禁能

配置状态寄存器 CFGABLE

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CFGABLE	0x28	RO	0x00000000	配置状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							CFGABLE

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	CFGABLE	寄存器可配置指示。 如果需要更改 RTC 的寄存器时，必须先查询此寄存器，当 CFGABLE 为 1 时，尽快配置完所有的寄存器（IE 和 IF 的配置不需要关注这一位）

**时钟调整寄存器 TRIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TRIM	0x2C	R/W	0x00000000	时钟调整寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							DEC
7	6	5	4	3	2	1	0
ADJ							

位域	名称	描述
31:9	-	-
8	DEC	用于调整 BASECNT 的计数周期，默认为 32768，如果 DEC 为 1，则计数周期调整为 32768-ADJ，否则调整为 32768+ADJ
7:0	ADJ	

**时钟微调寄存器 TRIMM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TRIMM	0x30	R/W	0x00000000	时钟微调寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-								
7	6	5	4	3	2	1	0	
-				INRC	CYCLES			

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	INRC	用于计数周期微调 (n 个周期调整一次<n=2-8>), 如果 inrc 为 1 , 则第 n 个计数周期调整为(32768±ADJ)-1,否则调整为(32768±ADJ)+1; (cycles=0 时, 不进行微调; cycles=1, 则 n 为 2; cycles=7, 则 n 为 8; 以此类推)
2:0	CYCLES	

**校正状态寄存器 CALIBST**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CALIBSR	0x68	RO	0x00000000	校正状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					FLAG	FAIL	DONE

位域	名称	描述
31:2	-	-
2	FLAG	Rtc 正在校正
1	FAIL	rtc 校正失败
0	DONE	rtc 校正完成

## 6.9 UART 接口控制器 (UART)

### 6.9.1 概述

不同型号具备 UART 数量可能不同。使用前需使能对应 UART 模块时钟。

UART 模块支持波特率配置，最高速度可达到模块时钟 16 分频。具备深度为 8 的 FIFO，同时提供了多种中断供选择。

### 6.9.2 特性

- 支持标准的 UART 协议
- 支持全双工模式
- 支持波特率可配置
- 支持 8 位/9 位数据格式选择
- 可配置的奇偶校验位
- 支持 1 位/2 位停止位选择
- 支持波特率自动调整
- 深度为 8 字节的发送和接收 FIFO
- 支持 break 操作自动检测
- 支持接收超时中断
- 支持 LIN 模式
- 支持发送/接收数据 LSB/MSB 选择
- 支持发送/接收数据电平反向

### 6.9.3 模块结构框图

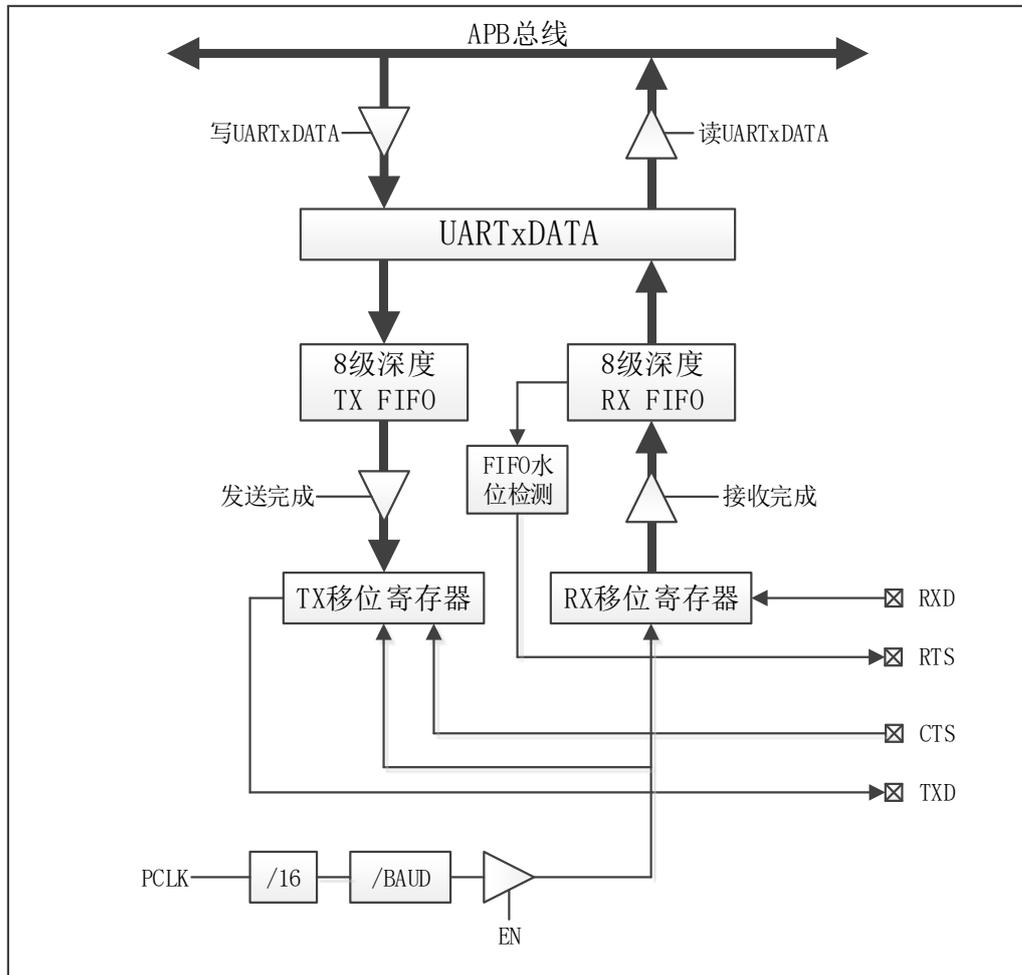


图 6-21 UART 模块结构图

## 6.9.4 功能描述

### 数据格式及波特率配置

#### 数据位

可以通过向 CTRL 寄存器的 NINEBIT 位写 1，选择支持 9 位数据模式。该位默认为 0，即 8 位数据模式

#### 奇偶校验位

CTRL 寄存器 PAREN 位使能奇偶校验，PARMD 位选择奇偶校验模式，分别有奇校验、偶校验、常 1、常 0 等四种校验格式，根据需求可以灵活选择配置具体看下表：

校验类型	CTRL[21]	CTRL[20]	CTRL[19]
无校验	x	x	0
奇校验	0	0	1
偶校验	0	1	1
校验位常为 1	1	0	1
校验位常为 0	1	1	1

#### 停止位

停止位位数默认为 1 位，可通过向 CTRL 寄存器 STOP2B 位选择停止位位数为 2 位。

字符格式如图 6-22 所示：

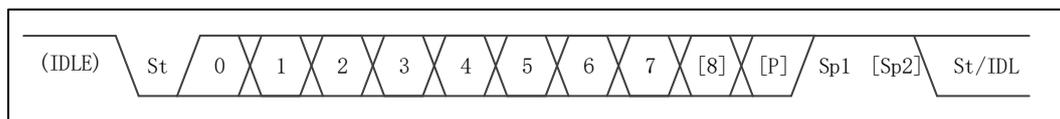


图 6-22 UART 字符格式

使能波特率配置后，对 BAUD 寄存器 BAUD 位写入特定值，配置波特率。

配置方式如下：

$$\text{目标波特率} = \text{系统主时钟} / (16 * (\text{BAUD} + \text{FRAC} + 1))$$

波特率配置完成后，需将 CTRL 寄存器 EN 位使能，使能 UART 模块，使波特率配置生效。

### 自动波特率功能

UART 自动波特率功能可以自动测量 UART\_RX 脚输入数据的波特率。当自动波特率测量完成后，测量的结果保存在 BAUD 寄存器的 BAUD 位。

自动波特率的检测时间，从 UART\_RX 数据的起始位到第一个上升沿的时间，通过配置 BAUD 寄存器 ABRBIT 位设定即  $2^{ABRDBITS}$  位时间。配置 BAUD 寄存器 ABREN 位，使能自动波特率检测功能。初始阶段，RXD 保持为 1，一旦检测到下降沿，即为接收到起始位，自动波特率计数器开始计数，当检测到第一个上升沿时，自动波特率计数器停止计数。

自动波特率计数值除以检测时间长度的结果保存在 BAUD 位，ABREN 位清零。

当自动波特率计数器溢出，BAUD 寄存器的 ABRERR 置 1，调节失败，写 1 清零。

配置流程：

- 选择检测时间的长度，配置 BAUD 寄存器 ABRBIT 位
- 配置 BAUD 寄存器 ABREN 位，使能自动波特率检测功能
- 等待接收调节的数据，查看 BAUD 寄存器 ABREN 位，清零表示波特率检测完成
- 查看 BAUD 寄存器 ABRERR 位，查看自动调节波特率时计数器是否溢出
- 如果数据未溢出，则表示成功

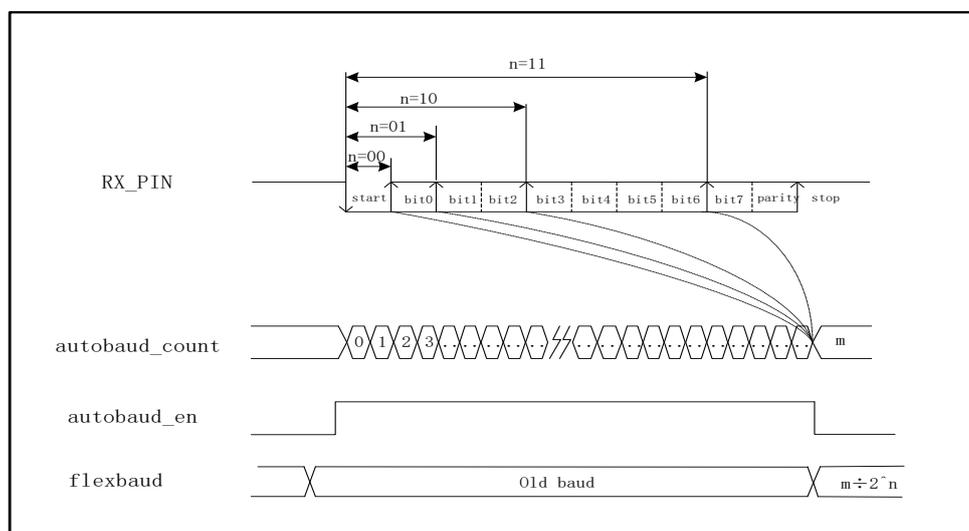


图 6-23 自动波特率示意图

## FIFO 及中断设置

UART 模块包含深度为 8 的接收 FIFO 及发送 FIFO，同时提供了与 FIFO 相配合的状态位中断，供操作使用。使用方式如下：

- 通过 FIFO 寄存器配置中断触发条件，并获取 FIFO 内部数据数量
  - TXTHR 位设置发送 FIFO 阈值，当 TXFIFO 中数据量不超过设置值时，触发中断。当 TXTHR 位配置为 0 且使能 CTRL 中 TXIE 发送端 FIFO 中断时，UART 使能后即触发发送中断
  - RXTHR 位设置接收 FIFO 阈值，当 RXFIFO 中数据量不小于设置值时，触发中断。当 RXTHR 位配置为 0 且使能 CTRL 中 RXIE 发送端 FIFO 中断时，UART 使能后接收到 1 个数据值即触发接收中断
- 通过 CTRL 寄存器 RXIE 位及 TXIE 位，使能 FIFO 中断
- 通过查询 BAUD 寄存器 RXTHRF 或 TXTHRF 位获取 FIFO 状态

## 数据发送及接收

将控制及状态寄存器（CTRL）EN 位置 1 后，对应 UART 模块使能

对于发送操作：

- 向 DATA 寄存器写入数据，数据发送至 UART\_TX 线
- 通过读取 CTRL 寄存器 TXIDLE 位状态，获取当前发送状态
- 可通过读取 BAUD 寄存器 TXD 位，获取当前 TX 线实时状态

对于接收操作：

- 通过判断 DATA 寄存器中 VAILD 位，判断是否接收到有效数据
- 读取 DATA 寄存器，可获得 UART\_RX 线接收的数据
- 可通过读取 BAUD 寄存器 RXD 位，获取当前 RX 线实时状态
- 可设置接收超时中断。使能后，当接收相邻两个数据间隔时长超过设置时长时，将触发中断

## 电平反向

通过设置 CFG 寄存器的 TXINV 位及 RXINV 位，分别对 TX 和 RX 线设置取反，设置后电平立刻生效

## 大小端控制

通过 CFG 寄存器的 MSBF 位进行配置，设置数据传输是从高位(MSB)开始传输还是从低位(LSB)开始传输。

## LIN Fram

UART 支持 LIN 功能。在主机模式下，支持 LIN\_BREAK 产生，在 从机模式下，支持 LIN\_BREAK 检测。报文是以报文帧的格式传输和发送。报文帧 由主机节点发送的报文头和从机发送的应答组成。报文帧的报头包括 break 域，同步域和帧识别码（帧 ID）。帧 ID 仅作为定义帧的用途，从机负责响应相关的帧 ID,响应由数据域和校验域组成。

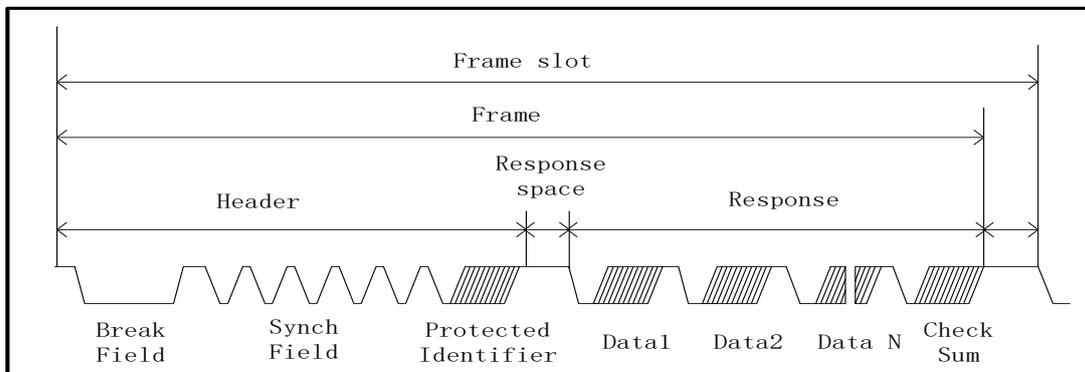


图 6-24 LIN Fram 示意图

当使用 LIN Fram 时，可通过 LINCRC 寄存器进行相关设置。

发送操作：

与正常的 UART 发送相比，选用 LIN Fram 发送时，除了基本操作步骤外，还需：

- 通过 CTRL 寄存器将 GENBRK 位置 1，拉低 TX 线。该位保持为 1 时，TX 将持续保持低电平，直至该位清除
- 通过 LINCRC 寄存器将 GENBRKIE 位置 1，使能 Break 信号发送完成中断
- 设置 LINCRC 寄存器 GENBRK，发送 Break 信号至总线
- Break 信号发送完成后，中断产生，LINCRC 寄存器 GENBRKIF 位置 1。可通过读此寄存器判断是否发送完成

注意：发送 BREAK 信号时，向 DATA 寄存器写入数据，数据同样会执行发送操作，但数据电平不会体现到 TX 线上，除非发送数据期间清除 CTRL 寄存器 GENBRK 位。

接收操作：

与正常的 UART 接收相比，选用 LIN Fram 接收时，除了基本操作步骤外，还需：

- 通过 LINCRC 寄存器将 BRKIE 位置 1，使能检测到 Break 信号中断
- 设置 CTRL 寄存器 BRKIE 位及 BRKDET 位，当 RX 线接收到 Break 信号时，将触发中断
- 检测到 Break 信号并产生中断后，LINCRC 寄存器 BRKDETIE 位置 1。可通过读此寄存器判断是否检测到 Break 信号

当 Break 信号不够长时，丢弃 Break，BRKDETIF 不置 1，如图 6-25 所示：

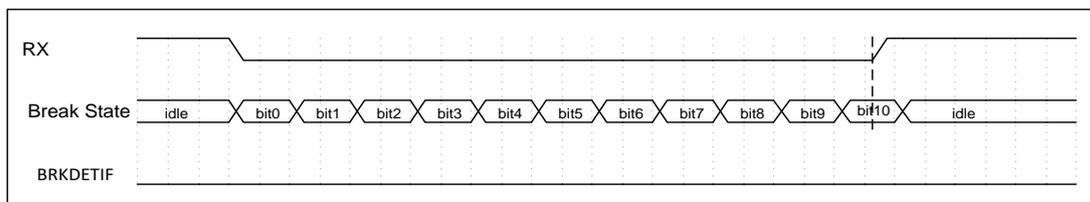


图 6-25 Break 信号不够长示意图

当 Break 信号恰好够长时，等接收线上收到高电平后，检测到 Break，BRKDETIF 置 1，如图 6-26 所示：

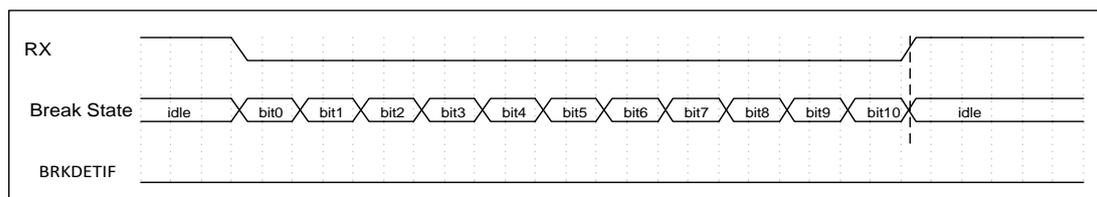


图 6-26 Break 信号恰好够长示意图

当 Break 信号足够长时，等接收线上收到高电平后，检测到 Break，LINBRKST 置 1，如图 6-27

所示：

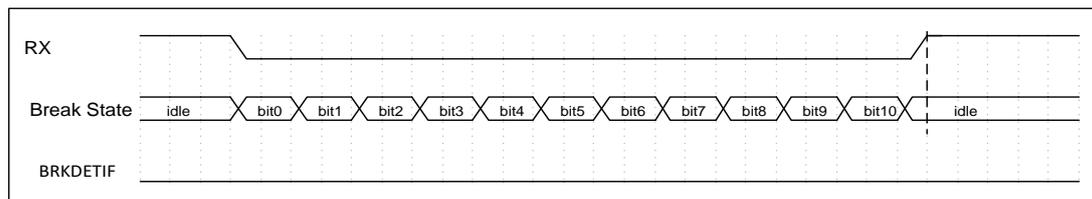


图 6-27 Break 信号足够长示意图

## 硬件流控

硬件流控（RTS/CTS）制主要功能为防止串口传输时出现丢失数据的现象，使用流控制功能时需将通信两端的 RTS 和 CTS 对应相连，通过 RTS 和 CTS 可以控制两个串口设备间的串行数据流。

### RTS 流控制

RTS 为输出信号，通过自动流控控制寄存器使能该信号并设置有效极性（高电平/低电平）以及触发阈值，当 RTS 为有效电平时表示可以接收数据，当接收数据达到所设置的阈值时，RTS 无效。

### CTS 流控制

CTS 为输入信号，通过自动流控控制寄存器使能该信号并设置有效极性（高电平/低电平），当 RTS 为有效电平时表示可以发送数据。

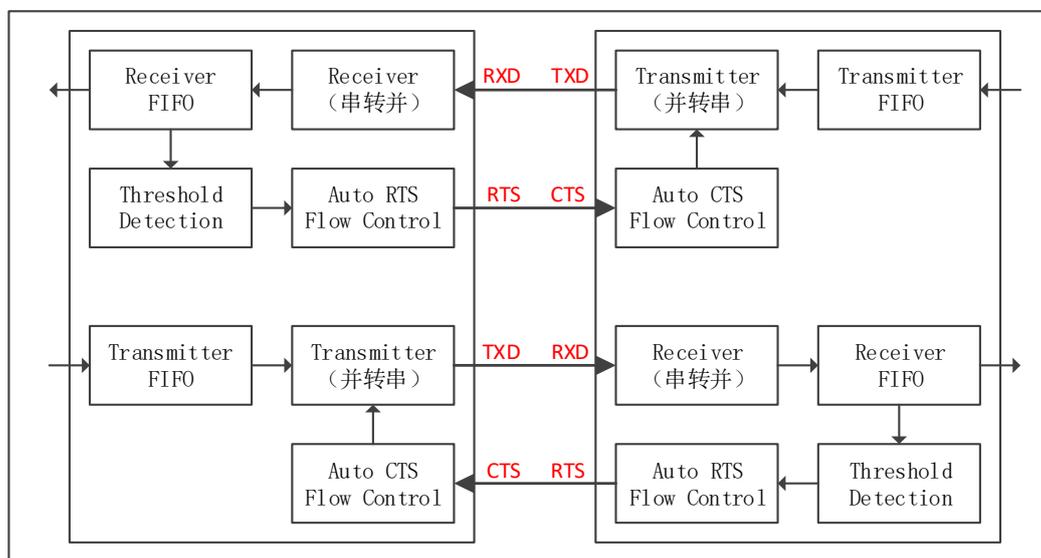


图 6-28 硬件流控

## 接收中断与超时中断

以如下配置为例：

方式一：FIFO 清空后，不产生超时中断

- 配置 FIFO 寄存器 RXLVL 位为 3，即 RXThreshold=3，接收 FIFO 取值 3
- 配置 CTRL 寄存器 RXIE 位为 1，即 RXThresholdIE=1，配置接收 FIFO 中的个数 > RXThreshold 时触发中断
- 配置 TOCR 寄存器 TIME 位为 10，即 TimeoutTime = 10，超时时长 = TimeoutTime/(Baudrate/10) 秒
- 配置 UARTx.TOCR 寄存器 MODE 位为 0，FIFO 清空后，不产生超时中断
- 配置 CTRL 寄存器 TOIE 位为 1，即 TimeoutIE = 1，超时中断，超过 TimeoutTime/(Baudrate/10) 秒没有在 RX 线上接收到数据且接收 FIFO 中数据个数不为零时可触发中断

对方发送 8 个数据

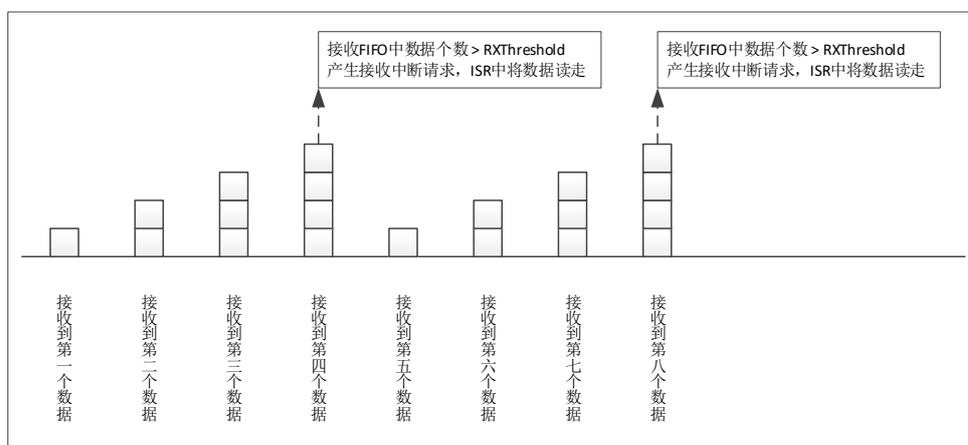


图 6-29 对方发送 8 个数据接收 FIFO 示意图

每接收到一个数据，RX FIFO 中数据个数加一，当 RX FIFO 中数据个数大于 RXThreshold 时，触发接收中断。

对方发送 9 个数据

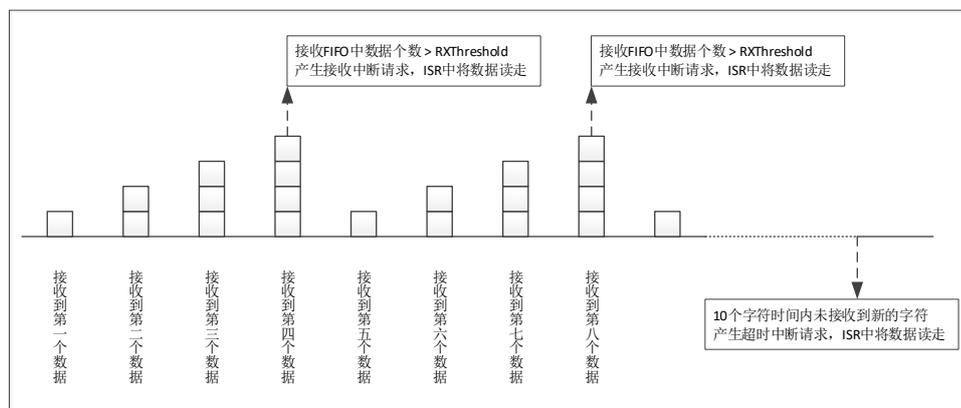


图 6-30 对方发送 9 个数据接收 FIFO 示意图

只有当接收 FIFO 中有数据，且在指定时间内未接收到新的数据时，才会触发超时中断。

若应用中希望通过数据间时间间隔作为帧间隔依据，即不管对方发送过来多少个数据，最后都能产生超时中断，可以通过在接收 ISR 中从 RX FIFO 中读取数据时总是少读一个（即让一个数据留在 RX FIFO 中）来实现。

### 方式二：无论 FIFO 是否清空，间隔指定时间后均产生超时中断

- 配置 FIFO 寄存器 RXLVL 位为 3，即 RXThreshold=3，接收 FIFO 取值 3
- 配置 CTRL 寄存器 RXIE 位为 1，即 RXThresholdIE=1，配置接收 FIFO 中的个数 > RXThreshold 时触发中断
- 配置 TOCR 寄存器 TIME 位为 10，即 TimeoutTime = 10，超时时长 = TimeoutTime/(Baudrate/10) 秒
- 配置 UARTx.TOCR 寄存器 MODE 位为 1，无论 FIFO 是否清空，间隔指定时间后均产生超时中断
- 配置 CTRL 寄存器 TOIE 位为 1，即 TimeoutIE = 1，超时中断，超过 TimeoutTime/(Baudrate/10) 秒没有在 RX 线上接收到数据时可触发中断

无论接收 FIFO 中是否有数据，只要在指定时间内未接收到新的数据时，就会触发超时中断。

### 发送中断

以如下配置为例：

- 配置 FIFO 寄存器 TXLVL 位为 3，即 TXThreshold = 4，发送 FIFO 取值 4
- 配置 CTRL 寄存器 TXIE 位为 1，即 TXThresholdIE = 1，配置发送 FIFO 中的个数 > TXThreshold 时触发中断

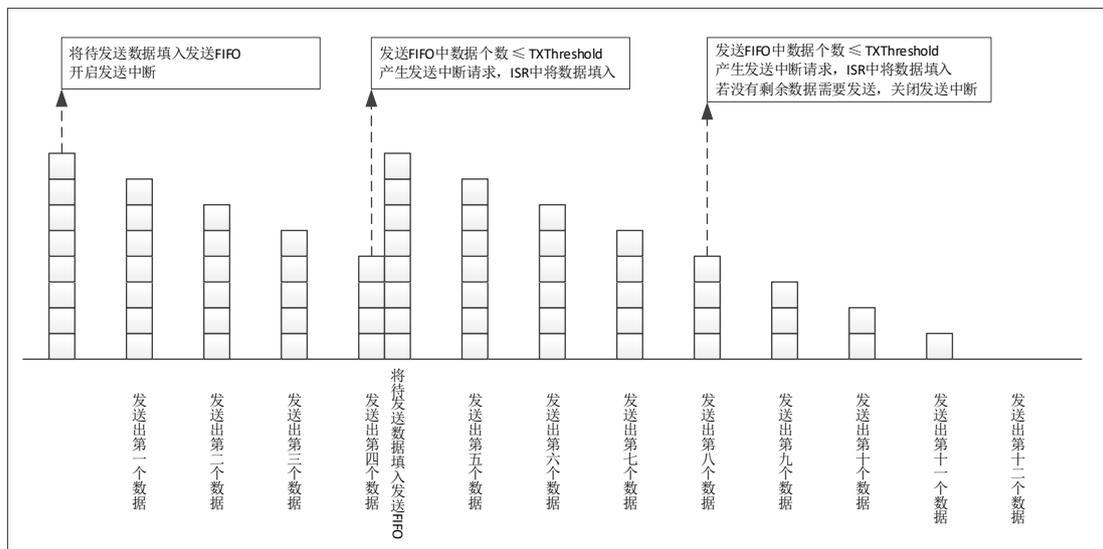


图 6-31 发送 FIFO 示意图

每发送出一个数据，TX FIFO 中数据个数减 1，当 TX FIFO 中数据个数小于等于 TXThreshold 时，触发发送中断。

如果初始化时 TX FIFO 中数据个数为零，则开启发送中断后会立即触发发送中断。建议在发送 FIFO 填入数据后再开启发送中断。

## 中断清除

此模块中中断状态位详见寄存器中各个中断标志位属性，当其中断标志位属性为 R/W1C 时，如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入；当其中断标志位属性为 AC 时，表示此中断状态位会自动清零；当其中断标志位属性为 RO 时，表示此标志位会随着水位的变化而改变，标志位只与其当前状态有关，不需要清除。具体详见寄存器描述。

**6.9.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
UART0	BASE: 0x40042000			
UART1	BASE: 0x40042800			
UART2	BASE: 0x40043000			
UART3	BASE: 0x40043800			
DATA	0x00	R/W	0x00000000	UART 数据寄存器
CTRL	0x04	R/W	0x00000001	UART 控制及状态寄存器
BAUD	0x08	R/W	0xF0104000	UART 波特率控制寄存器
FIFO	0x0C	R/W	0x00000000	UART 数据队列寄存器
LINCR	0x10	R/W	0x00000000	LIN Frame 控制寄存器
CTSCR/ RTSCR	0x14	R/W	0x00000000	自动流控控制寄存器
CFG	0x18	R/W	0x00000335	CFG 寄存器
TOCR	0x1C	R/W	0x00000000	接收超时控制寄存器

## 6.9.6 寄存器描述

### 数据接口寄存器 DATA

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA	0x00	R/W	0x00000000	UART 数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-						PARERR	VALID	DATA
7	6	5	4	3	2	1	0	
DATA								

位域	名称	描述
31:11	-	-
10	PARERR	当前读回的的数据是否存在校验错误, RO 1: 存在 0: 不存在
9	VALID	数据有效位, RO 1: DATA 字段有有效的接收数据 0: DATA 字段无有效的接收数据 当 DATA 字段有有效的接收数据时, 该位硬件置 1, 读取数据后自动清零
8:0	DATA	UART 数据位 读操作: 返回缓存中接收到的数据 写操作: 将待发送的数据写入缓存中

**控制及状态寄存器 CTRL**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL	0x04	R/W	0x00000001	UART 控制及状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
STOP2B		PARMD		PAREN	NINEBIT	GENBRK	BRKIE
15	14	13	12	11	10	9	8
BRKDET	TOIE	-			LOOP	EN	-
7	6	5	4	3	2	1	0
-	TXDOIE	RXOV	RXIE	RXNE	TXIE	TXFF	TXIDLE

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:22	STOP2B	停止位模式 00: 1 位 01: 2 位 1x: 保留
21:20	PARMD	奇偶校验位模式 00: 奇校验 01: 偶校验 10: 常 1 11: 常 0
19	PAREN	奇偶校验使能位 1: 使能 0: 禁能
18	NINEBIT	数据位模式 1: 9 位数据位 0: 8 位数据位
17	GENBRK	Generate LIN Break, 发送 LIN Break 0: 正常发送数据 1: 将 UART_TX_OUT 管脚拉低
16	BRKIE	LIN Break Detect 中断使能 1: 当接收到 BREAK 时, BREAKDET 状态反应到中断输出 0: 接收到 BREAK 时, 不产生中断信号
15	BRKDET	LIN Break Detect, 检测到 LIN Break, 即 RX 线上检测到连续 11 位低电平 1: 接收到 BREAK 0: 没有接收到 BREAK

14	TOIE	1: 超时产生中断 0: 超时不产生中断
13:11	-	-
10	LOOP	回环测试模式使能位（从 TX 线发送出去的数据，在自身 RX 线上可以收到，从而测试硬件是否正常工作） 1: 使能 0: 禁能
9	EN	UART 模块使能位 1: 使能 0: 禁能
8:7	-	-
6	TXDOIE	发送完成中断使能位 1: 使能 0: 禁能
5	RXOV	接收端 FIFO 溢出标志位，W1C 1: 接收 FIFO 溢出 0: 接收 FIFO 没有溢出
4	RXIE	接收端 FIFO 中断使能位 1: 接收 FIFO 达到预定的数量时产生中断 0: 接收 FIFO 达到预定的数量时不产生中断 注：接收 FIFO 中此位为 0 表示接收到 1 个数据，依次类推
3	RXNE	接收端 FIFO 非空标志位，RO 1: 非空 0: 空
2	TXIE	发送端 FIFO 中断使能位 1: 当发送 FIFO 内的数据少于预定的数量时产生中断 0: 当发送 FIFO 内的数据少于预定的数量时不产生中断 注：发送 FIFO 中此位为 0 表示发送 0 个数据，依次类推
1	TXFF	发送端 FIFO 满标志位，RO 1: 发送 FIFO 内的数据满 0: 发送 FIFO 内的数据不满
0	TXIDLE	发送线空闲标志位，RO 1: 发送线空闲 0: 发送线忙，正在发送数据

**波特率寄存器 BAUD**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BAUD	0x08	R/W	0xF0104000	UART 波特率控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
FRAC				TXDOIF	ABRERR	ABRBIT	
23	22	21	20	19	18	17	16
ABREN	RXIF	TOIF	TXTHRF	RXTHRF	BRKIF	TXIF	RXTOIF
15	14	13	12	11	10	9	8
RXD	TXD	BAUD					
7	6	5	4	3	2	1	0
BAUD							

位域	名称	描述
31:28	FRAC	波特率设置微调（波特率分频值的小数部分），参考 BAUD 的设置
27	TXDOIF	发送完成中断状态位 1：中断已产生 0：中断未产生 RO，表示此标志位会随着水位的变化而改变，标志位只与其当前状态有关，不需要清除
26	ABRERR	自动调节波特率时，计数器溢出中断标志，R/W1C 1：自动调节波特率时，计数器溢出，调节失败。 0：自动调节波特率时，计数器没有溢出。
25:24	ABRBIT	自动调节波特率时，检测的时间长度 00：1 位长度 01：2 位长度 10：4 位长度 11：8 位长度
23	ABREN	1：打开波特率自动调节功能。 0：关闭波特率自动调节功能。 调节完成自动清零，R/W，AC
22	RXIF	1：接收数据缓存达到预定数量 0：接收数据缓存未达到预定数量 RO，表示此标志位会随着水位的变化而改变，标志位只与其当前状态有关，不需要清除

21	TOIF	<p>1: 接收数据超出 TIME 确定的时间</p> <p>0: 接收数据未超出 TIME 确定的时间</p> <p>RO, 表示此标志位会随着水位的变化而改变, 标志位只与其当前状态有关, 不需要清除</p> <p>超过 TOTIME/BAUDRAUD 秒没有接收到新的数据时若 TOIE=1, 此位由硬件置位</p>
20	TXTHRF	<p>TX FIFO Threshold Flag, TX FIFO 中数据少于设定个数 (TXLVL &lt;= TXTHR) 时硬件置位</p> <p>1</p> <p>1: 发送数据缓存达到预定数量</p> <p>0: 发送数据缓存未达到预定数量</p> <p>RO, 表示此标志位会随着水位的变化而改变, 标志位只与其当前状态有关, 不需要清除</p>
19	RXTHRF	<p>RX FIFO Threshold Flag, RX FIFO 中数据达到设定个数 (RXLVL &gt; RXTHR) 时硬件置位</p> <p>1</p> <p>1: 接收数据缓存达到预定数量</p> <p>0: 接收数据缓存未达到预定数量</p> <p>RO, 表示此标志位会随着水位的变化而改变, 标志位只与其当前状态有关, 不需要清除</p>
18	BRKIF	<p>LIN Break Detect 中断标志, 检测到 LIN Break 时若 BRKIE=1, 此位由硬件置位</p> <p>当接收到 BREAK 字符时, 如果 BREAKIRQON 为 1, 该位为 1</p>
17	TXIF	<p>1: 发送数据缓存内的数据少于预定的数量</p> <p>0: 发送数据缓存内的数据大于预定的数量</p> <p>RO, 表示此标志位会随着水位的变化而改变, 标志位只与其当前状态有关, 不需要清除</p>
16	RXTOIF	<p>接收或超时中断标志</p> <p>11: 中断已产生</p> <p>0: 中断未产生</p> <p>RO, 表示此标志位会随着水位的变化而改变, 标志位只与其当前状态有关, 不需要清除</p>
15	RXD	直接读取接收线状态, RO
14	TXD	直接读取发送线状态, RO
13:0	BAUD	<p>用于控制 UART 工作的波特率</p> <p>得到的波特率为: <math>\text{系统主时钟} / (\text{BAUD.BAUD} * 16 + \text{BAUD.FRAC} + 1)</math></p> <p>可通过 BAUD 寄存器 FRAC 位进行波特率微调, 使波特率的误差在 5%以内。</p>

**数据队列寄存器 FIFO**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FIFO	0x0C	R/W	0x00000000	UART 数据队列寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-				TXTHR			
23	22	21	20	19	18	17	16
-				RXTHR			
15	14	13	12	11	10	9	8
-				TXLVL			
7	6	5	4	3	2	1	0
-				RXLVL			

位域	名称	描述
31:28	-	-
27:24	TXTHR	设置发送 FIFO 中断 (TXIF) 阈值 1: 当发送 FIFO 里的水位小于等于设置值时产生中断 0: 当发送 FIFO 里的水位小于等于设置值时不产生中断
23:20	-	-
19:16	RXTHR	设置接收 FIFO 中断 (RXIF) 阈值 1: 当接收 FIFO 里的水位大于设置值时产生中断 0: 当接收 FIFO 里的水位大于设置值时不产生中断
15:12	-	-
11:8	TXLVL	发送缓存的实际水位
7:4	-	-
3:0	RXLVL	接收缓存的实际水位

**LIN Frame 控制寄存器 LINCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
LINCR	0x10	R/W	0x00000000	LIN Frame 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			GENBRK	GENBRKIF	GENBRKIE	BRKDETIF	BRKDETIE

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	GENBRK	发送 LIN Break 1: 发送 0: 不发送 发送完成自动清零, R/W, AC
3	GENBRKIF	LIN Break 发送完成中断状态, R/W1C 1: 中断已产生 0: 中断未产生
2	GENBRKIE	发送 LIN Break 完成中断的使能 1: 使能 0: 禁能
1	BRKDETIF	检测到 LIN Break 中断状态, R/W1C 1: 中断已产生 0: 中断未产生
0	BRKDETIE	检测到 LIN Break 中断的使能 1: 使能 0: 禁能

**自动流控控制寄存器 CTSCR/ RTSCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTSCR/ RTSCR	0x14	R/W	0x00000000	自动流控控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							RTSCR_STAT
7	6	5	4	3	2	1	0
CTSCR_STAT	RTSCR_THR			RTSCR_POL	CTSCR_POL	RTSCR_EN	CTSCR_EN

位域	名称	描述
31:9	-	-
8	RTSCR_STAT	RTS 的当前状态, RO
7	CTSCR_STAT	CTS 的当前状态, RO
6:4	RTSCR_THR	RTS 流控的触发阈值 000: 触发阈值为 1byte, 内部缓存的剩余空间最多只剩 1 个 BYTE 001: 触发阈值为 2bytes, 内部缓存的剩余空间最多只剩 2 个 BYTE 010: 触发阈值为 4bytes, 内部缓存的剩余空间最多只剩 4 个 BYTE 011: 触发阈值为 6bytes, 内部缓存的剩余空间最多只剩 6 个 BYTE
3	RTSCR_POL	RTS 信号的极性 1: 高有效, rts 输出高, 可以接收数据 0: 低有效, rts 输出低, 可以接收数据
2	CTSCR_POL	CTS 信号的极性。 1: 高有效, cts 输入为高, 可以发送数据 0: 低有效, cts 输入为低, 可以发送数据
1	RTSCR_EN	RTS 流控使能 1: rts 信号发挥流控的作用 0: 忽略 rts
0	CTSCR_EN	CTS 流控使能 1: cts 信号发挥流控的作用 0: 忽略 cts

**配置寄存器 CFG**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CFG	0x18	R/W	0x00000335	CFG 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				TXINV	RXINV	BRKRXLEN	
7	6	5	4	3	2	1	0
BRKRXLEN		BRKTXLEN				MSBF	RXEN

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	TXINV	1: 发送时电平取反 0: 发送时电平不取反
10	RXINV	1: 接收时电平取反 0: 接收时电平不取反
9:6	BRKRXLEN	接收 BRK 的判定长度。 0000: 表示收到 1 bit 的 0 0001: 表示收到 2 bit 的 0 N: 表示收到 (n+1) bit 的 0 1111: 表示收到 16bit 的 0
5:2	BRKTXLEN	发送 BRK 的长度。 0001: 表示发送 1bit 的 0 0010: 表示发送 2bit 的 0 n: 表示发送 n bit 的 0 1111: 表示发送 15bit 的 0
1	MSBF	1: 发送和接收时 MSB 在前 0: 发送和接收时 LSB 在前
0	RXEN	接收打开使能 1: 接收打开。可接收外来的数据。 0: 接收关闭。不能接收外来的数据。接收的数据一直是 1。

**接收超时控制寄存器 TOCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TOCR	0x1C	R/W	0x00000000	接收超时控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-		IFCLR	MODE	TIME			
7	6	5	4	3	2	1	0
TIME							

位域	名称	描述
31:14	-	-
13	IFCLR	超时计数器清零，写 1 清除中断，R/W1C
12	MODE	1: 无论 FIFO 是否清空，间隔指定时间后均产生超时中断 0: FIFO 清空后，不产生超时中断
11:0	TIME	接收数据超时中断的触发条件。 计时单位为 10 个 SYMBOL TIME 具体和实际波特率的设置相关。如波特率为 9600，则计时单位为 1/960 秒。

## 6.10 I2C 总线控制器 (I2C)

### 6.10.1 概述

SWM241 系列所有型号 I2C 操作均相同，不同型号 I2C 模块数量可能不同。使用前需使能对应 I2C 模块时钟。

I2C 模块提供了 MASTER 模式及 SLAVE 模式，基本操作及配置详见功能描述章节。

### 6.10.2 特性

- 支持通过 APB 总线进行配置
- 支持 master、slave 两种模式
- 支持 I2C 输入信号数字滤波
- 支持 Standard-mode (100kbps)、Fast-mode (400kbps)、Fast-mode Plus (1Mbps)、High-speed mode (3.4Mbps)
- SCL/SDA 线上数据可读
- Master 模式特性：
  - 支持 clock synchronization
  - 支持多 master 总线仲裁
  - 支持 clock stretching, slave 器件可通过拉低 SCL 来 hold 总线
  - 支持 SCL LOW 超时报警
  - 支持读、写操作
  - 支持发出的 SCL 时钟周期最大为  $(2^{17}) * pclk$
  - SCL 时钟占空比可配置
- Slave 模式特性：
  - 支持多 slave
  - 支持 7 位、10 位两种地址模式
  - 支持地址 mask, 一个 slave 器件可以占用多个地址
    - ◆ 7 位地址模式, 一个 slave 器件最多可占用 128 个地址
    - ◆ 10 位地址模式, 一个 slave 器件最多可占用 256 个地址
  - 支持 clock stretching, slave 器件可通过拉低 SCL 来 hold 总线

