

8 位增强型 USB 单片机 CH549、CH548

手册

版本：2

<https://wch.cn>

1、概述

CH549 芯片是一款兼容 MCS51 指令集的增强型 E8051 内核单片机，其 79%的指令是单字节单周期指令，平均指令速度比标准 MCS51 快 8~15 倍。

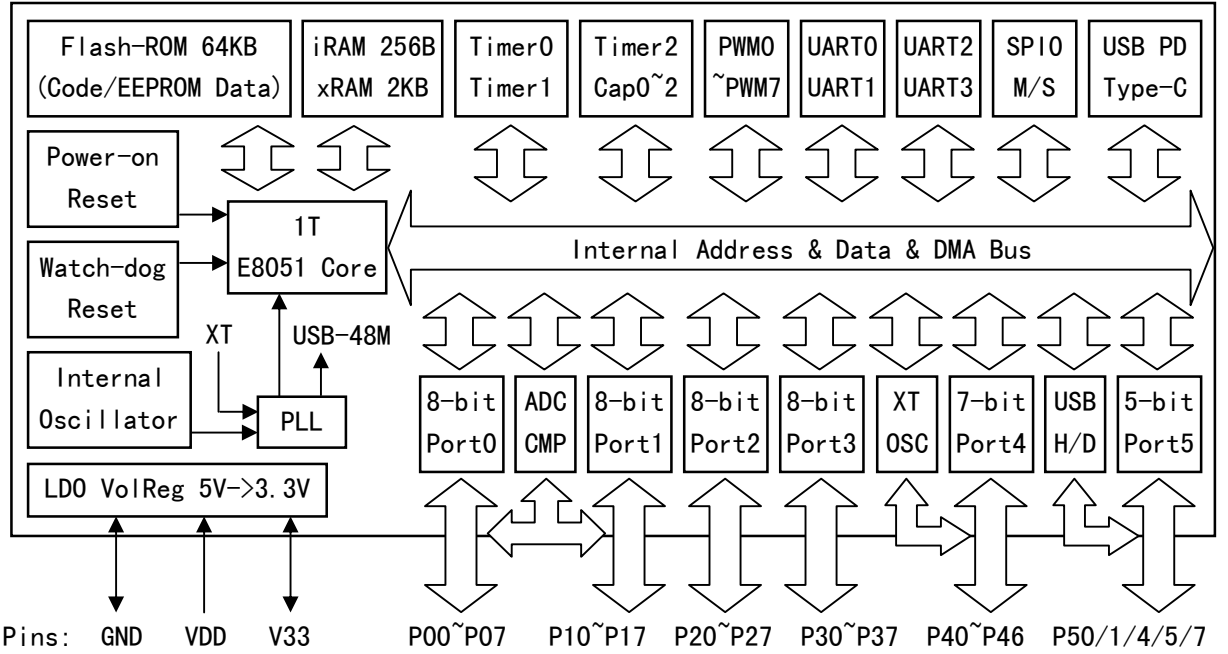
CH549 内置 64K 程序存储器 Flash-ROM 和 256 字节内部 iRAM 以及 2K 字节片内 xRAM，xRAM 支持 DMA 直接内存存取。

CH549 内置了 12 位 ADC 模数转换、电容式触摸按键检测模块、TS 温度传感器、内置时钟、3 组定时器和 3 路信号捕捉、8 路 PWM、4 组异步串口、SPI 等功能模块，支持全速和低速 USB-Host 主机模式和 USB-Device 设备模式以及 USB type-C，如需完整 PD 功能建议用 CH543。

CH548 是 CH549 的简化版，程序存储器 ROM 仅 32KB，异步串口仅提供 UART0 和 UART1，其它与 CH549 相同，可直接参考 CH549 手册和资料。

| 型号 | 程序 ROM 引导 ROM | xRAM iRAM | 非易失 EEPROM | USB 主机 USB 设备 | USB Type-C | 定时 器 | 信号 捕捉 | 8 位 PWM | 异步 串口 | SPI 主从 | 12 位 ADC | 电容触 摸按键 |
|-------|------------------|--------------|---------------|------------------|---------------|---------|----------|------------|----------|-----------|-------------|------------|
| CH549 | 60KB+3KB | 2048 | 1KB | 全/低速 | 支持 | 3 组 | 3 路 | 8 路 | 4 组 | 1 组 | 16 路 | 16 通道 |
| CH548 | 32KB+3KB | +256 | | | | | | | 2 组 | | | |