- 支持读、写操作

### 6.10.3 模块结构框图

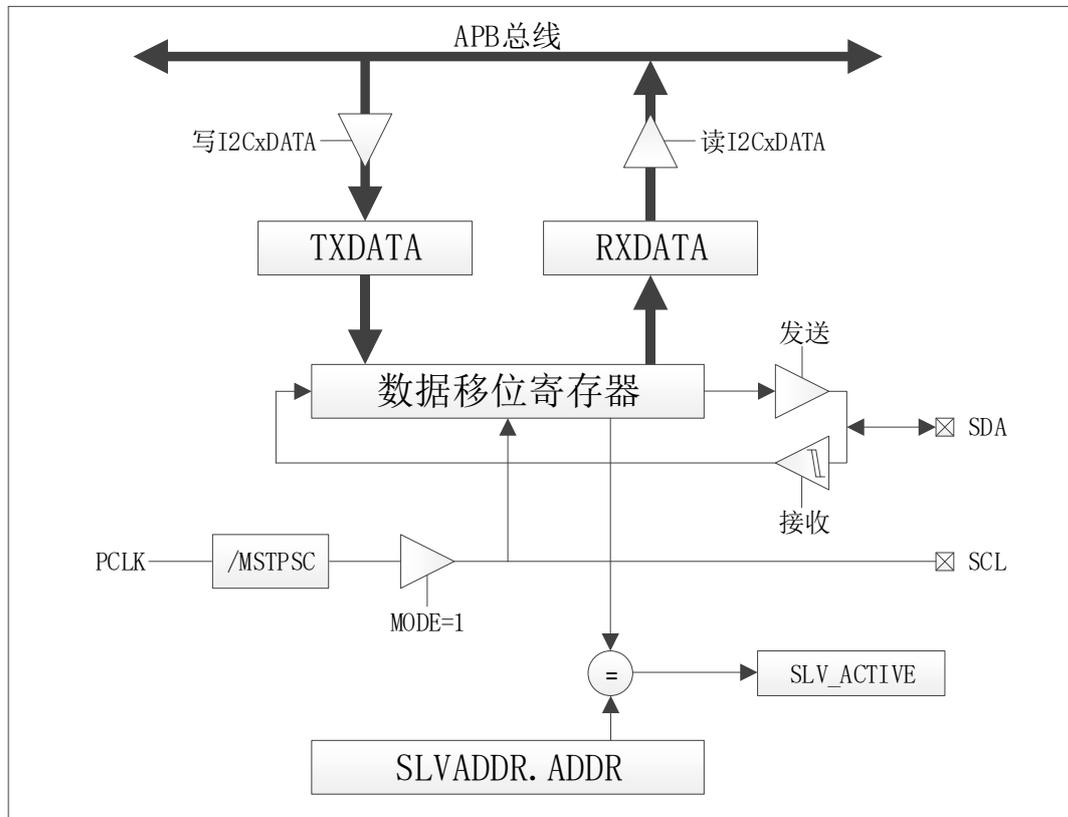


图 6-32 I2C 模块结构框图

注：I2CxDATA 主机模式下是 MSTDAT，从机模式下写入、读出时分别是 SLVTX、SLVRX

## 6.10.4 功能描述

### 总线设置

I2C 总线采用串行数据线(SDA)和串行时钟线(SCL)传输数据。I2C 总线的设备端口为开漏输出，必须在接口外接上拉电阻。

数据在主从设备之间通过 SCL 时钟信号在 SDA 数据线上逐字节同步传输。每一个 SCL 时钟脉冲发送一位数据，高位在前。每发送一个字节的的数据产生一个应答信号。在时钟线 SCL 高电平期间对数据的每一位进行采样。数据线 SDA 在时钟线 SCL 为低改变，在时钟线 SCL 为高电平时保持稳定。

### 协议介绍

通常情况下，一个标准的通信包含四个部分：开始信号、从机地址、数据传输、停止信号。如图 6-33 所示：

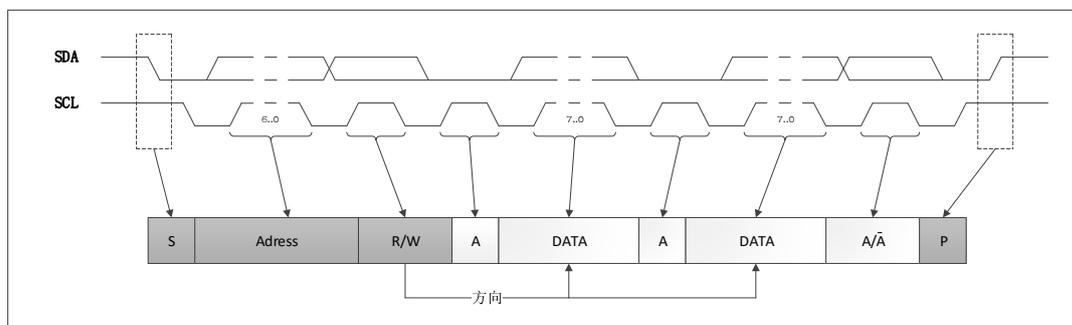


图 6-33 I2C 通信示意图

### 起始位发送

当总线空闲时，表示没有主机设备占用总线（SCL 和 SDA 都保持高电平），主机可以通过发送一个起始信号启动传输。起始信号，通常被称为 S 位。SCL 为高电平时，SDA 由高电平向低电平跳变。起始信号表示开始新的数据传输。

重新启动是没有先产生一个停止信号的启动信号。主机使用此方法与另一个从机或者在不释放总线的情况下与相同的从机改变数据传输方向（例如从写入设备到写入设备的转换）。

当命令寄存器的 STA 位被置位，同时 RD 或者 WR 位被置位时，系统核心产生一个启动信号。根据 SCLK 的当前的不同状态，生成启动信号或重复启动信号。

### 地址发送

在开始信号后，由主机传输的第一个字节数据是从机地址。包含 7 位的从设备地址和 1 位的 RW 指示位。RW 指示位信号表示与从机的数据传输方向。在系统中的从机不可以具有相同的地址。只有从机地址和主机发送的地址匹配时才能产生一个应答位（在第九个时钟周期拉低 SDA）进行响应。对于 10 位从机地址，模块通过产生两个从机地址支持。

发送从机地址为一次写操作，在传输寄存器中保存从机地址并对 WR 位置位，从机地址将被发

送到总线上。

### 数据发送

一旦成功取得了从机地址，主机就可以通过 R/W 位控制逐字节的发送数据。每传输一个字节都需要在第九个时钟周期产生一个应答位。

如果从机信号无效，主机可以生成一个停止信号中止数据传输或生成重复启动的信号并开始一个新的传输周期。如果从机返回一个 NACK 信号，主机就会产生一个停止信号放弃数据传输，或者产生一个重新启动信号开始一个新的传输周期。

如果主机作为接收设备，没有应答从机，从机就会释放 SDA，主机产生停止信号或者重新启动信号。

向从机写入数据，需把将要发送的数据存入传输寄存器中并设置 WR 位。从从机中读取数据，需设置 RD 位。在数据传输过程中系统核心设置 TIP 提示标志，指示传输正在进行。当传输完成后 TIP 提示标志会自动清除。当中断使能时，中断标志位 IF 被置位，并产生中断。当中断标志位 IF 被置位后，接收寄存器收到有效数据。当 TIP 提示标志复位后，用户可以发出新的写入或读取命令。

### 停止位发送

主机可以通过生成一个停止信号终止通信。停止信号通常被称为 P 位，被定义为 SCL 为高电平时，SDA 由低电平向高电平跳变。

## Master SCL 周期配置

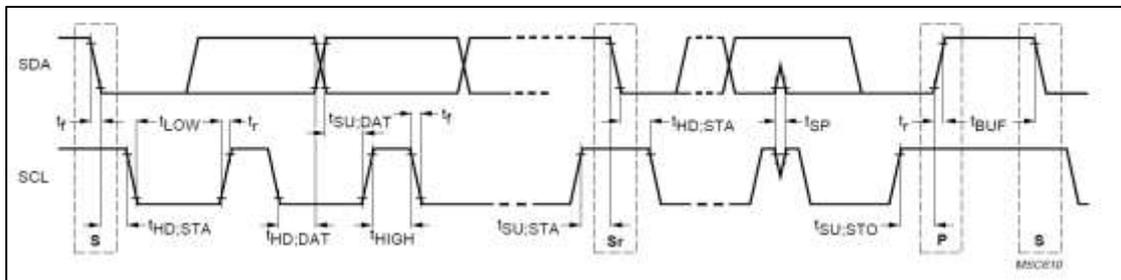


图 6-34 Master SCL 周期配置示意图

## 主机发送模式

I2C 模块作为主机，初始化配置操作如下：

- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PORTX\_FUNC 寄存器，将指定引脚切换为功能复用
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PULLU\_x 上拉使能寄存器，使能端口内部上拉电阻（也可使用外部上拉电阻）
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 INEN\_x 输入使能寄存器，使能 I2C 数据线输入功能
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，关闭 I2C 模块，确保配置寄存器过程中模块未工作

- 配置 CR 寄存器的 MASTER 位，将 I2C 模块设置为主机模式
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，I2C 模块总线使能
- 设置时序配置寄存器 CLK，假设 pclk=48M，希望 I2C 工作在 Standard-mode (100kbps) 速度下，则每个 SCL 480 个 pclk，可以设置 SCLL=0xA0，SCLH =0x50，DIV=0x01
- 查询 SR.BUSY，如果为 1，则等待直至其变为 0；如果为 0，则进行下一步
- 发送 Start。设置 MCR.STA=1，查询该位，直至其变为 0
- 发 slave 地址字节
  - 设置 TXDATA 为【7 位 slave 地址字节左移一位】
  - 设置 MCR.WR=1，查询该位，直至其变为 0 (或查询到 IF 的 TXDONE=1 (发送成功) 或 AL=1 (仲裁丢失总线)，并写 1 清除)
  - 如果 TXDONE=1，读 TR.RXACK，如果该位为 0，表示 slave 地址匹配成功
  - 如果 AL=1，表示本 master 失去总线，不能再进行后续操作，需重新查询 SR.BUSY 位直至 1，才可以重新发送 Start 位，重新申请总线操作
- 向 slave 发送待写数据
  - 设置 TXDATA，准备待写入 slave 的数据
  - 设置 MCR.WR=1，查询该位，直至其变为 0 (或查询到 RIST 的 TXDONE=1，并写 1 清除)
  - 读 TR.RXACK，如果该位为 0，表示写数据成功
- 发 STOP。设置 MCR.STO=1，查询该位，直至其变为 0

示意图如图 6-35 所示：

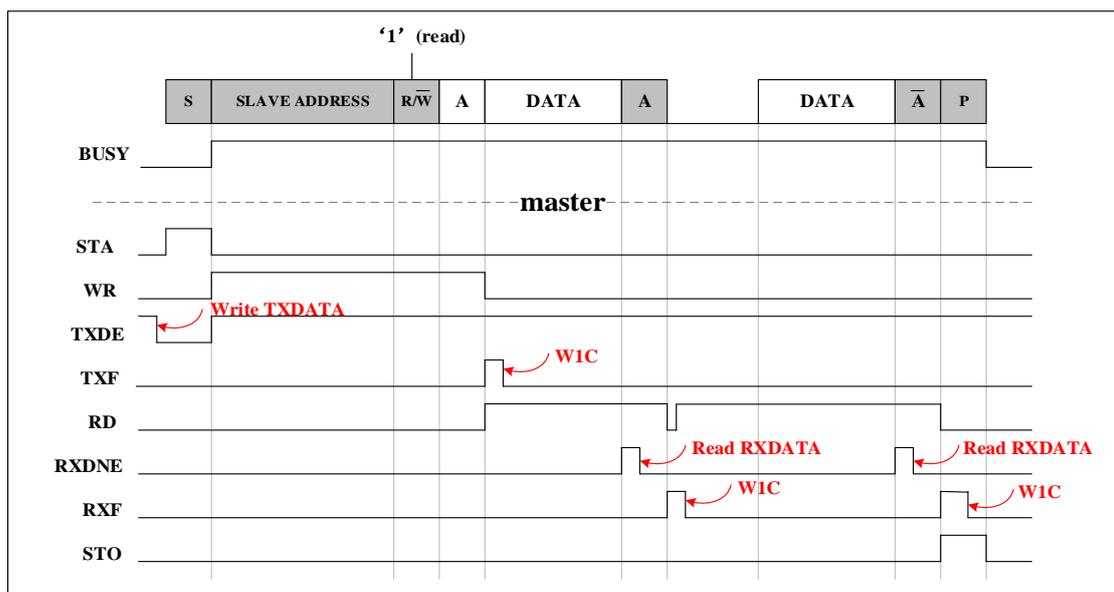


图 6-35 Master 寄存器时序示意图

注：图中红色部分表示软件操作

## 主机接收模式

I2C 作为主机接收模式，需将 I2C 模块设置为 MASTER，初始化过程与主发送模式相同。

I2C 作为主机从机接收数据操作流程如下：

- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PORTx\_FUNC 寄存器，将指定引脚切换为功能复用
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PULLU\_x 上拉使能寄存器，使能端口内部上拉电阻（也可使用外部上拉电阻）
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 INEN\_x 输入使能寄存器，使能 I2C 数据线输入功能
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，关闭 I2C 模块，确保配置寄存器过程中模块未工作
- 配置 CR 寄存器的 MASTER 位，将 I2C 模块设置为主机模式
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，I2C 模块总线使能
- 设置时序配置寄存器 CLK，假设 pclk=48M，希望 I2C 工作在 Standard-mode（100kbps）速度下，则每个 SCL 480 个 pclk，可以设置 SCLL=0Xa0，SCLH =0x50，DIV=0x01
- 查询 SR.BUSY，如果为 1，则等待直至其变为 0；如果为 0，则进行下一步
- 发送 Start。设置 MCR.STA=1，查询该位，直至其变为 0
- 发 slave 地址字节
  - 设置 TXDATA 为【7 位 slave 地址字节地址右移 1 位】

- 设置 MCR.WR=1, 查询该位, 直至其变为 0 (或查询到 IF 的 TXDONE=1 (发送成功) 或 AL=1 (仲裁丢失总线), 并写 1 清除)
- 如果 TXDONE=1, 读 TR.RXACK, 如果该位为 0, 表示 slave 地址匹配成功
- 如果 AL=1, 表示本 master 失去总线, 不能再进行后续操作, 需重新查询 SR.BUSY 位直至 1, 才可以重新发送 Start 位, 重新申请总线操作
- 从 slave 读数据
  - 设置 TR.TXACK=0
  - 设置 MCR.RD=1, 查询直到 IF.RXNE=1
  - 读取 RXDATA, 得到 slave 数据
  - 查询 MCR.RD, 直至其变为 0 (或查询到 IF.RXDONE=1, 并写 1 清除)
- 发 STOP。设置 MCR.STO=1, 查询该位, 直至其变为 0

### 从发送模式

I2C 作为从发送模式, 需将 I2C 模块设置为 SLAVE, 具体软件配置操作如下:

- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PORTx\_FUNC 寄存器, 将指定引脚切换为功能复用
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PULLU\_x 上拉使能寄存器, 使能端口内部上拉电阻 (也可使用外部上拉电阻)
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 INEN\_x 输入使能寄存器, 使能 I2C 数据线输入功能
- 配置 CR 寄存器的 EN 位, 关闭 I2C 模块, 确保配置寄存器过程中模块未工作
- 配置 CR 寄存器的 MASTER 位, 将 I2C 模块设置为从机模式
- 配置 CR 寄存器的 EN 位, I2C 模块总线使能
- 设置 slave 地址模式。SCR.ADDR10=0
- 设置 slave 地址 SADDR
- 查询直至 IF.RXSTA, 表示检测到 I2C 总线上有 start 发出
- 查询直至 IF.RXNE=1。表示有 master 选中本器件
- 如果 SADDR 中设置了地址 mask, 则读取 RXDATA, 判断 master 发送的实际地址
- 如果判断到 TR.SLVRD=1, 表示 master 希望从 slave 读取数据
- 准备数据, 写 TXDATA
- 查询直到 RXDONE=1, 表示之前地址匹配后, 返回 ACK 结束
- 查询直到 IF.TXE=1, 就可以向 TXDATA 中写入新数据了

- 查询直到 IF.TXDONE=1，表示数据发送完成。然后写 1 清除
- 查询 TR.RXACK，如果为 0，表示 master 希望继续接收数据，则可重新向 TXDATA 中写入数据；如果 RXACK=1，表示 master 希望结束读操作，则设置 TR.TXCLR，清除之前准备好到 TXDATA 中的最后一个数据。转入下一步
- 查询到 IF.RXSTO，表示检测到 I2C 总线上有 STOP 发出。本次会话结束

示意图如图 6-36 所示：

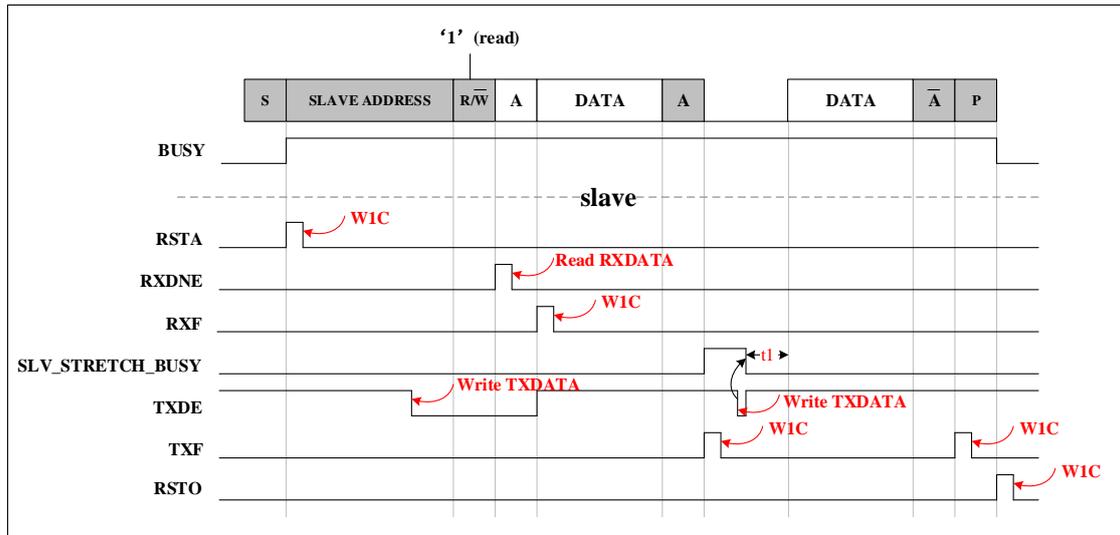


图 6-36 Slave 寄存器时序示意图

注 1：图中红色部分表示软件操作

注 2：图中  $t_1 = t_{LOW}$ ，由 CLK 寄存器设置

## 从接收模式

I2C 作为从接收模式，需将 I2C 模块设置为 SLAVE，操作流程如下：

- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PORTx\_FUNC 寄存器，将指定引脚切换为功能复用
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PULLU\_x 上拉使能寄存器，使能端口内部上拉电阻（也可使用外部上拉电阻）
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 INEN\_x 输入使能寄存器，使能 I2C 数据线输入功能
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，关闭 I2C 模块，确保配置寄存器过程中模块未工作
- 配置 CR 寄存器的 MASTER 位，将 I2C 模块设置为从机模式
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，I2C 模块总线使能
- 设置 slave 地址模式。SCR.ADDR10=0
- 设置 slave 地址 SADDR
- 查询直至 IF.RXSTA，表示检测到 I2C 总线上有 start 发出

- 查询直至 IF.RXNE=1。表示有 master 选中本器件
- 如果 SADDR 中设置了地址 mask，则读取 RXDATA，判断 master 发送的实际地址
- 如果判断到 TR.SLVWR=1，表示 master 希望向 slave 写入数据
- 查询直到 RXDONE=1，表示之前地址匹配后，返回 ACK 结束。然后写 1 清除
- 设置 TR.TXACK=0
- 查询直到 IF.RXNE=1，表示 slave 接收到新数据，读取 RXDATA
- 查询直到 RXDONE=1，表示之前接收数据后，返回 ACK 结束。然后写 1 清除
- 可重复查询 IF.RXNE 位，继续接收数据，直到查询到 IF.RXSTO，表示本次会话结束

### 时钟延展 clock stretching

clock stretching 通过将 SCL 线拉低来暂停一个传输，直到释放 SCL 线为高电平,传输才继续进行。

以 master-receiver，slave-transmitter 为例，具体软件配置操作如下：

- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PORTx\_FUNC 寄存器，将指定引脚切换为功能复用
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 PULLU\_x 上拉使能寄存器，使能端口内部上拉电阻（也可使用外部上拉电阻）
- 配置 PORTCON 模块中端口对应 INEN\_x 输入使能寄存器，使能 I2C 数据线输入功能
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，关闭 I2C 模块，确保配置寄存器过程中模块未工作
- 配置 CR 寄存器的 MASTER 位，将 I2C 模块设置为主机模式
- 配置 CR 寄存器的 EN 位，I2C 模块总线使能
- 设置时序配置寄存器 CLK，假设 pclk=48M，希望 I2C 工作在 Standard-mode（100kbps）速度下，则每个 SCL 480 个 pclk，可以设置 SCLL=0xA0，SCLH =0x50，DIV=0x01
- 查询 SR.BUSY，如果为 1，则等待直至其变为 0；如果为 0，则进行下一步
- 发送 Start。设置 MCR.STA=1，查询该位，直至其变为 0
- 发 slave 地址字节
  - 设置 TXDATA 为【7 位 slave 地址字节左移一位】
  - 设置 MCR.WR=1，查询该位，直至其变为 0（或查询到 IF 的 TXDONE=1（发送成功）或 AL=1（仲裁丢失总线），并写 1 清除）
  - 如果 TXDONE=1，读 TR.RXACK，如果该位为 0，表示 slave 地址匹配成功
  - 如果 AL=1，表示本 master 失去总线，不能再进行后续的步骤 6~7，需查询直至

SR.BUSY=1, 才可以回到步骤 4, 重新发送 Start 位, 重新申请总线操作

- 向 slave 发送待写数据
  - 设置 TXDATA, 准备待写入 slave 的数据
  - 设置 MCR.WR=1, 查询该位, 直至其变为 0 (或查询到 RIST 的 TXDONE=1, 并写 1 清除)
  - 读 TR.RXACK, 如果该位为 0, 表示写数据成功
- 发 STOP。设置 MCR.STO=1, 查询该位, 直至其变为 0

## HS-MODE

以 master-transmitter 为例

具体软件配置操作如下:

- 设置 CR.HS=0, 以普通模式发第一个字节
- 以主机发送模式的方式, 先在 F/S-mode 下发送 START 和 master code。在此过程中, 可以进行 multi-master 的总线仲裁
- 如果本 master 获得了总线控制权。则进行如下步骤
- 设置 CR.HS=1。才可以设置为高速模式
- 设置 CLK 寄存器。假设 pclk=60M, 希望 I2C 工作在 HS-mode (3.4Mbps) 速度下, 则每个 SCL 14 个 pclk, 可以设置 SCLL=0x0A, SCLH=0x05, DIV=0x0
- 以主机发送模式的方式, 以 High-speed 发送 Sr 和 slave 地址 (不需要再判断 IF.AL 位)、写数据等

以 slave-receiver 为例

具体软件配置操作如下:

- 根据 F/S-mode 速度设置 CLK 寄存器
- 设置 CR.MASTER=0 (slave), CR.EN=1, CR.HS=0
- 设置 slave SCR.MCDE=1, 等待 master 发送 master code
- 查询直到 RXNE=1, 表示接收到 master code
- 读取 RXDATA 中的数据, 判断是 multi-master 中的哪一个 master 获得了总线。(对于 single-master 情况, 可以省略此判断, 但 RXDATA 中的数据需要读走, 否则会影响后续地址和数据的接收)
- 设置 HS-mode, 后续操作在 HS-mode 下进行。设置 CR.HS=1; 设置 SCR.MCDE=0
- 根据 HS-mode 速度设置 CLK 寄存器

- 设置 slave 地址模式及地址。设置 SCR.ADDR10，并相应设置 SADDR
- 查询直到 IF.RXSTA=1，表示接收到 Sr
- 查询直到 RXNE=1，表示接收到匹配的地址
- 根据从机接收模式的操作继续后续操作，直至结束本次会话

## 中断清除

此模块中中断状态位详见寄存器中各个中断标志位属性，当其中断标志位属性为 R/W1C 时，如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入；当其中断标志位属性为 AC 时，表示此中断状态位会自动清零；当其中断标志位属性为 RO 时，表示此标志位会随着水位的变化而改变，标志位只与其当前状态有关，不需要清除。具体详见寄存器描述。

**6.10.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
I2C0	BASE: 0x400A6000			
I2C1	BASE: 0x400A6800			
CR	0x0	R/W	0x00000018	通用配置寄存器
SR	0x4	RO	0x00000000	通用状态寄存器
TR	0x8	R/W	0x00000002	通用传输寄存器
RXDATA	0xC	RO	0x00000000	接收数据寄存器
TXDATA	0x10	R/W	0x0000_0000	发送数据寄存器
IF	0x14	R/W	0x00000001	中断标志寄存器
IE	0x18	R/W	0x00000000	中断使能寄存器
MCR	0x20	R/W	0x0000_0000	Master 控制寄存器
CLK	0x24	R/W	0x00033F7F	时序配置寄存器
SCR	0x30	R/W	0x00000008	Slave 控制寄存器
SADDR	0x34	R/W	0x00000000	Slave 地址寄存器

## 6.10.6 寄存器描述

### 通用配置寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x0	R/W	0x00000018	通用配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	DNF				HS	MASTER	EN

位域	名称	描述
31:7	-	-
6:3	DNF	Receive SDA、SCL 数字噪声滤波 (Digital Noise Filter) 0000: 滤波不使能 0001: 滤波使能, 且滤波能力最大 1 个系统时钟 ..... 1111: 滤波使能, 且滤波能力最大 15 个系统时钟
2	HS	High-Speed mode, 仅在 master 模式下有效 0: Standard-mode, Fast-mode, Fast-mode Plus。SCL 为 open-drain 输出 1: High-Speed mode。SCL 为电流源上拉电路输出。Master 发送 STOP 后, 硬件自动清除本位
1	MASTER	模式控制 0: slave 模式 1: master 模式
0	EN	i2c 总线使能 0: 不使能 1: 使能

**通用状态寄存器 SR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SR	0x4	RO	0x00000000	通用状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					SDA	SCL	BUSY

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	SDA	I2C SDA 状态。不受 I2C 总线使能影响。 0: I2C SDA 为低。 1: I2C SDA 为高。
1	SCL	I2C SCL 状态。不受 I2C 总线使能影响。 0: I2C SCL 为低。 1: I2C SCL 为高。
0	BUSY	总线忙状态。本位不受 CR.EN 位控制，当 EN 不使能时，仍然检测总线忙状态。 0: 总线不忙。 1: 总线忙，I2C 总线 START 至 STOP 期间有效。

**通用传输寄存器 TR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TR	0x8	R/W	0x00000002	通用传输寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-		SLVRDS		SLVSTR	SLVWR	SLVRD	SLVACT
7	6	5	4	3	2	1	0
-					TXCLR	RXACK	TXACK

位域	名称	描述
31:14	-	-
13:12	SLVRDS	Slave 接收到的数据类型。仅在 Slave 模式有效。 00: RXDATA 为空。 01: 接收到的是地址。 10: 接收到的是数据。 11: 接收到的是 master code。仅当 MCDE=1 时有效。
11	SLVSTR	Slave clock stretching 忙状态。仅在 slave 模式有效。 0: 无 clock stretching。 1: 有 clock stretching。
10	SLVWR	Slave 写状态。仅在 slave 模式有效。 1: Slave 接收到 master 的写请求后有效。 0: slave 接收到 master 的读请求或 STOP 后, 自动清除。
9	SLVRD	Slave 读状态。仅在 slave 模式有效。 1: Slave 接收到 master 的读请求后有效。 0: slave 接收到 master 的写请求或 STOP 后, 自动清除。
8	SLVACT	Slave 活跃状态。仅在 slave 模式有效。 0: slave 器件处于非活跃状态 1: slave 器件处于活跃状态。地址匹配成功后本位有效; 接收到 STOP, 或 Sr 后的地址匹配不成功, 自动清除。
7:3	-	-
2	TXCLR	发送数据寄存器清空。硬件自动清除。 0: 不清空。 1: 清空 TXDATA 中的数据, 并更新 TXE 位。

1	RXACK	<p>当作为 transmitter 时，接收到的 ACK/NACK。硬件置位，TXDONE 有效后即可查询此位；接收到 Sr 或 STOP 会将此位清零。</p> <p>0: 接收到 ACK 1: 接收到 NACK</p>
0	TXACK	<p>当作为 receiver 时，反馈 ACK/NACK。</p> <p>0: 反馈 ACK。 1: 反馈 NACK。</p> <p>以下情况，ACK/NACK 不由本位决定：</p> <p>slave 接收地址时，硬件自动反馈 ACK/NACK。 slave MCDE 有效，接收到 master code 时，硬件自动返回 NACK。 slave 接收溢出时，硬件自动反馈 NACK。</p>

**接收数据寄存器 RXDATA**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RXDATA	0xC	RO	0x00000000	接收数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
RXDATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	RXDATA	接收数据寄存器。RXNE 为 1，表示本寄存器中存在有效数据。 在完成数据接收（不包含 ACK/NACK 发送）的时刻，更新此寄存器。 slave 接收地址字节情况，参见 RXDONE 位说明。

**发送数据寄存器 TXDATA**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TXDATA	0x10	R/W	0x00000000	发送数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
TXDATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	TXDATA	发送数据寄存器。TXE 为 0，表示本寄存器中存在待发送数据。

**中断标志寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x14	R/W	0x00000001	中断标志寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-						MLTO	AL
15	14	13	12	11	10	9	8
-						RXSTO	RXSTA
7	6	5	4	3	2	1	0
-			RXDONE	TXDONE	RXOV	RXNE	TXE

位域	名称	描述
31:18	-	-
17	MLTO	Master SCL LOW 超时。写 1 清除。仅在 master 模式有效 0: 未超时 1: 超时。SCL LOW 时间超过 1024 个由 CLK 寄存器设置的 SCL LOW 时间 【对于 golden model, SCL LOW 超时时间由 MLTO_LIM 设置】
16	AL	Master 仲裁丢失总线。写 1 清除。仅在 master 模式有效 0: 无仲裁丢失总线控制权 1: 仲裁丢失总线控制权
15:10	-	-
9	RXSTO	Slave 检测到 STOP。写 1 清除。仅在 slave 模式下有效。 0: slave 未检测到 STOP 1: slave 检测到 STOP
8	RXSTA	Slave 检测到 START。写 1 清除。仅在 slave 模式下有效 0: slave 未检测到 START 1: slave 检测到 START
7:5	-	-

4	RXDONE	<p>接收结束。写 1 清除，包含 ACK/NACK 时间</p> <p>0: 接收未结束 1: 接收结束</p> <p>Slave 接收情况说明</p> <p>Slave 器件 7 位地址模式下，slave 地址字节（含 R/W 位）接收完成，若地址匹配，则生成此中断</p> <p>Slave 器件 10 位地址模式下，slave 地址的第 2 字节（ADDR[7:0]）接收完成，若 10 位地址匹配，则生成此中断；跟在 repeat START 之后的 slave 地址第 1 字节，若地址 8、9 位匹配，则生成此中断；跟在 START 之后的第 1 字节接收完成后，即使 ADDR[9:8] 匹配，也不会生成此中断。</p> <p>Slave 模式，MCDE=1，接收到 master code 时，会生成此中断。</p>
3	TXDONE	<p>发送结束。写 1 清除，包含 ACK/NACK 时间</p> <p>0: 发送未结束，或没有发送 1: 发送结束</p> <p>说明：当 master 模式发送字节发生仲裁丢失总线时，不产生本中断。</p>
2	RXOV	<p>接收数据寄存器溢出。软件写 1 清除。（更新的时刻点，不包含 ACK/NACK 发送）</p> <p>0: 无溢出 1: 当 RXDATA 非空时，又接收到新的字节，会产生溢出。溢出发生时，新数据丢失。</p> <p>说明：对于 slave 模式，如果 STRE 位有效，当接收数据寄存器非空，且又接收到新的字节，slave 器件会拉低 SCL 信号，直到 RXDATA 中的旧数被读走，再把新数存到 RXDATA 中，此情况不会产生溢出</p>
1	RXNE	<p>接收数据寄存器非空</p> <p>0: 接收数据寄存器空，不存在未读取的接收数据 1: 接收数据寄存器非空，存在未读取的接收数据</p> <p>在接收完数据的时刻更新此位（不包含 ACK/NACK 发送时间）。</p> <p>如果新数据接收完成时，旧数据未及时读取，分如下几种情况处理：</p> <p>Master 模式： 新数据丢失。同时置位 RXD_OV 位。</p> <p>Slave 模式： A. STRE=0: 新数据丢失。同时置位 RXD_OV 位，硬件自动反馈 NACK。 B. STRE=1: 正常返回 ACK，然后在 master 发送下一个字节前，slave 将 SCL hold 在低电平，直到旧数据被读走后，再将新数据更新到 RXDATA 寄存器中。最后释放 SCL。</p>
0	TXE	<p>发送数据寄存器空</p> <p>0: 发送数据寄存器非空，不允许写 TXDATA 寄存器 1: 发送数据寄存器空，允许写 TXDATA 寄存器</p> <p>在发送数据开始的时刻，发送数据被硬件读走后，此位被更新为 1（此时 TXDONE 仍为 0）。</p> <p>向 TXDATA 寄存器写入新数据，可清除此位。</p>



**中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x18	R/W	0x00000000	中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-						MLTO	AL
12	11	10	9	8	10	9	8
-						RXSTO	RXSTA
7	6	5	4	3	2	1	0
-			RXDONE	TXDONE	RXOV	RXNE	TXE

位域	名称	描述
31:18	-	-
17	MLTO	Master SCL LOW 超时中断使能 0: 不使能 1: 使能
16	AL	Master 仲裁丢失总线中断使能 0: 不使能 1: 使能
15:10	-	-
9	RXSTO	Slave 检测到 STOP 中断使能 0: 不使能 1: 使能
8	RXSTA	Slave 检测到 START 中断使能 0: 不使能 1: 使能
7:5	-	-
4	RXDONE	接收数据结束中断使能 0: 不使能 1: 使能
3	TXDONE	发送数据结束中断使能 0: 不使能 1: 使能
2	RXOV	接收数据寄存器溢出中断使能 0: 不使能 1: 使能

1	RXNE	接收数据寄存器非空中断使能 0: 不使能 1: 使能
0	TXE	发送数据寄存器空中断使能 0: 不使能 1: 使能

**Master 控制寄存器 MCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MCR	0x20	R/W	0x00000000	Master 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				STO	WR	RD	STA

位域	名称	描述
31:5	-	-
3	STO	写 1，产生 STOP，完成后自动清零。
2	WR	写 1，发送 TXDATA 中数据，完成后（含 ACK/NACK 时间）自动清零。 向本位写 1 前，要求 TXDATA 不能为空。否则，本位无法设置。 注意：WR 与 RD 位不能同时写 1。
1	RD	写 1，接收数据到 RXDATA 中，完成后（含 ACK/NACK 时间）自动清零。
0	STA	写 1，产生 START，完成后自动清零。 注：允许 STA 和 WR 同时置位，优先发送 START。

**时序配置寄存器 CLK**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLK	0x24	R/W	0x00033F7F	时序配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-				SDAH			
23	22	21	20	19	18	17	16
DIV							
15	14	13	12	11	10	9	8
SCLH							
7	6	5	4	3	2	1	0
SCLL							

位域	名称	描述
31:28	-	-
27:24	SDAH	SDA 数据保持时间配置。(对 Master 和 Slave 有效) 对于 master: $t_{HD;DAT}=(SDAH + 4) * T_{pclk}$ 对于 slave: $t_{HD;DAT}=(SDAH + DNF + 6) * T_{pclk}$ 注意: 如果应用环境比较恶劣, 则应注意, 出现在 SDA 数据保持期间的毛刺有可能导致 SDA 的变化沿提前毛刺宽度的时间(如果此时 SCL 上无毛刺, 则总线上会出现非预期的 STA、STOP)。在此情况下, 应设置 SDAH 使得 $t_{HD;DAT}$ 大于最大的毛刺宽度。
23:16	DIV	时钟预分频, 详见 SCLH 和 SCLL 描述。(仅对 Master 模式有效) 0: 1 分频 1: 2 分频 2: 3 分频 ..... 255: 256 分频
15:8	SCLH	SCL 时钟高电平时间配置。(仅对 Master 模式有效) $t_{HIGH}=(SCLH+1) * (DIV+1) + DNF + 6) * T_{pclk}$
7:0	SCLL	SCL 时钟低电平时间配置。(对 Master 模式有效; 在 slave 模式下, 如果使能了 STRETCH 功能, 且 ASDS 配置为 0, 则需要配置本寄存器。在 slave 写 TXDATA 后, 延迟本寄存器设置的时间, 再释放 SCL。) $t_{LOW}=(SCLL+1) * (DIV+1) + SDAH + 5) * T_{pclk}$ SCL 的周期为 $t_{HIGH}+t_{LOW}$ 。 推荐 SCLH 与 SCLL 的比例为 1:2。

注: 示意图如图 6-34 所示

**Slave 控制寄存器 SCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SCR	0x30	R/W	0x00000008	Slave 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				ASDS	STRE	MCDE	ADDR10

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	ASDS	<p>Stretching 后数据建立时间自适应使能。(Adaptive Stretching Data Setup)</p> <p>0: 自适应不使能。由 CLK 设置</p> <p>1: 自适应使能。在接收 master 地址时, 自动检测 SCL 低电平时间, 作为 stretching 后数据建立时间。</p> <p>Slave-transmitter, 当 STRECH 寄存器设置为有效, 且发生 stretching 的情况, 在新数据准备好后, slave 会继续拉低 SCL 一段时间, 以保证 SDA 线上满足数据建立时间的要求。</p>
2	STRE	<p>Clock stretching 使能控制。</p> <p>0: Clock stretching 不使能。</p> <p>1: Clock stretching 使能。</p> <p>(slave 作为 receiver 时, 当接收到新数据, 但旧数据未被及时读取 (RXNE=1): SLVSTR 变有效, 在返回 ACK 后, 将 SCL hold 在低电平, 直到旧数据被读取后, 把新数据更新到 RXDATA 中, 同时 SLVSTR 变无效, 再释放 SCL, 开始下一个数据的接收。</p> <p>slave 作为 transmitter 时, 当发送结束 (TXDONE=1, 含接收 ACK/NACK 时间), 但新数据未准备好 (TXE=1): SLVSTR 变有效, 将 SCL hold 在低电平, 直到新数据准备好, 延迟 SCLL 时间后, SLVSTR 变无效, 再释放 SCL, 开始新数据的发送。)</p>
1	MCDE	<p>Master Code Detect Enable.</p> <p>0: 不检测 master code。</p> <p>1: 检测 master code。</p> <p>本位有效时, slave 在 START 之后检测到 master code, 会生成 RXDONE 中断, 并硬件设置 SLVRDS 为 11。软件应保证 slave 地址设置不与 master code 冲突。</p>

0	ADDR10	slave 地址模式控制。 0: 7 位地址模式 1: 10 位地址模式
---	--------	--

**Slave 地址寄存器 SADDR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SADDR	0x34	R/W	0x00000000	Slave 地址寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
MASK_ADDR7							MASK10
15	14	13	12	11	10	9	8
-						ADDR10	
7	6	5	4	3	2	1	0
ADDR7							ADDR0

位域	名称	描述
31:24	-	-
23:17	MASK7	Slave 对应地址位掩码。 0: 不掩码。 1: 掩码对应位地址。掩码后, 硬件匹配 slave 地址时, 忽略被掩码的地址位。 对于 10 位地址模式, RXDATA 仅保存 ADDR[7:0], 所以不支持对 ADDR[9:8]的 mask。
16	MASK10	Slave 对应地址位掩码。
15:10	-	-
9:8	ADDR10	10 位地址模式: 地址 bit9~bit8
7:1	ADDR7	地址 bit7~bit1
0	ADDR0	10 位地址模式: 地址 bit0

## 6.11 SPI 总线控制器（SPI）

### 6.11.1 概述

SWM241 系列所有型号 SPI 模块操作均相同，不同型号 SPI 数量可能不同。使用前需使能对应 SPI 模块时钟。

SPI 是一种用于全双工模式的串行同步数据通讯协议。该模块为支持 SPI 通讯协议的接口控制模块，它支持主/从工作模式。

SPI 模块支持 SPI 模式及 SSI 模式。SPI 模式下支持 MASTER 模式及 SLAVE 模式。具备深度为 8 的 FIFO，速率及帧宽度可灵活配置。其结构图如图 6-37 所示。

除了支持 SPI 协议外，还可支持 SSI 协议。

### 6.11.2 特性

- 支持主机模式和从机模式
- 支持 SPI 和 SSI 两种帧结构
- 内置深度为 8 的 FIFO，作为接收和发送数据的缓存
- 支持 DMA
- 数据位数 4~16bit 可配置
- 可编程时钟极性和相位
- 支持 LSB 和 MSB 可配置

### 6.11.3 模块结构框图

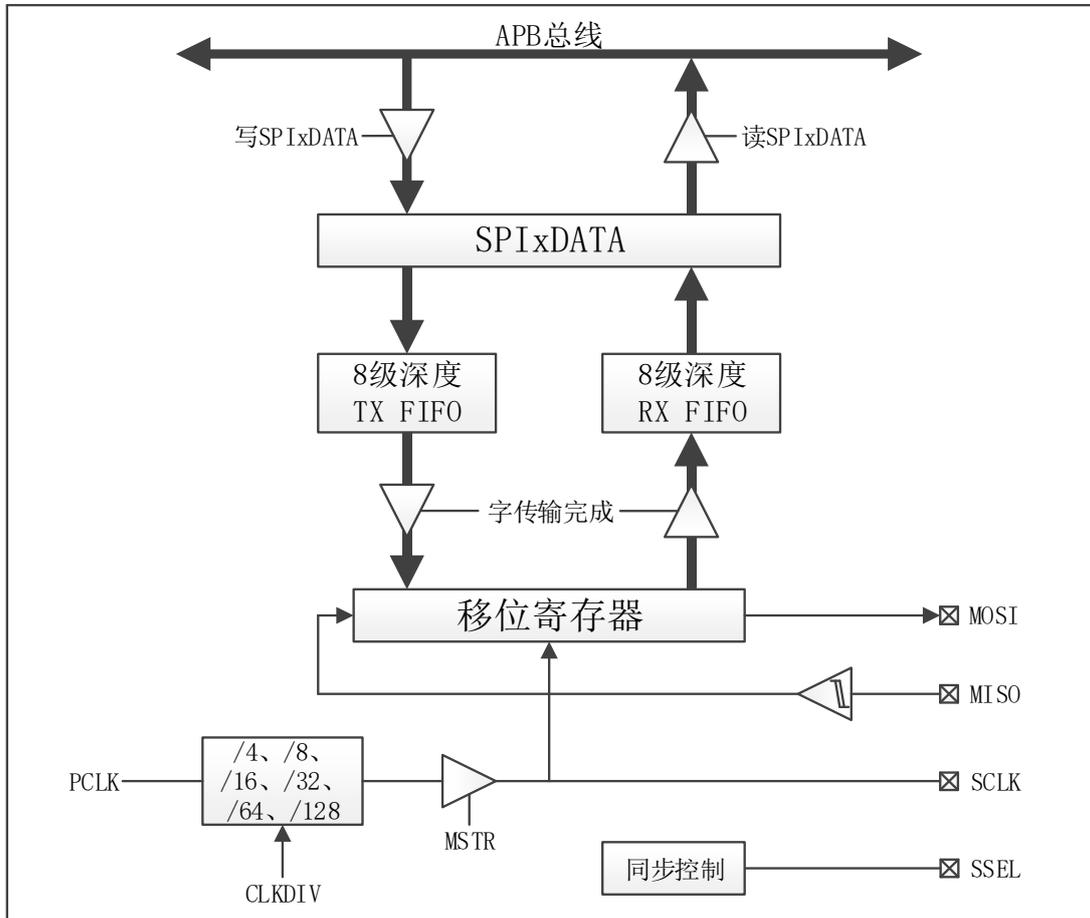


图 6-37 SPI 模块结构框图

## 6.11.4 功能描述

### 位速率的产生

SPI 模块包含一个可编程的位速率时钟分频器来生成串行输出时钟。串行位速率通过设置 CTRL 寄存器 CLKDIV 位对输入时钟进行分频来获得。分频值的范围为 4~512 分频值。计算公式如下  
$$F_{\text{sclk\_out}} = F_{\text{HCLK}} / \text{SCKDIV}$$