下面为 CH549 的内部框图，仅供参考。



2、特点

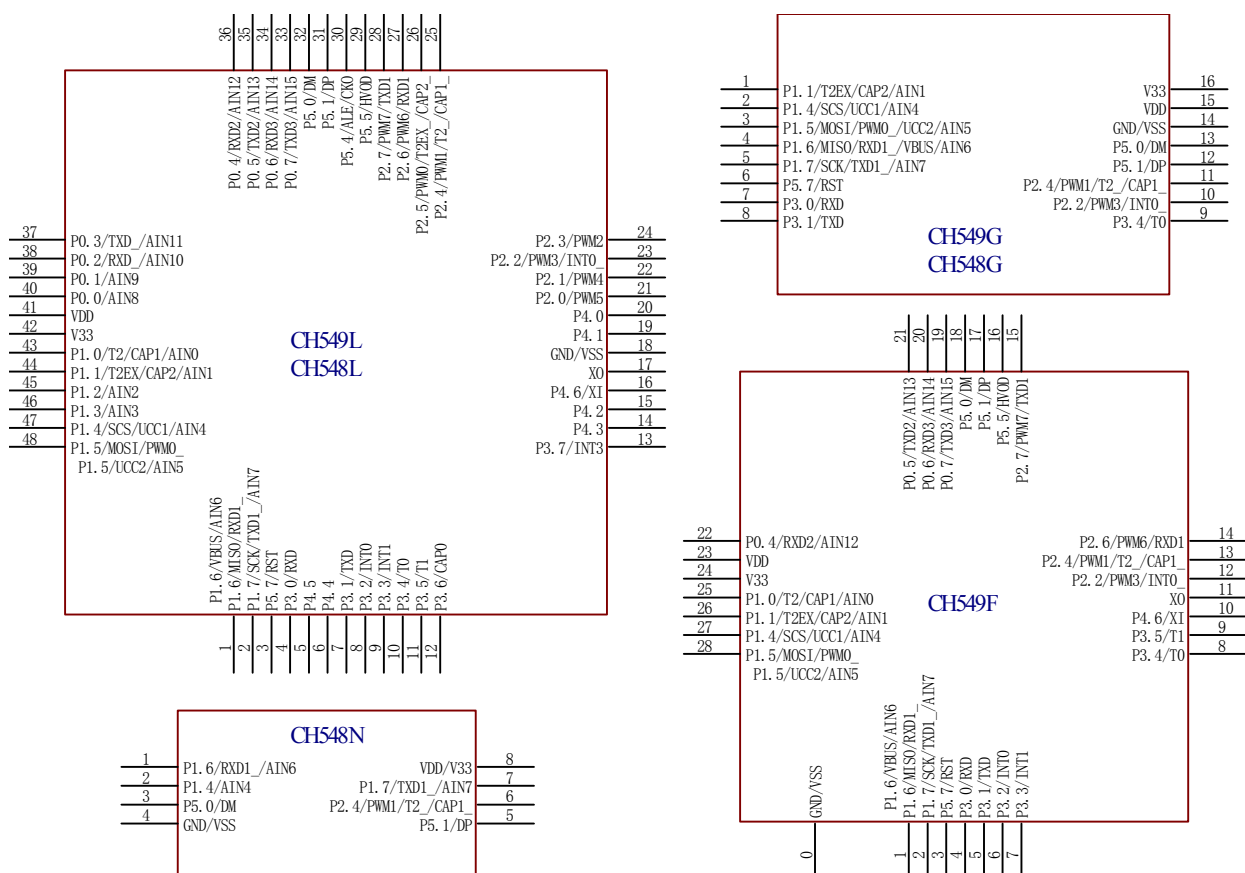
- Core：增强型 E8051 内核，兼容 MCS51 指令集，其 79%的指令是单字节单周期指令，平均指令

速度比标准 MCS51 快 8~15 倍，特有 XRAM 数据快速复制指令，双 DPTR 指针。

- ROM: 64KB 非易失存储器 Flash-ROM, 支持 10K 次擦写, 可以全部用于程序存储空间; 或者可以分为 60KB 程序存储区和 1KB 数据存储区 EEPROM 以及 3KB 引导代码 BootLoader/ISP 程序区。
- EEPROM: 数据存储区 EEPROM 共 1K 字节, 分为 16 个独立块, 支持单字节读、单字节写、块写 (1~64 字节)、块擦除 (64 字节) 操作, 在典型环境下一般支持 100K 次擦写 (非担保)。
- OTP: 一次性可编程数据存储区 OTP 共 32 字节, 支持双字读 (4 字节)、单字节写。
- RAM: 256 字节内部 iRAM, 可以用于快速数据暂存以及堆栈; 2KB 片内 xRAM, 可以用于大量数据暂存以及 DMA 直接内存存取。
- USB: 内嵌 USB 控制器和 USB 收发器, 支持 USB-Host 主机模式和 USB-Device 设备模式, 支持 USB 2.0 全速 12Mbps 或者低速 1.5Mbps。支持最大 64 字节数据包, 内置 FIFO, 支持 DMA。
- USB type-C: 支持 USB type-C 主从检测, 支持 USB PD 电力传输控制和 32 位 CRC 计算。
- Timer: 3 组定时器, T0/T1/T2 为标准 MCS51 定时器。
- Capture: 定时器 T2 扩展为支持 3 路信号捕捉。
- PWM: 8 路 PWM 输出, 支持标准 8 位数据或者快速 6 位数据。
- UART: 4 组异步串口, UART0 为标准 MCS51 串口; UART1/2/3 自带通讯波特率设置寄存器。
- SPI: SPI 控制器支持 Master/Slave 主从模式, 内置 FIFO, 时钟频率最高可接近系统主频 Fsys 的一半, 支持串行数据输入输出单工复用。
- ADC: 16 通道 12 位 A/D 模数转换器, 支持多种组合的电压比较。
- Touch-Key: 支持 16 通道电容触摸按键检测, 每个 ADC 通道都支持触摸按键检测。
- TS: 内置简单的温度传感器。
- GPIO: 支持最多 44 个 GPIO 引脚 (含 XI 和 RST 以及 USB 引脚), 支持 MCS51 兼容的准双向模式, 新增高阻输入、推挽输出、开漏输出模式, 其中一个引脚支持 12V 高压开漏输出。
- Interrupt: 支持 16 组中断信号源, 包括与标准 MCS51 兼容的 6 组中断 (INT0、T0、INT1、T1、UART0、T2), 以及扩展的 10 组中断 (SPI0、INT3、USB、ADC/UART2、UART1、PWMX/UART3、GPIO、WDOG), 其中 GPIO 中断可以从 7 个引脚中选择。
- Watch-Dog: 8 位可预设看门狗定时器 WDOG, 支持定时中断。
- Reset: 支持 5 种复位信号源, 内置上电复位和多级可调的电源低压检测复位模块, 支持软件复位和看门狗溢出复位, 可选引脚外部输入复位。
- Clock: 内置 24MHz 时钟源, 可以通过复用 GPIO 引脚支持外部晶体, 内置 PLL 用于产生 USB 时钟和所需频率的系统主频 Fsys。
- Power: 内置 5V 到 3.3V 的低压差电压调整器, 用于 USB 等模块, 支持 5V 或 3.3V 甚至 6V 或 2.8V 电源电压。
- Sleep: 支持低功耗睡眠, 支持 USB、UART0、UART1、SPI0、比较器以及部分 GPIO 外部唤醒。
- 芯片内置唯一 ID 号, 支持 ID 号和校验。

3、封装

| 封装形式 | 塑体宽度 | | 引脚间距 | | 封装说明 | 订货型号 |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------------|--------|
| LQFP48 | 7*7mm | | 0.5mm | 19.7mil | 标准 LQFP48 脚贴片 | CH549L |
| QFN28_4X4 | 4*4mm | | 0.4mm | 15.7mil | 四边无引线 28 脚 | CH549F |
| SOP16 | 3.9mm | 150mil | 1.27mm | 50mil | 标准的 16 脚贴片 | CH549G |
| LQFP48 | 7*7mm | | 0.5mm | 19.7mil | 标准 LQFP48 脚贴片 | CH548L |
| SOP16 | 3.9mm | 150mil | 1.27mm | 50mil | 标准的 16 脚贴片 | CH548G |
| SOP8 | 3.9mm | 150mil | 1.27mm | 50mil | 标准的 8 脚贴片 | CH548N |



4、引脚

| 引脚号 | | | 引脚 名称 | 其它功能名称 (左侧功能最优先) | 其它功能描述 |
|-------|-------|--------|----------|---------------------|---|
| SOP16 | QFN28 | LQFP48 | | | |
| 15 | 23 | 41 | VDD | VCC | I/O 电源输入以及内部 USB 电源调整器的外部电源输入，需要外接 0.1μF 电源退耦电容。 |
| 16 | 24 | 42 | V33 | V3 | 内部 USB 电源调整器输出和内部 USB 电源输入，当电源电压小于 3.6V 时连接 VDD 输入外部电源，当电源电压大于 3.6V 时外接 0.1μF 电源退耦电容 |
| 14 | 0 | 18 | GND | VSS | 公共接地端。 |
| — | — | 40 | P0.0 | AIN8 | AIN8~AIN15: 8 通道 ADC 模拟信号/触摸按键输入。 RXD_、TXD_: RXD、TXD 引脚映射。 RXD2、TXD2: UART2 串行数据输入、串行数据输出。 RXD3、TXD3: UART3 串行数据输入、串行数据输出。 |
| — | — | 39 | P0.1 | AIN9 | |
| — | — | 38 | P0.2 | RXD_/AIN10 | |
| — | — | 37 | P0.3 | TXD_/AIN11 | |
| — | 22 | 36 | P0.4 | RXD2/AIN12 | |
| — | 21 | 35 | P0.5 | TXD2/AIN13 | |
| — | 20 | 34 | P0.6 | RXD3/AIN14 | |
| — | 19 | 33 | P0.7 | TXD3/AIN15 | |
| — | 25 | 43 | P1.0 | T2/CAP1/AIN0 | AIN0~AIN7: 8 通道 ADC 模拟信号/触摸按键输入。 |
| 1 | 26 | 44 | P1.1 | T2EX/CAP2/AIN1 | T2: 定时/计数器 2 的外部计数输入/时钟输出。 |
| — | — | 45 | P1.2 | AIN2 | T2EX: 定时/计数器 2 重载/捕捉输入。 |
| — | — | 46 | P1.3 | AIN3 | CAP1、CAP2: 定时/计数器 2 的捕捉输入 1、2。 |