作为主设备时，SPI\_CLK 最高支持模块输入时钟 4 分频，即当时钟为 48MHz 时，最高可支持输出 12MHz 时钟。

作为从设备时，SPI\_CLK 最高支持模块输入时钟 6 分频，即当时钟为 48MHz 时，最高支持输入 8MHz 时钟。

### 帧宽度

使能 SPI 模块前，可通过设置 CTRL 寄存器 SIZE 位选择数据帧长度，支持 4~16 位。设置该寄存器位时，需保证 SPI 处于关闭状态。

### SPI 模式

使能 SPI 模块前，可通过设置 CTRL 寄存器中 FFS 位选择输出模式。当该位选择 SPI 模式，此时，可通过 CTRL 寄存器中 CPOL 和 CPHA 配置 SPI 模块时钟空闲状态极性与数据采样时间点。

当 CPOL=0，CPHA=0 时，时钟空闲状态为低电平，起始采样点为时钟上升沿。

当 CPOL=0，CPHA=1 时，时钟空闲状态为低电平，起始采样点为时钟下降沿。

当 CPOL=1，CPHA=0 时，时钟空闲状态为高电平，起始采样点为时钟下降沿。

当 CPOL=1，CPHA=1 时，时钟空闲状态为高电平，起始采样点为时钟上升沿。

输出波形如图 6-38 所示：

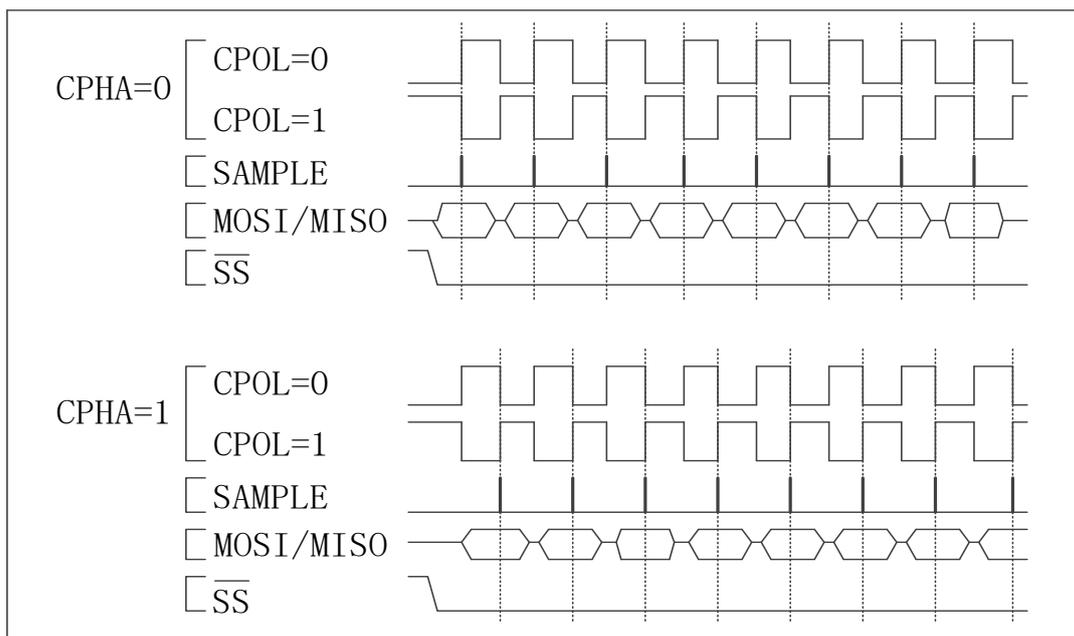


图 6-38 SPI 模式波形图

所有模式下，片选线均为发送一个数据后自动拉高，第二个数据再次拉低，因此当需要使用连续片选时，需使用 GPIO 模拟片选线。

### SSI 模式

可通过设置 CTRL 寄存器中 FFS 位选择输出模式，当该位选择 SSI 模式，单次输出波形如图 6-39 所示：

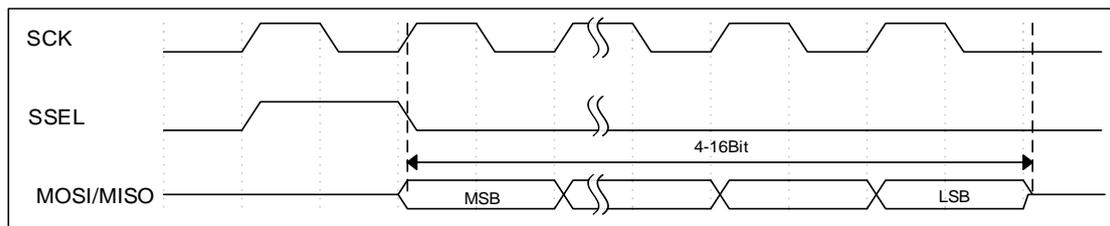


图 6-39 SSI 模式单次输出波

连续输出波形如图 6-40 所示：

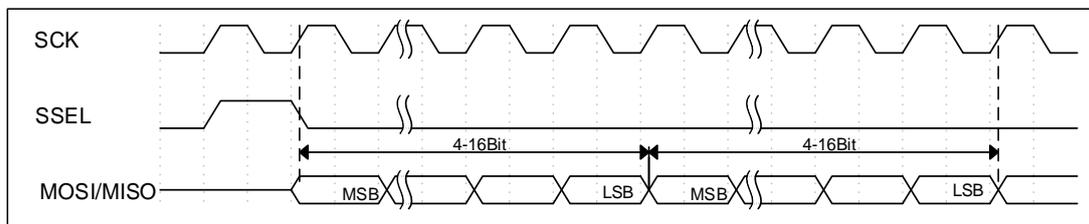


图 6-40 SSI 模式连续输出波形

## 主设备操作

当 SPI 模块作为主模块工作时，操作流程如下：

- 通过 CTRL 寄存器 CLKDIV 位定义串行时钟波特率
- 设置 CTRL 寄存器 SIZE 位来选择数据位数
- 选择 CTRL 寄存器 CPOL 和 CPHA 位，定义数据传输和串行时钟间的相位关系。主、从设备的 CPOL 和 CPHA 位必须一致
- 配置 CTRL 寄存器 FFS 位定义数据帧格式，主、从设备的数据帧格式必须一致。
- 设置 CTRL 寄存器 MSTR 位为主模式
- 使能 CTRL 寄存器 EN 位

在主模式配置中，MOSI 引脚是数据输出，而 MISO 引脚是数据输入。

注意：当选择硬件提供的 CS 引脚作为从设备片选使能时，每传输一个字节的数，CS 引脚均会变高。因此，当从设备需要连续拉低的片选信号时，需要使用 GPIO 模拟 CS 信号。

## 从设备操作

在从模式下，SCK 引脚用于接收从主设备来的串行时钟。对 CTRL 寄存器中 CLKDIV 的设置不影响数据传输速率。

操作流程：

- 设置 CTRL 寄存器 SIZE 位来定义数据位数选择。
- 选择 CTRL 寄存器 CPOL 和 CPHA 位，与主设备一致。
- 配置 CTRL 寄存器 FFS 位定义数据帧格式。
- 设置 CTRL 寄存器 MSTR 位为从模式

在从设备配置中，MOSI 引脚是数据输入，MISO 引脚是数据输出。

## FIFO 操作

发送 FIFO

通用发送 FIFO 是一个 32 位宽、8 单元深、先进先出的存储缓冲区。通过写 DATA 寄存器来将数据写入发送 FIFO，数据在由发送逻辑读出之前一直保存在发送 FIFO 中。并行数据在进行串行转换并通过 MOSI 管脚分别发送到相关的从机之前先写入发送 FIFO。

接收 FIFO

通用接收 FIFO 是一个 32 位宽、8 单元深、先进先出的存储缓冲区。从串行接口接收到的数据在读出之前一直保存在缓冲区中，通过读 DATA 寄存器来访问读 FIFO。从 MISO 管脚接收到的串行数据在分别并行加载到相关的主机接收 FIFO 之前先进行记录。

可通过中断使能寄存器 IE、中断状态寄存器 IF、状态寄存器 STAT 对 FIFO 状态及中断进行查询与控制。

### **中断配置与清除**

可通过配置中断使能寄存器 IE 相应位使能中断。当中断触发后，中断标志寄存器 IF 对应位置 1。如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

**6.11.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
SPI0	BASE: 0x40044000			
SPI1	BASE: 0x40044800			
CTRL	0x00	R/W	0x009E1172	SPI 控制寄存器
DATA	0x04	R/W	0x00000000	SPI 数据寄存器
STAT	0x08	R/W	0x00000006	SPI 状态寄存器
IE	0x0C	R/W	0x00000000	SPI 中断使能寄存器
IF	0x10	R/W1C	0x00000000	SPI 中断状态寄存器

## 6.11.6 寄存器描述

### 控制寄存器 CTRL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL	0x00	R/W	0x009E1172	SPI 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-			LSBF	-		TFCLR	RFCLR
23	22	21	20	19	18	17	16
TFTHR			RFTHR			SSN_H	FILTE
15	14	13	12	11	10	9	8
DMARXEN	DMATXEN	FAST	MSTR	FFS		CPOL	CPHA
7	6	5	4	3	2	1	0
SIZE				EN	CLKDIV		

位域	名称	描述
31:29	-	-
28	LSBF	LSB 配置寄存器 1: 数据按照 LSB 发送 (发送时, TX 寄存器数据的 bit0 位会首先被发出; 接收时, 接收的第一个 bit 数据会放到 RX 寄存器的 bit0 位) 0: 数据按照 MSB 发送 (发送时, TX 寄存器数据的最高位会首先被发出; 接收时, 接收的第一个 bit 数据会放到 RX 寄存器的最高位)
27:26	-	-
25	TFCLR	发送 FIFO 清除控制位 1: 发送 FIFO 清除有效 0: 发送 FIFO 清除无效
24	RFCLR	接收 FIFO 清除控制位 1: 接收 FIFO 清除有效 0: 接收 FIFO 清除无效
23:21	TFTHR	发送 FIFO 达到设置水位后产生中断配置位 000: 发送 FIFO 中最多有 0 个数据 001: 发送 FIFO 中最多有 1 个数据 010: 发送 FIFO 中最多有 2 个数据 011: 发送 FIFO 中最多有 3 个数据 100: 发送 FIFO 中最多有 4 个数据 101: 发送 FIFO 中最多有 5 个数据 110: 发送 FIFO 中最多有 6 个数据 111: 发送 FIFO 中最多有 7 个数据

20:18	RFTHR	<p>接收 FIFO 达到设置水位后会产生中断配置位</p> <p>000: 接收 FIFO 中至少有 1 个数据</p> <p>001: 接收 FIFO 中至少有 2 个数据</p> <p>010: 接收 FIFO 中至少有 3 个数据</p> <p>011: 接收 FIFO 中至少有 4 个数据</p> <p>100: 接收 FIFO 中至少有 5 个数据</p> <p>101: 接收 FIFO 中至少有 6 个数据</p> <p>110: 接收 FIFO 中至少有 7 个数据</p> <p>111: 接收 FIFO 中至少有 8 个数据</p>
17	SSN_H	<p>SSN 在传输过程中是否出现控制位。(在数据帧为 SPI 模式下, 并且配置主模式工作时, 通过该位可控制在传输过程中每帧数据之间是否需要 SSN 拉高)</p> <p>0: 传输过程中 SSN 始终为 0</p> <p>1: 传输过程中每一帧数据之间会将 SSN 至少拉高 0.5 个 SCK 周期</p>
16	FILTE	<p>输入信号去抖控制</p> <p>0: 对输入信号不进行去抖操作</p> <p>1: 对输入信号进行去抖操作</p> <p>注: 采用去抖功能, 会极大提高 SPI 线上信号的可靠性, 但也会极大损失传输速率。</p> <p>开启去抖功能, 在全双工模式下最高只能采用波特率为 16 分频工作, 单工情况下可采用 8 分频波特率工作。该功能关闭, 全双工模式下最高只能采用波特率为 8 分频工作, 在单工情况下可采用 4 分频波特率工作。</p>
15	DMARXEN	<p>DMA 读 SPI 模式选择</p> <p>1: 通过 DMA 读 FIFO</p> <p>0: 通过 MCU 写 FIFO</p>
14	DMATXEN	<p>DMA 写 SPI 模式选择</p> <p>1: 通过 DMA 写 FIFO</p> <p>0: 通过 MCU 写 FIFO</p>
13	FAST	<p>快速模式选择</p> <p>1: SPI 的 SCLK 为 pclk 的 2 分频</p> <p>0: SPI 的 SCLK 由 CLKDIV 控制</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
12	MSTR	<p>主从模式选择</p> <p>1: SPI 系统配置为主器件模式</p> <p>0: SPI 系统配置为从器件模式</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
11:10	FFS	<p>数据帧格式选择</p> <p>00: SPI 模式</p> <p>01: SSI 模式</p> <p>10: 保留</p> <p>11: 保留</p>

9	CPOL	<p>时钟极性选择</p> <p>0: 串行时钟空闲状态为低电平, 有效电平为高电平</p> <p>1: 串行时钟空闲状态为高电平, 有效电平为低电平</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
8	CPHA	<p>时钟相位选择</p> <p>0: 在串行时钟的第一个跳变沿采样数据</p> <p>1: 在串行时钟的第二个跳变沿采样数据</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
7:4	SIZE	<p>数据位数选择</p> <p>0000: 保留</p> <p>0001: 保留</p> <p>0010: 保留</p> <p>0011: 4bit 数据</p> <p>0100: 5bit 数据</p> <p>0101: 6bit 数据</p> <p>0110: 7bit 数据</p> <p>0111: 8bit 数据</p> <p>1000: 9bit 数据</p> <p>1001: 10bit 数据</p> <p>1010: 11bit 数据</p> <p>1011: 12bit 数据</p> <p>1100: 13bit 数据</p> <p>1101: 14bit 数据</p> <p>1110: 15bit 数据</p> <p>1111: 16bit 数据</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
3	EN	<p>SPI 使能位</p> <p>0: 关闭</p> <p>1: 开启</p> <p>注 1: 仅适用于 SPI 模式</p> <p>注 2: 该寄存器使能后, 若在主模式下, 当发送 FIFO 有数据时则开始启动数据帧传输; 在从模式下, 等待数据帧传输</p>

2:0	CLKDIV	<p>波特率选择</p> <p>000: 主时钟 4 分频</p> <p>001: 主时钟 8 分频</p> <p>010: 主时钟 16 分频</p> <p>011: 主时钟 32 分频</p> <p>100: 主时钟 64 分频</p> <p>101: 主时钟 128 分频</p> <p>110: 主时钟 256 分频</p> <p>111: 主时钟 512 分频</p> <p>注: 仅适用于 SPI 模式</p>
-----	--------	---

**数据寄存器 DATA**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA	0x04	R/W	0x00000000	SPI 数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA	SPI 接收/发送数据寄存器 读操作从接收 FIFO 中读出接收到的数据 写操作将数据写入发送 FIFO 中 注：若数据不是 32bit，则按照右对齐进行排列，高位不关心。

**状态寄存器 STAT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT	0x08	R/W	0x00000006	SPI 状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
BUSY	-			RFLVL			TFLVL
7	6	5	4	3	2	1	0
TFLVL		RFOV	RFF	RFNE	TFNF	TFE	WTC

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	BUSY	SPI 传输忙标志位 0: 表示 SPI 未进行传输 1: 表示 SPI 正在进行传输 注: 仅适用于 SPI 模式
14:12	-	-
11:9	RFLVL	接收 FIFO 数据深度位标志, RO 000: RFF 为 1 时, 表示 FIFO 内有 8 组数据 RFF 为 0 时, 表示 FIFO 内没有数据; 001: 表示 FIFO 内有 1 组数据; 010: 表示 FIFO 内有 2 组数据; 011: 表示 FIFO 内有 3 组数据; 100: 表示 FIFO 内有 4 组数据; 101: 表示 FIFO 内有 5 组数据; 110: 表示 FIFO 内有 6 组数据; 111: 表示 FIFO 内有 7 组数据;

8:6	TFLVL	<p>发送 FIFO 数据深度位标志，RO</p> <p>000: TFNF 为 0 时，表示 FIFO 内有 8 组数据 TFNF 为 1 时，表示 FIFO 内没有数据；</p> <p>001: 表示 FIFO 内有 1 组数据；</p> <p>010: 表示 FIFO 内有 2 组数据；</p> <p>011: 表示 FIFO 内有 3 组数据；</p> <p>100: 表示 FIFO 内有 4 组数据；</p> <p>101: 表示 FIFO 内有 5 组数据；</p> <p>110: 表示 FIFO 内有 6 组数据；</p> <p>111: 表示 FIFO 内有 7 组数据；</p>
5	RFOV	<p>接收 FIFO 溢出标志，软件清零，写清零</p> <p>0: 未溢出</p> <p>1: 溢出</p>
4	RFF	<p>接收 FIFO 满标志</p> <p>0: 非满</p> <p>1: 满</p>
3	RFNE	<p>接收 FIFO 非空标志</p> <p>0: 空</p> <p>1: 非空</p>
2	TFNF	<p>发送 FIFO 非满标志</p> <p>0: 满</p> <p>1: 非满</p>
1	TFE	<p>发送 FIFO 空标志</p> <p>0: 非空</p> <p>1: 空</p>
0	WTC	<p>SPI 数据帧传输结束标志</p> <p>每次数据帧传输结束后，该标志会被置位。</p> <p>软件清零，写 1 清零。</p> <p>注：仅适用于 SPI 模式</p>

**中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x0C	R/W	0x00000000	SPI 中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				SSRISE	SSFALL	FTC	WTC
7	6	5	4	3	2	1	0
-	TFTHR	RFTHR	TFHF	TFE	RFHF	RFF	RFOV

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	SSRISE	从机模式下, SSN 信号上升沿检测中断使能
10	SSFALL	从机模式下, SSN 信号下降沿检测中断使能
9	FTC	SPI 传输结束中断使能
8	WTC	SPI 数据帧传输结束中断使能
7	-	-
6	TFTHR	发送 FIFO 达到设定水位中断使能
5	RFTHR	接收 FIFO 达到设定水位中断使能
4	TFHF	发送 FIFO 半满使能
3	TFE	发送 FIFO 空中断使能
2	RFHF	接收 FIFO 半满使能
1	RFF	接收 FIFO 满中断使能
0	RFOV	接收 FIFO 溢出中断使能

**中断状态寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x10	R/W1C	0x00000000	SPI 中断状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				SSRISE	SSFALL	FTC	WTC
7	6	5	4	3	2	1	0
-	TFTHR	RFTHR	TFHF	TFE	RFHF	RFF	RFOV

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	SSRISE	从机模式 SSN 上升沿中断，写 1 清中断 1: 中断 0: 未中断
10	SSFALL	从机模式 SSN 下降沿中断，写 1 清中断 1: 中断 0: 未中断
9	FTC	SPI 传输结束中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断
8	WTC	SPI 数据帧传输结束中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断
7	-	-
6	TFTHR	发送 FIFO 达到设定水位中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断
5	RFTHR	接收 FIFO 达到设定水位中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断

4	TFHF	发送 FIFO 半满中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断状态
3	TFE	发送 FIFO 空中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断状态
2	RFHF	接收 FIFO 半满中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断状态
1	RFF	接收 FIFO 满中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断状态
0	RFOVF	接收 FIFO 溢出中断 1: 中断 0: 未中断 写 1 清中断状态

## 6.12 局域网控制器（CAN）

### 6.12.1 概述

本系列所有型号 CAN 模块操作均相同，不同型号 CAN 数量可能不同。使用前需使能 CAN 模块时钟。与物理层相连需要连接额外的硬件收发器。

### 6.12.2 特性

- 支持协议 2.0A(11 位标识符)和 2.0B（29 位标识符）
- 支持最大 1 Mbit/s 的比特率
- 提供 64 字节的接收 FIFO
- 提供 32 个 16 位或 16 个 32 位的滤波器
- 提供可掩蔽中断
- 为自检操作提供可编程环回模式

## 6.12.3 功能描述

### 中断配置与清除

CAN 模块支持如下中断：

- 接收中断
- 发送中断
- 错误中断
- 数据溢出中断
- 唤醒中断
- 被动错误中断
- 仲裁丢失中断
- 总线错误中断

触发中断前，首先需要设置相应位的中断使能(IE)。

各中断状态清除(除接收中断)，均为读清除。对于接收中断，需要将 CMD 寄存器 RRB 位写 1 清除。

### 数据发送

发送报文需要设置发送 buffer (寄存器 INFO, DATA0—DATA11)。可以是标准帧格式或是扩展帧格式。数据位最大是 8 个字节，超过 8 字节，自动按 8 字节计算。

写数据前，需要查看 SR 寄存器 TXRDY 位是否等于 1，如果不等于 1，则发送的数据将会被丢弃。发送数据请求通过设置 CMD 寄存器 TXREQ 位为 1(发送请求) 或是 CMD. SRR=1(自接收请求)。发送传输启动时，状态寄存器 SR.TXBUSY 置 1，发送请求位清零。

数据传输没有开始时，可以通过设置命令寄存器(CMD. ABTTX = 1)中止传输。如果已经开始传输，则不能中止。

### 数据接收

数据接收先通过滤波器，符合条件标识符的才可以接收。滤波器的设置详见“接收滤波”章节。

数据接收可以读取内部 64 字节 FIFO。

当 CAN 模块开始将接收到的数据写入接收 FIFO 时，状态寄存器 SR.RXBUSY = 1，当接收 FIFO (寄存器 INFO, DATA0—DATA11)接收到完整报文的时候，状态寄存器 SR. RXDA = 1, 中断状态 IF. RXDA 置 1(如果中断使能寄存器 IE. RXDA 置 1)。接收 FIFO 是 64 字节，最多允许接收 5 个完整的扩展帧报文。如果接收 FIFO 没有足够的内存，状态寄存器 SR. RXOV = 1，数据溢出，(如果中断使能 IE. RXOV =1)，溢出中断置位 IF.RXOV = 1。

从接收 FIFO 中读取数据后，需要释放 FIFO(设置 CMD. RRB= 1)。如果没有读取的数据，中断状态位(IE. RXDA)和接收 BUFFER(SR. RXDA)状态位清除。

### 自接收

自接收功能，数据可以自发自收，不发送应答位。通过设置自接收请求(CMD. SRR = 1),根据配置，可以产生发送和接收中断。

如果自接收请求和发送请求同时设置，则自接收请求设置无效

### 接收滤波

验收滤波器有验收代码寄存器(ACR0—ACR3)和验收屏蔽寄存器(AMR0—AMR1)

当接收到的 CAN 帧的 ID 满足  $ACR \& \sim AMR == ID \& \sim AMR$  时，该帧通过过滤，否则丢弃该帧。

#### 标准帧格式，单过滤模式

接收 buffer

地址 0x44	0x48			0x4c	0x50
ID28...ID21	ID20...ID18	RTR	XXXX(不匹配)	数据字节 1	数据字节 2

过滤器

ACR0[7:0]	ACR1[7:4]	(ACR1[3:0]不使用)	ACR2[7: 0]	ACR3[7: 0]
AMR0[7:0]	AMR1[7:4]	(AMR1[3:0]不使用)	AMR2[7: 0]	AMR3[7: 0]

注：如果不需要数据匹配，AMR2、AMR3 设置 0xFF

#### 标准帧格式，双过滤模式

接收 buffer

地址 0x44	0x48			0x4C		0x50
ID28...ID21	ID20...ID18	RTR	XX(不匹配)	数据字节 1[7:4]	数据字节 1[3:0]	数据字节 2

过滤器 1:

ACR0[7:0]	ACR1[7:4]
AMR0[7:0]	AMR1[7:4]

ACR1[3:0]	ACR3[3:0]
AMR1[3:0]	AMR3[3:0]

过滤器 2:

ACR2[7:0]	ACR3[7:4]
AMR2[7:0]	AMR3[7:4]

### 扩展帧格式，单过滤模式

接收 buffer

地址: 0x44	0x48	0x4c	0x50		
ID28...ID21	ID20...ID13	ID12...ID5	ID4...ID0	RTR	XX(不匹配)

过滤器:

ACR0[7:0]	ACR1[7:0]	ACR2[7:0]	ACR3[7:2]	ACR3[1:0]不匹配
AMR0[7:0]	AMR1[7:0]	AMR2[7:0]	AMR3[7:2]	AMR3[1:0]不匹配

### 扩展帧格式，双过滤模式

接收 buffer

地址: 0x44	0x48	0x4C	0x50		
ID28...ID21	ID20...ID13	ID12~ID5(不匹配)	ID4~ID0(不匹配)	RTR(不匹配)	XX(不匹配)

过滤器 1:

ACR0[7:0]	ACR1[7:0]
AMR0[7:0]	AMR1[7:0]

过滤器 2:

ACR2[7:0]	ACR3[7:0]
AMR2[7:0]	AMR3[7:0]

### 波特率

可通过 BT0 和 BT1 寄存器设置波特率，波特率的分频值（BRP）低 6bit 存入 BT0 寄存器 BRP 位，高 4bit 存入 BT2 寄存器 BRP 位。

如  $BRP = (\text{SystemCoreClock}/2)/2 / \text{Baudrate} / (1 + (\text{BT1.TSEG1} + 1) + (\text{BT1.TSEG2} + 1)) - 1$

值得注意的是需要确保 BRP 的值为整数，即  $(\text{SystemCoreClock}/2)/2 / \text{Baudrate}$  为整数，即  $(1 + (\text{BT1.TSEG1} + 1) + (\text{BT1.TSEG2} + 1))$  能被  $(\text{SystemCoreClock}/2)/2 / \text{Baudrate}$  整除。

采样点 =  $(\text{BT1.TSEG1} + 1) / ((1 + (\text{BT1.TSEG1} + 1) + (\text{BT1.TSEG2} + 1)) * 100\%$

如图 6-41 波特率设置示意图所示。

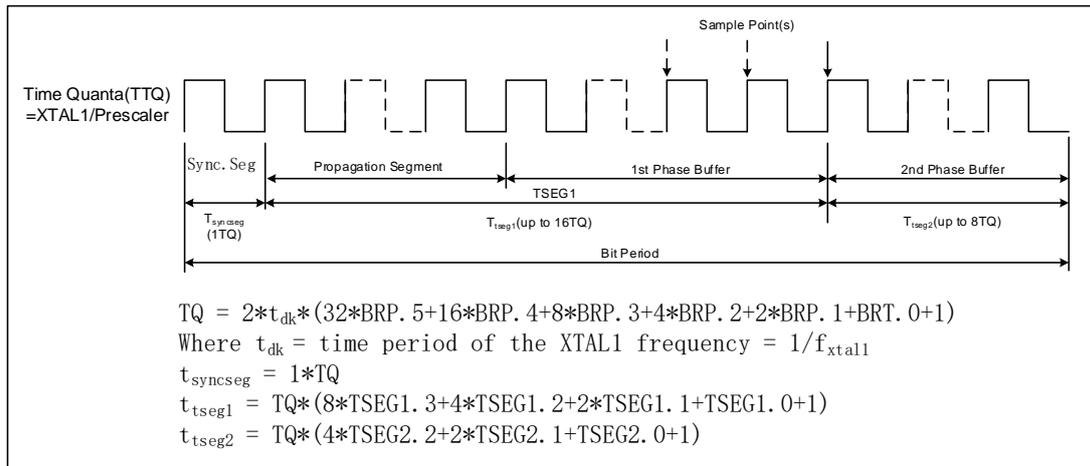


图 6-41 波特率设置示意图

## 错误处理

CAN 模块包括两个错误计数器：接收错误计数器 RXERR 和发送错误计数器 TXERR。当发生错误时，它们会根据 CAN 2.0 规范自动递增。

错误的类型（位错误、格式错误、填充错误或是其他错误）和错误在帧中的位置，可以通过错误代码捕捉寄存器 ECC 查询。

错误报警限制寄存器 EWLIM 用于设定当接收/发送错误个数达到指定值时触发警告，默认值是 96。当发送错误计数器或是接收错误计数器超过错误报警限制寄存器设置的值时，错误状态寄存器(SR.ERRWARN = 1)置 1，如果错误中断使能(IE.ERRWARN = 1)，产生错误中断(IF.ERRWARN = 1)。

如果任何一个错误计数器超过 127 是，CAN 进入错误被动状态（Error Passive），如果主动错误中断使能(IE.ERRPASS = 1)，产生错误主动中断(IF.ERRPASS = 1)。

如果发送错误计数器超过了 255，总线状态位(SR.BUSOFF)会被置 1，总线关闭，CAN 就会进入复位模式。当清除控制寄存器的复位模式(CR.RST)，CAN 退出复位模式。

## 睡眠模式

CAN 可以工作在低功耗的睡眠模式。通过设置控制寄存器 CR.SLEEP = 1，进入睡眠模式。

唤醒睡眠模式可以通过以下三种：

- 总线上有活动
- 配置睡眠中断使能，触发睡眠唤醒中断
- 清除睡眠位（CR.SLEEP = 0）

如果是总线上有活动唤醒睡眠模式，CAN 直到检测到总线空闲，并且接收到 11bit 后，才接受报文。在复位模式下，CAN 不能进入睡眠模式。

## 仅听模式

配置 CR.LOM = 1，进入仅听模式。（至少需要三个节点）。

CAN 工作在仅听模式，只接收数据，不发送数据。即使接收成功，也不发送应答位。

## 初始化和配置

### 初始化

- 配置中断使能寄存器
- 选择单/双过滤模式和复位模式
- 配置验收寄存器(ACR0—ACR3) 和验收屏蔽寄存器(AMR0—AMR3)
- 配置总线定时寄存器 0(BTR0)和 1(BTR1),设置波特率
- 配置 CR 寄存器，退出复位模式

### 设置发送数据

- 查看发送 buffer 状态位，SR.TXBR
- 如果可以写入新的报文发送，在发送 buffer 中写入数据 (配置寄存器 INFO, DATA0—DATA11)
- 配置命令寄存器 CMD，设置 CMD.TXREQ，发送数据请求，或 CMD.SRR，自接收请求
- 设置接收数据
- 查看接收中断状态 IF.RXDA (使能接收中断)或是接收 buffer 状态寄存器 SR.RXDA
- 当读取接收 buffer 里的数据后(寄存器 INFO, DATA0—DATA11)，将 CMD.RRB 置 1，释放接收 FIFO。

**6.12.4 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>CAN0 BASE: 0x400A8000</b>				
<b>CR</b>	0x00	R/W	0x00000001	控制寄存器
<b>CMD</b>	0x04	WO	0x00000000	命令寄存器
<b>SR</b>	0x08	RO	0x0000003C	状态寄存器
<b>IF</b>	0x0C	RC	0x00000000	中断标志寄存器
<b>IE</b>	0x10	R/W	0x00000000	中断使能寄存器
<b>BT2</b>	0x14	R/W	0x00000000	总线定时器 2
<b>BT0</b>	0x18	R/W	0x00000000	总线定时器 0
<b>BT1</b>	0x1C	R/W	0x00000000	总线定时器 1
<b>AFM</b>	0x24	R/W	0x00000000	过滤方式选择寄存器
<b>AFE</b>	0x28	R/W	0x00000000	过滤使能寄存器 AFE
<b>ALC</b>	0x2C	RO	0x00000000	仲裁丢失捕捉
<b>ECC</b>	0x30	RO	0x00000000	错误代码捕捉
<b>EWLIM</b>	0x34	R/W	0x00000060	错误报警限制
<b>RXERR</b>	0x38	RO	0x00000000	接收错误计数
<b>TXERR</b>	0x3C	RO	0x00000000	发送错误计数
<b>INFO</b>	0x40	RO	0x00000000	帧格式
<b>DATA0~11</b>	0x44~0x70	WO	0x00000000	数据 0~11 寄存器
<b>RMCNT</b>	0x74	R/W	0x00000000	接收数据计数寄存器
<b>ACR0~15</b>	0x300~0x33C	R/W	0x00000000	验收寄存器 0~15
<b>AMR0~15</b>	0x380~0x3BC	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 0~15

## 6.12.5 寄存器描述

### 控制寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x00	R/W	0x00000001	控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			SLEEP	-	STM	LOM	RST

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	SLEEP	1: 进入睡眠模式, 有总线活动或中断时唤醒并自动清零此位 0: 正常模式
3	-	-
2	STM	1: 自测模式, 即使没有应答, CAN 控制器也可以成功发送 0: 正常模式, 成功发送数据, 需要应答信号
1	LOM	1: 仅听模式 0: 正常模式
0	RST	1: 复位模式 0: 正常模式 注: 复位模式位接收到'1'-'0'跳变后, CAN 控制器回到工作模式

注: CR.SLEEP 只能在正常模式下写; CR[2: 1] 在正常模式和复位模式下都可以写

**命令寄存器 CMD**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CMD	0x04	WO	0x00000000	命令寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			SRR	CLROV	RRB	ABTTX	TXREQ

位域	名称	描述
31: 5	-	-
4	SRR	1: 自测模式下, 自接收请求, 数据可以同时发送和接收
3	CLROV	1: 清除数据溢出状态位
2	RRB	1: 释放接收缓冲
1	ABTTX	1: 取消下一个发送请求
0	TXREQ	1: 工作模式下, 发送数据请求

注 1: 同时设置 CMD. ABTTX =1, CMD. TXREQ =1, 在发生总线错误和丢失仲裁的时候, 数据只发送一次

注 2: 同时设置 CMD. SRR =1, CMD. TXREQ =1,那么 CMD. SRR =1 无效

注 3: 同时设置 CMD ABTTX =1 CMD. SRR =1, 在发生总线错误和丢失仲裁的时候, 数据只发送一次

注 4: 发送请求位 (CMD. TXREQ) 不能通过设置 CMD. TXREQ =0 取消发送请求, 只能通过设置发送终止命令(CMD. ABTTX =1)取消

注 5: 命令寄存器只写, 读清零。

**状态寄存器 SR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SR	0x08	RO	0x0000003C	状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
BUSOFF	ERRWARN	TXBUSY	RXBUSY	TXOK	TXBR	RXOV	RXDA

位域	名称	描述
31: 8	-	-
7	BUSOFF	1: CAN 控制器处于总线关闭状态, 没有参与到总线活动 0: CAN 控制器处于总线开启状态, 参与总线活动
6	ERRWARN	1: 至少一个错误计数器达到错误限制寄存器设置的值 0: 错误计数器的值小于错误限制寄存器设置的值
5	TXBUSY	1: 正在发送报文 0: 空闲
4	RXBUSY	1: 正在接收报文 0: 空闲
3	TXOK	1: 上一个报文发送成功完成 0: 上一次的报文没有成功发送
2	TXBR	1: 可以写入新的报文发送 0: 正在处理前面的发送, 现在不能写新的报文
1	RXOV	1: 数据溢出。在接收 FIFO 里没有足够的空间导致数据的丢失 0: 上一次写入清除数据溢出命令后, 没有数据溢出
0	RXDA	1: 接收 buffer 满。接收 buffer 里有一个或多个数据可以读取 0: 接收 buffer 空。没有可读数据

**中断状态寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x0C	RC	0x00000000	中断标志寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
BUSERR	ARBLOST	ERRPASS	WKUP	RXOV	ERRWARN	TXBR	RXDA

位域	名称	描述
31: 8	-	-
7	BUSERR	CAN 控制器检测到总线错误 1: 中断已产生 0: 中断未产生
6	ARBLOST	CAN 控制器丢失仲裁变成接收方 1: 中断已产生 0: 中断未产生
5	ERRPASS	从被动错误进入主动错误, 或是至少一个错误计数器超过 127 1: 中断已产生 0: 中断未产生
4	WKUP	在睡眠模式下的 CAN 控制器检测到总线活动 1: 中断已产生 0: 中断未产生
3	RXOV	数据溢出 1: 中断已产生 0: 中断未产生
2	ERRWARN	错误 (SR. ERRWARN 或 SR.BUSOFF 0-to-1 或 1-to-0) 1: 中断已产生 0: 中断未产生
1	TXBR	可以写入新的报文, 发送 buffer 状态位(SR. TXRDY)从 0 变成 1 1: 中断已产生 0: 中断未产生

0	RXDA	<p>接收中断，接收 buffer 中有一个或是多个数据信息</p> <p>1：中断已产生</p> <p>0：中断未产生</p> <p>注：清除该位通过写 CMD.RRB = 1 清除。</p>
---	------	---

注：各中断状态清除(除接收中断)，均为读清除。对于接收中断，需要将 CMD 寄存器 RRB 位写 1 清除。

**中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x10	R/W	0x00000000	中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
BUSERR	ARBLOST	ERRPASS	WKUP	RXOV	ERRWARN	TXBR	RXDA

位域	名称	描述
31: 8	-	-
7	BUSERR	总线错误使能 1: 使能 0: 禁能
6	ARBLOST	丢失仲裁使能 1: 使能 0: 禁能
5	ERRPASS	主动错误使能 1: 使能 0: 禁能
4	WKUP	睡眠唤醒使能 1: 使能 0: 禁能
3	RXOV	接收报文溢出使能 1: 使能 0: 禁能
2	ERRWARN	错误使能 1: 使能 0: 禁能
1	TXBR	可以写入新的报文使能 1: 使能 0: 禁能
0	RXDA	接收中断使能 1: 使能 0: 禁能

**总线定时器高四位寄存器 BT2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BT2	0x14	R/W	0x00000000	总线定时器高四位寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				BRP			

位域	名称	描述
31:4	-	-
3:0	BRP	Baudrate Prescale, 波特率预分频值高四位 CAN 时间单位=2* $T_{sysclk}$ *(BT2.BRP<<6+ BT0.BRP +1)

**总线定时器 BT0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BT0	0x18	R/W	0x00000000	总线定时器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
SJW		BRP					

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:6	SJW	同步跳变宽度
5:0	BRP	Baudrate Prescale, 波特率分频低 6 位 CAN 时间单位=2* $T_{sysclk}$ *(BT2.BRP<<6+ BT0.BRP +1)

**总线定时器 BT1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BT1	0x1C	R/W	0x00000000	总线定时器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
SAM	TSEG2			TSEG1			

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	SAM	采样次数 0: 1 次 1: 3 次
6:4	TSEG2	$t\_tseg2 = \text{CAN 时间单位} * (\text{TSEG2}+1)$
3:0	TSEG1	$t\_tseg1 = \text{CAN 时间单位} * (\text{TSEG1}+1)$

**过滤方式选择寄存器 AFM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AFM	0x24	R/W	0x00000000	过滤方式选择寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
AFM15	AFM14	AFM13	AFM12	AFM11	AFM10	AFM9	AFM8
7	6	5	4	3	2	1	0
AFM7	AFM6	AFM5	AFM4	AFM3	AFM2	AFM1	AFM0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	AFM15	过滤器 15 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
14	AFM14	过滤器 14 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
13	AFM13	过滤器 13 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
12	AFM12	过滤器 12 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
11	AFM11	过滤器 11 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
10	AFM10	过滤器 10 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
9	AFM9	过滤器 9 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
8	AFM8	过滤器 8 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧

<b>7</b>	AFM7	过滤器 7 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>6</b>	AFM6	过滤器 6 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>5</b>	AFM5	过滤器 5 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>4</b>	AFM4	过滤器 4 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>3</b>	AFM3	过滤器 3 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>2</b>	AFM2	过滤器 2 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>1</b>	AFM1	过滤器 1 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧
<b>0</b>	AFM0	过滤器 0 的滤波方式 1: 单滤波 (32) 位, 只用于扩展帧 0: 双滤波 (16) 位, 只用于标准帧

**过滤使能寄存器 AFE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AFE	0x28	R/W	0x00000000	过滤使能寄存器 AFE

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
AFE15	AFE14	AFE13	AFE12	AFE11	AFE10	AFE9	AFE8
7	6	5	4	3	2	1	0
AFE7	AFE6	AFE5	AFE4	AFE3	AFE2	AFE1	AFE0

位域	名称	描述
31:16	-	-
15	AFE15	滤波器 15 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
14	AFE14	滤波器 14 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
13	AFE13	滤波器 13 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
12	AFE12	滤波器 12 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
11	AFE11	滤波器 11 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
10	AFE10	滤波器 10 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
9	AFE9	滤波器 9 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包
8	AFE8	滤波器 8 的使能 1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能 0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包

7	AFE7	<p>滤波器 7 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
6	AFE6	<p>滤波器 6 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
5	AFE5	<p>滤波器 5 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
4	AFE4	<p>滤波器 4 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
3	AFE3	<p>滤波器 3 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
2	AFE2	<p>滤波器 2 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
1	AFE1	<p>滤波器 1 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>
0	AFE0	<p>滤波器 0 的使能</p> <p>1: 使能滤波器, 根据滤波规则进行包收取, 默认所有滤波器使能</p> <p>0: 关闭滤波器, 不收取该滤波器对应的包</p>

**仲裁丢失捕捉寄存器 ALC**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ALC	0x2C	RO	0x00000000	仲裁丢失捕捉

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				ERR_Code			

位域	名称	描述
31:5	-	-
4:0	ERR_Code	详见下表

ALC[4: 0]	十进制值	功能
00000	00	仲裁丢失在识别码的 bit1(ID.28)
00001	01	仲裁丢失在识别码的 bit2(ID.27)
00010	02	仲裁丢失在识别码的 bit3(ID.26)
00011	03	仲裁丢失在识别码的 bit4(ID.25)
00100	04	仲裁丢失在识别码的 bit5(ID.24)
00101	05	仲裁丢失在识别码的 bit6(ID.23)
00110	06	仲裁丢失在识别码的 bit7(ID.22)
00111	07	仲裁丢失在识别码的 bit8(ID.21)
01000	08	仲裁丢失在识别码的 bit9(ID.20)
01001	09	仲裁丢失在识别码的 bit10(ID.19)
01010	10	仲裁丢失在识别码的 bit11(ID.18)
01011	11	仲裁丢失在 SRTR 位
01100	12	仲裁丢失在 IDE 位
01101	13	仲裁丢失在识别码的 bit12(ID.17), 只存在扩展帧格式
01110	14	仲裁丢失在识别码的 bit13(ID.16), 只存在扩展帧格式
01111	15	仲裁丢失在识别码的 bit14(ID.15), 只存在扩展帧格式
10000	16	仲裁丢失在识别码的 bit15(ID.14), 只存在扩展帧格式
10001	17	仲裁丢失在识别码的 bit16(ID.13), 只存在扩展帧格式
10010	18	仲裁丢失在识别码的 bit17(ID.12), 只存在扩展帧格式
10011	19	仲裁丢失在识别码的 bit18(ID.11), 只存在扩展帧格式