| | | | | | |
|----|----|----|------|----------------------|---|
| 2 | 27 | 47 | P1.4 | SCS/UCC1/AIN4 | SCS、MOSI、MISO、SCK: SPI0 接口, SCS 是片选输入, MOSI 是主机输出/从机输入, MISO 是主机输入/从机输出, SCK 是串行时钟。 UCC1、UCC2: USB type-C 双向配置通道。 VBUS: USB type-C 总线电压检测输入。 PWM0_、RXD1_、TXD1_: PWM0/RXD1/TXD1 引脚映射。 |
| 3 | 28 | 48 | P1.5 | MOSI/PWM0_/UCC2/AIN5 | |
| 4 | 1 | 1 | P1.6 | MISO/RXD1_/VBUS/AIN6 | |
| 5 | 2 | 2 | P1.7 | SCK/TXD1_/AIN7 | |
| – | – | 21 | P2.0 | PWM5 | PWM0~PWM7: 8 通道 PWM 输出。 INT0_: INT0 引脚映射。 T2_/CAP1_: T2/CAP1 引脚映射。 T2EX_/CAP2_: T2EX/CAP2 引脚映射。 RXD1、TXD1: UART1 串行数据输入、串行数据输出。 |
| – | – | 22 | P2.1 | PWM4 | |
| 10 | 12 | 23 | P2.2 | PWM3/INT0_ | |
| – | – | 24 | P2.3 | PWM2 | |
| 11 | 13 | 25 | P2.4 | PWM1/T2_/CAP1_ | |
| – | – | 26 | P2.5 | PWM0/T2EX_/CAP2_ | |
| – | 14 | 27 | P2.6 | PWM6/RXD1 | |
| – | 15 | 28 | P2.7 | PWM7/TXD1 | |
| 7 | 4 | 4 | P3.0 | RXD | RXD、TXD: UART0 串行数据输入、串行数据输出。 INT0、INT1: 外部中断 0、外部中断 1 输入。 T0、T1: 定时器 0、定时器 1 外部输入。 CAP0: 定时/计数器 2 的捕捉输入 0。 INT3: 外部中断 3。 |
| 8 | 5 | 7 | P3.1 | TXD | |
| – | 6 | 8 | P3.2 | INT0 | |
| – | 7 | 9 | P3.3 | INT1 | |
| 9 | 8 | 10 | P3.4 | T0 | |
| – | 9 | 11 | P3.5 | T1 | |
| – | – | 12 | P3.6 | CAP0 | |
| – | – | 13 | P3.7 | INT3 | |
| – | – | 20 | P4.0 | | XI、X0: 外部晶体振荡输入端、反相输出端。 |
| – | – | 19 | P4.1 | | |
| – | – | 15 | P4.2 | | |
| – | – | 14 | P4.3 | | |
| – | – | 6 | P4.4 | | |
| – | – | 5 | P4.5 | | |
| – | 10 | 16 | P4.6 | XI | |
| – | 11 | 17 | P4.7 | X0 | |
| 13 | 18 | 32 | P5.0 | DM/UDM | DM、DP: USB 主机或 USB 设备的 D-、D+信号端。 电阻已全内置, 建议外部不再串联电阻。 |
| 12 | 17 | 31 | P5.1 | DP/UDP | |
| – | – | 30 | P5.4 | ALE/CK0 | ALE/CK0: 伪地址锁存信号输出或者时钟输出。 |
| – | 16 | 29 | P5.5 | HVOD | HVOD: 支持 12V 高电压的开漏输出。 |
| 6 | 3 | 3 | P5.7 | RST | 外部复位输入, 内置下拉电阻。 |

注: CH548N 的 VDD 与 V33 已在内部短接, 使用 USB 时 VDD 只能 3V~3.6V, 不用 USB 时 2.7V~5.5V。

5、特殊功能寄存器 SFR

本手册中对寄存器进行描述时可能使用了下列缩写:

| 缩写词 | 描述 |
|-----|--------------------|
| RO | 表示访问类型: 只读 |
| WO | 表示访问类型: 只写, 读取的值无效 |

| | |
|----|---------------|
| RW | 表示访问类型：可读可写 |
| H | 以其结束表示 16 进制数 |
| B | 以其结束表示 2 进制数 |

5.1 SFR 简介和地址分布

CH549 用特殊功能寄存器 SFR 和 xSFR 控制、管理设备以及设置工作模式。

SFR 占用内部数据存储空间的 80h~FFh 地址范围，只能通过直接地址方式的指令访问。其中地址为 x0h 或 x8h 的寄存器是可以按位寻址的，这样就能避免访问某个具体的位时而修改其他位的值；其它地址为非 8 倍数的寄存器只能按字节访问。

部分 SFR 仅在安全模式下才能写入数据，而在非安全模式下是只读状态，例如：GLOBAL_CFG、CLOCK_CFG、WAKE_CTRL、POWER_CFG。

部分 SFR 具有一个或者多个别名，例如：SPI0_CK_SE/SPI0_S_PRE、UDEV_CTRL/UHOST_CTRL、UEP1_CTRL/UH_SETUP、UEP2_CTRL/UH_RX_CTRL、UEP2_T_LEN/UH_EP_PID、UEP3_CTRL/UH_TX_CTRL、UEP3_T_LEN/UH_TX_LEN、UEP2_3_MOD/UH_EP_MOD、UEP2_DMA_H/UH_RX_DMA_H、UEP2_DMA_L/UH_RX_DMA_L、UEP2_DMA/UH_RX_DMA、UEP3_DMA_H/UH_TX_DMA_H、UEP3_DMA_L/UH_TX_DMA_L、UEP3_DMA/UH_TX_DMA、ROM_ADDR_L/ROM_DATA_LL、ROM_ADDR_H/ROM_DATA_LH、ROM_DATA_HL/ROM_DATA_BUF、ROM_DATA_HH/ROM_BUF_MOD。

部分地址对应于多个独立的 SFR，例如：SAFE_MOD/CHIP_ID、ROM_CTRL/ROM_STATUS。

CH549 包含 8051 标准 SFR 所有的寄存器，同时又增加了其他设备控制寄存器。具体 SFR 见下表。

表 5.1 特殊功能寄存器表

| SFR | 0、8 | 1、9 | 2、A | 3、B | 4、C | 5、D | 6、E | 7、F |
|------|-------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 0xF8 | SPI0_STAT | SPI0_DATA | SPI0_CTRL | SPI0_CK_SE SPI0_S_PRE | SPI0_SETUP | A_INV | RESET_KEEP | WDOG_COUNT |
| 0xF0 | B | TKEY_CTRL | ADC_CTRL | ADC_CFG | ADC_DAT_L | ADC_DAT_H | ADC_CHAN | ADC_PIN |
| 0xE8 | IE_EX | IP_EX | UEP4_1_MOD | UEP2_3_MOD UH_EP_MOD | UEP0_DMA_L | UEP0_DMA_H | UEP1_DMA_L | UEP1_DMA_H |
| 0xE0 | ACC | USB_INT_EN | USB_CTRL | USB_DEV_AD | UEP2_DMA_L UH_RX_DMA_L | UEP2_DMA_H UH_RX_DMA_H | UEP3_DMA_L UH_TX_DMA_L | UEP3_DMA_H UH_TX_DMA_H |
| 0xD8 | USB_INT_FG | USB_INT_ST | USB_MIS_ST | USB_RX_LEN | UEP0_CTRL | UEP0_T_LEN | UEP4_CTRL | UEP4_T_LEN |
| 0xD0 | PSW | UDEV_CTRL UHOST_CTRL | UEP1_CTRL UH_SETUP | UEP1_T_LEN | UEP2_CTRL UH_RX_CTRL | UEP2_T_LEN UH_EP_PID | UEP3_CTRL UH_TX_CTRL | UEP3_T_LEN UH_TX_LEN |
| 0xC8 | T2CON | T2MOD | RCAP2L | RCAP2H | TL2 | TH2 | T2CAP1L | T2CAP1H |
| 0xC0 | P4 | T2CON2 | P4_MOD_OC | P4_DIR_PU | P0_MOD_OC | P0_DIR_PU | T2CAP0L | T2CAP0H |
| 0xB8 | IP | CLOCK_CFG | POWER_CFG | | SCON1 | SBUF1 | SBAUD1 | SIF1 |
| 0xB0 | P3 | GLOBAL_CFG | GPIO_IE | INTX | SCON2 | SBUF2 | SBAUD2 | SIF2 |
| 0xA8 | IE | WAKE_CTRL | PIN_FUNC | P5 | SCON3 | SBUF3 | SBAUD3 | SIF3 |
| 0xA0 | P2 | SAFE_MOD CHIP_ID | XBUS_AUX | PWM_DATA3 | PWM_DATA4 | PWM_DATA5 | PWM_DATA6 | PWM_DATA7 |
| 0x98 | SCON | SBUF | PWM_DATA2 | PWM_DATA1 | PWM_DATA0 | PWM_CTRL | PWM_CK_SE | PWM_CTRL2 |
| 0x90 | P1 | USB_C_CTRL | P1_MOD_OC | P1_DIR_PU | P2_MOD_OC | P2_DIR_PU | P3_MOD_OC | P3_DIR_PU |
| 0x88 | TCON | TMOD | TL0 | TL1 | TH0 | TH1 | ROM_DATA_HL ROM_DATA_BUF | ROM_DATA_HH ROM_BUF_MOD |
| 0x80 | P0 | SP | DPL | DPH | ROM_ADDR_L ROM_DATA_LL | ROM_ADDR_H ROM_DATA_LH | ROM_CTRL ROM_STATUS | PCON |

备注：(1)、红色文本代表可以按位寻址；
(2)、以下是颜色框对应说明

| | |
|--|--------------------|
| | 寄存器地址 |
| | SPI0 相关寄存器 |
| | ADC 相关寄存器 |
| | USB 相关寄存器 |
| | 定时/计数器 2 相关寄存器 |
| | 端口设置相关寄存器 |
| | PWMX 相关寄存器 |
| | UART1/2/3 相关寄存器 |
| | 定时/计数器 0 和 1 相关寄存器 |
| | Flash-ROM 相关寄存器 |