10100	20	仲裁丢失在识别码的 bit19(ID.10) , 只存在扩展帧格式
10101	21	仲裁丢失在识别码的 bit20(ID. 9) , 只存在扩展帧格式
10110	22	仲裁丢失在识别码的 bit21(ID. 8) , 只存在扩展帧格式
10111	23	仲裁丢失在识别码的 bit22(ID. 7) , 只存在扩展帧格式
11000	24	仲裁丢失在识别码的 bit23(ID. 6) , 只存在扩展帧格式
11001	25	仲裁丢失在识别码的 bit24(ID. 5) , 只存在扩展帧格式
11010	26	仲裁丢失在识别码的 bit25(ID. 4) , 只存在扩展帧格式
11011	27	仲裁丢失在识别码的 bit26(ID. 3) , 只存在扩展帧格式
11100	28	仲裁丢失在识别码的 bit27(ID. 2) , 只存在扩展帧格式
11101	29	仲裁丢失在识别码的 bit28(ID. 1) , 只存在扩展帧格式
11110	30	仲裁丢失在识别码的 bit29(ID. 0) , 只存在扩展帧格式
11111	31	仲裁丢失在 RTR 位, 只存在扩展帧格式

**错误代码 ECC**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ECC	0x30	RO	0x00000000	错误代码捕捉

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ERRCODE		DIR	SEGCODE				

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:6	ERRCODE	错误代码： 00: 位错误 01: 格式错误 10: 填充错误 11: 其它错误
5	DIR	0 发送时发生错误 1 接收时发生错误
4:0	SEGCODE	错误段码，见下表

ECC[4: 0]	十进制值	功能
00000	00	-
00001	01	-
00010	02	ID28—ID21
00011	03	帧开始
00100	04	SRTR 位
00101	05	IDE 位
00110	06	ID20—ID18
00111	07	ID17—ID13
01000	08	CRC 序列
01001	09	保留位 0
01010	10	数据区
01011	11	数据长度代码
01100	12	RTR 位

<b>01101</b>	13	保留位 1
<b>01110</b>	14	ID.4 – ID.0
<b>01111</b>	15	ID.12 – ID.5
<b>10000</b>	16	-
<b>10001</b>	17	积极错误标志
<b>10010</b>	18	-
<b>10011</b>	19	支配（控制）位误差
<b>10100</b>	20	-
<b>10101</b>	21	-
<b>10110</b>	22	消极错误标志
<b>10111</b>	23	错误定义符
<b>11000</b>	24	CRC 定义符
<b>11001</b>	25	应答通道
<b>11010</b>	26	帧结束
<b>11011</b>	27	应答定义符
<b>11100</b>	28	溢出标志

**错误报警限制 EWLIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
EWLIM	0x34	R/W	0x00000060	错误报警限制

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
EWLIM							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	EWLIM	注意：在复位模式下可读可写 在正常模式下只读

**接收错误计数器 RXERR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RXERR	0x38	RO	0x00000000	接收错误计数

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ERRCNT							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ERRCNT	当前接收错误计数器的值 注意：在复位模式下可读可写 在正常模式下只读

**发送错误计数器 TXERR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TXERR	0x3C	RO	0x00000000	发送错误计数

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ERRCNT							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ERRCNT	发送错误计数器当前值 注意：在复位模式下可读可写 在正常模式下只读

**帧信息寄存器 INFO**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INFO	0x40	RO	0x00000000	帧格式

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
FF	RTR	-		DLC			

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	FF	帧格式 0 标准帧格式 1 扩展帧格式
6	RTR	帧格式 0 数据帧 1 远程帧
5:4	-	-
3:0	DLC	数据长度

**<标准帧格式>数据寄存器 0 DATA0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA0	0x44	WO	0x00000000	数据 0 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ID	标识符 ID[28: 21]

**<标准帧格式>数据寄存器 1 DATA1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA1	0x48	WO	0x00000000	数据 1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID				-			

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:5	ID	标识符 ID[20: 18]
4:0	-	-

**<标准帧格式>数据寄存器 2 DATA2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA2	0x4C	WO	0x00000000	数据 2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 0

**<标准帧格式>数据寄存器 3 DATA3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA3	0x50	WO	0x00000000	数据 3 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 1

**<标准帧格式>数据寄存器 4 DATA4**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA4	0x54	WO	0x00000000	数据 4 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 2

**<标准帧格式>数据寄存器 5 DATA5**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA5	0x58	WO	0x00000000	数据 5 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 3

**<标准帧格式>数据寄存器 6 DATA6**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA6	0x5C	WO	0x00000000	数据 6 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 4

**<标准帧格式>数据寄存器 7 DATA7**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA7	0x60	WO	0x00000000	数据 7 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 5

**<标准帧格式>数据寄存器 8 DATA8**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA8	0x64	WO	0x00000000	数据 8 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 6

**<标准帧格式>数据寄存器 9 DATA9**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA9	0x68	WO	0x00000000	数据 9 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 7

**<扩展帧格式>数据寄存器 0 DATA0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA0	0x44	WO	0x00000000	数据 0 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ID	标识符 ID[28: 21]

**<扩展帧格式>数据寄存器 1 DATA1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA1	0x48	WO	0x00000000	数据 1 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ID	标识符 ID[20: 13]

**<扩展帧格式>数据寄存器 2 DATA2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA2	0x4C	WO	0x00000000	数据 2 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	ID	标识符 ID[12: 5]

**<扩展帧格式>数据寄存器 3 DATA3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA3	0x50	WO	0x00000000	数据 3 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
ID					-		

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:3	ID	标识符 ID[4: 0]
2:0	-	-

**<扩展帧格式>数据寄存器 4 DATA4**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA4	0x54	WO	0x00000000	数据 4 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 0

**<扩展帧格式>数据寄存器 5 DATA5**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA5	0x58	WO	0x00000000	数据 5 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 1

**<扩展帧格式>数据寄存器 6 DATA6**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA6	0x5C	WO	0x00000000	数据 6 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 2

**<扩展帧格式>数据寄存器 7 DATA7**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA7	0x60	WO	0x00000000	数据 7 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 3

**<扩展帧格式>数据寄存器 8 DATA8**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA8	0x64	WO	0x00000000	数据 8 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 4

**<扩展帧格式>数据寄存器 9 DATA9**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA9	0x68	WO	0x00000000	数据 9 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 5

**<扩展帧格式>数据寄存器 10 DATA10**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA10	0x6C	WO	0x00000000	数据 10 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 6

**<扩展帧格式>数据寄存器 11 DATA11**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA11	0x70	WO	0x00000000	数据 11 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:8	-	-
7:0	DATA	数据字节 7

**接收报文数目寄存器 RMCNT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RMCNT	0x74	R/W	0x00000000	接收数据计数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				RMC			

位域	名称	描述
31:5	-	-
4:0	RMC	每次接收到报文数目加 1, 释放接收缓冲数目减 1 复位模式下, 寄存器清零

**验收寄存器 ACR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR0	0x300	R/W	0x00000000	验收寄存器 0

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR1	0x304	R/W	0x00000000	验收寄存器 1

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR2	0x308	R/W	0x00000000	验收寄存器 2

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR3	0x30C	R/W	0x00000000	验收寄存器 3

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR4	0x310	R/W	0x00000000	验收寄存器 4

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR5	0x314	R/W	0x00000000	验收寄存器 5

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR6	0x318	R/W	0x00000000	验收寄存器 6

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR7	0x31C	R/W	0x00000000	验收寄存器 7

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR8	0x320	R/W	0x00000000	验收寄存器 8

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR9	0x324	R/W	0x00000000	验收寄存器 9

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR10	0x328	R/W	0x00000000	验收寄存器 10

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR11	0x32C	R/W	0x00000000	验收寄存器 11

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR12	0x330	R/W	0x00000000	验收寄存器 12

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR13	0x334	R/W	0x00000000	验收寄存器 13

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR14	0x338	R/W	0x00000000	验收寄存器 14

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ACR15	0x33C	R/W	0x00000000	验收寄存器 15

31	30	29	28	27	26	25	24
ACR							
23	22	21	20	19	18	17	16
ACR							
15	14	13	12	11	10	9	8
ACR							
7	6	5	4	3	2	1	0
ACR							

位域	名称	描述
31:0	ACR	当 AFM[n] = 1 时, ACR[n]和 AMR[n]构成一个 32 位过滤器 当 AFM[n] = 0 时, ACR[n]和 AMR[n]构成两个 16 位过滤器 注: ACR & AMR == ID & AMR 的 Message 通过过滤

**验收屏蔽寄存器 AMR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR0	0x380	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 0

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR1	0x384	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 1

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR2	0x388	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 2

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR3	0x38C	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 3

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR4	0x390	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 4

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR5	0x394	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 5

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR6	0x398	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 6

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR7	0x39C	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 7

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR8	0x3A0	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 8

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR9	0x3A4	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 9

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR10	0x3A8	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 10

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR11	0x3AC	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 11

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR12	0x3B0	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 12

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR13	0x3B4	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 13

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR14	0x3B8	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 14

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMR15	0x3BC	RO	0x00000000	验收屏蔽寄存器 15

31	30	29	28	27	26	25	24
AMR							
23	22	21	20	19	18	17	16
AMR							
15	14	13	12	11	10	9	8
AMR							
7	6	5	4	3	2	1	0
AMR							

位域	名称	描述
31:0	AMR	当 AFM[n] = 1 时, ACR[n]和 AMR[n]构成一个 32 位过滤器 当 AFM[n] = 0 时, ACR[n]和 AMR[n]构成两个 16 位过滤器 注: ACR & AMR == ID & AMR 的 Message 通过过滤

## 6.13 脉冲宽度调制（PWM）发生器

### 6.13.1 概述

SWM241 系列所有型号 PWM 操作均相同，不同型号 PWM 通道数可能不同。使用前需使能 PWM 模块时钟。

PWM 模块提供了 4 组（PWM0、PMW1、PWM2、PWM3）、8 路（PWM0A、PWM0B、PWM1A、PWM1B、PWM2A、PWM2B、PWM3A、PWM3B）独立通道，支持边沿模式、中心对称模式。

中心对称模式下，输出是互补输出。如 PWM0A 驱动 PWM0A 和 PWM0AN 两个输出信号，两个信号周期相等、电平值相反，且可设置死区。

### 6.13.2 特性

- 4 组 16 位宽 PWM 控制，最多可产生 8 路 PWM 信号
- 支持边沿模式、中心对称模式
- 每个 PWM 的输出可以独立选择反相输出
- 提供新周期开始中断，高电平结束中断、刹车中断以及中心对称模式下的半周期中断
- 支持硬件死区设置
- 可选择初始输出电平选择
- PWM 输出的固定值可配
- PWM 空闲状态下的输出可配
- 支持刹车功能
- 支持硬件自动触发 ADC 采样
- 每路预分频可独立配置

6.13.3 模块结构框图

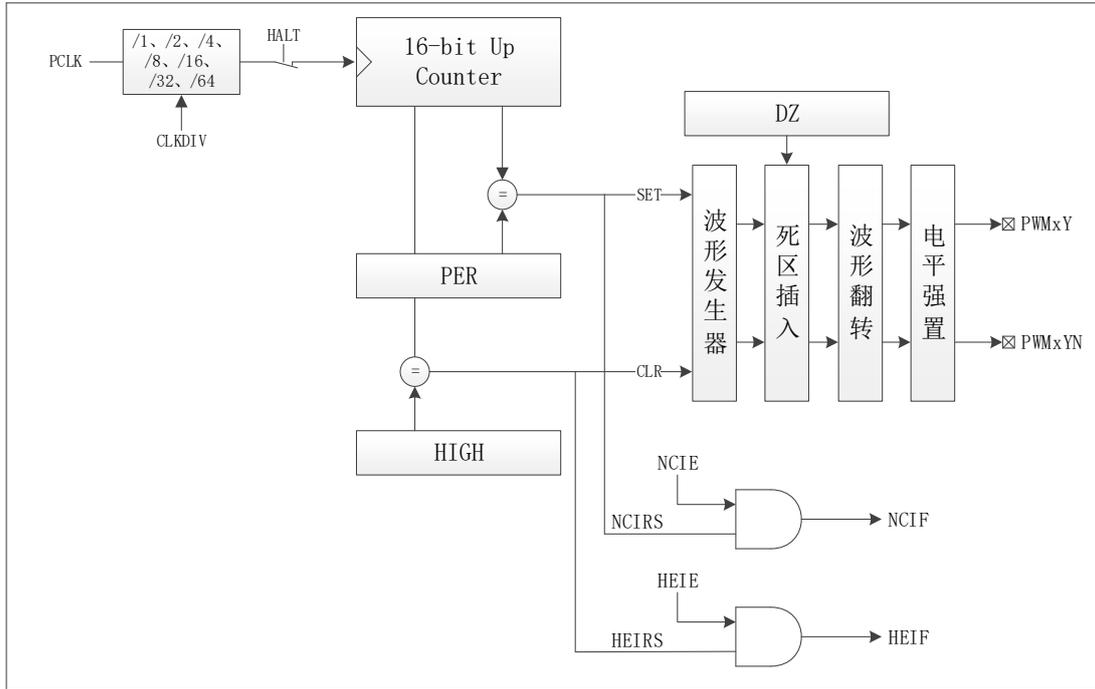


图 6-42 PWM 模块结构框图

## 6.13.4 功能描述

### 时钟分频

通过 CLKDIV 寄存器，可进行 PWM 计数时钟周期配置，支持计数周期最多为 PWM 模块时钟周期的 256 倍。

注意：分频寄存器需要在初始电平设置完成后进行配置。

PWM 模块建议按照如下顺序配置

- 配置初始电平
- 配置周期及中断相关寄存器
- 初始化时钟分频
- 引脚功能切换
- PWM 使能

### 死区保护

PWM 输出时 Dead Zone(死区)的作用是在电平翻转时插入一个时间间隔，避免关闭前一个设备和打开后一个设备时，因为开关速度的问题，出现同时开启状态而增加负荷的情况(在没有彻底关闭前打开了后一个设备)，尤其是电流过大时容易造成短路等损坏设备。

此 PWM 模块每一路 PWM 的死区都独立配置，在独立模式和中心对称模式下均可配。效果为将上升沿推后指定周期，但其配置值必须小于高电平持续时长的配置值，且具有死区保护，即当高电平周期设置为全 0 或者等于周期数时，死区设置失效。

死区示意图如图 6-43 所示：

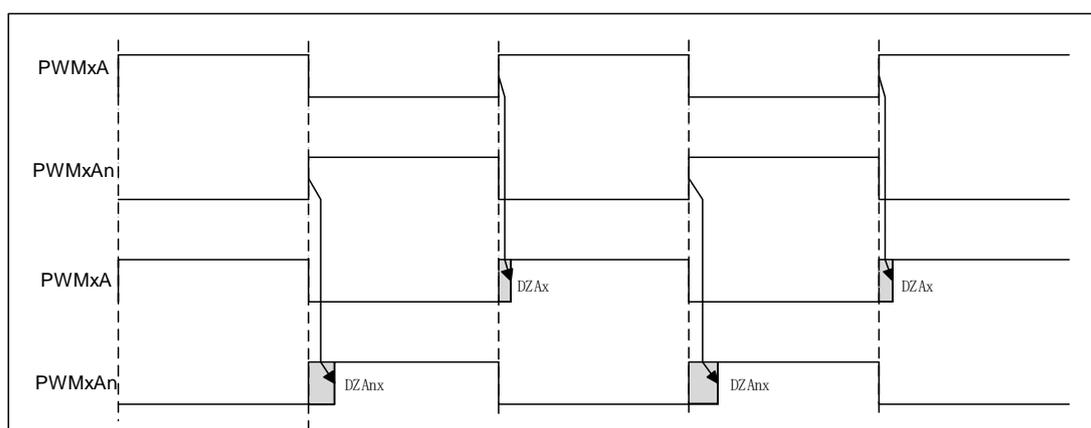


图 6-43 PWM 死区示意图

## 模式选择

通过配置 MODEx 寄存器，配置 PWM 输出模式，包括边沿、中心对称模式。

半周期中断只存在于中心对称模式下。

### 边沿模式

边沿模式下，每一路 PWM 输出独立配置，彼此间相互无影响，PWM 计数周期、高电平持续时间、死区时长以及起始输出电平可独立配置。

支持的中断类型为：

- 新周期开始中断
- 高电平结束中断
- 刹车中断

示意图如图 6-44 所示：

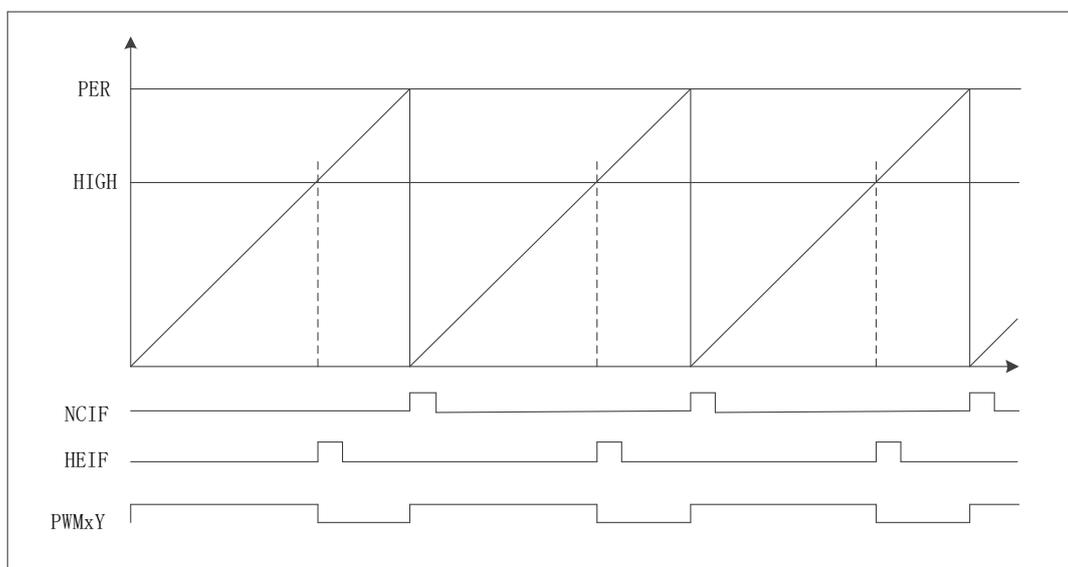


图 6-44 边沿模式

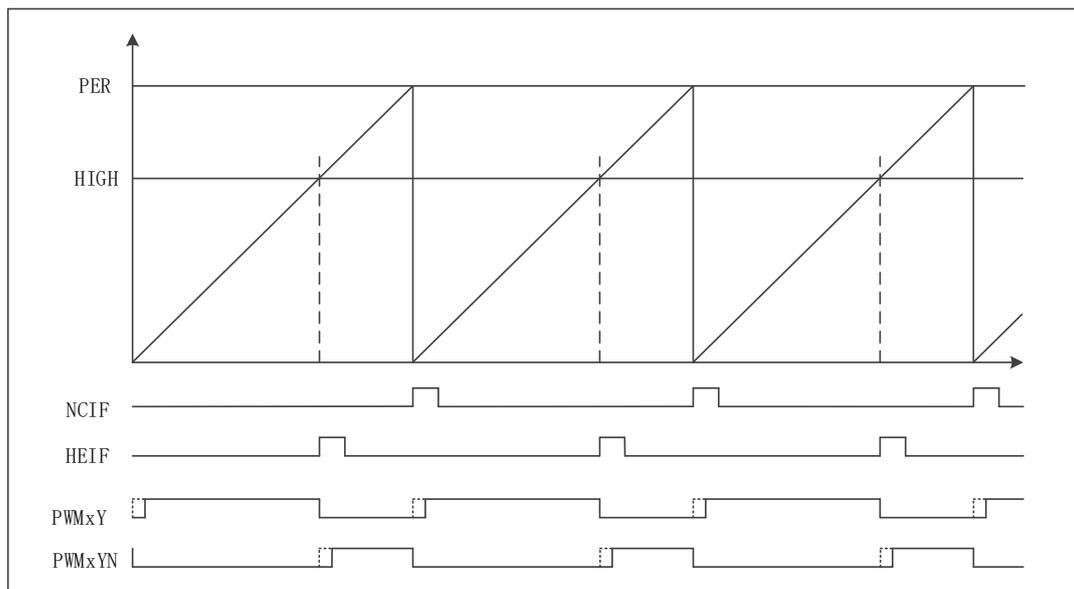


图 6-45 边沿模式带死区

### 中心对称模式

PWMxA 和 PWMxB 两路输出互相独立，且各自都有其反相输出引脚。与边沿模式相比，中心对称模式精度加倍、频率减半。

此模式下支持的中断类型为：

- 新周期开始中断
- 高电平结束中断
- 半周期中断
- 刹车中断

在此模式下，PWM 计数周期、高电平持续时长、死区时长以及起始输出电平可独立配置，具有半周期中断功能（即中心点中断），且该功能仅存在于此模式下，其他模式不可用。每一路均可单独进行使能、屏蔽及查询操作。详情请参考寄存器 HCIE、HCIF、HCIM、HCIRS 寄存器。

示意图如图 6-46 所示：

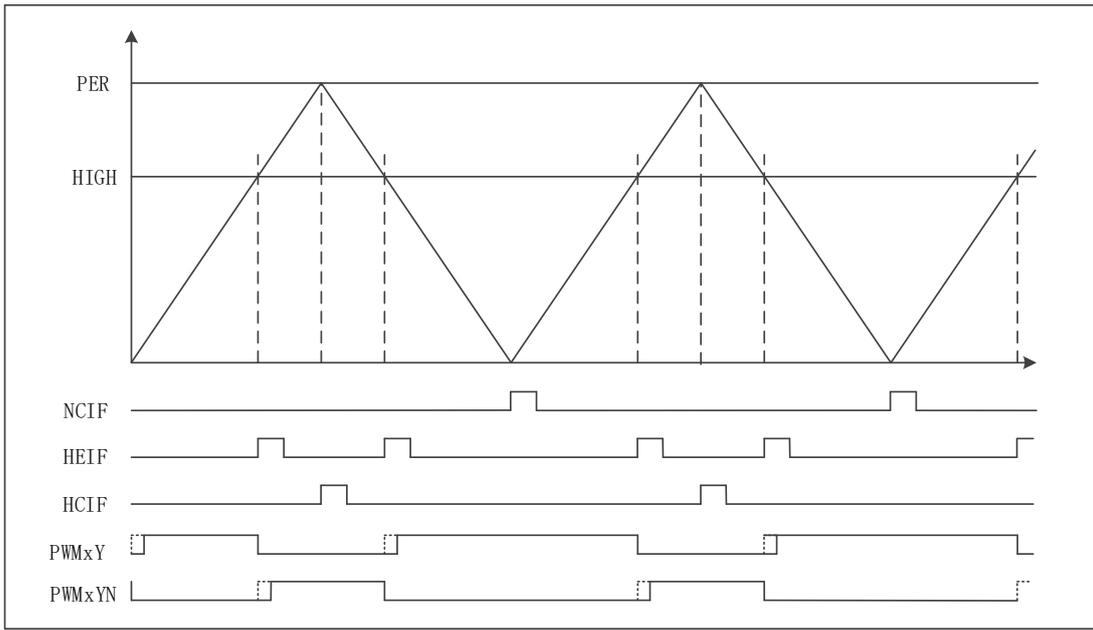


图 6-46 中心对称模式带死区

在此模式下，在半周期和整周期处都会更新高电平周期、计数周期、以及 ADC 触发阈值。

周期更新示意图如图 6-47、图 6-48 所示：

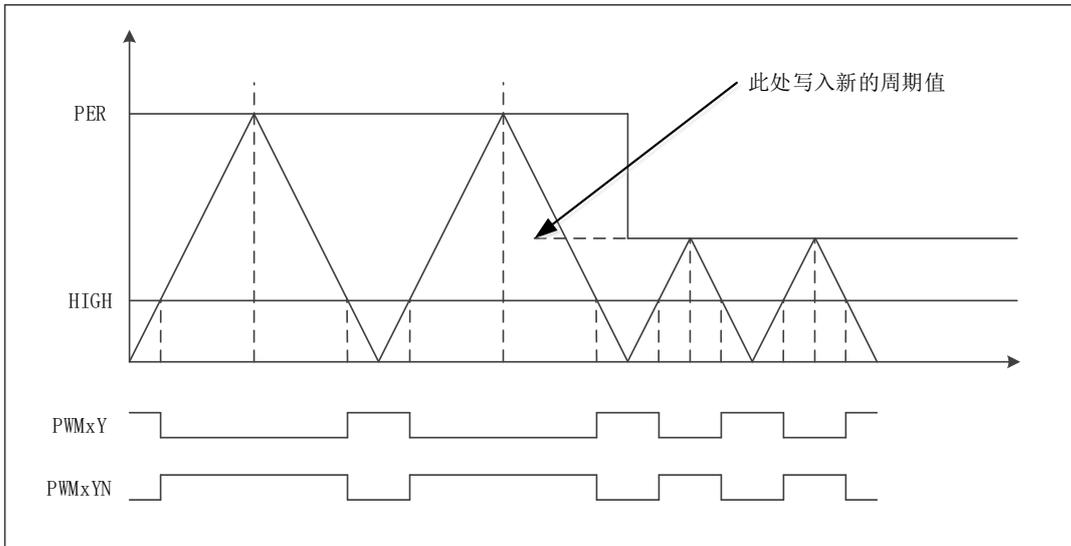


图 6-47 中心对称模式周期结束更新示意图

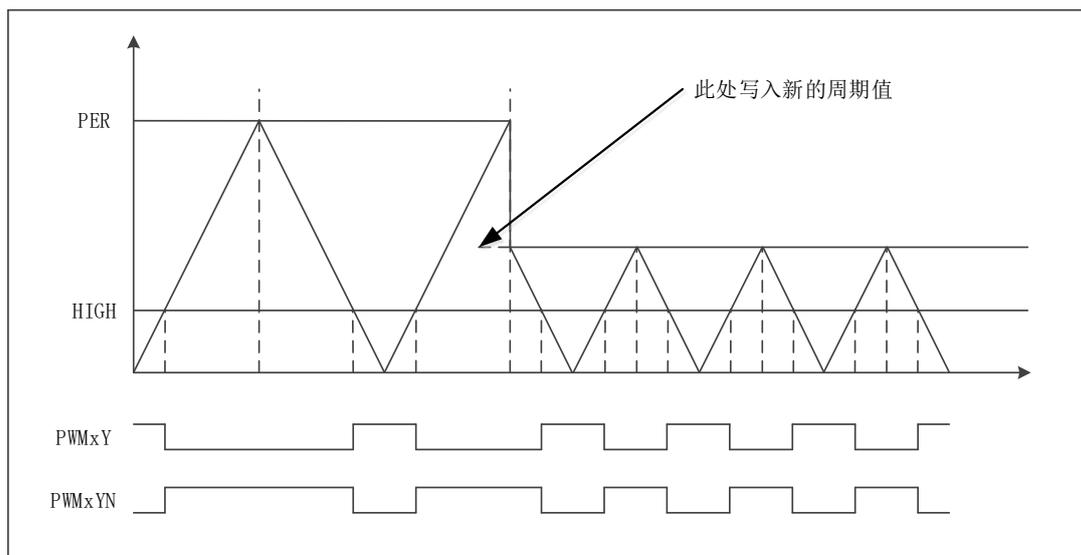


图 6-48 中心对称模式半周期更新示意图

## 触发 SAR ADC 采样

PWM 在任意模式下可以触发 ADC，每一路输出独立的 ADC 触发信号，且每个周期可以设置两个 ADC 触发点。

将 SAR ADC 配置寄存器（CTRL）中 TRIG 方式设置为 PWM 触发。每路 PWM 对应 2 个 ADTRG 值，当 PWM 计数到指定值，可触发 ADC 进行采样。

具体配置方式如下：

- 配置 PWMx 路触发 ADC 控制寄存器，设置触发点是否有效以及 PWM 触发 ADC 时间点。在中心对称模式下，前半周期为设置值，后半周期为设置值的对称点，可通过 ADTRGDIRx 寄存器分别设置计数器递增/递减计数时 ADTRGXn 是否有效。
- 配置 ADC 的触发方式为 PWM 触发
- 使能 PWM 模块 EN 位，当计数值到达 MATCH 设置值时，触发 ADC 配置寄存器（CTRL）中选中的通道（CHx）进行采样，采样完成后，将产生 EOC 标志位，并产生 ADC 中断

示意图如图 6-49 所示：

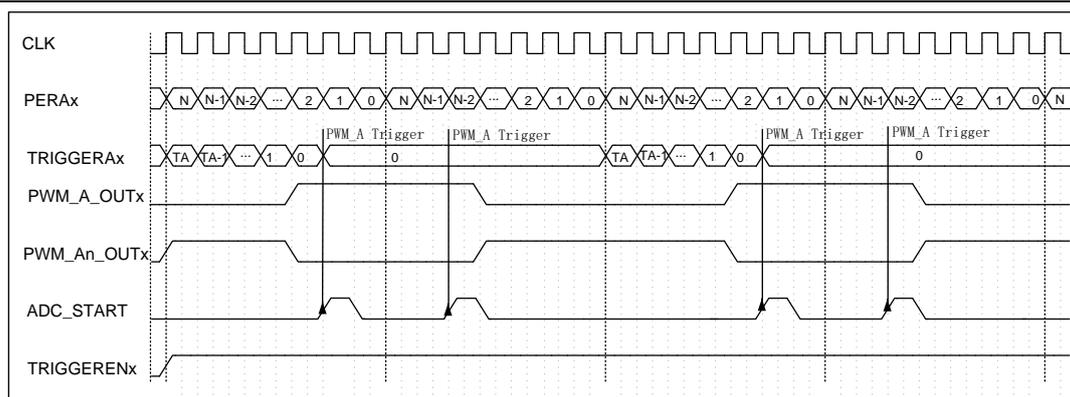


图 6-49 PWM 触发 ADC 采样示意图

## 中断配置与清除

PWM 模块提供了高电平结束中断、新周期起始中断及半周期中断，每一路均可单独进行使能、屏蔽及查询操作。每组 PWM（2 路）共享一根中断线。通过 IE 寄存器、IF 寄存器、IM 寄存器、IRS 寄存器进行操作。IRS 寄存器只受 EN 寄存器影响，当 IM 寄存器使能后，IF 寄存器对应位将被屏蔽。不同模式下工作方式如下：

- 所有模式下，均通过对 IF 寄存器写 1 清除对应中断
- 对于边沿模式，每路均可单独产生中断
  - 新周期开始中断
  - 高电平结束中断
  - 刹车中断
- 对于中心对称模式，可发生半周期中断
  - 新周期开始中断
  - 高电平结束中断
  - 刹车中断
  - 半周期中断

可通过配置刹车中断使能寄存器 BRKIE、中断使能寄存器 IE、半周期中断使能寄存器 HCIE 等相关寄存器中相应位使能中断。当中断触发后，中断标志寄存器 BRKIF、NCIF、HEIF、HCIF 对应位置 1。如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

此模块还具备中断屏蔽功能。当配置了中断屏蔽寄存器 IM 时，即使数据传输结束，也不会产生中断。

## 刹车与暂停功能

PWM 模块支持内部软件操作对输出进行暂停（即强制输出高/低电平，但 PWM 模块计数依然继续进行），外部信号输入对输出进行刹车。

### 暂停功能

PWM0~3 都支持内部软件操作对输出进行暂停，通过操作 FORCE0 寄存器对应位配置。使对应 PWM 输出为固定电平，并可配置相应位输出为高电平或低电平。此时，PWM 模块计数依然继续进行。当配置 FORCE0 寄存器中对应位，使对应 PWM 为正常输出时，PWM 可继续输出。配置详情请见寄存器。

当 PWM 输出暂停时，PWM 模块计数依然继续进行。

波形如图 6-50 所示：

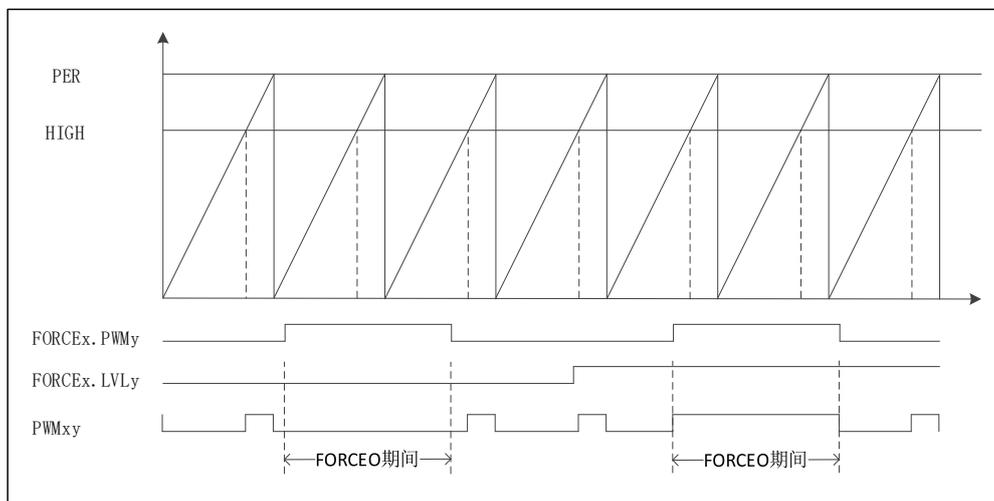


图 6-50 输出屏蔽功能示意图

### 刹车功能

PWM0~2 支持外部信号输入对输出进行暂停（刹车），输入电平可通过配置 BRKCR 配置，刹车时输出电平可通过 BRKENx 寄存器进行配置。

通过配置 BRKCR 寄存器选择刹车信号生效后是否停止计数。

外部信号可通过 PWM\_BRAKE 引脚输入指定电平对 PWM 模块进行刹车操作，使用前配置如下：

- 配置 PORTCON 模块中 INEN 寄存器使能引脚输入功能
- 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚配置为 PWM\_BRAKE 功能
- 对 BRK 相关寄存器进行设置，配置刹车输入有效电平、刹车过程中输出电平、刹车后 PWM 是否继续计数、该功能影响的通道
- 配置使能寄存器。使能后，当外部输入指定电平时，对应通道执行刹车功能

- 刹车电平恢复后，将根据 BRK 寄存器配置决定 PWM 波形是否继续输出

最多支持 2 路刹车引脚，每个引脚均可配置使能及对应 PWM 通道。

刹车结构图如图 6-51 所示：刹车示意图如图 6-52 所示：

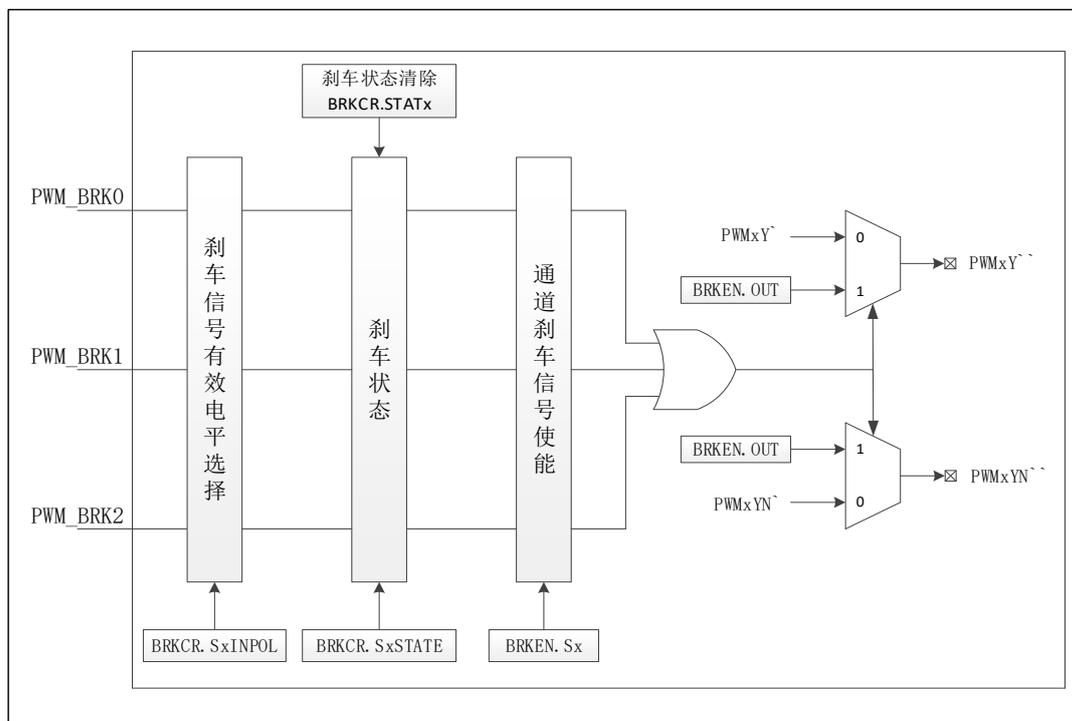


图 6-51 刹车结构图

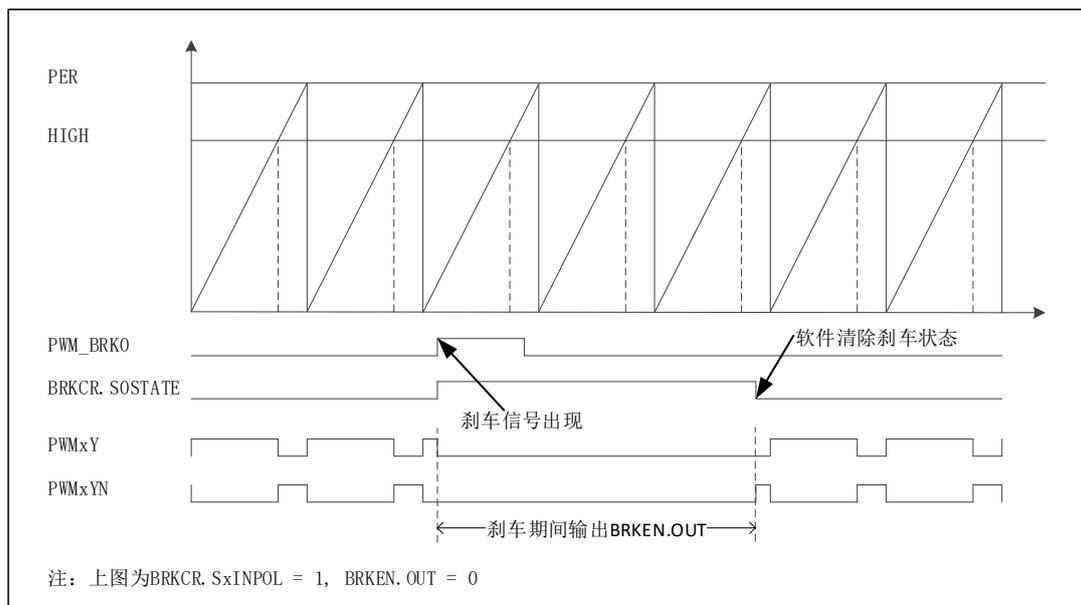


图 6-52 刹车示意图

### 电平翻转

PWM 模块支持电平翻转，可通过配置 OUTCRx 寄存器中 INVA 和 INVB 位，分别对应 A 通道和 B 通道。

如图 6-53 所示：

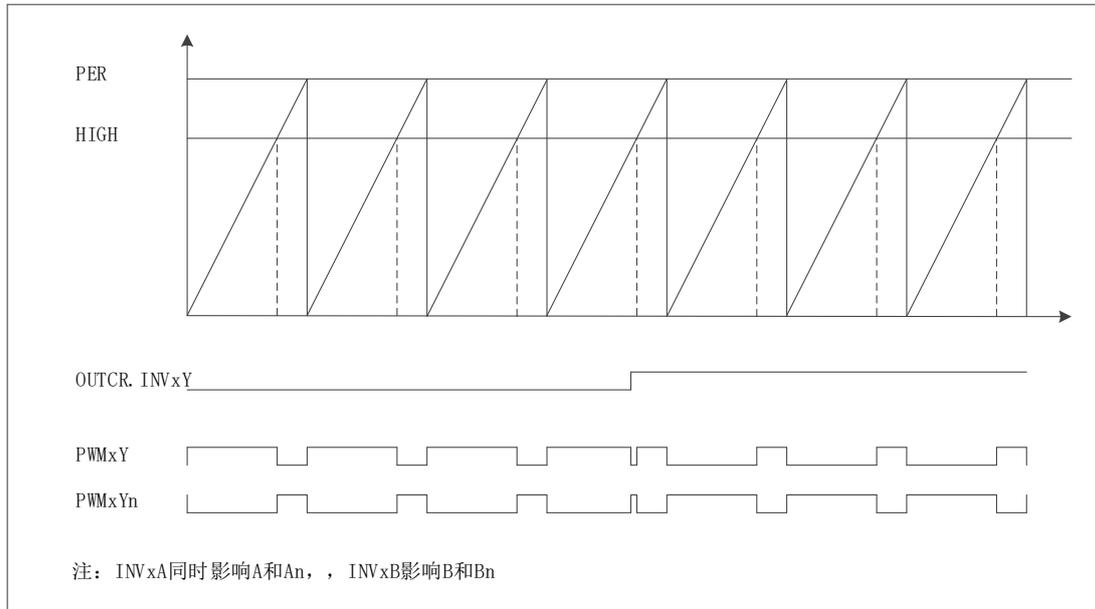


图 6-53 电平翻转示意图

**6.13.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
PWM0	BASE: 0x40046000			
PWM1	BASE: 0x40046040			
PWM2	BASE: 0x40046080			
PWM3	BASE: 0x400460C0			
MODEx	0x00	R/W	0x00000000	第 x 组 PWM 的工作模式控制
PERAx	0x04	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 PWM 的计数周期, 最小为 1, 对应一个计数时钟周期
HIGHAx	0x08	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 PWM 的高电平持续周期, 最小为 0, 对应一直输出低电平
DZAx	0x0C	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路死区长度控制。必须小于 HIGHA0
PERBx	0x10	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 PWM 的计数周期, 最小为 1, 对应一个计数时钟周期
HIGHBx	0x14	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 PWM 的高电平持续周期, 最小为 0, 对应一直输出低电平
DZBx	0x18	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路死区长度控制。
OUTCRx	0x1C	R/W	0x00000000	第 x 组 PWM 输出起始值控制
ADTRGxA0	0x20	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 ADC 触发点 0
ADTRGxA1	0x24	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 ADC 触发点 1
BRKEN x	0x28	R/W	0x00000000	第 x 组刹车使能寄存器
VALUEA x	0x2C	RO	0x00000000	第 x 组 A 路当前计数值
VALUEB x	0x30	RO	0x00000000	第 x 组 B 路当前计数值
ADTRGxB0	0x34	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 ADC 触发点 0
ADTRGxB1	0x38	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 ADC 触发点 1
ADTRGDIRx	0x3C	R/W	0x000000FF	第 x 组触发 ADC 条件寄存器
CONFIG	0x200	R/W	0x00000000	输入脉冲触发沿控制寄存器
FORCEO	0x204	R/W	0x00000000	强制输出寄存器
BRKCR	0x208	R/W	0x00000000	刹车控制
BRKIE	0x20C	R/W	0x00000000	刹车中断使能
BRKIF	0x210	R/W1C	0x00000000	刹车中断状态
BRKIM	0x214	R/W	0x00000000	刹车中断屏蔽
BRKIRS	0x218	R/W1C	0x00000000	刹车中断原始状态
IE	0x21C	R/W	0x00000000	中断使能
CHEN	0x220	R/W	0x00000000	PWM 输出使能
IM	0x224	R/W	0x00000000	中断屏蔽寄存器
NCIRS	0x228	R/W1C	0x00000000	新周期中断原始状态
HEIRS	0x22C	R/W1C	0x00000000	高电平结束中断原始状态
NCIF	0x230	R/W1C	0x00000000	新周期中断状态