5.2 SFR 分类和复位值

表 5.2 SFR 和 xSFR 描述和复位值

| 功能分类 | 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-------------------------|------------|-----|-------------------------|-------------|
| 系统设置 相关寄存器 | B | F0h | B 寄存器 | 0000 0000b |
| | ACC | E0h | 累加器 | 0000 0000b |
| | A_INV | FDh | 累加器的高低位倒置值 | 0000 0000b |
| | PSW | D0h | 程序状态寄存器 | 0000 0000b |
| | GLOBAL_CFG | B1h | 全局配置寄存器 (CH549 引导程序状态下) | 1110 0000b |
| | | | 全局配置寄存器 (CH549 应用程序状态下) | 1100 0000b |
| | | | 全局配置寄存器 (CH548 引导程序状态下) | 1010 0000b |
| | | | 全局配置寄存器 (CH548 应用程序状态下) | 1000 0000b |
| | CHIP_ID | A1h | CH549 芯片 ID 识别码 (只读) | 0100 1001b |
| | | | CH548 芯片 ID 识别码 (只读) | 0100 1000b |
| | SAFE_MOD | A1h | 安全模式控制寄存器 (只写) | 0000 0000b |
| | DPH | 83h | 数据地址指针高 8 位 | 0000 0000b |
| | DPL | 82h | 数据地址指针低 8 位 | 0000 0000b |
| | DPTR | 82h | DPL 和 DPH 组成 16 位 SFR | 0000h |
| | SP | 81h | 堆栈指针 | 0000 0111b |
| 时钟、睡眠 及电源控制 相关寄存器 | WDOG_COUNT | FFh | 看门狗计数寄存器 | 0000 0000b |
| | RESET_KEEP | FEh | 复位保持寄存器 (上电复位状态下) | 0000 0000b |
| | POWER_CFG | BAh | 电源管理配置寄存器 | 0000 0xxx b |
| | CLOCK_CFG | B9h | 系统时钟配置寄存器 | 1000 0011b |
| | WAKE_CTRL | A9h | 睡眠唤醒控制寄存器 | 0000 0000b |
| | PCON | 87h | 电源控制寄存器 (上电复位状态下) | 0001 0000b |
| 中断控制 相关寄存器 | IP_EX | E9h | 扩展中断优先级控制寄存器 | 0000 0000b |
| | IE_EX | E8h | 扩展中断使能寄存器 | 0000 0000b |
| | GPIO_IE | B2h | GPIO 中断使能寄存器 | 0000 0000b |
| | IP | B8h | 中断优先级控制寄存器 | 0000 0000b |
| | INTX | B3h | 扩展外部中断控制寄存器 | 0000 0000b |
| | IE | A8h | 中断使能寄存器 | 0000 0000b |

| | | | | |
|--------------------------|-------------|-----|---------------------------------------|------------|
| Flash-ROM 相关寄存器 | ROM_DATA_HH | 8Fh | flash-ROM 数据寄存器高字的高字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | ROM_DATA_HL | 8Eh | flash-ROM 数据寄存器高字的低字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | ROM_DATA_HI | 8Eh | ROM_DATA_HL 和 ROM_DATA_HH 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| | ROM_BUF_MOD | 8Fh | flash-ROM 擦写操作的缓冲区模式寄存器 | xxxx xxxxb |
| | ROM_DAT_BUF | 8Eh | flash-ROM 擦写操作的数据缓冲寄存器 | xxxx xxxxb |
| | ROM_STATUS | 86h | flash-ROM 状态寄存器(只读) | 0000 0000b |
| | ROM_CTRL | 86h | flash-ROM 控制寄存器(只写) | 0000 0000b |
| | ROM_ADDR_H | 85h | flash-ROM 地址寄存器高字节 | xxxx xxxxb |
| | ROM_ADDR_L | 84h | flash-ROM 地址寄存器低字节 | xxxx xxxxb |
| | ROM_ADDR | 84h | ROM_ADDR_L 和 ROM_ADDR_H 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| | ROM_DATA_LH | 85h | flash-ROM 数据寄存器低字的高字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | ROM_DATA_LL | 84h | flash-ROM 数据寄存器低字的低字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | ROM_DATA_LO | 84h | ROM_DATA_LL 和 ROM_DATA_LH 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| 端口设置 相关寄存器 | XBUS_AUX | A2h | 外部总线辅助设置寄存器 | 0000 0000b |
| | PIN_FUNC | AAh | 引脚功能选择寄存器 | 0000 0000b |
| | P0_DIR_PU | C5h | P0 端口方向控制和上拉使能寄存器 | 1111 1111b |
| | P0_MOD_OC | C4h | P0 端口输出模式寄存器 | 1111 1111b |
| | P4_DIR_PU | C3h | P4 端口方向控制和上拉使能寄存器 | 1111 1111b |
| | P4_MOD_OC | C2h | P4 端口输出模式寄存器 | 1111 1111b |
| | P3_DIR_PU | 97h | P3 端口方向控制和上拉使能寄存器 | 1111 1111b |
| | P3_MOD_OC | 96h | P3 端口输出模式寄存器 | 1111 1111b |
| | P2_DIR_PU | 95h | P2 端口方向控制和上拉使能寄存器 | 1111 1111b |
| | P2_MOD_OC | 94h | P2 端口输出模式寄存器 | 1111 1111b |
| | P1_DIR_PU | 93h | P1 端口方向控制和上拉使能寄存器 | 1111 1111b |
| | P1_MOD_OC | 92h | P1 端口输出模式寄存器 | 1111 1111b |
| | P5 | ABh | P5 端口输入输出寄存器 | 0010 0000b |
| | P4 | C0h | P4 端口输入输出寄存器 | 1111 1111b |
| | P3 | B0h | P3 端口输入输出寄存器 | 1111 1111b |
| | P2 | A0h | P2 端口输入输出寄存器 | 1111 1111b |
| | P1 | 90h | P1 端口输入输出寄存器 | 1111 1111b |
| | P0 | 80h | P0 端口输入输出寄存器 | 1111 1111b |
| 定时/计数器 0 和 1 相关寄存器 | TH1 | 8Dh | Timer1 计数高字节 | xxxx xxxxb |
| | TH0 | 8Ch | Timer0 计数高字节 | xxxx xxxxb |
| | TL1 | 8Bh | Timer1 计数低字节 | xxxx xxxxb |
| | TL0 | 8Ah | Timer0 计数低字节 | xxxx xxxxb |
| | TMOD | 89h | Timer0/1 方式寄存器 | 0000 0000b |
| | TCON | 88h | Timer0/1 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UART0 相关寄存器 | SBUF | 99h | UART0 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SCON | 98h | UART0 控制寄存器 | 0000 0000b |
| 定时/计数器 2 相关寄存器 | T2CAP1H | CFh | Timer2 捕捉 1 数据高字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | T2CAP1L | CEh | Timer2 捕捉 1 数据低字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | T2CAP1 | CEh | T2CAP1L 和 T2CAP1H 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| | TH2 | CDh | Timer2 计数器高字节 | 0000 0000b |

| | | | | |
|-------------------|------------|-----|-------------------------------|------------|
| | TL2 | CCh | Timer2 计数器低字节 | 0000 0000b |
| | T2COUNT | CCh | TL2 和 TH2 组成 16 位 SFR | 0000h |
| | RCAP2H | CBh | 计数重载/捕捉 2 数据寄存器高字节 | 0000 0000b |
| | RCAP2L | CAh | 计数重载/捕捉 2 数据寄存器低字节 | 0000 0000b |
| | RCAP2 | CAh | RCAP2L 和 RCAP2H 组成 16 位 SFR | 0000h |
| | T2MOD | C9h | Timer2 方式寄存器 | 0000 0000b |
| | T2CON | C8h | Timer2 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | T2CAPOH | C7h | Timer2 捕捉 0 数据高字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | T2CAPOL | C6h | Timer2 捕捉 0 数据低字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | T2CAPO | C6h | T2CAPOL 和 T2CAPOH 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| | T2CON2 | C1h | Timer2 扩展控制寄存器 | 0000 0000b |
| PWMX 相关寄存器 | PWM_DATA7 | A7h | PWM7 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA6 | A6h | PWM6 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA5 | A5h | PWM5 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA4 | A4h | PWM4 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA3 | A3h | PWM3 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_CTRL2 | 9Fh | PWM 扩展控制寄存器 | 0000 0000b |
| | PWM_CK_SE | 9Eh | PWM 时钟分频设置寄存器 | 0000 0000b |
| | PWM_CTRL | 9Dh | PWM 控制寄存器 | 0000 0010b |
| | PWM_DATA0 | 9Ch | PWM0 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA1 | 9Bh | PWM1 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | PWM_DATA2 | 9Ah | PWM2 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| SPI0 相关寄存器 | SPI0_SETUP | FCh | SPI0 设置寄存器 | 0000 0000b |
| | SPI0_S_PRE | FBh | SPI0 从机模式预置数据寄存器 | 0010 0000b |
| | SPI0_CK_SE | FBh | SPI0 时钟分频设置寄存器 | 0010 0000b |
| | SPI0_CTRL | FAh | SPI0 控制寄存器 | 0000 0010b |
| | SPI0_DATA | F9h | SPI0 数据收发寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SPI0_STAT | F8h | SPI0 状态寄存器 | 0000 1000b |
| UART1 相关寄存器 | SIF1 | BFh | UART1 中断状态寄存器 | 0000 0000b |
| | SBAUD1 | BEh | UART1 波特率设置寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SBUF1 | BDh | UART1 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SCON1 | BCh | UART1 控制寄存器 | 0100 0000b |
| UART2 相关寄存器 | SIF2 | B7h | UART2 中断状态寄存器 | 0000 0000b |
| | SBAUD2 | B6h | UART2 波特率设置寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SBUF2 | B5h | UART2 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SCON2 | B4h | UART2 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UART3 相关寄存器 | SIF3 | AFh | UART3 中断状态寄存器 | 0000 0000b |
| | SBAUD3 | AEh | UART3 波特率设置寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SBUF3 | ADh | UART3 数据寄存器 | xxxx xxxxb |
| | SCON3 | ACH | UART3 控制寄存器 | 0000 0000b |
| ADC/TKEY 相关寄存器 | ADC_PIN | F7h | ADC 引脚数字输入控制寄存器 | 0000 0000b |
| | ADC_CHAN | F6h | ADC 模拟信号通道选择寄存器 | 0000 0000b |
| | ADC_DAT_H | F5h | ADC 结果数据的高字节(只读) | 0000 xxxxb |