<b>HEIF</b>	0x234	R/W1C	0x00000000	高电平结束中断状态
<b>HCIE</b>	0x238	R/W	0x00000000	半周期中断使能
<b>HCIM</b>	0x23C	RW	0x00000000	半周期中断屏蔽
<b>HCIRS</b>	0x240	R/W1C	0x00000000	半周期中断原始状态
<b>HCIF</b>	0x244	R/W1C	0x00000000	半周期中断状态
<b>FORCEV</b>	0x248	R/W	0x00000000	强制输出电平选择寄存器

### 6.13.6 寄存器描述

#### PWM 工作模式寄存器 MODE<sub>x</sub>(x=0,1,2,3)

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MODE <sub>x</sub>	0x00	R/W	0x00000000	第 x 组 PWM 的工作模式控制

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-			CLKDIV				
7	6	5	4	3	2	1	0
CLKDIV			CLKSRCx		MODE <sub>x</sub>		

位域	名称	描述
31:6	-	-
12:5	CLKDIV	PWM 工作时钟频率相对于系统时钟的分频比选择： 0: 无分频； 1: 2 分频 2: 3 分频 ..... 255: 256 分频
4:3	CLKSRCx	第 x 组 PWM 的计数使能 00: 常 1，直接使用 PWM 的工作时钟计数 01: 使用 PWM_DIV 分频后的时钟计数 10: 使用 Pulse0 作为 PWM 的计数时钟 11: 使用 Pulse1 作为 PWM 的计数时钟
2:0	MODE <sub>x</sub>	第 x 组 PWM 的工作模式控制 00: 边沿模式，每一组 PWM 中的 A、B 两路互相独立。 101: 中心对称模式，综合对称模式及互补模式，由 PWM <sub>x</sub> 和 PWM <sub>xn</sub> 实现，独立配置死区

**PWM\_A 路计数周期 PERAx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PERAx	0x04	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 PWM 的计数周期

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PERAx							
7	6	5	4	3	2	1	0
PERAx							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	PERAx	第 x 组 A 路 PWM 的计数周期，最小为 1，对应一个计数时钟周期

**PWM\_A 路高电平持续时长 HIGHAx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HIGHAx	0x08	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 PWM 的高电平持续周期

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							HIGHAx
15	14	13	12	11	10	9	8
HIGHAx							
7	6	5	4	3	2	1	0
HIGHAx							DELAY

位域	名称	描述
31:17	-	-
16:1	HIGHAx	第 x 组 A 路 PWM 的高电平持续周期。
0	DELAY	下降沿推迟半个 PWM 时钟周期（在中心对称模式下，同样影响 pwm <sub>xan</sub> 的输出） 1: 使能 0: 禁能

**PWM\_A 路死区长度 DZAx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DZAx	0x0C	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路死区长度控制。

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						DZAx	
7	6	5	4	3	2	1	0
DZAx							

位域	名称	描述
31:10	-	-
9:0	DZAx	第 x 组 A 路死区长度控制。必须小于 HIGHAx

**PWM\_B 路计数周期 PERBx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PERBx	0x10	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 PWM 的计数周期

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
PERBx							
7	6	5	4	3	2	1	0
PERBx							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	PERBx	第 x 组 B 路 PWM 的计数周期，最小为 1，对应一个计数时钟周期

**PWM\_B 路高电平持续时长 HIGHBx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HIGHBx	0x14	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 PWM 的高电平持续周期

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							HIGHBx
15	14	13	12	11	10	9	8
HIGHBx							
7	6	5	4	3	2	1	0
HIGHBx							DELAY

位域	名称	描述
31:17	-	-
16:1	HIGHBx	第 x 组 B 路 PWM 的高电平持续周期。
0	DELAY	下降沿推迟半个 PWM 时钟周期 1: 使能 0: 禁能

**PWM\_B 路死区长度 DZBx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DZBx	0x18	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路死区长度控制。

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						DZBx	
7	6	5	4	3	2	1	0
DZBx							

位域	名称	描述
31:10	-	-
9:0	DZBx	第 x 组 B 路死区长度控制。必须小于 HIGHBx

**PWM 输出起始值控制 OUTCRx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
OUTCRx	0x1C	R/W	0x00000000	第 x 组 PWM 输出起始值控制

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
INVBx	INVANx	IDLEBx	IDLEAx	INVBx	INVAx	INIBx	INIAx

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	INVBx	1: 将 x 组 B 路 pwmxbn 输出反相后输出 0: 将 x 组 B 路 pwmxbn 按常规输出
6	INVANx	1: 将 x 组 A 路 pwmxa 输出反相后输出 0: 将 x 组 A 路 pwmxa 按常规输出
5	IDLEBx	1: 第 x 组 B 路空闲输出为高 0: 第 x 组 B 路空闲输出为低
4	IDLEAx	1: 第 x 组 A 路空闲输出为高 0: 第 x 组 A 路空闲输出为低
3	INVBx	1: 第 x 组 B 路反向后输出 0: 第 x 组 B 路正常输出
2	INVAx	1: 第 x 组 A 路反向后输出 0: 第 x 组 A 路正常输出
1	INIBx	1: 第 x 组 B 路输出从高电平开始 0: 第 x 组 B 路输出从低电平开始
0	INIAx	1: 第 x 组 A 路输出从高电平开始 0: 第 x 组 A 路输出从低电平开始

PWM\_A 路触发 ADC 控制寄存器 ADTRGxA0 (x=0,1,2,3)

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADTRGxA0	0x20	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 ADC 触发点 0

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							EN
15	14	13	12	11	10	9	8
MATCH							
7	6	5	4	3	2	1	0
MATCH							

位域	名称	描述
31:17	-	-
16	EN	第 x 组 A 路 trigger0 触发点是否有效 1: 有效 0: 无效
15:0	MATCH	第 x 组 A 路 PWM 触发 ADC 时间点 0: 当对应 PWM 计数器经过 MATCH 值延时后, 输出 ADC 触发脉冲 例如: EN 为 1, 如果第 x 组 a 路计数器的值和 TRIGGERA1 的值相等, 则 trigger2adc 输出一个单周期脉冲 注 1: 当本组进入刹车状态后, 不再输出脉冲。 注 2: 当 PWM 工作在中心对称模式下时, 在偶数周期时, 不改变 triggera0 的值, 对应的触发位置为奇数周期的对称点。 注 3: trigger 设置为 0 对应第一个周期, 而 period 设置为 1 表示一个周期, 所以 trigger 的设置值至少要比 period 小 1。

PWM\_A 路触发 ADC 控制寄存器 ADTRGxA1(x=0,1,2,3)

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADTRGxA1	0x24	R/W	0x00000000	第 x 组 A 路 ADC 触发点 1

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							EN
15	14	13	12	11	10	9	8
MATCH							
7	6	5	4	3	2	1	0
MATCH							

位域	名称	描述
31:17	-	-
16	EN	第 x 组 A 路 trigger1 触发点是否有效 1: 有效 0: 无效
15:0	MATCH	第 x 组 A 路 PWM 触发 ADC 时间点 1: 当对应 PWM 计数器经过 MATCH 值延时后, 输出 ADC 触发脉冲 例如: EN 为 1, 如果第 x 组 a 路计数器的值和 TRIGGERA1 的值相等, 则 trigger2adc 输出一个单周期脉冲 注 1: 当本组进入刹车状态后, 不再输出脉冲。 注 2: 当 PWM 工作在中心对称模式下时, 在偶数周期时, 不改变 triggera0 的值, 对应的触发位置为奇数周期的对称点。 注 3: trigger 设置为 0 对应第一个周期, 而 period 设置为 1 表示一个周期, 所以 trigger 的设置值至少要比 period 小 1。

**PWM 刹车使能寄存器 BRKENx (x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKENx	0x28	R/W	0x00000000	第 x 组刹车使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			BRKEN_OUT	BRKEN_S2	BRKEN_S1	BRKEN_S0	EN

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	BRKEN_OUT	1: 刹车过程中输出高电平 0: 刹车过程中输出低电平
3	BRKEN_S2	BRAKE2 引脚是否对该组 PWM 有效 1: 有效 0: 无效
2	BRKEN_S1	BRAKE1 引脚是否对该组 PWM 有效 1: 有效 0: 无效
1	BRKEN_S0	BRAKE0 引脚是否对该组 PWM 有效 1: 有效 0: 无效
0	EN	1: 刹车功能生效 0: 屏蔽刹车功能

**PWMA 路计数值寄存器 VALUEA x (x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
VALUEA x	0x2C	RO	0x00000000	第 x 组 A 路当前计数值

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
CNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CNT							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	CNT	X 组 A 路当前对应计数值

**PWMB 路计数值寄存器 VALUEB x (x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
VALUEB x	0x30	RO	0x00000000	第 x 组 B 路当前计数值

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
CNT							
7	6	5	4	3	2	1	0
CNT							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:0	CNT	X 组 B 路当前对应计数值

PWMB 路触发 ADC 控制寄存器 ADTRGxB0 (x=0,1,2,3)

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADTRGxB0	0x34	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 ADC 触发点 0

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							EN
15	14	13	12	11	10	9	8
MATCH							
7	6	5	4	3	2	1	0
MATCH							

位域	名称	描述
31:17	-	-
16	EN	第 x 组 B 路 trigger0 触发点是否有效 1: 有效 0: 无效
15:0	MATCH	第 x 组 B 路 PWM 触发 ADC 时间点 0: 当对应 PWM 计数器经过 MATCH 值延时后, 输出 ADC 触发脉冲 例如: EN 为 1, 如果第 x 组 a 路计数器的值和 TRIGGERA1 的值相等, 则 trigger2adc 输出一个单周期脉冲 注 1: 当本组进入刹车状态后, 不再输出脉冲。 注 2: 当 PWM 工作在中心对称模式下时, 在偶数周期时, 不改变 triggera0 的值, 对应的触发位置为奇数周期的对称点。 注 3: trigger 设置为 0 对应第一个周期, 而 period 设置为 1 表示一个周期, 所以 trigger 的设置值至少要比 period 小 1。

PWMB 路触发 ADC 控制寄存器 ADTRGxB1(x=0,1,2,3)

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADTRGxB1	0x38	R/W	0x00000000	第 x 组 B 路 ADC 触发点 1

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							EN
15	14	13	12	11	10	9	8
MATCH							
7	6	5	4	3	2	1	0
MATCH							

位域	名称	描述
31:17	-	-
16	EN	第 x 组 B 路 trigger1 触发点是否有效 1: 有效 0: 无效
15:0	MATCH	第 x 组 B 路 PWM 触发 ADC 时间点 1: 当对应 PWM 计数器经过 MATCH 值延时后, 输出 ADC 触发脉冲 例如: EN 为 1, 如果第 x 组 a 路计数器的值和 TRIGGERA1 的值相等, 则 trigger2adc 输出一个单周期脉冲 注 1: 当本组进入刹车状态后, 不再输出脉冲。 注 2: 当 PWM 工作在中心对称模式下时, 在偶数周期时, 不改变 triggera0 的值, 对应的触发位置为奇数周期的对称点。 注 3: trigger 设置为 0 对应第一个周期, 而 period 设置为 1 表示一个周期, 所以 trigger 的设置值至少要比 period 小 1。

**第 x 组触发 ADC 条件寄存器 ADTRGDIRx(x=0,1,2,3)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADTRGDIRx	0x3C	R/W	0x000000FF	第 x 组触发 ADC 条件寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
B1INC	B1DEC	B0INC	B0DEC	A1INC	A1DEC	A0INC	A0DEC

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	B1INC	ADTRGB1 在奇数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
6	B1DEC	ADTRGB1 在偶数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
5	B0INC	ADTRGB1 在奇数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
4	B0DEC	ADTRGB0 在偶数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
3	A1INC	ADTRGA1 在奇数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
2	A1DEC	ADTRGA1 在偶数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
1	A0INC	ADTRGA0 在奇数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能
0	A0DEC	ADTRGA0 在偶数周期有效使能 0: 禁能 1: 使能

**输入脉冲触发沿控制寄存器 CONFIG**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CONFIG	0x200	R/W	0x00000000	输入脉冲触发沿控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			P1RISE	PORISE	-		

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	P1RISE	选择输入 Pulse1 的触发沿 1: 上升沿 0: 下降沿
3	PORISE	选择输入 Pulse0 的触发沿 1: 上升沿 0: 下降沿
2:0	-	-

**强制输出寄存器 FORCEO**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FORCEO	0x204	R/W	0x00000000	强制输出寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-				PWM3Bn	PWM2Bn	PWM1Bn	PWM0Bn
23	22	21	20	19	18	17	16
-				PWM3B	PWM2B	PWM1B	PWM0B
15	14	13	12	11	10	9	8
-				PWM3An	PWM2An	PWM1An	PWM0An
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PWM3A	PWM2A	PWM1A	PWM0A

位域	名称	描述
31:28	-	-
27	PWM3Bn	PWM3Bn 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
26	PWM2Bn	PWM2Bn 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
25	PWM1Bn	PWM1Bn 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
24	PWM0Bn	PWM0Bn 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
23:20	-	-
19	PWM3B	PWM3B 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
18	PWM2B	PWM2B 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
17	PWM1B	PWM1B 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常

16	PWM0B	PWM0B 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
15:12	-	-
11	PWM3An	PWM3An 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
10	PWM2An	PWM2An 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
9	PWM1An	PWM1An 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
8	PWM0An	PWM0An 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
7:4	-	-
3	PWM3A	PWM3A 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
2	PWM2A	PWM2A 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
1	PWM1A	PWM1A 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常
0	PWM0A	PWM0A 强制输出固定电平使能 1: 使能 0: 输出正常

**PWM 刹车控制寄存器 BRKCR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKCR	0x208	R/W	0x00000000	刹车控制

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				S2INPOL	S1INPOL	S0INPOL	S2STCLR
7	6	5	4	3	2	1	0
S1STCLR	S0STCLR	S2STATE	S1STATE	S0STATE	-		STOPCNT

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	S2INPOL	BRAKE2 输入有效电平 1: 高电平有效 0: 低电平有效
10	S1INPOL	BRAKE1 输入有效电平 1: 高电平有效 0: 低电平有效
9	S0INPOL	BRAKE0 输入有效电平 1: 高电平有效 0: 低电平有效
8	S2STCLR	BRAKE2 状态清除, RO 1: 清除状态 0: 保持状态
7	S1STCLR	BRAKE1 状态清除, RO 1: 清除状态 0: 保持状态
6	S0STCLR	BRAKE0 状态清除, RO 1: 清除状态 0: 保持状态
5	S2STATE	BRAKE2 状态 (软件清除), RO 1: 正在刹车 0: 未刹车
4	S1STATE	BRAKE1 状态 (软件清除), RO 1: 正在刹车 0: 未刹车

3	SOSTATE	BRAKE0 状态（软件清除），RO 1: 正在刹车 0: 未刹车
2:1	-	-
0	STOPCNT	1: 刹车生效后 PWM 清零，停止计数，使能位会自动清除 0: 刹车生效后 PWM 继续计数，输出停止

PWM 刹车中断使能寄存器 BRKIE

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKIE	0x20C	R/W	0x00000000	刹车中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					S2	S1	S0

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	S2	BRAKE2 中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	S1	BRAKE1 中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	S0	BRAKE0 中断使能 1: 使能 0: 禁能

**PWM 刹车中断状态寄存器 BRKIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKIF	0x210	R/W1C	0x00000000	刹车中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					S2	S1	S0

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	S2	BRAKE2 中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生
1	S1	BRAKE1 中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生
0	S0	BRAKE0 中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生

**PWM 刹车中断屏蔽寄存器 BRKIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKIM	0x214	R/W	0x00000000	刹车中断屏蔽

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					S2	S1	S0

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	S2	BRAKE2 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
1	S1	BRAKE1 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
0	S0	BRAKE0 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽

**PWM 刹车中断原始状态寄存器 BRKIRS**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BRKIRS	0x218	R/W1C	0x00000000	刹车中断原始状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-					S2	S1	S0

位域	名称	描述
31:3	-	-
2	S2	BRAKE2 原始中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生
1	S1	BRAKE1 原始中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生
0	S0	BRAKE0 原始中断状态, R/W1C 1: 已发生 0: 未发生

**PWM 中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x21C	R/W	0x00000000	中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
HE3B	HE3A	HE2B	HE2A	HE1B	HE1A	HE0B	HE0A
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
NC3B	NC3A	NC2B	NC2A	NC1B	NC1A	NC0B	NC0A

位域	名称	描述
31:24	-	-
23	HE3B	第 3 组 B 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
22	HE3A	第 3 组 A 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
21	HE2B	第 2 组 B 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
20	HE2A	第 2 组 A 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
19	HE1B	第 1 组 B 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
18	HE1A	第 1 组 A 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
17	HE0B	第 0 组 B 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能
16	HE0A	第 0 组 A 路高电平结束中断使能 1: 使能 0: 禁能

15:8	-	-
7	NC3B	第 3 组 B 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
6	NC3A	第 3 组 A 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
5	NC2B	第 2 组 B 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
4	NC2A	第 2 组 A 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
3	NC1B	第 1 组 B 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	NC1A	第 1 组 A 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	NC0B	第 0 组 B 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	NC0A	第 0 组 A 路新周期中断使能 1: 使能 0: 禁能

**PWM 使能控制寄存器 CHEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHEN	0x220	R/W	0x00000000	PWM 输出使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				PWM3B	PWM2B	PWM1B	PWM0B
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PWM3A	PWM2A	PWM1A	PWM0A

位域	名称	描述
31:12	-	-
11	PWM3B	第 3 组 B 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
10	PWM2B	第 2 组 B 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
9	PWM1B	第 1 组 B 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
8	PWM0B	第 0 组 B 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
7:4	-	-
3	PWM3A	第 3 组 A 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
2	PWM2A	第 2 组 A 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
1	PWM1A	第 1 组 A 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能

0	PWMOA	第 0 组 A 路 PWM 使能 1: 使能 0: 禁能
---	-------	------------------------------------

**PWM 中断屏蔽寄存器 IM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IM	0x224	R/W	0x00000000	中断屏蔽寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
HE3B	HE3A	HE2B	HE2A	HE1B	HE1A	HE0B	HE0A
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
NC3B	NC3A	NC2B	NC2A	NC1B	NC1A	NC0B	NC0A

位域	名称	描述
31:24	-	-
23	HE3B	第 3 组 B 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
22	HE3A	第 3 组 A 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
21	HE2B	第 2 组 B 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
20	HE2A	第 2 组 A 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
19	HE1B	第 1 组 B 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
18	HE1A	第 1 组 A 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
17	HE0B	第 0 组 B 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
16	HE0A	第 0 组 A 路高电平结束中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽

15:8	-	-
7	NC3B	第 3 组 B 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
6	NC3A	第 3 组 A 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
5	NC2B	第 2 组 B 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
4	NC2A	第 2 组 A 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
3	NC1B	第 1 组 B 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
2	NC1A	第 1 组 A 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
1	NC0B	第 0 组 B 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
0	NC0A	第 0 组 A 路新周期中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 未屏蔽

**PWM 新周期中断原始状态寄存器 NCIRS**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
NCIRS	0x228	R/W1C	0x00000000	新周期中断原始状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路新周期开始原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**PWM 高电平结束中断原始状态寄存器 HEIRS**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HEIRS	0x22C	R/W1C	0x00000000	高电平结束中断原始状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路高电平结束原始中断状态，写 1 清除 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**PWM 新周期中断状态寄存器 NCIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
NCIF	0x230	R/W1C	0x00000000	新周期中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路新周期开始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**PWM 高电平结束中断状态寄存器 HEIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HEIF	0x234	R/W1C	0x00000000	高电平结束中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路高电平结束中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**PWM 半周期中断使能寄存器 HCIE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HCIE	0x238	R/W	0x00000000	半周期中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
6	PWM3A	第 3 组 A 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
5	PWM2B	第 2 组 B 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
4	PWM2A	第 2 组 A 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
3	PWM1B	第 1 组 B 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	PWM1A	第 1 组 A 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	PWM0B	第 0 组 B 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	PWM0A	第 0 组 A 路半周期中断使能 1: 使能 0: 禁能

**PWM 半周期中断屏蔽寄存器 HCIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HCIM	0x23C	R/W	0x00000000	半周期中断屏蔽

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
6	PWM3A	第 3 组 A 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
5	PWM2B	第 2 组 B 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
4	PWM2A	第 2 组 A 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
3	PWM1B	第 1 组 B 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
2	PWM1A	第 1 组 A 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
1	PWM0B	第 0 组 B 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽
0	PWM0A	第 0 组 A 路半周期中断屏蔽（中心对称模式下有效） 1: 屏蔽 0: 未屏蔽

**PWM 半周期原始中断状态寄存器 HCIRS**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HCIRS	0x240	R/W1C	0x00000000	半周期原始中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路半周期原始中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**PWM 半周期中断状态寄存器 HCIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
HCIF	0x244	R/W1C	0x00000000	半周期中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	第 3 组 B 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
6	PWM3A	第 3 组 A 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
5	PWM2B	第 2 组 B 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
4	PWM2A	第 2 组 A 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
3	PWM1B	第 1 组 B 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	PWM1A	第 1 组 A 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	PWM0B	第 0 组 B 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	PWM0A	第 0 组 A 路半周期中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**强制输出电平选择寄存器 FORCEV**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FORCEV	0x248	R/W	0x00000000	强制输出电平选择寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-				PWM3Bn	PWM2Bn	PWM1Bn	PWM0Bn
23	22	21	20	19	18	17	16
-				PWM3B	PWM2B	PWM1B	PWM0B
15	14	13	12	11	10	9	8
-				PWM3An	PWM2An	PWM1An	PWM0An
7	6	5	4	3	2	1	0
-				PWM3A	PWM2A	PWM1A	PWM0A

位域	名称	描述
31:28	-	-
27	PWM3Bn	PWM3Bn 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
26	PWM2Bn	PWM2Bn 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
25	PWM1Bn	PWM1Bn 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
24	PWM0Bn	PWM0Bn 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
23:18	-	-
19	PWM3B	PWM3B 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
18	PWM2B	PWM2B 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
17	PWM1B	PWM1B 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平

16	PWM0B	PWM0B 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
15:12	-	-
11	PWM3An	PWM3An 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
10	PWM2An	PWM2An 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
9	PWM1An	PWM1An 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
8	PWM0An	PWM0An 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
7:4	-	-
3	PWM3A	PWM3A 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
2	PWM2A	PWM2A 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
1	PWM1A	PWM1A 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平
0	PWM0A	PWM0A 输出的固定电平，对应使能位使能后配置生效 1: 输出为高电平 0: 输出为低电平

## 6.14 模拟数字转换器（SAR ADC）

### 6.14.1 概述

SWM241 系列所有型号 SAR ADC 操作均相同，不同型号 ADC 通道数量可能不同，最多支持 1 组 12 通道。使用前需使能 SAR ADC 模块时钟。

### 6.14.2 特性

- 12-bits 分辨率
- 最高 1MSPS 转换速率
- 支持单次模式和连续模式
- 具备深度为 8 的 FIFO
- 灵活的转换启动方式，支持软件、PWM、TIMER 启动
- 每个通道都有自己独立的转换结果数据寄存器和转换完成、数据溢出状态寄存器
- 支持 DMA 传输

### 6.14.3 模块结构框图

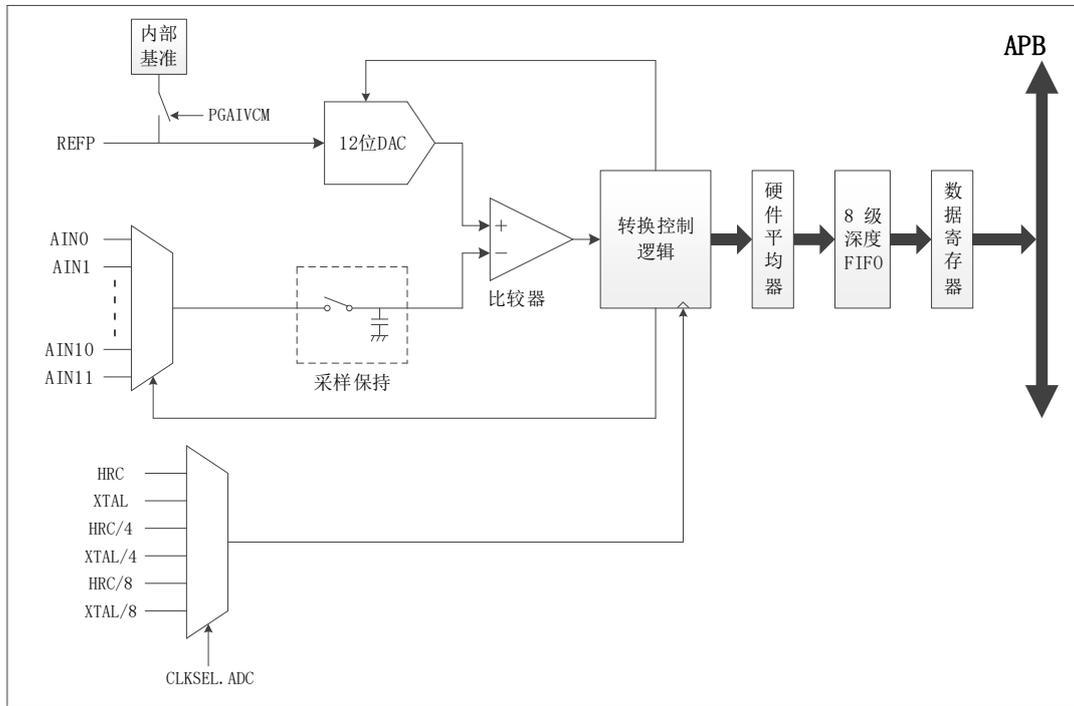


图 6-54 ADC 模块结构框图

## 6.14.4 功能描述

### 操作说明

使用 SAR ADC 前，需针对对应引脚及模块进行如下操作：

- 通过 PORT\_FUNC 寄存器将引脚切换 GPIO 功能，注意使用 ADC 功能时，不可将数字输入使能
- 通过 CTRL 寄存器中 TRIG 位配置触发方式
- 通过 CTRL 寄存器中 CONT 位配置采样方式（单次采样、连续采样）
- 通过 CTRL 寄存器中 DMAEN 位配置是否需要 DMA 读取
- 通过 CTRL 寄存器中 AVG 位配置是否需要硬件计算平均值
- 如需使用中断，通过 IE 寄存器使能对应中断
- 配置 CTRL 寄存器中对应通道（CHx）选通
- 使能 CTRL 寄存器中 EN 位
- 使用软件使能 START 寄存器 GO 位触发采样或使用 TIMER、PWM 模块触发采样
- 单次采样模式下，START 寄存器自动清零；连续采样模式下，软件向 START 寄存器写 0 停止转换。

### 触发源选择

SAR ADC 支持 CPU 触发、PWM 触发、TIMER 触发。通过将 SAR ADC CTRL 寄存器中 TRIG 进行设置，该设置对所有选中通道均有效，当不同通道需要不同触发方式时，需要在采样间隔配置 TRIG 位进行切换。

各模式触发操作方式如下：

使用 PWM 触发

PWM 配置所需模式，将 SARADC 的 CTRL 寄存器中 TRIG 方式设置为 PWM 触发。每路 PWM 对应一个 ADTRG 寄存器值，当 PWM 计数到指定值，可触发 ADC 进行采样。当 8 路 PWM 工作在中心对称互补模式下时，最多可触发 16 次 ADC 采样。

具体配置方式如下（以 ADTRG0A0 为例）：

- PWM 配置所需模式，
- 配置 PWM 模块 ADTRG0A0 数值，该数值为触发延时时长，在中心对称模式下，前半周期从周期起始记，后半周期采样点与前半周期中心对称
- 使能 ADTRG0A0 寄存器 EN 位
- 配置 ADC 寄存器中 TRIG 寄存器 A0 对应位，确认该通道未被屏蔽

- 使能 PWM 模块 EN 位，当计数值到达 ADTRGOA0 设置值时，触发 ADC CTRL 寄存器中选中的通道 (CHx) 进行采样，采样完成后，将产生 EOC 标志位，并产生 ADC 中断

示意图如图 6-55 所示。

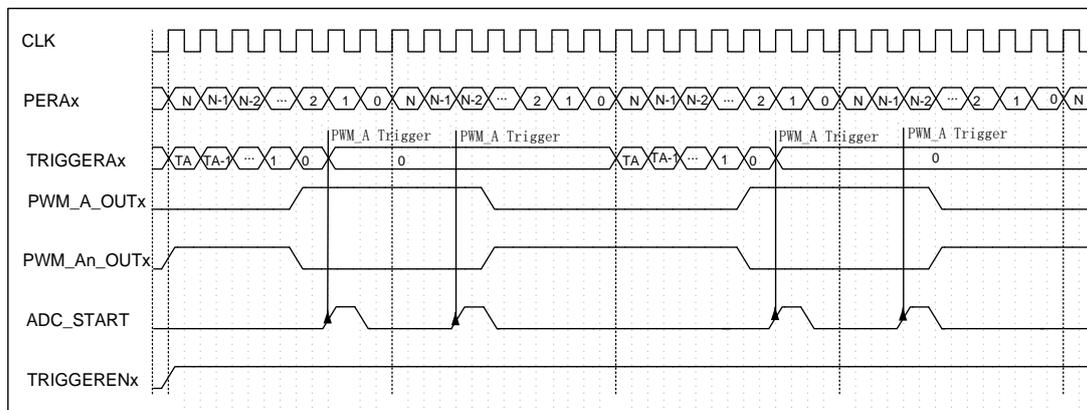


图 6-55 中心对称模式下 PWM 触发 ADC 采样示意图

### 使用 TIMER 触发

将 SAR ADC CTRL 寄存器中 TRIG 设置为 TIMERx 触发。TIMER 可作为定时器或计数器使用。当对应 TIMER 计数值减至 0 时，将触发 ADC CTRL 寄存器中选中的通道 (CHx) 进行采样。可以通过 ADC 采样完成中断进行结果获取。TIMER 触发支持单次模式和连续模式，且支持多次采样求平均值。

### 使用软件触发

将 CTRL 寄存器中 TRIG 设置为 CPU 触发。ADC 配置完成后，通过程序将 START 寄存器 GO 位置 1 触发采样。采样完成后，该位自动清 0。可以通过 ADC 采样完成中断或标志位查询进行结果获取。软件触发支持单次模式和连续模式。

## 数据处理

SAR ADC 支持针对采样数据硬件自动完成平均值计算。通过配置 CTRL 寄存器中 AVG 位设置为结果取平均。支持 2 到 16 次取平均。设置 N 次平均，则采集完成 N 次后 EOC 标志有效，同时取平均值的结果被送至对应通道数据寄存器。

## 参考源选择

SAR ADC 支持使用 REFP 和 REFN 作为输入电压参考。部分 ADCx 可具有独立的参考电压输入（不同封装可能有所变化，具体见封装引脚图），当封装图上有 REFP/REFN 引脚时，需接外部参考电压，此时参考电压为接入电压；当封装图上没有 REFP/REFN 引脚时，参考电压为 ADC 电源电压 AVDD/AVSS。

## 模式说明

单次模式

单次模式在所有选通的通道上执行一次转换，然后自动停止，其运作流程如下：

- 启动 ADC 采样前，CTRL 寄存器 CONT 位配置为单次模式
- START 寄存器写 1 启动转换，也可以用 PWM 和 TIMER 触发启动
- 所有 CTRL 寄存器中选通通道从小到大依次完成一次转换，并将转换结果和转换完成 EOC 标志存入通道对应的数据和状态寄存器
- 每个通道转换完成时对应通道状态寄存器的 EOC 标志会置位，如果该通道的 EOC 中断使能，则该通道转换完成时会触发中断处理程序
- 所有通道转换完成后，START 寄存器自动清零，停止转换，ADC 进入 Idle 模式。

### 连续模式

连续模式下 ADC 会不断的重复在所有选通的通道上执行转换，直到软件向 START 寄存器写 0，示意图如图 6-57 所示。

具体操作步骤如下：

- 启动 ADC 采样前，CTRL 寄存器 CONT 位配置为连续模式
- START 寄存器写 1 启动转换，也可以用 PWM 和 TIMER 触发启动
- 所有 CTRL 寄存器中选通通道从小到大依次完成一次转换，转换完成后 EOC 标志将存入通道对应的状态寄存器
- 使用 FIFO 时，采样结果及对应通道将存至 FIFO，未使用 FIFO 时，转换结果存入通道对应的数据寄存器
- 每个通道转换完成时对应通道状态寄存器的 EOC 标志会置位，如果该通道的 EOC 中断使能，则该通道转换完成时会触发中断处理程序
- 重复采样及结果存储，直到 START 寄存器写 0，A/D 转换停止，A/D 转换器进入空闲状态。

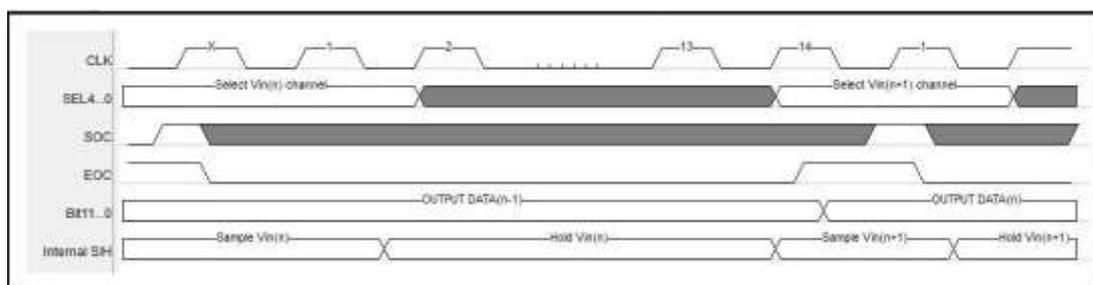


图 6-56 SAR ADC 连续采样示意图

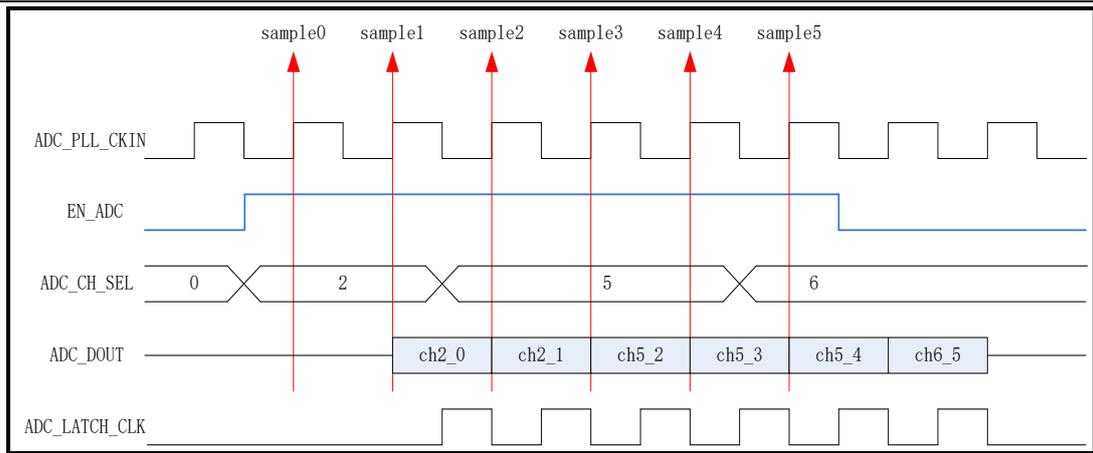


图 6-57 SAR ADC 多通道连续采样示意图

## 供电电压

ADC 正常供电电压范围为 2.5V~5.5V，其特性详情请参考表格 8-7 所示。

ADC 工作电压在 2.5V 以下会影响 ADC 精度，建议 2.5V 电压点以下不使用 ADC 值。

## 中断配置与清除

可通过配置中断使能寄存器 IE 中相应位使能中断。当中断触发后，中断标志寄存器 IF 中对应位置 1。如需清除此标志，需在对应标志位中写 1 清零 (R/W1C)，否则中断在开启状态下会一直进入。

**6.14.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>SAR-ADC0 BASE: 0x40049000</b>				
CTRL	0x00	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器
START	0x04	R/W	0x00000000	ADC 启动寄存器
IE	0x08	R/W	0x00000000	ADC 中断使能寄存器
IF	0x0C	R/W1C	0x00000000	ADC 中断状态寄存器
STAT0	0x10	R/W	0x00000000	ADC 通道 0 状态寄存器
DATA0	0x14	R/W	0x00000000	ADC 通道 0 数据寄存器
STAT1	0x20	R/W	0x00000000	ADC 通道 1 状态寄存器
DATA1	0x24	R/W	0x00000000	ADC 通道 1 数据寄存器
STAT2	0x30	R/W	0x00000000	ADC 通道 2 状态寄存器
DATA2	0x34	R/W	0x00000000	ADC 通道 2 数据寄存器
STAT3	0x40	R/W	0x00000000	ADC 通道 3 状态寄存器
DATA3	0x44	R/W	0x00000000	ADC 通道 3 数据寄存器
STAT4	0x50	R/W	0x00000000	ADC 通道 4 状态寄存器
DATA4	0x54	R/W	0x00000000	ADC 通道 4 数据寄存器
STAT5	0x60	R/W	0x00000000	ADC 通道 5 状态寄存器
DATA5	0x64	R/W	0x00000000	ADC 通道 5 数据寄存器
STAT6	0x70	R/W	0x00000000	ADC 通道 6 状态寄存器
DATA6	0x74	R/W	0x00000000	ADC 通道 6 数据寄存器
STAT7	0x80	R/W	0x00000000	ADC 通道 7 状态寄存器
DATA7	0x84	R/W	0x00000000	ADC 通道 7 数据寄存器
STAT8	0x90	R/W	0x00000000	ADC 通道 8 状态寄存器
DATA8	0x94	R/W	0x00000000	ADC 通道 8 数据寄存器
STAT9	0xa0	R/W	0x00000000	ADC 通道 9 状态寄存器
DATA9	0xa4	R/W	0x00000000	ADC 通道 9 数据寄存器
STAT10	0xb0	R/W	0x00000000	ADC 通道 10 状态寄存器
DATA10	0xb4	R/W	0x00000000	ADC 通道 10 数据寄存器
STAT11	0xc0	R/W	0x00000000	ADC 通道 11 状态寄存器
DATA11	0xc4	R/W	0x00000000	ADC 通道 11 数据寄存器
CHSEL	0xd0	R/W	0x00000000	ADC 通道配置寄存器
FFSTAT	0x190	R/W	0x00000008	ADC FIFO 状态寄存器
FFDATA	0x194	R/W	0x00000000	ADC 所有通道数据寄存器
CTRL1	0x1a0	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器 1
CTRL2	0x1a4	R/W	0x0C000F10	ADC 配置寄存器 2
CTRL3	0x1a8	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器 3
TRGMSK	0x1b0	R/W	0x00000000	PWM 通道触发 ADC 屏蔽寄存器
CALIBSET	0x1f4	R/W	0x00000000	ADC 数据调整寄存器

CALIBEN	0x1f8	R/W	0x00000000	ADC 数据调整使能寄存器
---------	-------	-----	------------	---------------

### 6.14.6 寄存器描述

#### 配置寄存器 CTRL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL	0x00	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
							AVG
23	22	21	20	19	18	17	16
AVG			RST	FFCLR	RES2FF	DMAEN	TRIG
15	14	13	12	11	10	9	8
TRIG		CONT	EN	CH11	CH10	CH9	CH8
7	6	5	4	3	2	1	0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0

位域	名称	描述
31:25	-	-
24:21	AVG	一次启动 ADC 采样次数配置寄存器 0000: 1 次采样 0001: 2 次采样并取平均 0010: 保留 (不可配置) 0011: 4 次采样并取平均 0100、0101、0110: 保留 (不可配置) 0111: 8 次采样并取平均 1000、1001、1010、1011、1100、1101、1110: 保留 (不可配置) 1111: 16 次采样并取平均
20	RST	ADC 复位 0: 正常 1: 复位
19	FFCLR	FIFO 清除使能 0: FIFO 正常工作; 1: FIFO 复位;
18	RES2FF	0: ADC 数据存储为通道模式; 1: ADC 数据存储为 FIFO 模式; DMA 模式必须使用 FIFO 模式;
17	DMAEN	DMA 使能, 高电平有效 仅支持 FIFO 模式 0: 只能通过 CPU 读取 FFDATA; 1: 只能通过 DMA 读取 FFDATA;

16:14	TRIG	ADC trigger 方式选择 000: CPU 触发 001: PWM 触发 010: TIMER2 触发 011: TIMER3 触发
13	CONT	ADC 工作模式（只在 CPU 触发方式下有效） 0: 单次模式 1: 连续模式
12	EN	ADC 使能 1: 使能 0: 禁能
11	CH11	ADC 通道 11 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
10	CH10	ADC 通道 10 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
9	CH9	ADC 通道 9 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
8	CH8	ADC 通道 8 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
7	CH7	ADC 通道 7 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
6	CH6	ADC 通道 6 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
5	CH5	ADC 通道 5 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
4	CH4	ADC 通道 4 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
3	CH3	ADC 通道 3 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
2	CH2	ADC 通道 2 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
1	CH1	ADC 通道 1 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中
0	CH0	ADC 通道 0 选择控制 0: 通道未选中 1: 通道选中

**启动寄存器 START**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
START	0x04	R/W	0x00000000	ADC 启动寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			BUSY	-			GO

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	BUSY	ADC 工作状态标识
3:1	-	-
0	GO	ADC 启动信号（只在 CPU 触发方式下有效） 该位写 1，则启动一次转换。 若 CONT 处于单次采样模式，则该位置 1 后，将对有效通道依次轮询进行采样转换，并将转换的数据保存在相应通道的 FIFO 或寄存器中。转换完成后硬件会自动清零。 若 CONT 处于多次采样模式，则该位置 1 表示启动 ADC 转换，清零后表示停止 ADC 转换。启动 ADC 转换后，将对有效通道依次轮询进行采样转换，并将转换的数据保存在相应通道的 FIFO 或寄存器中。每次转换完成后判断该位是否为 1，若为 1 则继续转换，若为 0 则停止转换。

**中断寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x08	R/W	0x00000000	ADC 中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-					FIFO F	FIFO HF	FIFO OV
23	22	21	20	19	18	17	16
CH11OV F	CH11EOC	CH10OV F	CH10EOC	CH9OV F	CH9EOC	CH8OV F	CH8EOC
15	14	13	12	11	10	9	8
CH7OV F	CH7EOC	CH6OV F	CH6EOC	CH5OV F	CH5EOC	CH4OV F	CH4EOC
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3OV F	CH3EOC	CH2OV F	CH2EOC	CH1OV F	CH1EOC	CH0OV F	CH0EOC

位域	名称	描述
31:27	-	-
26	FIFO F	ADC 数据 FIFO 满中断使能 1: 使能 0: 禁能
25	FIFO HF	ADC 数据 FIFO 半满中断使能 1: 使能 0: 禁能
24	FIFO OV	ADC 数据 FIFO 溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
23	CH11OV F	ADC 通道 11 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
22	CH11EOC	ADC 通道 11 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
21	CH10OV F	ADC 通道 10 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
20	CH10EOC	ADC 通道 10 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
19	CH9OV F	ADC 通道 9 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能

18	CH9EOC	ADC 通道 9 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
17	CH8OVF	ADC 通道 8 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
16	CH8EOC	ADC 通道 8 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
15	CH7OVF	ADC 通道 7 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
14	CH7EOC	ADC 通道 7 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
13	CH6OVF	ADC 通道 6 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
12	CH6EOC	ADC 通道 6 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
11	CH5OVF	ADC 通道 5 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
10	CH5EOC	ADC 通道 5 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
9	CH4OVF	ADC 通道 4 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
8	CH4EOC	ADC 通道 4 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
7	CH3OVF	ADC 通道 3 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
6	CH3EOC	ADC 通道 3 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能

5	CH2OVF	ADC 通道 2 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
4	CH2EOC	ADC 通道 2 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
3	CH1OVF	ADC 通道 1 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	CH1EOC	ADC 通道 1 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	CH0OVF	ADC 通道 0 数据寄存器溢出中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	CH0EOC	ADC 通道 0 数据转换完成中断使能 1: 使能 0: 禁能

**中断状态寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x0C	R/W1C	0x00000000	ADC 中断状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-					FIFO F	FIFO HF	FIFO OV
23	22	21	20	19	18	17	16
CH11OV F	CH11EOC	CH10OV F	CH10EOC	CH9OV F	CH9EOC	CH8OV F	CH8EOC
15	14	13	12	11	10	9	8
CH7OV F	CH7EOC	CH6OV F	CH6EOC	CH5OV F	CH5EOC	CH4OV F	CH4EOC
7	6	5	4	3	2	1	0
CH3OV F	CH3EOC	CH2OV F	CH2EOC	CH1OV F	CH1EOC	CH0OV F	CH0EOC

位域	名称	描述
31:27	-	-
26	FIFO F	ADC 数据 FIFO 满中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
25	FIFO HF	ADC 数据 FIFO 半满中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
24	FIFO OV	ADC 数据 FIFO 溢出中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
23	CH11OV F	ADC 通道 11 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
22	CH11EOC	ADC 通道 11 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
21	CH10OV F	ADC 通道 10 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
20	CH10EOC	ADC 通道 10 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断
19	CH9OV F	ADC 通道 9 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0：未产生 1：产生中断

18	CH9EOC	ADC 通道 9 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
17	CH8OVF	ADC 通道 8 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
16	CH8EOC	ADC 通道 8 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
15	CH7OVF	ADC 通道 7 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
14	CH7EOC	ADC 通道 7 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
13	CH6OVF	ADC 通道 6 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
12	CH6EOC	ADC 通道 6 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
11	CH5OVF	ADC 通道 5 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
10	CH5EOC	ADC 通道 5 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
9	CH4OVF	ADC 通道 4 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
8	CH4EOC	ADC 通道 4 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
7	CH3OVF	ADC 通道 3 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
6	CH3EOC	ADC 通道 3 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断

5	CH2OVF	ADC 通道 2 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
4	CH2EOC	ADC 通道 2 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
3	CH1OVF	ADC 通道 1 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
2	CH1EOC	ADC 通道 1 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
1	CH0OVF	ADC 通道 0 数据寄存器溢出中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断
0	CH0EOC	ADC 通道 0 数据转换完成中断状态，写 1 清除 0: 未产生 1: 产生中断

**通道状态寄存器 STATx(0~11)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT0	0x10	R/W	0x00000000	ADC 通道 0 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT1	0x20	R/W	0x00000000	ADC 通道 1 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT2	0x30	R/W	0x00000000	ADC 通道 2 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT3	0x40	R/W	0x00000000	ADC 通道 3 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT4	0x50	R/W	0x00000000	ADC 通道 4 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT5	0x60	R/W	0x00000000	ADC 通道 5 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT6	0x70	R/W	0x00000000	ADC 通道 6 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT7	0x80	R/W	0x00000000	ADC 通道 7 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT8	0x90	R/W	0x00000000	ADC 通道 8 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT9	0xa0	R/W	0x00000000	ADC 通道 9 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT10	0xb0	R/W	0x00000000	ADC 通道 10 状态寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT11	0xc0	R/W	0x00000000	ADC 通道 11 状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							

23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						OVF	EOC

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	OVF	ADC 通道 x 数据寄存器溢出标志 1: 溢出 0: 未溢出 读数据寄存器清除
0	EOC	ADC 通道 x 数据转换完成标志, 写 1 清除 1: ADC 对通道 x 一次采样转换完成 0: 转换未完成

**通道数据寄存器 DATAx(0~11)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA0	0x14	R/W	0x00000000	ADC 通道 0 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA1	0x24	R/W	0x00000000	ADC 通道 1 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA2	0x34	R/W	0x00000000	ADC 通道 2 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA3	0x44	R/W	0x00000000	ADC 通道 3 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA4	0x54	R/W	0x00000000	ADC 通道 4 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA5	0x64	R/W	0x00000000	ADC 通道 5 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA6	0x74	R/W	0x00000000	ADC 通道 6 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA7	0x84	R/W	0x00000000	ADC 通道 7 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA8	0x94	R/W	0x00000000	ADC 通道 8 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA9	0xa4	R/W	0x00000000	ADC 通道 9 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA10	0b4	R/W	0x00000000	ADC 通道 10 数据寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA11	0xc4	R/W	0x00000000	ADC 通道 11 数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							

23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
CHNUM				VALUE			
7	6	5	4	3	2	1	0
VALUE							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:12	CHNUM	ADC 数据对应的通道编号 0000: 通道 0 0001: 通道 1 0010: 通道 2 0011: 通道 3 0100: 通道 4 0101: 通道 5 0110: 通道 6 0111: 通道 7 1000: 通道 8 1001: 通道 9 1010: 通道 10 1011: 通道 11
11:0	VALUE	ADC 通道 x 数据寄存器 注: 溢出后, 再次转换的数据会覆盖旧数据

ADC 通道配置寄存器 CHSEL

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CHSEL	0xd0	R/W	0x00000000	ADC 通道配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-				PWM			
23	22	21	20	19	18	17	16
PWM							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				SW			
7	6	5	4	3	2	1	0
SW							

位域	名称	描述
31:28	-	-
27:16	PWM	PWM 启动 ADC 采样时的通道号 Bit16=1: CH0 启动 Bit17=1: CH1 启动 Bit18=1: CH2 启动 Bit19=1: CH3 启动 Bit20=1: CH4 启动 Bit21=1: CH5 启动 Bit22=1: CH6 启动 Bit23=1: CH7 启动 Bit24=1: CH8 启动 Bit25=1: CH9 启动 Bit26=1: CH10 启动 Bit27=1: CH11 启动 注 1: 当配置 pwm 触发 ADC 采样使能且 PWM 触发信号有效时, 实际发生的 ADC 采样通道会自动切换为 PWM2ADC_CH_SEL 值
15:12	-	-

<p>11:0</p>	<p>SW</p>	<p>CPU 启动 ADC 采样的通道号</p> <p>Bit0=1: CH0 启动</p> <p>Bit1=1: CH1 启动</p> <p>Bit2=1: CH2 启动</p> <p>Bit3=1: CH3 启动</p> <p>Bit4=1: CH4 启动</p> <p>Bit5=1: CH5 启动</p> <p>Bit6=1: CH6 启动</p> <p>Bit7=1: CH7 启动</p> <p>Bit8=1: CH8 启动</p> <p>Bit9=1: CH9 启动</p> <p>Bit10=1: CH10 启动</p> <p>Bit11=1: CH11 启动</p> <p>注 1: 当 CPU 启动了 ADC 采样过程中, 如遇到 PWM 触发 ADC 的启动信号, PWM 信号被忽略</p>
-------------	-----------	---

**FIFO 状态寄存器 FFSTAT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FFSTAT	0x190	R/W	0x00000008	ADC FIFO 状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-	LEVEL			EMPTY	FULL	HFULL	OVF

位域	名称	描述
31:7	-	-
6:4	LEVEL	ADC 数据 FIFO LEVEL 标志 000: FIFO 有 0 个数据 001: FIFO 有 1 个数据 010: FIFO 有 2 个数据 011: FIFO 有 3 个数据 100: FIFO 有 4 个数据 101: FIFO 有 5 个数据 110: FIFO 有 6 个数据 111: FIFO 有 7 个数据
3	EMPTY	ADC 数据 FIFO 空标志 1: FIFO 空 0: FIFO 非空
2	FULL	ADC 数据 FIFO 满标志 1: FIFO 满 0: FIFO 非满
1	HFULL	ADC 数据 FIFO 半满标志 1: FIFO 半满 0: FIFO 满或未达到半满
0	OVF	ADC 数据 FIFO 溢出标志 1: FIFO 出现溢出 0: FIFO 未溢出

所有通道 FIFO 数据寄存器 FFDATA

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
FFDATA	0x194	R/W	0x00000000	ADC 所有通道数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
CHNUM				VALUE			
7	6	5	4	3	2	1	0
VALUE							

位域	名称	描述
31:16	-	-
15:12	CHNUM	ADC 数据对应的通道编号 0000: 通道 0 0001: 通道 1 0010: 通道 2 0011: 通道 3 0100: 通道 4 0101: 通道 5 0110: 通道 6 0111: 通道 7 1000: 通道 8 1001: 通道 9 1010: 通道 10 1011: 通道 11
11:0	VALUE	ADC 通道 x 数据 FIFO 寄存器 注: 溢出后, 再次转换的数据会被丢掉

**配置寄存器 CTRL1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL1	0x1a0	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							CLKSRC

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	CLKSRC	ADC 采样时钟选择 0: 系统时钟 1: 外置晶振

**配置寄存器 CTRL2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL2	0x1a4	R/W	0x0C000F10	ADC 配置寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
-	CLKDIV1		CLKDIV2				
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				VCMSEL			
7	6	5	4	3	2	1	0
PGAGAIN					PGAEVCM	ADCEVCM	-

位域	名称	描述
31	-	-
30:29	CLKDIV1	RC Clock Post Divide (EXT_REF_CLKIN 或 RC48MHZ_CLKIN 时钟的预分频) 00: 4 分频 01: 2 分频 10: 1 分频 11: 不可配
28:24	CLKDIV2	RC clock input divider ratio (对分频时钟的再分频) 1 对应 1 分频, 以此类推 00001: 1 分频 00010: 2 分频 00011: 3 分频 00100: 4 分频 00101: 5 分频 00110: 6 分频 00111: 7 分频 01000: 8 分频 01001: 9 分频 01010: 10 分频 01011: 11 分频 01100: 12 分频 01101: 13 分频
23:12	-	-
11:8	VCMSEL	PGA Common Mode Voltage Select
7:3	PGAGAIN	PGA GAIN program

2	PGAEVCM	使能外部 reference, PGA 输入共模电平选择 切换内部/外部基准 0: 内部基准 (5V/3.6V) 1: 外部基准 (AVDD5/REFP)
1	ADCEVCM	使能 ADC 外部 reference ,ADC External VCM, ADC 与 PGA 输出共模电平选择
0	-	-

**配置寄存器 CTRL3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CTRL3	0x1a8	R/W	0x00000000	ADC 配置寄存器 8

31	30	29	28	27	26	25	24
-	RCDIV		CLKDIV				
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			CLKDIV0		REFPSEL	-	

位域	名称	描述
31:3	-	-
4:3	CLKDIV0	CLK 分频 00: 4 分频 01: 2 分频 10: 1 分频 11: 保留
2	REFPSEL	直接连接至 ADC 模块的 ADC_REF_SEL_VDD5 端口 基准切换 AVDD5/外部 refp 0: 外部 refp 1: AVDD5 直接连接至 ADC 模块的 ADC_REF_TEST 端口
1:0	-	-

**PWM 通道触发 ADC 屏蔽寄存器 TRGMSK**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TRGMSK	0x1b0	R/W	0x00000000	PWM 通道触发 ADC 屏蔽寄存器，可通过此寄存器区分不同 ADC 的 PWM 触发通道

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PWM3B	PWM3A	PWM2B	PWM2A	PWM1B	PWM1A	PWM0B	PWM0A

位域	名称	描述
31:8	-	-
7	PWM3B	PWM3B 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
6	PWM3A	PWM3A 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
5	PWM2B	PWM2B 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
4	PWM2A	PWM2A 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
3	PWM1B	PWM1B 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
2	PWM1A	PWM1A 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
1	PWM0B	PWM0B 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽

0	PWM0A	PWM0A 触发 ADC 屏蔽寄存器 0: 不屏蔽 1: 屏蔽
---	-------	---------------------------------------

**ADC 数据调整寄存器 CALIBSET**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CALIBSET	0x1f4	R/W	0x00000000	ADC 数据调整寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							K
23	22	21	20	19	18	17	16
K							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
OFFSET							

位域	名称	描述
31:25	-	-
24:16	K	ADC 数据调整的 K 值 (K 始终大于 1 小于 1.511) 的小数部分 例如: 要校准的 K 值为 1.230, 则该寄存器直接写入 230 即可。
15:9	-	-
8:0	OFFSET	ADC 数据调整的 OFFSET 值

**ADC 数据调整使能寄存器 CALIBEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CALIBEN	0x1f8	R/W	0x00000000	ADC 数据调整使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-								
7	6	5	4	3	2	1	0	
-							K	OFFSET

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	K	ADC_CALIB_SET 寄存器 K 配置数据是否有效 0: 数据无效 1: 数据有效
0	OFFSET	ADC_CALIB_SET 寄存器 OFFSET 配置数据是否有效 0: 数据无效 1: 数据有效

## 6.15 直接内存存取（DMA）控制器

### 6.15.1 概述

SWM241 系列所有型号 DMA 模块操作均相同，用来提供特定外设（UART、SPI、ADC）和存储器（SRAM）之间或总线地址和存储器（SRAM）之间的高速数据传输，无需 CPU 干涉，数据可以快速的通过 DMA 传输，从而节省了 CPU 的资源来做其他操作。

DMA 传输规则为按字传输，单次可传输字数多达 4096Word。数据交换过程中，无需软件参与。

本文中 RX 指 MIU0 到 MIU1 的数据搬移，TX 指 MIU1 到 MIU0 的数据搬移。

### 6.15.2 特性

- 支持 UART/SPI/ADC 与 SRAM 间数据交互
- 支持总线地址至 SRAM 间数据交互
- 支持多种传输模式及数据单位
- 支持 TIMER 触发使能
- 支持三种地址变化方式：递增，固定，scatter gather
- Master 接口支持 BYTE、HALFWORD 和 WORD 操作

### 6.15.3 模块结构框图

DMA 模块结构如图 6-58 所示：

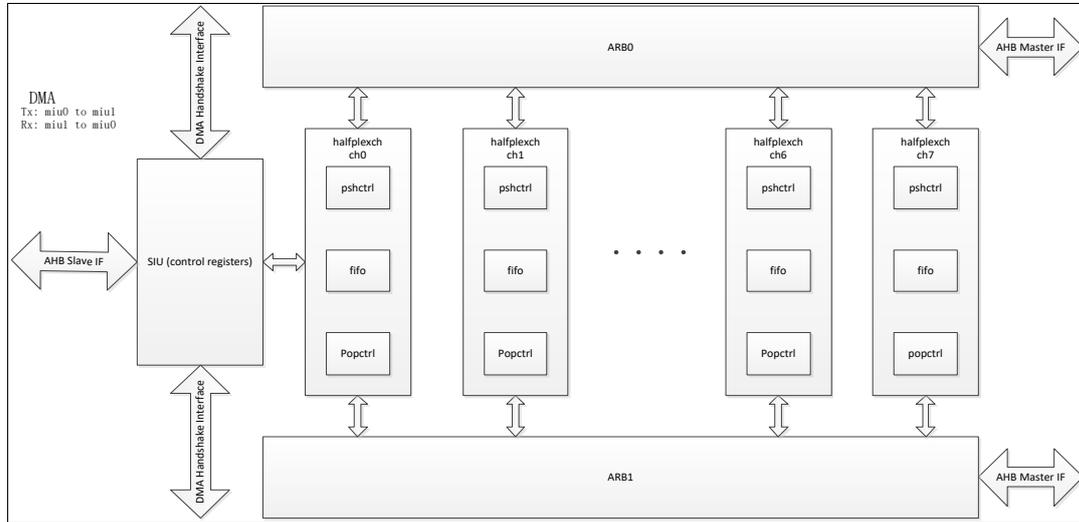


图 6-58 DMA 模块结构图

SIU 是 AHB slave 接口，MCU 通过这个接口配置相关的控制寄存器，同时也完成和外设之间的握手。

ARB0 和 ARB1 用于仲裁各个通道的数据传输请求。

HALFPLEXCH 是单向传输通道，在任意时刻只能配置为发送或接收方向。

## 6.15.4 功能描述

### 通道选择

DMA 共有 2 组 2 个通道，可同时传输 2 组不同方向数据。通道与模块对应关系如表格 6-3 所示：

表格 6-3 DMA 各通道操作明细

M0 通道	对应外设	M1 通道	对应外设
CH0 配置 00	UART0 TX	CH0 配置 00	UART1 RX
CH0 配置 01	SPI0 TX	CH0 配置 01	SPI1 RX
CH0 配置 02	UART3 TX	CH0 配置 02	SARADC0
CH0 配置 03	-	CH0 配置 03	UART2 RX
CH1 配置 00	UART1 TX	CH1 配置 00	UART0 RX
CH1 配置 01	SPI1 TX	CH1 配置 01	SPI0 RX
CH1 配置 02	UART2 TX	CH1 配置 02	SARADC0
CH1 配置 03	-	CH1 配置 03	UART3 RX

注：在一个时间段内，同时使用的外设必须占用在不同的通道上，否则不能通过中断状态来区分哪个外设发生的事件。

### 模式选择

支持三种地址变化方式：递增，固定，scatter gather。可通过配置 AMn 寄存器，分别配置源地址模式和目的地址模式，并可分别配置源和目的地址的位宽和传输模式。

#### 递增

传输单位为字节时，从 SRC 指定地址+n 处取数据（向 DST 指定地址+n 处存数据），n 表示第 n 个数据

传输单位为半字时，从 SRC 指定地址+2n 处取数据（向 DST 指定地址+2n 处存数据），n 表示第 n 个数据

传输单位为字时，从 SRC 指定地址+4n 处取数据（向 DST 指定地址+4n 处存数据），n 表示第 n 个数据

#### 固定

固定从 SRC 指定地址处取数据、固定向 DST 指定地址处存数据。

#### scatter gather

源地址模式：

从 SRCn 开始，传输总长度 1/4 的数据；跳转到 SRCSGADDRn1 地址开始，再传输总长度 1/4 的数据；跳转到 SRCSGADDRn2 地址开始，再传输总长度 1/4 的数据；跳转到 SRCSGADDRn3 地址

开始，直到全部数据传输结束。

以源地址模式为 scatter gather 为例，传输 40 个字过程如下：

- 第一步、从 SRCn 指定地址处取 10 个字传输，
- 第二步、从 SRCSGADDRn1 指定地址处取 10 个字传输
- 第三步、从 SRCSGADDRn2 指定地址处取 10 个字传输
- 第四步、从 SRCSGADDRn3 指定地址处取 10 个字传输

目的地址模式：

从 DSTn0 开始，传输总长度 1/4 的数据；跳转到 DSTSGADDRn1 地址开始，再传输总长度 1/4 的数据；跳转到 DSTSGADDRn2 地址开始，再传输总长度 1/4 的数据；跳转到 DSTSGADDRn3 地址开始，直到全部数据传输结束。

以目的地址模式为 scatter gather 为例，传输 40 个字过程如下：

- 第一步、向 DSTn 指定地址处存 10 个字传输，
- 第二步、向 DSTSGADDRn1 指定地址处存 10 个字传输
- 第三步、向 DSTSGADDRn2 指定地址处存 10 个字传输
- 第四步、向 DSTSGADDRn3 指定地址处存 10 个字传输

三种模式下 DMA 搬运 40 个字流程如图 6-59 所示：

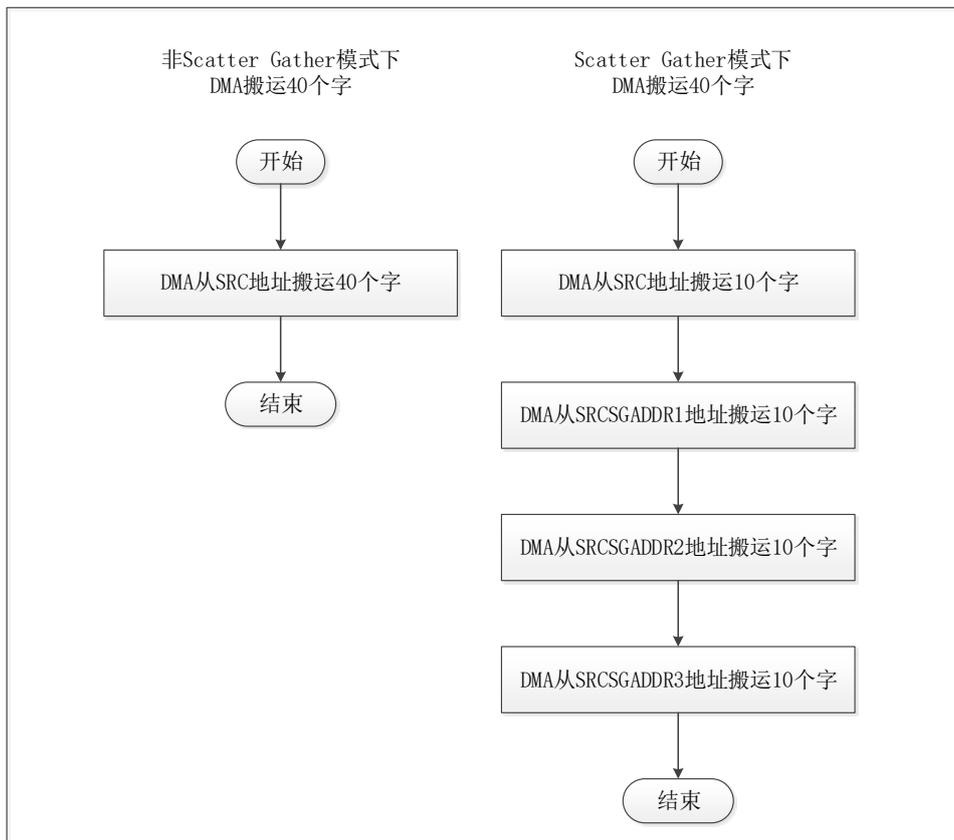


图 6-59 DMA 搬运 40 个字流程图

### 握手信号选择

DMA 通道可选择 M1/M0 总线上是否采用握手信号，可通过 MUXn 寄存器对应位来选择。

#### 握手

需要通过握手信号进行信息交换

DMA 通道可通过握手信号进行信息交换，选择由哪个外设的硬件信号来控制源或目标外设之间的传输，具体外设可以通过 MUXn 寄存器对应位来选择。

外设握手信号详情参考表格 6-3。

具体外设 SPI、UART、ADC，在一个时间段内，可同时使用多个外设，但同时使用的外设必须占用在不同的通道上，否则不能通过中断状态来区分哪个外设发生的事件。

#### 非握手

非握手状态下所有的地址都可以搬运，可以任何地址到任何地址。

握手、非握手传输示意图如图 6-60 所示：

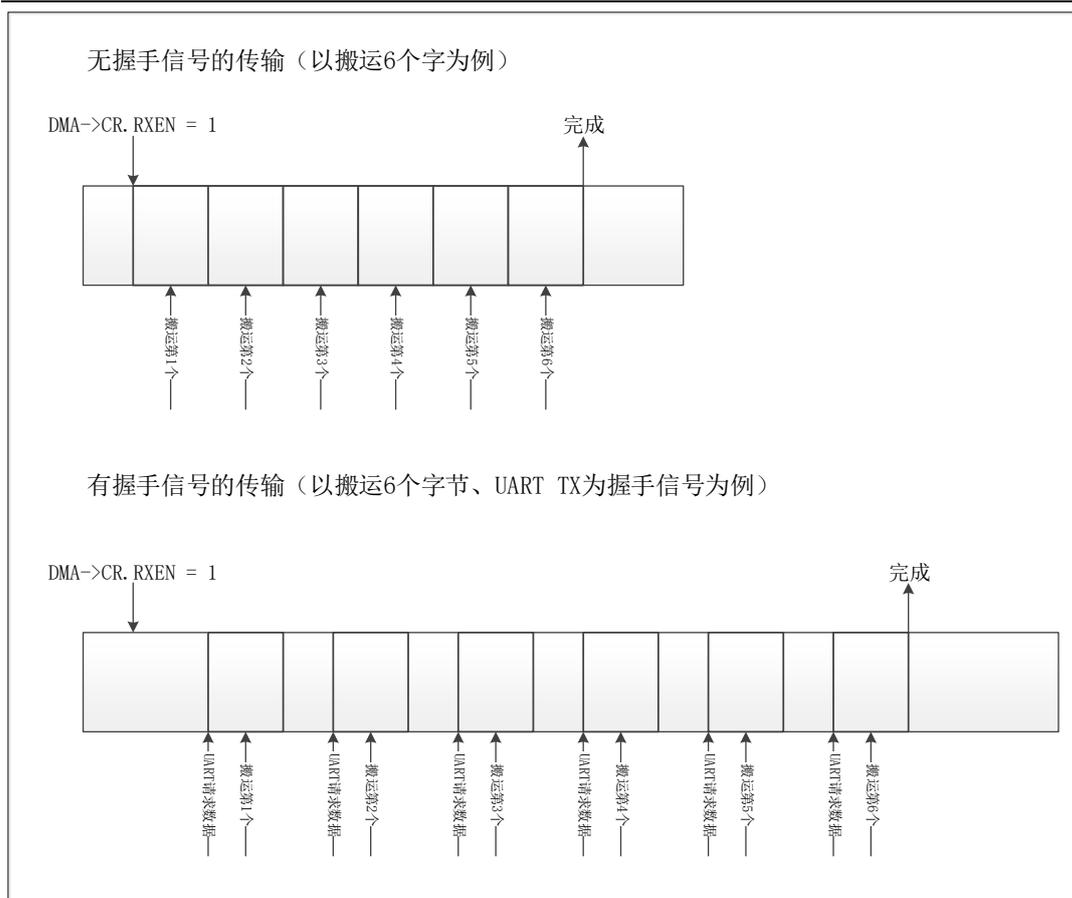


图 6-60 握手、非握手信号传输图

## 启动方式

DMA 通道启动传输的方式有两种，一种为通过软件操作 TXEN/RXEN 位启动、一种为通过外部 trigger 信号启动，可通过配置 MUXn 寄存器来选择。

### 软件操作启动

软件操作可通过配置 CRn 寄存器中的 TXEN 活 RXEN 启动 DMA 传输。

### 外部 trigger 信号启动

外部 trigger 信号触发有 TMR0~8，可通过配置 MUXn 寄存器选择使用哪个 TIMER 溢出信号触发，且通道会等到外部 trigger 信号为高后才启动传输。

配置如下：

- 配置 DMA 模式，CRn 寄存器相应位
  - 单次模式，传输完成后停止
  - 环形模式，传输完成后从头执行下一轮传输
- 配置源地址传输位宽，AMn 寄存器相应位
  - 字节

- 半字
- 字
- 配置传输长度，CRn 寄存器相应位
- 配置源地址、目的地址，SRCn、DSTn 寄存器
- 配置源和目标地址模式，AMn 寄存器相应位
  - 地址固定
  - 地址递增
  - scatter gather
- 配置通道由 trigger 信号启动，MUXn 相应位
- 配置信号由哪个 TIMER 溢出信号触发，MUXn 相应位
- 初始化定时器
- 启动定时器

DMA 启动方式如图 6-61 所示：

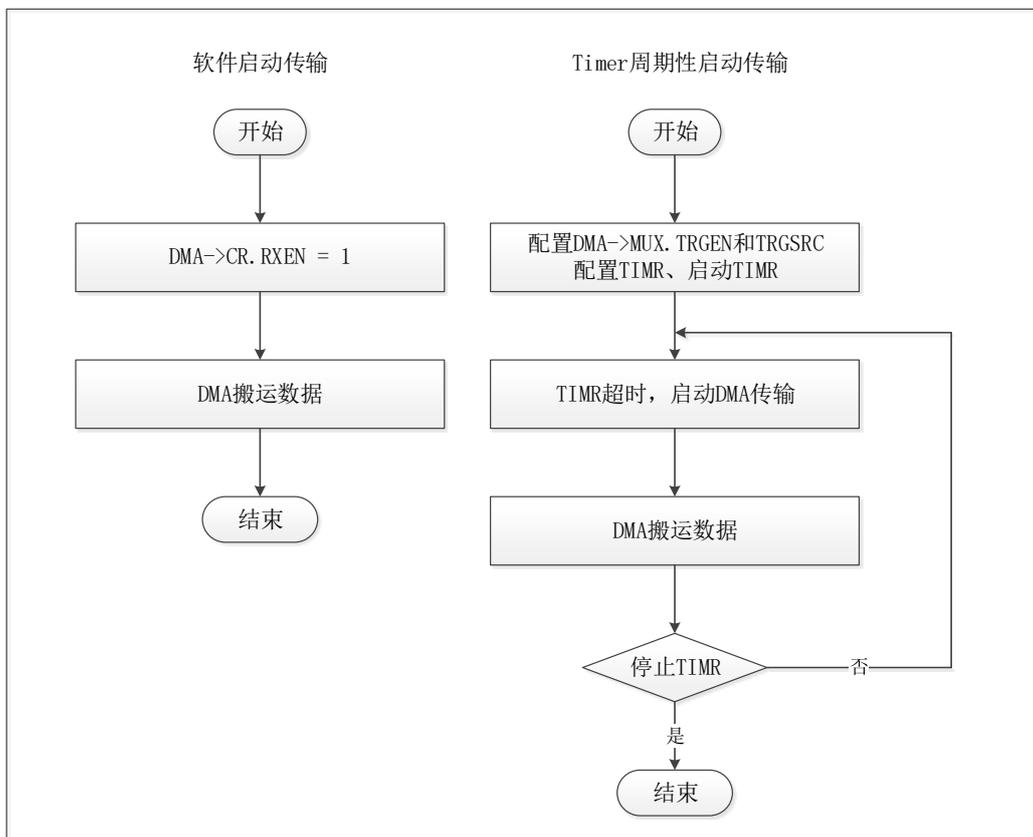


图 6-61 DMA 启动方式

## 中断处理

DMA 控制器模块 2 个通道均支持传输结束中断。DMA 初始化时如果配置了中断使能寄存器 IE，当所配置通道传输完指定数据长度时会产生中断，此时中断状态寄存器 IF 对应位自动置 1，对该位写 1 则清除中断，用户可通过读此寄存器来判断是否产生了中断。

DMA 各个通道还具备中断屏蔽功能。当配置了中断屏蔽寄存器 IM 时，即使数据传输结束，也不会产生中断。

### **优先级配置**

可通过 PRI 寄存器来配置 DMA 各个通道的优先级。当多个通道同时请求传输时，先执行优先级高的。但当低优先级正在传输时，高优先级不会打断低优先级的传输。

**6.15.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>DMA BASE: 0x4000800</b>				
EN	0x00	R/W	0x00000000	使能寄存器
IE	0x04	R/W	0x00000000	通道中断使能
IM	0x08	R/W	0x00000000	通道中断屏蔽
IF	0x0C	R/W1C	0x00000000	通道中断状态
DSTSGIE	0x10	R/W	0x00000000	scatter gather, M0 总线一侧传输完成中断使能
DSTSGIM	0x14	R/W	0x00000000	scatter gather M0 总线一侧传输完成中断屏蔽
DSTSGIF	0x18	R/W1C	0x00000000	scatter gather, M0 总线一侧传输完成中断状态
SRCSGIE	0x1C	R/W	0x00000000	scatter gather M1 总线一侧传输完成中断使能
SRCSGIM	0x20	R/W	0x00000000	scatter gather M1 总线一侧传输完成中断屏蔽
SRCSGIF	0x24	R/W1C	0x00000000	scatter gather, M1 总线一侧传输完成中断状态
PRI	0x3C	R/W	0x00000000	通道优先级设定
CRn	0x40*n + 0x00	R/W	0x00000000	通道控制
AMn	0x40*n + 0x04	R/W	0x00000000	通道地址模式
DSTn	0x40*n + 0x08	R/W	0x00000000	通道 n 目的地址寄存器
DSTSGADDRn1	0x40*n + 0xC	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 1
DSTSGADDRn2	0x40*n + 0x10	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 2
DSTSGADDRn3	0x40*n + 0x24	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 3
MUXn	0x40*n + 0x18	R/W	0x00000000	通道 n 握手信号选择寄存器
SRCn	0x40*n + 0x1C	R/W	0x00000000	通道 n 源地址寄存器
SRCSGADDRn1	0x40*n + 0x20	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 1
SRCSGADDRn2	0x40*n + 0x24	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 2
SRCSGADDRn3	0x40*n + 0x28	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 3
DSTSR	0x40*n + 0x2C	RO	0x00000000	M0 通道 n 状态寄存器

SRCSR	0x40*n + 0x30	RO	0x00000000	M1 通道 n 状态寄存器
-------	------------------	----	------------	---------------

### 6.15.6 寄存器描述

#### DMA 使能寄存器 EN

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
EN	0x00	R/W	0x00000000	使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							EN

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	EN	DMA 使能 1: 使能 0: 禁能

**DMA 中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x04	R/W	0x00000000	通道中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						CH1	CH0

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	CH1	通道 1 传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	CH0	通道 0 传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能

**DMA 中断屏蔽寄存器 IM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IM	0x08	R/W	0x00000000	通道中断屏蔽

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						CH1	CH0

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	CH1	通道 1 传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
0	CH0	通道 0 传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽

**DMA 中断状态寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x0C	R/W1C	0x00000000	通道中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						CH1	CH0

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	CH1	通道 1 传输完成中断，写 1 清零 1: 中断发生 0: 中断未发生
0	CH0	通道 0 传输完成中断，写 1 清零 1: 中断发生 0: 中断未发生

**M0 总线一侧传输完成中断使能寄存器 DSTSGIE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGIE	0x10	R/W	0x00000000	scatter gather, M0 总线一侧传输完成中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M0 总线一侧传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	CH1HF	CH1 M0 总线一侧传输完成 1/2 中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	CH0	CH0 M0 总线一侧传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	CH0HF	CH0 M0 总线一侧传输完成 1/2 中断使能 1: 使能 0: 禁能

**M0 总线一侧传输完成中断屏蔽寄存器 DSTSGIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGIM	0x14	R/W	0x00000000	scatter gather M0 总线一侧传输完成中断屏蔽

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M0 总线一侧传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
2	CH1HF	CH1 M0 总线一侧传输完成 1/2 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
1	CH0	CH0 M0 总线一侧传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
0	CH0HF	CH0 M0 总线一侧传输完成 1/2 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽

**M0 总线一侧传输完成中断状态寄存器 DSTSGIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGIF	0x18	R/W1C	0x00000000	scatter gather, M0 总线一侧传输完成中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M0 总线一侧传输完成中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	CH1HF	CH1 M0 总线一侧传输完成 1/2 中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	CH0	CH0 M1 总线一侧传输完成中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	CH0HF	CH0 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**M1 总线一侧传输完成中断使能寄存器 SRCSGIE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGIE	0x1C	R/W	0x00000000	scatter gather M1 总线一侧传输完成中断使能

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M1 总线一侧传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
2	CH1HF	CH1 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断使能 1: 使能 0: 禁能
1	CH0	CH0 M1 总线一侧传输完成中断使能 1: 使能 0: 禁能
0	CH0HF	CH0 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断使能 1: 使能 0: 禁能

**M1 总线一侧传输完成中断屏蔽寄存器 SRCSGIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGIM	0x20	R/W	0x00000000	scatter gather M1 总线一侧传输完成中断屏蔽

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M1 总线一侧传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
2	CH1HF	CH1 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
1	CH0	CH0 M1 总线一侧传输完成中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽
0	CH0HF	CH0 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断屏蔽 1: 屏蔽 0: 非屏蔽

**M1 总线一侧传输完成中断状态寄存器 SRCSGIF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGIF	0x24	R/W1C	0x00000000	scatter gather, M1 总线一侧传输完成中断状态

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				CH1	CH1HF	CH0	CH0HF

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	CH1	CH1 M1 总线一侧传输完成中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
2	CH1HF	CH1 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
1	CH0	CH0 M1 总线一侧传输完成中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生
0	CH0HF	CH0 M1 总线一侧传输完成 1/2 中断状态, R/W1C 1: 中断已发生 0: 中断未发生

**通道优先设定寄存器 PRI**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PRI	0x3C	R/W	0x00000000	通道优先级设定

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						CH1	CH0

位域	名称	描述
31:2	-	-
1	CH1	DMA CH1 优先级 1: 该通道为高优先级 0: 该通道为低优先级。
0	CH0	DMA CH0 优先级 1: 该通道为高优先级 0: 该通道为低优先级。

**通道 n 控制寄存器 CRn**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CRn	0x40*n + 0x00	R/W	0x00000000	通道控制

31	30	29	28	27	26	25	24
-				SETPOP	AUTORE	TXEN	RXEN
23	22	21	20	19	18	17	16
-				LEN			
15	14	13	12	11	10	9	8
LEN							
7	6	5	4	3	2	1	0
LEN							

位域	名称	描述
31:28	-	-
27	SETPOP	<p>步进传输。在 CHxTRIEN 为 1 时，每触发一次，传送一个单位的数据。</p> <p>注意：            步进模式将屏蔽 OPBURST 配置，即在 OPBURST 配置为 INCR4 的情况下，仍然按 SINGLE 传输。            步进模式不支持 M0 和 M1 配置不同的 OPWIDTH，因为 OPWIDTH 不同时，两组总线需要的 TRIG 次数不一样，会造成数据传输出错。            步进模式下，当传输目标地址为固定地址模式，且 OPWIDTH 为 BYTE 或 HALFWORD 时，每次传输的有效数据在写入端置于低位。(因为无法通过地址识别有效字节)</p>
26	AUTORE	<p>Auto Restart，通道在传输完成后，是否自动重新启动</p> <p>0：传输完成后停止</p> <p>1：传输完成后自动按照上一次的配置重新启动传输。</p>
25	TXEN	TX 软件启动传输，传输方向为 SRC→DST
24	RXEN	RX 软件启动传输，传输方向为 DST→SRC
23:20	-	-
19:0	LEN	<p>DMA 传输单元数量</p> <p>0 对应 1 个单位长度</p>

**通道 n 地址模式寄存器 AMn**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
AMn	0x40*n + 0x04	R/W	0x00000000	通道地址模式

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-			SRCBURST	SRCBIT		SRCAM	
7	6	5	4	3	2	1	0
-			DSTBURST	DSTBIT		DSTAM	

位域	名称	描述
31:13	-	-
12	SRCBURST	源地址传输模式 0: Single 1: Burst (Inc4)
11:10	SRCBIT	源地址传输宽度 00: 字节 01: 半字 10: 字 11: 保留
9:8	SRCAM	源地址模式 00: 地址固定 01: 地址递增 10: scatter gather 11: 保留
7:5	-	-
4	DSTBURST	目的地址传输类型 0: Single 1: Burst (Inc4)
3:2	DSTBIT	目的地址传输宽度 00: 字节 01: 半字 10: 字 11: 保留

1:0	DSTAM	目的地址模式 00: 地址固定 01: 地址递增 10: scatter gather 11: 保留
-----	-------	--

**通道 n 目的地址寄存器 DSTn**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTn	0x40*n + 0x08	R/W	0x00000000	通道 n 目的地址寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DST							
23	22	21	20	19	18	17	16
DST							
15	14	13	12	11	10	9	8
DST							
7	6	5	4	3	2	1	0
DST							

位域	名称	描述
31:0	DST	目的地址

**通道 n 目的分散收集地址 1 寄存器 DSTSGADDRn1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGADDRn1	0x40*n + 0xC	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 1

31	30	29	28	27	26	25	24
DSTSGADDRn1							
23	22	21	20	19	18	17	16
DSTSGADDRn1							
15	14	13	12	11	10	9	8
DSTSGADDRn1							
7	6	5	4	3	2	1	0
DSTSGADDRn1							

位域	名称	描述
31:0	DSTSGADDRn1	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 1

**通道 n 目的分散收集地址 2 寄存器 DSTSGADDRn2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGADDRn2	0x40*n + 0x10	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 2

31	30	29	28	27	26	25	24
DSTSGADDRn2							
23	22	21	20	19	18	17	16
DSTSGADDRn2							
15	14	13	12	11	10	9	8
DSTSGADDRn2							
7	6	5	4	3	2	1	0
DSTSGADDRn2							

位域	名称	描述
31:0	DSTSGADDRn2	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 2

**通道 n 目的分散收集地址寄存器 DSTSGADDRn3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSGADDRn3	0x40*n + 0x24	R/W	0x00000000	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 3

31	30	29	28	27	26	25	24
DSTSGADDRn3							
23	22	21	20	19	18	17	16
DSTSGADDRn3							
15	14	13	12	11	10	9	8
DSTSGADDRn3							
7	6	5	4	3	2	1	0
DSTSGADDRn3							

位域	名称	描述
31:0	DSTSGADDRn3	Destination Scatter Gather Address 通道 n 目的分散收集地址 3

**通道 n 握手信号选择寄存器 MUXn**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
MUXn	0x40*n + 0x18	R/W	0x00000000	通道 n 握手信号选择寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-				EXTHSEN	TRGSRC		
15	14	13	12	11	10	9	8
-					SRCHSEN	EXTHSSIG	
7	6	5	4	3	2	1	0
-					DSTHSEN	DSTHSSIG	

位域	名称	描述
31:20	-	-
19	EXTHSEN	触发功能使能 1: 使能, TRIGGER 触发 0: 关闭, 由启动信号 TXEN/RXEN 进行启动 注 1: 需要使用这个寄存器时, 必须在其它相关寄存器配置完成之后再使能 注 2: EXTHSEN=1 时, 也需置 TXEN 或 RXEN 才能启动触发传输功能
18:16	EXTHSSIG	TRIGGER 信号触发配置 000: TIMER0 001: TIMER1 010: TIMER2 011: TIMER3 100: TIMER4 101: DMA_TRIG0 110: DMA_TRIG1 111: 保留
15:11	-	-
10	SRCHSEN	M1 上硬件触发源使能 1: 硬件触发 0: RXEN 软件启动

9:8	SRCHSSIG	M1 上硬件触发源 11: 选择编号为 $4*x+3$ 的握手信号 10: 选择编号为 $4*x+2$ 的握手信号 01: 选择编号为 $4*x+1$ 的握手信号 00: 选择编号为 $4*x$ 的握手信号 详见表格 6-3
7:3	-	-
2	DSTHSEN	M0 上硬件触发源使能 1: 硬件触发 0: TXEN 软件启动
1:0	DSTHSSIG	M0 上硬件触发源 11: 选择编号为 $4*x+3$ 的握手信号 10: 选择编号为 $4*x+2$ 的握手信号 01: 选择编号为 $4*x+1$ 的握手信号 00: 选择编号为 $4*x$ 的握手信号 详见表格 6-3

**通道 n 源地址寄存器 SRCn**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCn	0x40*n + 0x1C	R/W	0x00000000	通道 n 源地址寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
SRCn							
23	22	21	20	19	18	17	16
SRCn							
15	14	13	12	11	10	9	8
SRCn							
7	6	5	4	3	2	1	0
SRCn							

位域	名称	描述
31:0	SRCn	源地址

**通道 n 源分散收集地址 1 寄存器 SRCSGADDRn1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGADDRn1	0x40*n + 0x20	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 1

31	30	29	28	27	26	25	24
SRCSGADDRn1							
23	22	21	20	19	18	17	16
SRCSGADDRn1							
15	14	13	12	11	10	9	8
SRCSGADDRn1							
7	6	5	4	3	2	1	0
SRCSGADDRn1							

位域	名称	描述
31:0	SRCSGADDRn1	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 1

**通道 n 源分散收集地址 2 寄存器 SRCSGADDRn2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGADDRn2	0x40*n + 0x24	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 2

31	30	29	28	27	26	25	24
SRCSGADDRn2							
23	22	21	20	19	18	17	16
SRCSGADDRn2							
15	14	13	12	11	10	9	8
SRCSGADDRn2							
7	6	5	4	3	2	1	0
SRCSGADDRn2							

位域	名称	描述
31:0	SRCSGADDRn2	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 2

**通道 n 源分散收集地址 3 寄存器 SRCSGADDRn3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSGADDRn3	0x40*n + 0x28	R/W	0x00000000	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 3

31	30	29	28	27	26	25	24
SRCSGADDRn3							
23	22	21	20	19	18	17	16
SRCSGADDRn3							
15	14	13	12	11	10	9	8
SRCSGADDRn3							
7	6	5	4	3	2	1	0
SRCSGADDRn3							

位域	名称	描述
31:0	SRCSGADDRn3	Source Scatter Gather Address 通道 n 源分散收集地址 3

**M0 通道 n 状态寄存器 DSTSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DSTSR	0x40*n + 0x2C	RO	0x00000000	M0 通道 n 状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DSTERR	-						
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				DSTLEN			
7	6	5	4	3	2	1	0
DSTLEN							

位域	名称	描述
31	DSTERR	M0 长度配置错误
30:12	-	-
11:0	DSTLEN	M0 剩余传输量

**M1 通道 n 状态寄存器 SRCSR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SRCSR	0x40*n + 0x30	RO	0x00000000	M1 通道 n 状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
SRCERR		-					
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-				SRCLLEN			
7	6	5	4	3	2	1	0
SRCLLEN							

位域	名称	描述
31	SRCERR	M1 长度配置错误
30:12	-	-
11:0	SRCLLEN	M1 剩余传输量

## 6.16 CRC 计算单元 (CRC)

### 6.16.1 概述

SWM241 系列所有型号 CRC 模块操作均相同，主要应用于核实数据传输或者数据存储的正确性和完整性，使用前需使能 CRC 模块时钟。

CRC 模块分为 CRC-32、CRC-16、CRC-8。使用 CRC-32 多项式进行计算时，输入数据有效位宽可选择为 32Bit、16Bit、8Bit，使用 CRC-16 多项式进行计算时，输入数据有效位宽可选择 16Bit、8Bit。

### 6.16.2 特性

- 支持四种多项式
  - $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$
  - $x^{16}+x^{12}+x^5+1$
  - $x^{16}+x^{15}+x^2+1$
  - $x^8+x^2+x+1$
- 支持输出结果设置，包括翻转、取反
- 支持初始值自定义
- 支持输入可选择取反

### 6.16.3 模块结构框图

CRC 循环冗余检验结构框图如图 6-62 所示：

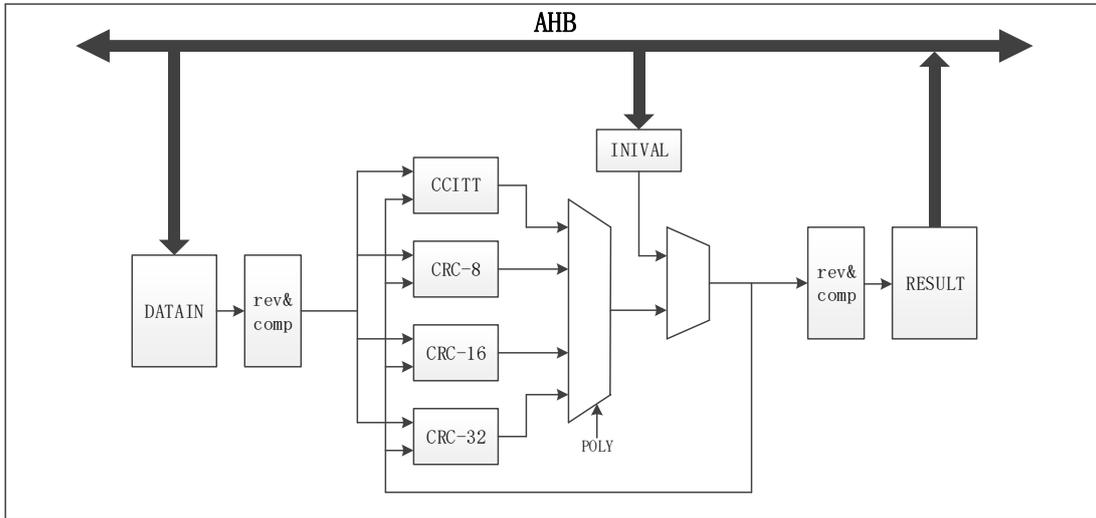


图 6-62 CRC 结构框图

## 6.16.4 功能描述

### 计算步骤

- 根据需求，通过 CR 寄存器选择 CRC 算法、输入数据有效位宽、输出结果
- 根据需求，通过 INIVAL 寄存器设置 CRC 初始值
- 通过 CR 寄存器使能 CRC 计算
- 通过 DATAIN 寄存器向 CRC 计算单元输入要计算的数据
- 通过 RESULT 寄存器读取计算结果

**6.16.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>CRC BASE: 0x40002800</b>				
<b>CR</b>	0x00	R/W	0x00000000	CRC 状态控制寄存器
<b>DATAIN</b>	0x04	WO	0x00000000	CRC 数据输入寄存器
<b>INIVAL</b>	0x08	R/W	0x00000000	CRC 初始值设置寄存器
<b>RESULT</b>	0x0C	RO	0x00000000	CRC 结果输出寄存器

## 6.16.6 寄存器描述

### 控制寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x00	R/W	0x00000000	CRC 状态控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-						IBIT		POLY
7	6	5	4	3	2	1	0	
POLY	ONOT	OREV		INOT	IREV		EN	

位域	名称	描述
31:11	-	-
10:9	IBIT	CRC 输入数据有效位数寄存器 00: 32 位输入数据有效 01: 低 16 位输入数据有效 10: 低 8 位输入数据有效 11: 保留
8:7	POLY	CRC 算法选择寄存器 00: $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ 01: $x^8+x^2+x+1$ 10: $x^{16}+x^{15}+x^2+1$ 11: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$
6	ONOT	输出结果是否取反寄存器 1: 输出结果取反 0: 输出结果不需要取反
5:4	OREV	输出结果是否翻转寄存器 00: bit 顺序不变 01: bit 顺序完全翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 0:31; 16 位数据宽度 15:0 -> 0:15; 8 位数据宽度 7:0 -> 0:7) 10: bit 顺序在字节范围内翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 24:31, 16:23, 8:15, 0:7; 16 位数据宽度 15:0 -> 8:15, 0:7; 8 位数据宽度同 01) 11: 仅字节顺序翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 7:0, 15:8, 23:16, 31:24; 16 位数据宽度 15:0 -> 7:0, 15:8; 8 位数据宽度同 00)

3	INOT	输入数据是否取反 1: 输入数据取反 0: 输入数据不取反
2:1	IREV	输入数据是否翻转。 00: bit 顺序不变 01: bit 顺序完全翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 0:31; 16 位数据宽度 15:0 -> 0:15; 8 位数据宽度 7:0 -> 0:7) 10: bit 顺序在字节范围内翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 24:31, 16:23, 8:15, 0:7; 16 位数据宽度 15:0 -> 8:15, 0:7; 8 位数据宽度同 01) 11: 仅字节顺序翻转 (32 位数据宽度 31:0 -> 7:0, 15:8, 23:16, 31:24; 16 位数据宽度 15:0 -> 7:0, 15:8; 8 位数据宽度同 00)
0	EN	CRC 使能控制位 1: CRC 使能 0: CRC 禁能

**数据输入寄存器 DATAIN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATAIN	0x04	WO	0x00000000	CRC 数据输入寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DATAIN							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATAIN							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATAIN							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATAIN							

位域	名称	描述
31:0	DATAIN	CRC 数据输入寄存器，有效位根据 CR 寄存器 IBIT 位选择

**初始值设置寄存器 INIVAL**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
INIVAL	0x08	R/W	0x00000000	CRC 初始值设置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
INIVAL							
23	22	21	20	19	18	17	16
INIVAL							
15	14	13	12	11	10	9	8
INIVAL							
7	6	5	4	3	2	1	0
INIVAL							

位域	名称	描述
31:0	INIVAL	CRC 初始值寄存器

**结果输出寄存器 RESULT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RESULT	0x0C	RO	0x00000000	CRC 结果输出寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
RESULT							
23	22	21	20	19	18	17	16
RESULT							
15	14	13	12	11	10	9	8
RESULT							
7	6	5	4	3	2	1	0
-							

位域	名称	描述
31:0	RESULT	CRC 结果输出寄存器，有效位根据 CR 寄存器 POLY 位选择 当 POLY 为： 00: 低 16 位有效 01: 低 8 位有效 10: 低 16 位有效 11: 32 位有效

## 6.17 除法器 (DIV)

### 6.17.1 概述

SWM241 系列所有型号除法器模块操作均相同。使用前需使能除法器模块时钟。

### 6.17.2 特性

- 支持 32 位整数除法运算及求余运算
- 支持 32 位开方运算，支持小数位
- 除法单次运算耗时 32 个时钟，不包括读写寄存器时间
- 开方单次运算耗时 16/32 个时钟，不包括读写寄存器时间
- 开方可选择两种模式
  - 只取整数（16 位）
  - 包含小数（16+16 位）
- 运算启动自动清除运算使能查询
- 提供运算进行标志和完成标志
- 支持有符号数和无符号数运算

### 6.17.3 功能描述

使用除法器模块计算商/余数流程如下：

- 配置 DIVIDEND 寄存器和 DIVISOR 寄存器
- 配置 CR 寄存器。选择有符号数或无符号数，DIVGO 启动运算
- 读取 SR 寄存器，查看运算进程
  - DIVBUSY：运算标志
  - DIVEND：运算完成标志
- 读取 QUO 寄存器及余数寄存器 REMAIN

注 1：当除数为 0 时，商数为全 1，余数为被除数；当被除数为 0，商数为全 0，余数为 0

注 2：计算过程中，不可更改除数及被除数

注 3：如果除数为 0，商数为全 ‘1’，余数为被除数

注 4：如果被除数为 0，商数为全 ‘0’，余数为 0

使用除法器模块计算开方流程如下：

- 配置 RADICAND 寄存器；
- 配置 CR 寄存器；ROOTMOD：运算模式；ROOTGO：启动运算；
- 读取 SR 寄存器；ROOTBUSY：开方运算标志；ROOTENDI：开方整数运算完成标志；ROOTENDF：开方小数运算完成标志；
- 读取 ROOT 寄存器；

注 1：当选择只计算整数时，ROOT 寄存器低 16 位仍保存最后一次的小数计算结果。

注 2：计算过程中，不可更改被开方数。

**6.17.4 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>DIV BASE: 0x40003800</b>				
<b>CR</b>	0x00	R/W	0x00000000	控制寄存器
<b>SR</b>	0x04	R/W	0x00000000	状态寄存器
<b>DIVIDEND</b>	0x10	R/W	0x00000000	被除数寄存器
<b>DIVISOR</b>	0x14	R/W	0x00000000	除数寄存器
<b>QUO</b>	0x18	R/W	0x00000000	商寄存器
<b>REMAIN</b>	0x1C	R/W	0x00000000	余数寄存器
<b>RADICAND</b>	0x20	R/W	0x00000000	开方数据寄存器
<b>ROOT</b>	0x24	R/W	0x00000000	平方根数据寄存器

### 6.17.5 寄存器描述

#### 控制寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x00	R/W	0x00000000	控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						ROOTMOD	ROOTGO
7	6	5	4	3	2	1	0
-						DIVSIGN	DIVGO

位域	名称	描述
31:10	-	-
9	ROOTMOD	开方运算模式 0: 开方运算结果只保留 16 位整数; 1: 开方运算结果保留 16 位整数+16 位小数;
8	ROOTGO	开方运算启动信号 1: 启动 0: 停止 运算完成后硬件会自动清零。
7:2	-	-
1	DIVSIGN	0: 表示有符号数 1: 表示无符号数 注: 当为有符号数时, 数据的最高位 (31bit) 表示符号, 有效数据为 31 位 当为无符号数时, 32bit 数据都是有效数据
0	DIVGO	除法运算启动信号 1: 启动 0: 停止 运算完成后硬件会自动清零。

**状态寄存器 SR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
SR	0x04	R/W	0x00000000	状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-					ROOTBUSY	ROOTENDF	ROOTENDI
7	6	5	4	3	2	1	0
-						DIVBUSY	DIVEND

位域	名称	描述
31:11	-	-
10	ROOTBUSY	开方运算过程标志。 1: 运算中 0: 运算完成 RO 运算完成后硬件自动清零。
9	ROOTENDF	开方小数运算完成标志。 1: 运算完成 0: 运算未完成 写 1 清除。
8	ROOTENDI	开方整数运算完成标志。 1: 运算完成 0: 运算未完成 写 1 清除。
7:2	-	-
1	DIVBUSY	除法运算过程标志。 1: 运算中 0: 运算完成 RO 运算完成后硬件自动清零
0	DIVEND	除法运算完成标志。 1: 运算完成 0: 运算未完成 写 1 清除。

**被除数寄存器 DIVIDEND**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DIVIDEND	0x10	R/W	0x00000000	被除数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DIVIDEND							
23	22	21	20	19	18	17	16
DIVIDEND							
15	14	13	12	11	10	9	8
DIVIDEND							
7	6	5	4	3	2	1	0
DIVIDEND							

位域	名称	描述
31:0	DIVIDEND	被除数

**除数寄存器 DIVISOR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DIVISOR	0x14	R/W	0x00000000	除数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DIVISOR							
23	22	21	20	19	18	17	16
DIVISOR							
15	14	13	12	11	10	9	8
DIVISOR							
7	6	5	4	3	2	1	0
DIVISOR							

位域	名称	描述
31:0	DIVISOR	除数

**商寄存器 QUO**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
QUO	0x18	R/W	0x00000000	商寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
QUO							
23	22	21	20	19	18	17	16
QUO							
15	14	13	12	11	10	9	8
QUO							
7	6	5	4	3	2	1	0
QUO							

位域	名称	描述
31:0	QUO	商数

**余数寄存器 REMAIN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
REMAIN	0x1C	R/W	0x00000000	余数寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
REMAIN							
23	22	21	20	19	18	17	16
REMAIN							
15	14	13	12	11	10	9	8
REMAIN							
7	6	5	4	3	2	1	0
REMAIN							

位域	名称	描述
31:0	REMAIN	余数

**平方数据寄存器 RADICAND**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RADICAND	0x20	R/W	0x00000000	平方数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
RADICAND							
23	22	21	20	19	18	17	16
RADICAND							
15	14	13	12	11	10	9	8
RADICAND							
7	6	5	4	3	2	1	0
RADICAND							

位域	名称	描述
31:0	RADICAND	平方数据

**平方根寄存器 ROOT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ROOT	0x24	R/W	0x00000000	平方根数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
ROOTI							
23	22	21	20	19	18	17	16
ROOTI							
15	14	13	12	11	10	9	8
ROOTF							
7	6	5	4	3	2	1	0
ROOTF							

位域	名称	描述
31:16	ROOTI	平方根整数数据
15:0	ROOTF	平方根小数数据

## 6.18 SLED 控制模块（SLED）

### 6.18.1 概述

SWM241 系列所有型号 SLED 控制模块操作均相同，不同型号 SEG 个数可能不同。使用前需使能 SLED 控制模块时钟。

### 6.18.2 特性

- 支持 1/4 占空比或 1/8 占空比
- 最多 8 个 COM 输出引脚和 20 个 SEG 输出引脚
- SLED 刷新频率可灵活配置
- 间隔时间可灵活配置
- 灰度时间可灵活配置

### 6.18.3 模块结构框图

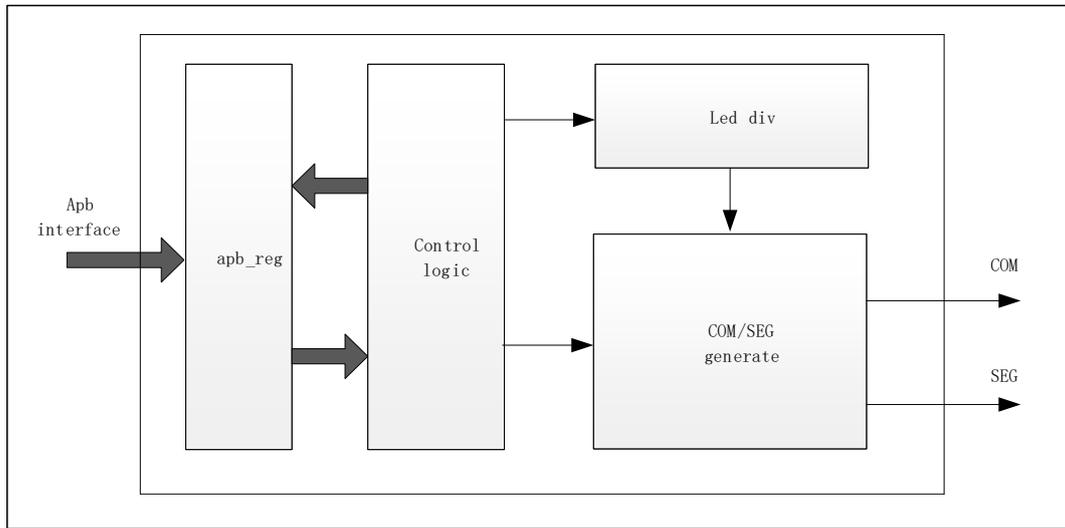


图 6-63 SLED 控制模块结构框图

### 6.18.4 功能

本模块为 SLED 控制器模块，支持 1/4 占空比或 1/8 占空比驱动方式。具有最多 8 个 COM 输出引脚和 20 个 SEG 输出引脚。SLED 刷新频率可灵活配置。

SLED 每个刷新周期内相关时间配置关系如图 6-64 所示：

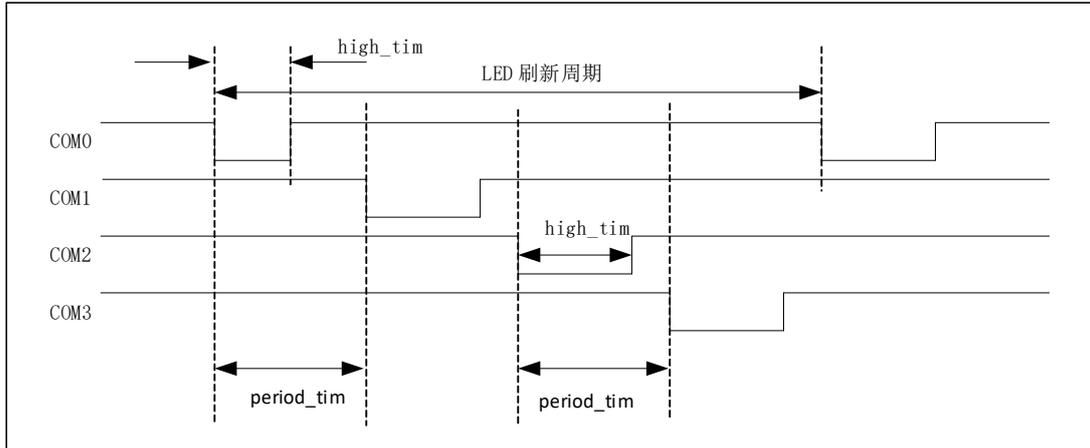


图 6-64 SLED 刷新周期内相关时间配置关系图

**6.18.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>SLED BASE: 0x400AA800</b>				
<b>CR</b>	0x00	R/W	0x00000000	SLED 控制寄存器
<b>CLKDIV</b>	0x04	R/W	0x00000008	SLED 时钟分频寄存器
<b>TIM</b>	0x08	R/W	0x00C000FF	SLED 刷新时间配置寄存器
<b>DATA0</b>	0x10	R/W	0x00000000	SLED 数据 0 寄存器
<b>DATA1</b>	0x14	R/W	0x00000000	SLED 数据 1 寄存器
<b>DATA2</b>	0x18	R/W	0x00000000	SLED 数据 2 寄存器
<b>DATA3</b>	0x1c	R/W	0x00000000	SLED 数据 3 寄存器
<b>DATA4</b>	0x20	R/W	0x00000000	SLED 数据 4 寄存器
<b>DATA5</b>	0x24	R/W	0x00000000	SLED 数据 5 寄存器
<b>DATA6</b>	0x28	R/W	0x00000000	SLED 数据 6 寄存器
<b>DATA7</b>	0x2c	R/W	0x00000000	SLED 数据 7 寄存器

### 6.18.6 寄存器描述

#### SLED 控制寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x00	R/W	0x00000000	SLED 控制寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
COMINV	-						
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-						DUTY	EN

位域	名称	描述
31	COMINV	COM 反向配置寄存器 0: COM 波形正常 1: COM 波形反向
30:2	-	-
1	DUTY	SLED 占空比选择 0: 1/4 占空比 1: 1/8 占空比
0	EN	SLED 使能控制位 0: 禁止 SLED 驱动器 1: 使能 SLED 驱动器

**SLED 时钟分频寄存器 CLKDIV**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CLKDIV	0x04	R/W	0x00000008	SLED 时钟分频寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				DIV			

位域	名称	描述
31:4	-	-
3:0	DIV	SLED 时钟 (led_clk) 分频寄存器 0000: 无效 0001: pclk2 的 2 分频 0010: pclk2 的 4 分频 0011: pclk2 的 8 分频 0100: pclk2 的 16 分频 0101: pclk2 的 32 分频 0110: pclk2 的 64 分频 0111: pclk2 的 128 分频 1000: pclk2 的 256 分频 1001: pclk2 的 512 分频 1010: pclk2 的 1024 分频 1011: pclk2 的 2048 分频 1100: pclk2 的 4096 分频 1101: pclk2 的 8192 分频 1110: pclk2 的 16384 分频 1111: pclk2 的 32768 分频

**SLED 刷新时间配置寄存器 TIM**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TIM	0x08	R/W	0x00C000FF	SLED 刷新时间配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-						HIGH	
23	22	21	20	19	18	17	16
HIGH							
15	14	13	12	11	10	9	8
-						PERIOD	
7	6	5	4	3	2	1	0
PERIOD							

位域	名称	描述
31:26	-	-
25:16	HIGH	SLED 刷新周期内, COM 高电平配置寄存器 $high\_tim = Tled\_clk * (HIGH+1)$ 注: LED_HIGH 配置值必须小于 PERIOD 配置值, 可用于实现灵活调节显示亮度
15:10	-	-
9:0	PERIOD	SLED 刷新周期内, COM/SEG 电平周期配置寄存器 $period\_tim = Tled\_clk * (PERIOD + 1)$

**SLED 数据 x 寄存器 DATAx (0~7)**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA0	0x10	R/W	0x00000000	SLED 数据 0 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA1	0x14	R/W	0x00000000	SLED 数据 1 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA2	0x18	R/W	0x00000000	SLED 数据 2 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA3	0x1c	R/W	0x00000000	SLED 数据 3 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA4	0x20	R/W	0x00000000	SLED 数据 4 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA5	0x24	R/W	0x00000000	SLED 数据 5 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA6	0x28	R/W	0x00000000	SLED 数据 6 寄存器

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA7	0x2c	R/W	0x00000000	SLED 数据 7 寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-				SEG19	SEG18	SEG17	SEG16
15	14	13	12	11	10	9	8
SEG15	SEG14	SEG13	SEG12	SEG11	SEG10	SEG9	SEG8
7	6	5	4	3	2	1	0
SEG7	SEG6	SEG5	SEG4	SEG3	SEG2	SEG1	SEG0

位域	名称	描述
31:20	-	-
19	SEG19	SEG19 数据输出
18	SEG18	SEG18 数据输出

17	SEG17	SEG17 数据输出
16	SEG16	SEG16 数据输出
15	SEG15	SEG15 数据输出
14	SEG14	SEG14 数据输出
13	SEG13	SEG13 数据输出
12	SEG12	SEG12 数据输出
11	SEG11	SEG11 数据输出
10	SEG10	SEG10 数据输出
9	SEG9	SEG9 数据输出
8	SEG8	SEG8 数据输出
7	SEG7	SEG7 数据输出
6	SEG6	SEG6 数据输出
5	SEG5	SEG5 数据输出
4	SEG4	SEG4 数据输出
3	SEG3	SEG3 数据输出
2	SEG2	SEG2 数据输出
1	SEG1	SEG1 数据输出
0	SEG0	SEG0 数据输出

## 6.19 SLCD 控制模块（SLCD）

### 6.19.1 概述

SWM241 系列所有型号 SLCD 控制模块操作均相同，使用前需使能 SLCD 控制模块时钟，并通过设置 PA15 输出高电平开启 SLCD 电源域。

### 6.19.2 特性

- LCD 帧频率设置
- 4 COM\*32 SEG
- BIAS 和 DUTY 设置
- 根据图形显示数据，产生驱动电平控制时序
- 本模块仅支持 TYPEB 驱动波形
- 支持按键扫描功能

### 6.19.3 模块结构框图

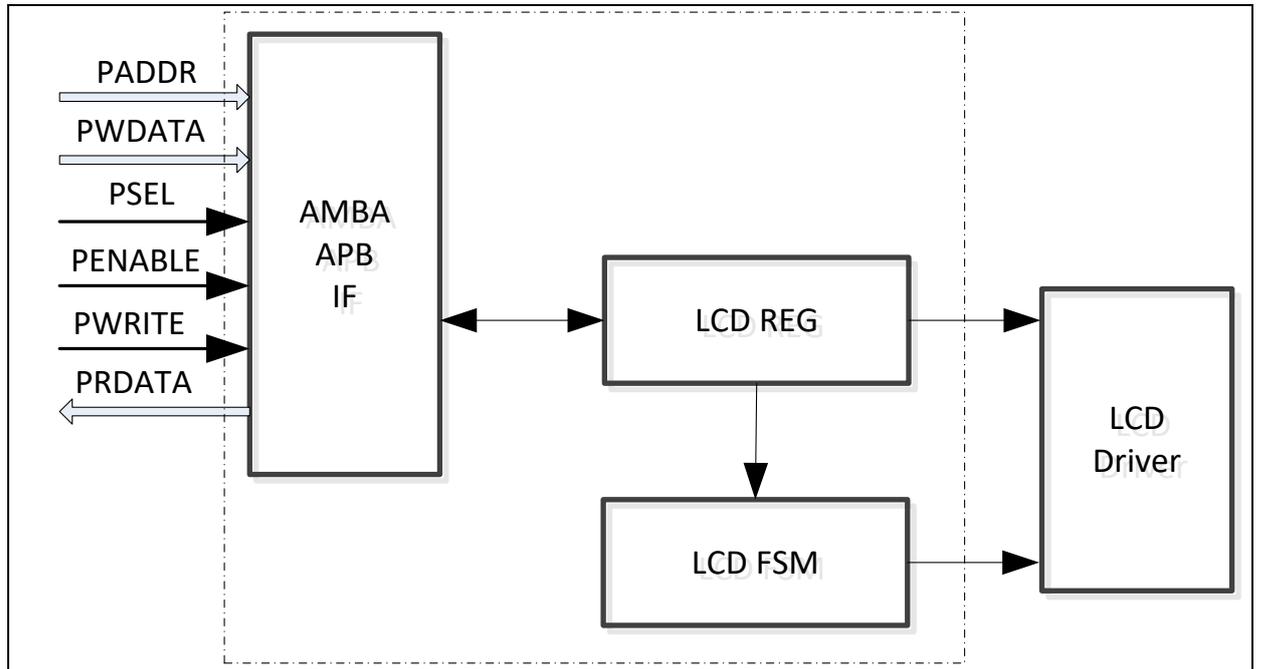


图 6-65 SLCD 控制模块结构框图

## 6.19.4 功能描述

本模块为 SLCD 控制器模块。模块支持标准 APB 总线操作，只支持 WORD 读写。

### LCD 显示

- 配置 LCDC\_CR 寄存器
  - CLKDIV: 指示系统高频频率分频
  - KEYSKAN: LCD 按键扫描
  - DRIVSEL: LCD 驱动电流
  - SCANFRQ: LCD 帧频率
  - DUTY: LCD 扫描模式
  - BIAS: LCD 偏压
  - DISP: LCD 显示模式
  - DRIVEEN: LCD 驱动使能
- 配置 LCD 显示数据寄存器
- 配置 LCDC\_CR 寄存器
  - SCANEN: LCD 扫描使能

### 按键扫描

LCD 驱动端口如果和 IO 端口复用，可以通过按键扫描功能来配合 GPIO 端口实现组合按键，同时不影响 LCD 驱动显示。当按键扫描功能控制位使能后，所有复用端口的波形都会在每个 COM 开始的时候出现一个约 30us 宽度的低脉冲；此脉冲可以用作 IO 中断唤醒信号。

使用软件实现按键扫描功能的步骤如下：

- 把 GPIO 设置为输入端口，并使能上拉；
- 启动 GPIO 中断功能；
- 启动按键扫描功能；
- 等待按键；
- 当有按键按下时，系统进入 GPIO 中断处理子程序：
  - 设置 LCD 为显示空白状态，并取消按键扫描功能；
  - 设置 IO 为 IO 功能，并输出按键探测信号；
  - 读取 GPIO 端口，判断按键；

- 设置 IO 为 LCD 驱动，并启动 LCD 显示；

**驱动波形**

表格 6-4 1/3 BIAS Driver Output Levels

Driver	Mode	Alternation	Output Level
<b>COMMON</b>	Selected	H	VDD
		L	GND
	Non-Selected	H	$2*VDD/3$
		L	$VDD/3$
<b>SEGMENT</b>	Selected	H	VDD
		L	GND
	Non-Selected	H	$2*VDD/3$
		L	$VDD/3$

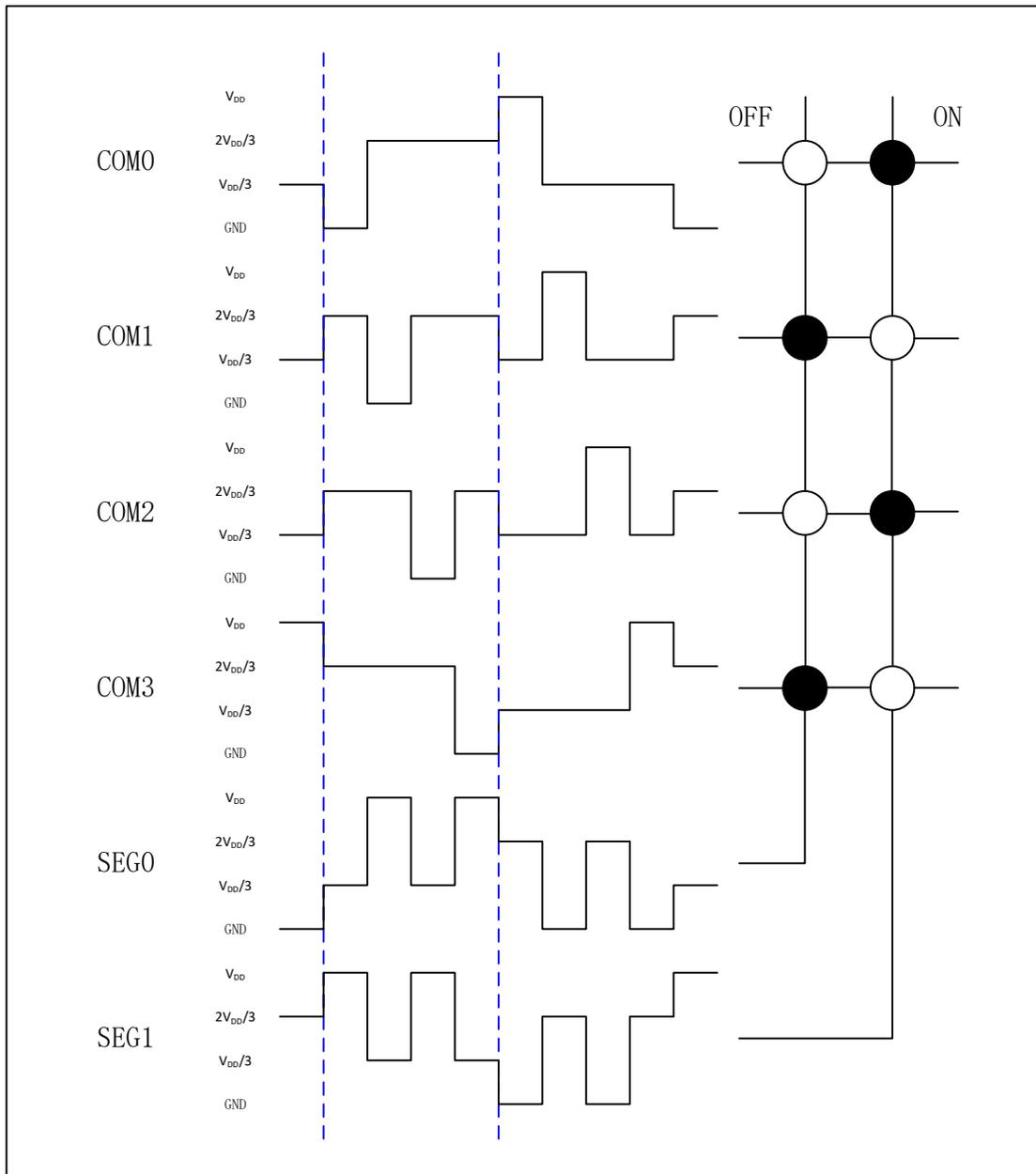


图 6-66 1/4DUTY 和 1/3BIAS 驱动模式波形

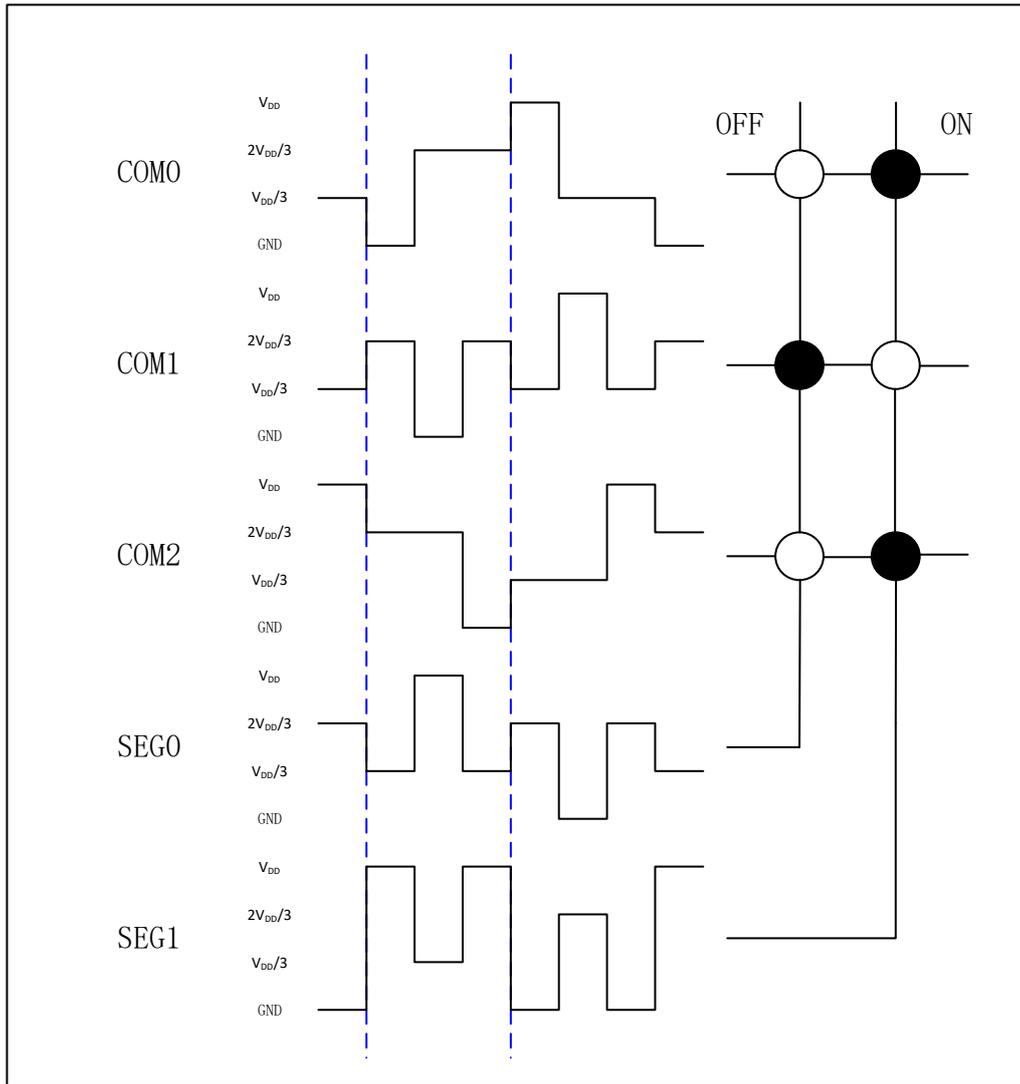


图 6-67 1/3DUTY 和 1/3BIAS 驱动模式波形

表格 6-5 1/2 BIAS Driver Output Levels

Driver	Mode	Alternation	Output Level
COMMON	Selected	H	VDD
		L	GND
	Non-Selected	H	VDD/2
		L	VDD/2
SEGMENT	Selected	H	VDD
		L	GND
	Non-Selected	H	VDD
		L	GND

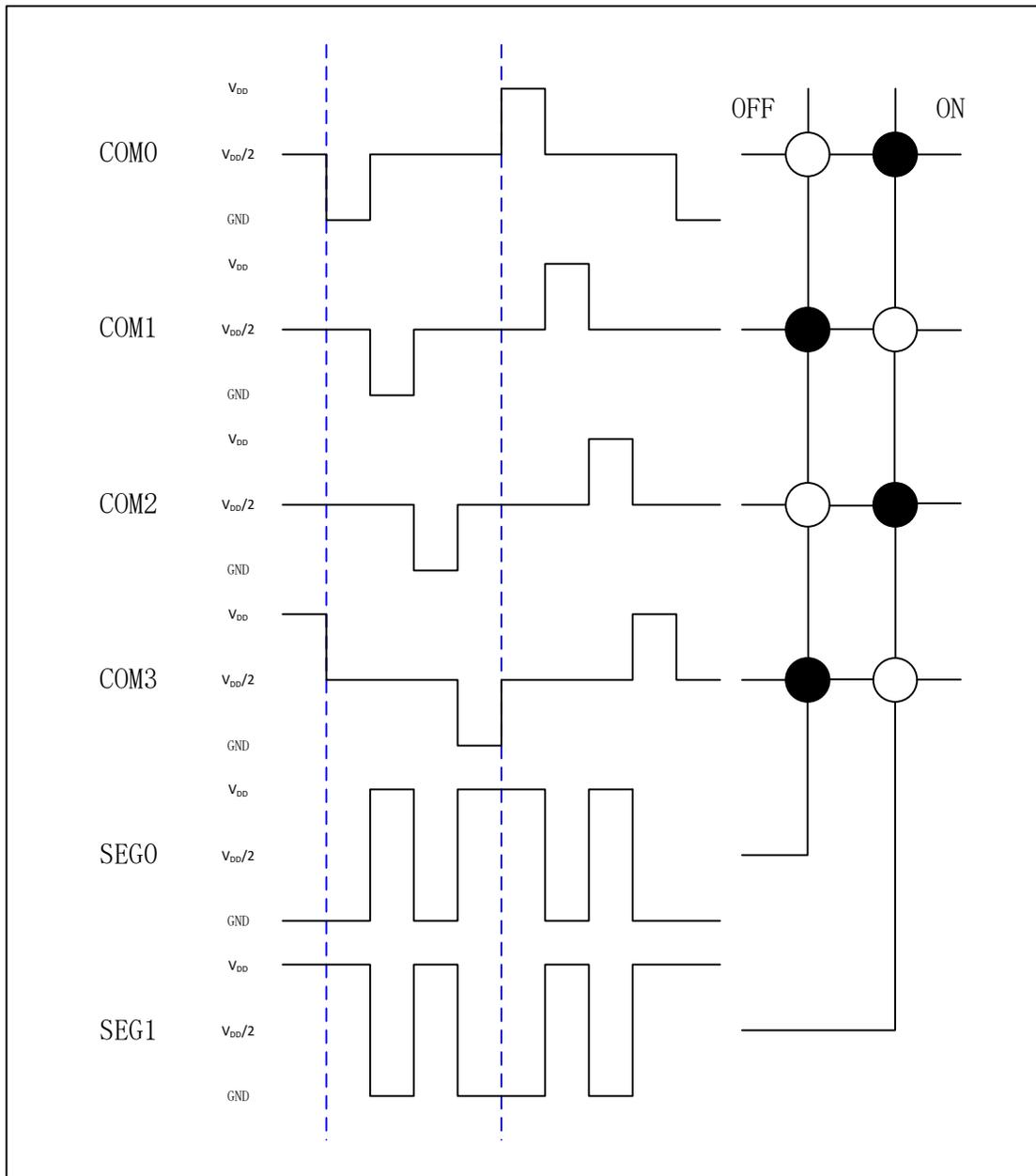


图 6-68 1/3DUTY 和 1/2BIAS 驱动模式波形

数据显示映射表

表格 6-6 显示数据映射表

	SEG0	SEG1	.....	SEG30	SEG31
COM0	LCDC_DATA0/B0	LCDC_DATA0/B1	.....	LCDC_DATA0/B30	LCDC_DATA0/B31
COM1	LCDC_DATA1/B0	LCDC_DATA1/B1	.....	LCDC_DATA1/B30	LCDC_DATA1/B31

<b>COM2</b>	LCDC_DATA2/B0	LCDC_DATA2/B1	.....	LCDC_DATA2/B 30	LCDC_DATA2/ B31
<b>COM3</b>	LCDC_DATA3/B0	LCDC_DATA3/B1	.....	LCDC_DATA3/B 30	LCDC_DATA3/ B31

**6.19.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
SLCD <b>BASE: 0x400A9800</b>				
<b>CR</b>	0x00	R/W	0x003F0000	SLCD 配置寄存器
<b>DATA0</b>	0x10	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 0
<b>DATA1</b>	0x14	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 1
<b>DATA2</b>	0x18	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 2
<b>DATA3</b>	0x1c	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 3

## 6.19.6 寄存器描述

### SLCD 控制寄存器 CR

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
CR	0x00	R/W	0x003F0000	SLCD 配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-		CLK_DIV					
15	14	13	12	11	10	9	8
-					KEYSCAN	-	
7	6	5	4	3	2	1	0
SCANFRQ		DUTY	BIAS	DISP		SCANEN	DRIVEN

位域	名称	描述
31:22	-	-
21:16	CLKDIV	系统分频控制 Flcd = PCLK2 / (CLKDIV*32) 注: 由于 SLCD 模块挂载在 APB2 总线上, APB2 总线时钟(PCLK2)为系统时钟(SYSCLK)的二分频, 故 PCLK2=SYSCLK/2
15:11	-	-
10	KEYSCAN	按键扫描功能 1 使能
9:8	-	-
7:6	SCANFRQ	LCD 帧频率控制 00: Flcd/256 Hz 01: Flcd/128 Hz 10: Flcd/64 Hz 11: Flcd/32 Hz
5	DUTY	LCD 扫描模式选择 0: 1/4 Duty 1: 1/3 Duty
4	BIAS	LCD 偏压模式选择 0: 1/3 Bias 1: 1/2 Bias

3:2	DISP	LCD 显示模式 00: 正常显示 01: 显示空白 10: 显示全部 11: 保留
1	SCANEN	LCD 扫描电路使能 0: 不使能 1: 使能
0	DRIVEN	LCD 驱动电路使能 0: 不使能 1: 使能

**SLCD 数据寄存器 0 DATA0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA0	0x10	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA0	LCD 数据寄存器 0

**SLCD 数据寄存器 1 DATA1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA1	0x14	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA1	LCD 数据寄存器 1

**SLCD 数据寄存器 2 DATA2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA2	0x18	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA2	LCD 数据寄存器 2

**SLCD 数据寄存器 3 DATA3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA3	0x1c	R/W	0x00000000	SLCD 数据寄存器 3

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA3	LCD 数据寄存器 3

## 6.20 SAFETY 模块 (SAFETY)

### 6.20.1 概述

SWM241 系列所有型号 SAFETY 模块操作均相同。使用前需使能 SAFETY 模块时钟。

### 6.20.2 特性

- 支持通过 APB 总线进行配置
- 安全使能控制的模块包括：
  - 模拟电路配置写保护
  - 时钟配置写保护
  - IO 配置写保护
  - 各模块中断使能写保护
  - 非法地址访问检测
- 非法访问检测
  - 支持 4 个 Region
  - 每个 Region 非法访问触发时可选择产生复位或中断

### 6.20.3 模块结构框图

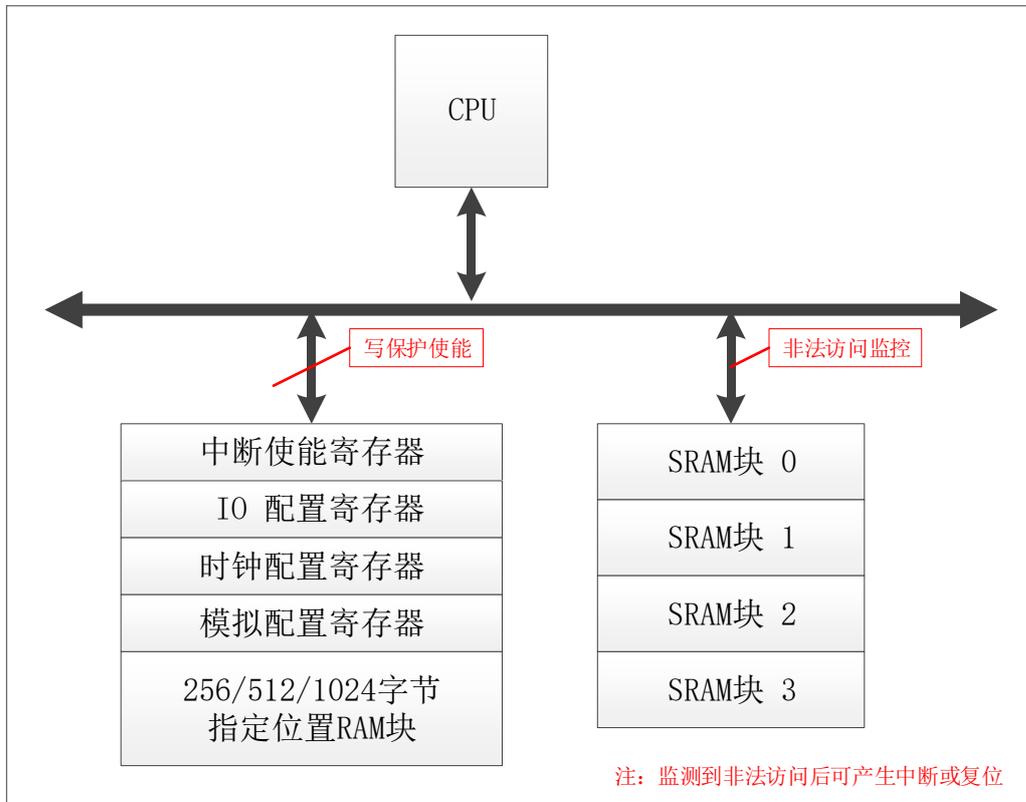


图 6-69 SAFETY 模块结构框图

## 6.20.4 功能描述

### RAM 写保护

RAM 写保护支持以 256 Bytes 为单位进行，最大 RAM 写保护范围为 32K，不同封装 RAM 大小可能不同，请以具体芯片型号为准。

写保护空间大小支持 256Bytes、512Bytes、1024Bytes。

### 模拟电路配置寄存器写保护

模拟电路配置寄存器写保护模块包括：HRCCR、LRCCR、BODCR、XTALCR。

当 safety 使能寄存器中模拟电路配置寄存器写保护控制位为 1 时，模拟电路配置寄存器不可写，只能读，防止程序运行过程中改写模拟电路配置。

### 时钟配置寄存器写保护

时钟配置寄存器写保护模块包括：CLKSEL、CLKDIV、CLKEN0、CLKEN1。

当 safety 使能寄存器中时钟配置寄存器写保护控制位为 1 时，时钟配置寄存器不可写，只能读，防止程序运行过程中改写配置。

### IO 配置寄存器写保护

IO 配置寄存器写保护模块包括：PORTX\_FUNCX、PULLU\_X、PULLD\_X、INEN\_X、OPEND\_X。

当 safety 使能寄存器中 IO 配置寄存器写保护控制位为 1 时，IO 配置寄存器不可写，只能读，防止程序运行过程中改写配置。

### 中断使能寄存器写保护

中断使能寄存器写保护包括所有模块的中断使能寄存器。当 safety 使能寄存器中中断使能寄存器写保护控制位为 1 时，所有模块的中断使能寄存器不可写，只可读，防止程序运行过程中改写配置。

### 非法地址访问检测

当 safety 使能寄存器中非法地址访问检测使能位为 1 时，safety 模块启动对非法地址访问的检测，此时 IW 相关的寄存器生效。

### 中断配置与清除

Safety 模块中，当通过非法访问复位中断选择寄存器配置为异常访问产生中断时，可通过配置中断使能寄存器 IE 相应使能位使能中断，此时，当产生非法访问，中断标志寄存器 IF 相应位中置 1。如需清除此标志，需在相应标志位中写 1 清零（R/W1C），否则中断在开启状态下会一直进入。

**6.20.5 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>SAFETY BASE: 0x400AB000</b>				
PERWP	0x0	R/W	0x00000000	外设写保护使能寄存器
RAMWP	0x4	R/W	0x00000000	RAM 写保护配置寄存器
IAACR	0x8	R/W	0x00000000	非法访问复位中断选择寄存器
IF	0x0C	R, W1C	0x00000000	中断标志寄存器
IE	0x10	R/W	0x00000000	中断使能寄存器
BADDR0	0x20	R/W	0x00010000	CPU 非法访问底地址寄存器 0
TADDR0	0x24	R/W	0x01000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 0
BADDR1	0x28	R/W	0x01080000	CPU 非法访问底地址寄存器 1
TADDR1	0x2C	R/W	0x20000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 1
BADDR2	0x30	R/W	0x20004000	CPU 非法访问底地址寄存器 2
TADDR2	0x34	R/W	0x40000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 2
BADDR3	0x38	R/W	0x40100000	CPU 非法访问底地址寄存器 3
TADDR3	0x3C	R/W	0x00000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 3

## 6.20.6 寄存器描述

### 外设写保护使能寄存器 PERWP

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PERWP	0x0	R/W	0x00000000	外设写保护使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			ANACFGR	CLKCFGR	IOCFGR	IER	IAADEN

位域	名称	描述
31:5	-	-
4	ANACFGR	模拟电路配置寄存器写保护控制 0: 模拟电路配置寄存器可写 1: 模拟电路配置寄存器不可写, 只能读 包括: HRCCR、LRCCR、BODCR、XTALCR
3	CLKCFGR	时钟配置寄存器写保护控制 0: 时钟配置寄存器可写 1: 时钟配置寄存器不可写, 只能读 包括: CLKSEL、CLKDIV、CLKEN0、CLKEN1
2	IOCFGR	IO 配置寄存器写保护控制 0: IO 配置寄存器可写 1: IO 配置寄存器不可写, 只能读 包括: PORTX_FUNCX、PULLU_X、PULLD_X、INEN_X、OPEND_X
1	IER	中断使能寄存器写保护控制 0: 所有模块的中断使能寄存器可写。 1: 所有模块的中断使能寄存器不可写, 只可读。
0	IAADEN	非法地址访问检测使能 0: 非法地址访问检测不使能 1: 非法地址访问检测使能

**RAM 写保护配置寄存器 RAMWP**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
RAMWP	0x4	R/W	0x00000000	RAM 写保护配置寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-	ADDR						
7	6	5	4	3	2	1	0
-						SIZE	

位域	名称	描述
31:15	-	-
14:8	ADDR	RAM 写保护的起始地址设置寄存器 该寄存器配置的地址是以 256 Bytes 为单位的。 0: 表示起始地址为 RAM 物理地址 0x0000 1: 表示起始地址为 RAM 物理地址 0x0100 2: 表示起始地址为 RAM 物理地址 0x0200 3: 表示起始地址为 RAM 物理地址 0x0300 以此类推, 最大起始地址可配置为 32K Bytes-256 Bytes。 当 RAM 最大为 32K 时, 可配最大起始地址为 RAM 物理地址 0x7F00(0x8000-0x100) 在 32K RAM 的范围内, 以 256 Bytes 为单位可进行写保护。
7:2	-	-
1:0	SIZE	RAM 写保护空间控制 00: 无效, RAM 的所有空间都可以写 01: 从设定的起始地址起始的 256 Bytes 被保护, 不能写 10: 从设定的起始地址起始的 512 Bytes 被保护, 不能写 11: 从设定的起始地址起始的 1024 Bytes 被保护, 不能写

**非法访问复位中断选择寄存器 IAACR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IAACR	0x8	R/W	0x00000000	非法访问复位中断选择寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				R3INT	R2INT	R1INT	ROINT

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	R3INT	CPU 访问 Region3 区异常，复位中断选择。 0：异常访问产生复位 1：异常访问产生中断
2	R2INT	CPU 访问 Region2 区异常，复位中断选择。 0：异常访问产生复位 1：异常访问产生中断
1	R1INT	CPU 访问 Region1 区异常，复位中断选择。 0：异常访问产生复位 1：异常访问产生中断
0	ROINT	CPU 访问 Region0 区异常，复位中断选择。 0：异常访问产生复位 1：异常访问产生中断

**中断标志寄存器 IF**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IF	0x0C	R, W1C	0x00000000	中断标志寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				R3	R2	R1	R0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	R3	CPU 访问 Region3 区异常中断标志 0: 无中断 1: 有中断
2	R2	CPU 访问 Region2 区异常中断标志 0: 无中断 1: 有中断
1	R1	CPU 访问 Region1 区异常中断标志 0: 无中断 1: 有中断
0	R0	CPU 访问 Region0 区异常中断标志 0: 无中断 1: 有中断

**中断使能寄存器 IE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
IE	0x10	R/W	0x00000000	中断使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-				R3	R2	R1	R0

位域	名称	描述
31:4	-	-
3	R3	CPU 访问 Region3 区异常中断使能。当 R3INT 选择中断时有效。 0：中断不使能。 1：中断使能。
2	R2	CPU 访问 Region2 区异常中断使能。当 R2INT 选择中断时有效。 0：中断不使能。 1：中断使能。
1	R1	CPU 访问 Region1 区异常中断使能。当 R1INT 选择中断时有效。 0：中断不使能。 1：中断使能。
0	R0	CPU 访问 Region0 区异常中断使能。当 R0INT 选择中断时有效。 0：中断不使能。 1：中断使能。

**CPU 非法访问底地址寄存器 0 BADDR0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BADDR0	0x20	R/W	0x00010000	CPU 非法访问底地址寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR0							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR0							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR0							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	BADDR0	CPU 非法访问地址窗口 1 底地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问顶地址寄存器 0 TADDR0**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TADDR0	0x24	R/W	0x01000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 0

31	30	29	28	27	26	25	24
TADDR0							
23	22	21	20	19	18	17	16
TADDR0							
15	14	13	12	11	10	9	8
TADDR0							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	TADDR0	CPU 非法访问地址窗口 0 顶地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问底地址寄存器 1 BADDR1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BADDR1	0x28	R/W	0x01080000	CPU 非法访问底地址寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR1							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR1							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR1							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	BADDR1	CPU 非法访问地址窗口 1 底地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问顶地址寄存器 1 TADDR1**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TADDR1	0x2C	R/W	0x20000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 1

31	30	29	28	27	26	25	24
TADDR1							
23	22	21	20	19	18	17	16
TADDR1							
15	14	13	12	11	10	9	8
TADDR1							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	TADDR1	CPU 非法访问地址窗口 1 顶地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问底地址寄存器 2 BADDR2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BADDR2	0x30	R/W	0x20004000	CPU 非法访问底地址寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR2							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR2							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR2							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	BADDR2	CPU 非法访问地址窗口 2 底地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问顶地址寄存器 2 TADDR2**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
TADDR2	0x34	R/W	0x40000000	CPU 非法访问顶地址寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
TADDR2							
23	22	21	20	19	18	17	16
TADDR2							
15	14	13	12	11	10	9	8
TADDR2							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	TADDR2	CPU 非法访问地址窗口 2 顶地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问底地址寄存器 3 BADDR3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BADDR3	0x38	R/W	0x40100000	CPU 非法访问底地址寄存器 3

31	30	29	28	27	26	25	24
BADDR3							
23	22	21	20	19	18	17	16
BADDR3							
15	14	13	12	11	10	9	8
BADDR3							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	BADDR3	CPU 非法访问地址窗口 3 底地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

**CPU 非法访问顶地址寄存器 3 TADDR3**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
BADDR3	0x3C	R/W	0x00000000	CPU 非法访问底地址寄存器 2

31	30	29	28	27	26	25	24
TADDR3							
23	22	21	20	19	18	17	16
TADDR3							
15	14	13	12	11	10	9	8
TADDR3							
7	6	5	4	3	2	1	0
Ignore							

位域	名称	描述
31:8	BADDR3	CPU 非法访问地址窗口 3 底地址[30:8]位。
7:0	Ignore	向这些位的写操作会被忽略，这些位总是为 0。

## 6.21 FLASH 控制器与 ISP 操作

### 6.21.1 概述

SWM241 系列内置 FLASH 为串行 SPI 接口 FLASH。通过调用 IAP 函数进行 FLASH 操作。

操作 FLASH 前，需要关闭中断，防止打断造成写入错误。

### 6.21.2 特性

- 支持 ISP 程序定制
- 支持 FLASH 编程
- 支持 BOOT 自定义
- 支持加密

## 6.21.3 功能描述

### FLASH 操作

FLASH 操作可以通过寄存器进行操作，也可以通过 IAP 函数进行擦除及写入。

#### 寄存器操作

- ERASE 操作：
  - 使能 FLASH 擦写使能位
  - 配置擦 page 的地址
  - 查询 ERASE 位等待擦完成，直至状态从 1 变为 0，擦除完成。当 Flash 完成擦除操作后，方可进行其他操作
- PROGRAM 操作：
  - 使能 FLASH 擦写使能位
  - 配置 FLASH 写地址，必须字对齐
  - 配置 FLASH 要写的的数据
  - 查询 FLASHIDLE 位等待写完成

注 1：以上操作流程均可在 FLASH 或 SRAM 中执行

注 2：每 PAGE 为 1K，每次最少写 1word

#### IAP 操作

IAP 函数作为片内驻留程序，其提供了针对 flash 的相关操作 IAP 函数为 Thumb 代码，分为擦除函数（驻留地址为 0x1000400）和写入函数（驻留地址为 0x1000450），建议使用如下方式调用：

擦除函数：

定义函数类型：

```
typedef uint32_t (*IAPFunc1)(uint32_t PageNum);
```

```
IAPFunc1 FLASH_PageErase = (IAPFunc1)0x1000401;
```

变量定义如下：

PageNum： flash 擦除目标页码，以页为单位，0 为首地址，N 为页\*N 对应地址

返回值：

0：擦除成功

1：擦除失败，参数错误

调用：

```
Result = FLASH_PageErase(10);
```

擦除第 20KB 内容。Result 返回 0 表示成功。

写入函数：

定义函数类型：

```
typedef void (*IAPFunc2)(uint32_t faddr, uint32_t raddr, uint32_t cnt);
```

```
IAPFunc2 FLASH_PageWrite = (IAPFunc2)0x1000451;
```

变量定义如下：

faddr: flash 写入目标地址，字对齐

raddr: ram 写入目标地址，字对齐

cnt: 写入数量，字为单位，最大为 512 个字（2KB 长度）

返回值：

0: 写入成功

1: 写入失败，参数错误

调用：

```
Result = FLASH_PageWrite(0x400,0x20000400,8);
```

将 ram 地址 0x20000400 开始的 8\*4 个字节写入 flash 地址 0x400 起始。Result 返回 0 表示成功。

调用 IAP 函数时，应保证栈空间剩余 24 个字节（byte）以上。执行写操作前，需确认对应目标地址已经执行过擦除操作。

详细操作请参阅库函数。

## ISP 模式

ISP（在系统编程）操作说明：当芯片上电或复位后检测到 ISP 引脚持续 5ms 以上的高电平后，将会进入 ISP（在应用编程）模式。配合上位机及串口可执行程序更新操作，使用 A5 脚作为双向单线串口通讯使用。

详细操作请参阅应用文档及库函数。

## BOOT 自定义

FLASH 地址空间支持将指定地址的 2K 数据映射至 0x00 空间，通过 REMAP 寄存器实现。将地址（2KB 对齐）写入 REMAP 寄存器 BASEADD，并将 EN 位置 1，则指定地址内容将被映射至 0x00 空间，可通过此功能实现向量表的重映射。

例如

BOOT: 0x00 ~ 0x4000

USER: 0x4000 ~ 0x8000

在 BOOT 中配置 REMAP 寄存器地址为 0x4000 并使能，并跳转至 USER 执行，当读取 0x00 地址时，返回内容为 0x4000 地址内容。

## 加密方式

加密支持三种级别

级别	说明	关键字值
级别 1	不加密，SWD 可正常读写	0x00
级别 2	SWD 读取加密，SWD 无法读取 FLASH，只能执行擦除操作，连接 SWD 后，FLASH 无法执行读操作，读取 FLASH 会进入 Hardfault	0x43211234
级别 3	SWD 封锁，SWD 无法执行读取及擦除工作，只能通过 ISP 读取	0xABCD1234

通过在用户程序中将 0x1C 偏移地址初始化为指定关键字，即可实现指定级别的加密。程序下载后再次上电后，芯片将处于指定加密级别的状态。

**6.21.4 寄存器映射**

名称	偏移	类型	复位值	描述
<b>FLASHCTL      BASE: 0x4004A000</b>				
<b>DATA</b>	0x00	R/W	0x00000000	写数据寄存器
<b>ADDR</b>	0x04	R/W	0x00000000	写地址寄存器
<b>ERASE</b>	0x08	R/W	0x00000000	擦除寄存器
<b>PROGEN</b>	0x0C	R/W	0x00000000	Program 使能寄存器
<b>STAT</b>	0x18	RO	0x80000028	状态寄存器
<b>REMAP</b>	0x28	R/W	0x00000000	地址映射寄存器

## 6.21.5 寄存器描述

### 写数据寄存器 DATA

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
DATA	0x00	R/W	0x00000000	写数据寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
DATA							
23	22	21	20	19	18	17	16
DATA							
15	14	13	12	11	10	9	8
DATA							
7	6	5	4	3	2	1	0
DATA							

位域	名称	描述
31:0	DATA	需要写的数据 为保证 FIFO 不会溢出，只要 write FIFO 非满就可以写入新的数据。

**写地址寄存器 ADDR**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ADDR	0x04	R/W	0x00000000	写地址寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
ADDR							
23	22	21	20	19	18	17	16
ADDR							
15	14	13	12	11	10	9	8
ADDR							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADDR							

位域	名称	描述
31:0	ADDR	Flash 写入起始地址

**擦除寄存器 ERASE**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
ERASE	0x08	R/W	0x00000000	擦除寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
REQ							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							ADDR
15	14	13	12	11	10	9	8
ADDR							
7	6	5	4	3	2	1	0
ADDR							

位域	名称	描述
31:24	REQ	擦使能,8 位全为 1 有效
23:17	-	-
16:0	ADDR	擦除地址, 全 1 表示整个 eFlash 擦除 每次 page 擦可擦除 1K 空间

**PROGEN 寄存器 PROGEN**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
PROGEN	0x0C	R/W	0x00000000	Program 使能寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
-							
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
PROGEN							

位域	名称	描述
31:1	-	-
0	PROGEN	1: eflash program en

**状态寄存器 STAT**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
STAT	0x18	RO	0x80000028	状态寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24
FLASHIDLE	-						
23	22	21	20	19	18	17	16
-							
15	14	13	12	11	10	9	8
-							
7	6	5	4	3	2	1	0
-			FIFOFULL	FIFOEMPTY	READBUSY	PROGBUSY	ERASEBUSY

位域	名称	描述
31	FLASHIDLE	1: flash 空闲 0: flash 忙
30:5	-	-
4	FIFOFULL	write FIFO 满
3	FIFOEMPTY	write fifo 空
2	READBUSY	read 操作进行中, RO
1	PROGBUSY	program 操作进行中, RO
0	ERASEBUSY	erase 操作进行中, RO

**地址映射寄存器 REMAP**

寄存器	偏移	类型	复位值	描述
REMAP	0x28	R/W	0x0000_000	地址映射寄存器

31	30	29	28	27	26	25	24	
-								
23	22	21	20	19	18	17	16	
-								
15	14	13	12	11	10	9	8	
-								
7	6	5	4	3	2	1	0	
-	OFFSET						ON	

位域	名称	描述
31:7	-	-
6:1	OFFSET	BASEADD 地址 将 0 地址开头的 2KB 地址的访问都映射到 BASEADD 基地址对应的 2K 地址
0	ON	REMAP 1: 打开 0: 关闭

## 7 典型应用电路

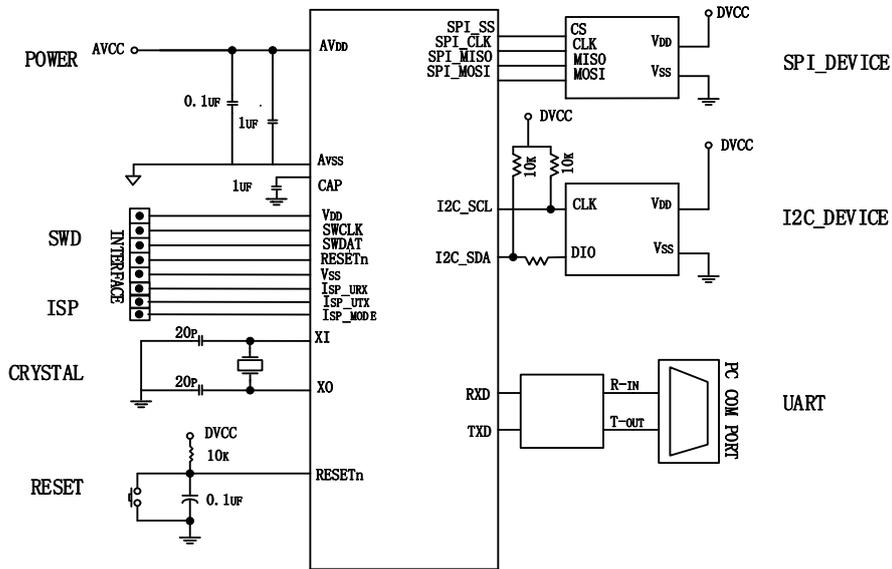


图 7-1 典型应用电路图

## 8 电气特性

本章提供了 SWM241 系列电气参数，包括额定值，DC 参数及 AC 参数。

### 8.1 绝对最大额定值

表格 8-1 绝对最大额定值

符号	参数	最大值	最小值	单位
V <sub>dd-Vss</sub>	直流电源电压	6	-0.3	V
T <sub>w</sub>	工作温度	105	-40	°C
T <sub>s</sub>	贮存温度	150	-50	°C
I <sub>OL</sub>	单一管脚最大灌电流	20	—	mA
I <sub>OH</sub>	单一管脚最大输出电流	20	—	mA
I <sub>LED</sub>	大驱动 IO 灌电流能力 <sup>(1)</sup>	150	—	mA
ΣI <sub>OL</sub>	所有管脚输入电流和	250	—	mA
ΣI <sub>OH</sub>	所有管脚输出电流和	120	—	mA
V <sub>ESD</sub>	静电保护 (HBM)	8000	—	V

注 1: LED\_COMx (x=0, ..., 7) 集成大电流 SINK 能力

**注意: 绝对最大额定值是可能给器件带来物理性损伤或者影响稳定性的额定值，必须在不超过额定值的情况下使用此器件。**

## 8.2 直流电气特性

 表格 8-2 直流电气特性(Vdd = 2.5V ~ 5.0V, Vss = 0V, T<sub>w</sub> = 25°C)

参数	最大值	典型值	最小值	符号	单位	测试条件
工作电压	5.5	5.0	2.5	Vdd	V	—
模拟工作电压	Vdd	—	0	AVdd	V	—
模拟参考电压	—	AVdd	—	Vref	V	—
普通工作模式下电流	—	6.5	—	mA	I <sub>dd1</sub>	F <sub>sys</sub> = 48MHz, Vdd = 5V, 所有引脚无负载, 输入不使能, 外设时钟关闭
	—	2	—	mA	I <sub>dd2</sub>	F <sub>sys</sub> = 6MHz, Vdd = 5V, 所有引脚无负载, 输入不使能, 外设时钟关闭
普通工作模式下电流 (32KHz)	—	700	—	uA	I <sub>dd3</sub>	F <sub>sys</sub> = 32kHz, Vdd = 5V, 所有引脚无负载, 输入不使能, 外设时钟关闭, 内部高频振荡器关闭
SLEEP 模式	—	25	—	uA	I <sub>dd4</sub>	Vdd = 5.0V
输入低电压	0.3Vdd	—	—	V	VIL	Input Enable
输入高电压	—	—	0.7Vdd	V	VIH	Input Enable
输出低电压	0.4	—	—	V	VOL	2.5V ≤ Vdd < 3.3V
	0.6	—	—	V	VOL	3.3V ≤ Vdd ≤ 5V
输出高电压	—	—	Vdd-0.4	V	VOH	2.5V ≤ Vdd < 3.3V
	—	—	Vdd-0.6	V	VOH	3.3V ≤ Vdd ≤ 5V
内置上拉电阻	65	55	45	kΩ	R <sub>pu</sub>	Vdd = 5V, Vin = Vss
	45	35	25	kΩ	R <sub>pu</sub>	LED_COMx 管脚, Vdd = 5.0V, Vin = Vss
内置下拉电阻	130	105	80	kΩ	R <sub>pd</sub>	Vdd = 5V, Vin = Vdd

## 8.3 交流电气特性

### 8.3.1 内部高频 RC 振荡器

表格 8-3 内部高频 RC 振荡器特征值

参数	最大值	典型值	最小值	单位	条件
电压	5.5	5.0	2.5	V	—
中心频率	—	48	—	MHz	—
内部震荡校正	1	—	-1	%	$T_w = 25^{\circ}\text{C}$ $V_{dd} = 5.0\text{V}$
	1.5	—	-1.5	%	$T_w = -10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ , $V_{dd} = 2.5\text{V} \sim 5.5\text{V}$
	3	—	-3	%	$T_w = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ , $V_{dd} = 2.5\text{V} \sim 5.5\text{V}$

### 8.3.2 内部低频 RC 振荡器

表格 8-4 内部低频 RC 振荡器特征值

参数	最大值	典型值	最小值	单位	条件
电压	5.5	5.0	2.5	V	—
中心频率	—	32	—	kHz	—
频率误差	20	—	-20	%	$T_w = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ , $V_{dd} = 2.5\text{V} \sim 5.5\text{V}$

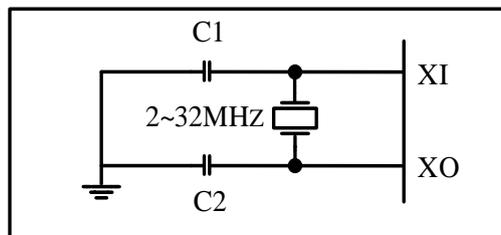
### 8.3.3 外部 2-32MHz 晶体振荡器

表格 8-5 外部 2-32MHz 晶体振荡器

参数	最大值	典型值	最小值	单位	测试条件
工作电压	5.5	-	2.5	V	-
温度	105	-	-40	°C	-
工作电流	-	400	-	uA	12 MHz, VDD = 5.0V
时钟频率	32	-	2	MHz	-

表格 8-6 外部振荡器典型电路

晶振频率	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
2MHz ~ 32 MHz	10~20 pF	10~20 pF



## 8.4 模拟器件特性

### 8.4.1 SARADC 特性

表格 8-7 SAR ADC 特征值

参数	最大值	典型值	最小值	符号	单位
分辨率	12	—	—	—	bit
工作电流（平均） <sup>(1)</sup>	—	5	—	I <sub>dda</sub>	mA
非线性差分误差 <sup>(1)</sup>	3	—	—	DNL	LSB
非线性积分误差 <sup>(1)</sup>	3.5	—	—	INL	LSB
采样速率	—	1	0.05	FS	MHz
工作时钟频率	—	1	0.05	FCLK	MHz
采样延时	—	1	—	TADC	Cycles
参考电压	AVDD	AVDD	3.0	VREFIN	V
电容值（每通道） <sup>(1)</sup>	10	—	—	—	pF
工作电压	5.5	5.0	2.5	AVdd	V

注 1：设计保证，不在生产中测试

### 8.4.2 LDO 特性

表格 8-8 LDO 特征值

参数	最大值	典型值	最小值	符号	单位
工作电压	5.5	-	2.5	VDD	V
输出电压	1.4	1.55	1.7	VLDO	V
工作温度范围	105	25	-40	TA	°C

**8.4.3 欠压检测 (Brown-out Detector)**

表格 8-9 欠压检测特性

参数	符号	最大值	典型值	最小值	单位	测试条件
工作电压	AVDD	5.5	-	1.55	V	-
温度	TA	105	25	-40	°C	-
欠压复位阈值	VBOD_RST		1.7		V	RSTLVL = 000
			1.9		V	RSTLVL = 001
			2.1		V	RSTLVL = 010
			2.7		V	RSTLVL = 011
			3.5		V	RSTLVL = 100
欠压中断阈值	VBOD_INT		1.9		V	INTLVL = 000
			2.1		V	INTLVL = 001
			2.3		V	INTLVL = 010
			2.5		V	INTLVL = 011
			2.7		V	INTLVL = 100
			3.5		V	INTLVL = 101
			4.1		V	INTLVL = 110

### 8.4.4 上电复位 (Power-on Reset)

下表中给出的参数是在一般的工作条件下测试得出。

表格 8-10 上电复位特性

参数	最大值	典型值	最小值	符号	单位
温度	105	25	-40	TA	°C
复位电压		1.6		VPOR	V
VDD 起始电压来确保上电复位 <sup>(1)</sup>	200	-	-	VPOR	mV
VDD 上升率来确保上电复位	-	-	0.8	RRVDD	V/ms

注 1: 设计保证, 不在生产中测试

### 8.4.5 上电 VDD 上升率要求

下表中给出的参数是在一般的工作条件下测试得出。

表格 8-11 上电 VDD 上升率要求

参数	最大值	典型值	最小值	单位	符号
电源供电上升时间 <sup>(1)</sup>	2.0	-	-	ms	Tr

注 1: 设计保证, 不在生产中测试

注: 当电源电压上升较慢时, 需要通过 reset 引脚保证上电稳定性; 或通过 BOD 复位保证上电稳定性, BOD 复位为电平复位, 内部默认一直开启, 且对上电速度要求较低。

上电

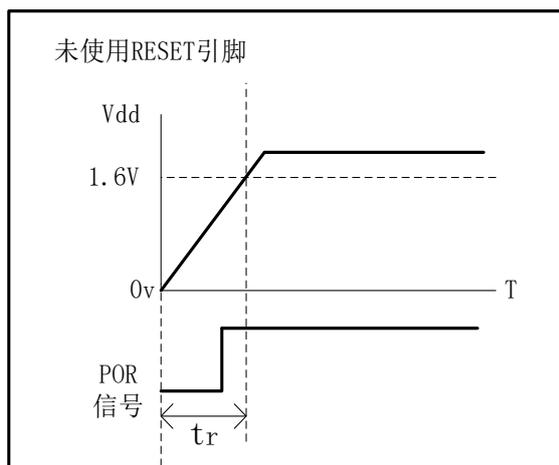


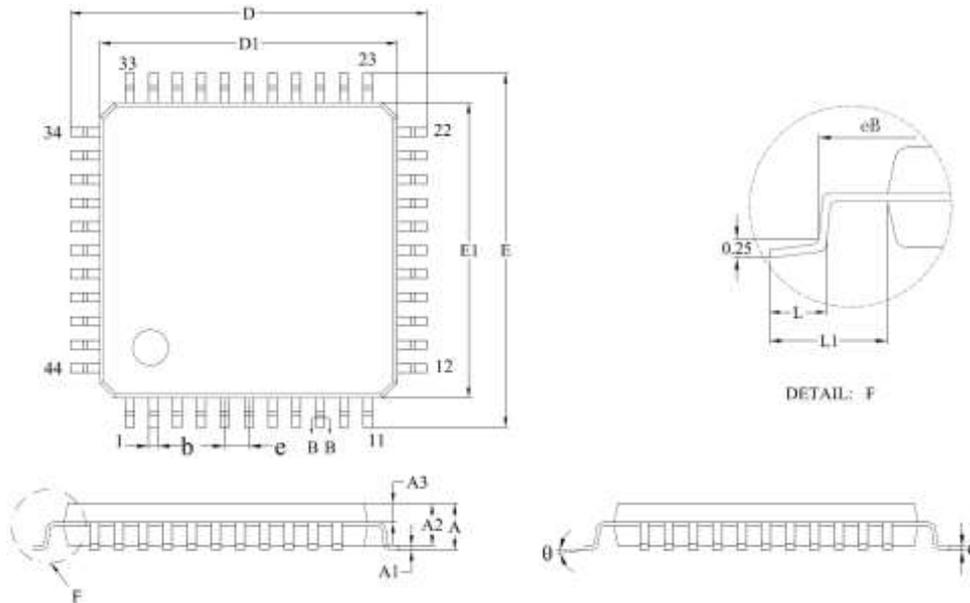
图 8-1 上电复位时间示意图

**8.4.6 FLASH DC 电气特性**

参数	最大值	典型值	最小值	符号	单位
擦写次数	—	—	20K	N <sub>ENDUR</sub>	cycles
数据保留	—	—	100	T <sub>RET</sub>	years
全片擦除时间	—	6	—	T <sub>CERASE</sub>	ms
页擦除时间	—	1.5	—	T <sub>ERASE</sub>	ms
字编程时间	—	20	—	T <sub>PROG</sub>	us

## 9 封装尺寸

### 9.1 LQFP44

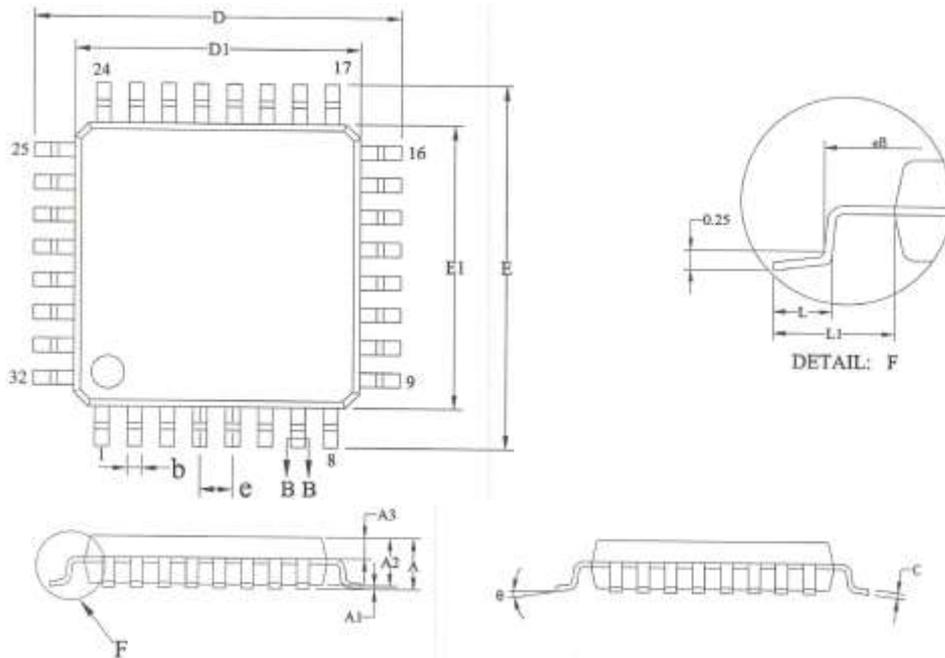


SYMBOL	MILLIMETER		
	Min	Nom	Max
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.28	—	0.36
c	0.13	—	0.17
D	11.80	12.00	12.20
D1	9.90	10.00	10.10
E	11.80	12.00	12.20
E1	9.90	10.00	10.10
e	0.80BSC <sup>1</sup>		
eB	11.05	—	11.25
L	0.45	—	0.75
L1	1.00REF		
θ	0	—	7°

图 9-1 LQFP44 封装尺寸图

<sup>1</sup> BSC 的全称是 Basic Spacing between Centers (中心基本距离), 一般用在说明 IC 两引脚中心的基本间距。

## 9.2 LQFP32

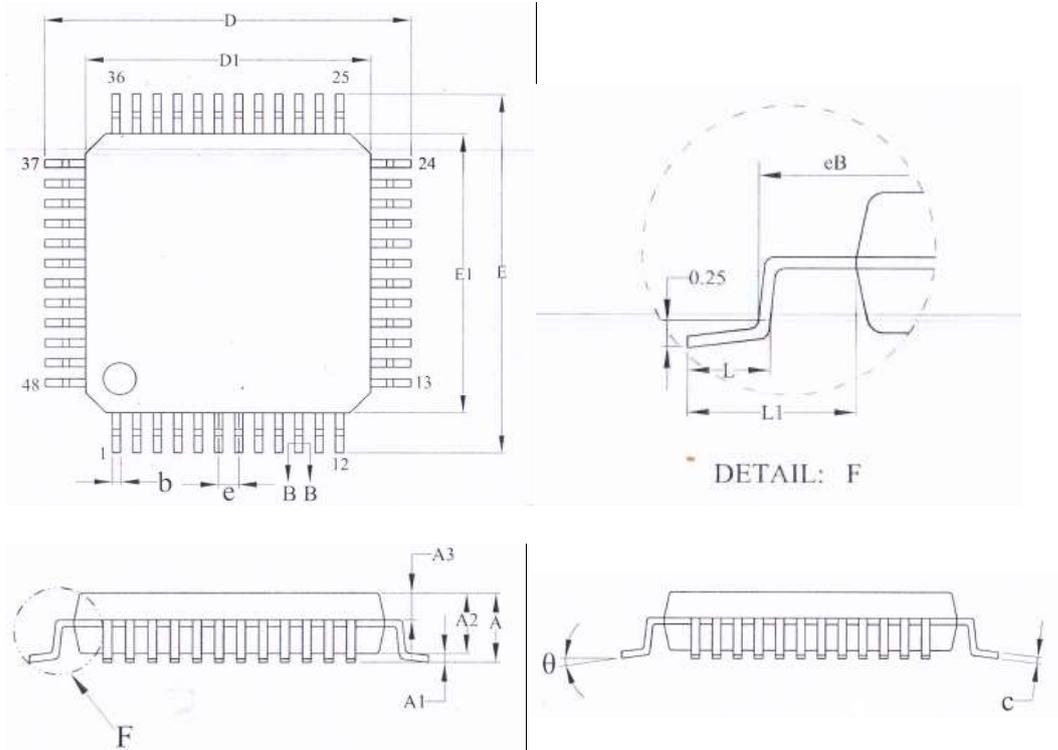


SYMBOL	MILLIMETER		
	Min	Nom	Max
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.33	—	0.41
c	0.13	—	0.17
D	8.80	9.00	9.20
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.80	9.00	9.20
E1	6.90	7.00	7.10
e	0.80BSC <sup>2</sup>		
eB	8.10	—	8.25
L	0.45	—	0.75
L1	1.00REF		
θ	0	—	7°

图 9-2 LQFP32 封装尺寸图

<sup>2</sup> BSC 的全称是 Basic Spacing between Centers (中心基本距离), 一般用在说明 IC 两引脚中心的基本间距。

### 9.3 LQFP48



SYMBOL	MILLIMETER		
	Min	Nom	Max
A	—	—	1.60
A1	0.05	—	0.15
A2	1.35	1.40	1.45
A3	0.59	0.64	0.69
b	0.18	—	0.26
c	0.13	—	0.17
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
e	0.50BSC <sup>3</sup>		
eB	8.10	—	8.25
L	0.45	—	0.75
L1	1.00REF		
θ	0	—	7°

<sup>3</sup> BSC 的全称是 Basic Spacing between Centers (中心基本距离), 一般用在说明 IC 两引脚中心的基本间距。

## 10 版本记录

版本	修改日期	说明
V1.00	2021.10.01	初始版本
V1.05	2022.03.15	更新寄存器名称
V1.10	2022.11.23	添加 LQFP32 管脚排布
V2.00	2023.01.16	添加 LCD 接口波形描述
V2.50	2023.11.06	更新排版
V2.60	2023.12.28	电气参数调整, 选型指南表格
V2.70	2024.02.18	删除 DMAEN 寄存器,删除 RTC CALIBREFCNT 和 CALIBENABLE 寄存器
V2.80	2024.02.29	增加 LQFP48 封装

---

## **Important Notice**

Synwit Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, “Insecure Usage”.

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer’s risk, and in the event that third parties lay claims to Synwit as a result of customer’s Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Synwit.