| | | | | |
|--------------|-------------|-----|---------------------------------------|------------|
| | ADC_DAT_L | F4h | ADC 结果数据的低字节(只读) | xxxx xxxxb |
| | ADC_DAT | F4h | ADC_DAT_L 和 ADC_DAT_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | ADC_CFG | F3h | ADC 配置寄存器 | 0000 0000b |
| | ADC_CTRL | F2h | ADC 控制和状态寄存器 | x000 000xb |
| | TKEY_CTRL | F1h | 触摸按键充电脉冲宽度控制寄存器(只写) | 0000 0000b |
| USB 相关寄存器 | UEP1_DMA_H | EFh | 端点 1 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UEP1_DMA_L | EEh | 端点 1 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UEP1_DMA | EEh | UEP1_DMA_L 和 UEP1_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | UEP0_DMA_H | EDh | 端点 0 和 4 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UEP0_DMA_L | ECh | 端点 0 和 4 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UEP0_DMA | ECh | UEP0_DMA_L 和 UEP0_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | UEP2_3_MOD | EBh | 端点 2、3 模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UH_EP_MOD | EBh | USB 主机端点模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP4_1_MOD | EAh | 端点 1、4 模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP3_DMA_H | E7h | 端点 3 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UEP3_DMA_L | E6h | 端点 3 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UEP3_DMA | E6h | UEP3_DMA_L 和 UEP3_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | UH_TX_DMA_H | E7h | USB 主机发送缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UH_TX_DMA_L | E6h | USB 主机发送缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UH_TX_DMA | E6h | UH_TX_DMA_L 和 UH_TX_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | UEP2_DMA_H | E5h | 端点 2 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UEP2_DMA_L | E4h | 端点 2 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UEP2_DMA | E4h | UEP2_DMA_L 和 UEP2_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | UH_RX_DMA_H | E5h | USB 主机接收缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| | UH_RX_DMA_L | E4h | USB 主机接收缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| | UH_RX_DMA | E4h | UH_RX_DMA_L 和 UH_RX_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| | USB_DEV_AD | E3h | USB 设备地址寄存器 | 0000 0000b |
| | USB_CTRL | E2h | USB 控制寄存器 | 0000 0110b |
| | USB_INT_EN | E1h | USB 中断使能寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP4_T_LEN | DFh | 端点 4 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| | UEP4_CTRL | DEh | 端点 4 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP0_T_LEN | DDh | 端点 0 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| | UEP0_CTRL | DCh | 端点 0 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | USB_RX_LEN | DBh | USB 接收长度寄存器(只读) | 0xxx xxxxb |
| | USB_MIS_ST | DAh | USB 杂项状态寄存器(只读) | xx10 1000b |
| | USB_INT_ST | D9h | USB 中断状态寄存器(只读) | 00xx xxxxb |
| | USB_INT_FG | D8h | USB 中断标志寄存器 | 0010 0000b |
| | UEP3_T_LEN | D7h | 端点 3 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| | UH_TX_LEN | D7h | USB 主机发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| | UEP3_CTRL | D6h | 端点 3 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UH_TX_CTRL | D6h | USB 主机发送端点控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP2_T_LEN | D5h | 端点 2 发送长度寄存器 | 0000 0000b |
| | UH_EP_PID | D5h | USB 主机令牌设置寄存器 | 0000 0000b |

| | | | | |
|--|------------|-----|----------------------|------------|
| | UEP2_CTRL | D4h | 端点 2 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UH_RX_CTRL | D4h | USB 主机接收端点控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UEP1_T_LEN | D3h | 端点 1 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| | UEP1_CTRL | D2h | 端点 1 控制寄存器 | 0000 0000b |
| | UH_SETUP | D2h | USB 主机辅助设置寄存器 | 0000 0000b |
| | UDEV_CTRL | D1h | USB 设备端口控制寄存器 | 00xx 0000b |
| | UHOST_CTRL | D1h | USB 主机端口控制寄存器 | 00xx 0000b |
| | USB_C_CTRL | 91h | USB type-C 配置通道控制寄存器 | 0000 0000b |

5.3 通用 8051 寄存器

表 5.3.1 通用 8051 寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------------|-----|-------------------------|-------|
| A_INV | FDh | 累加器的高低位倒置值 | 00h |
| B | F0h | B 寄存器 | 00h |
| A、ACC | E0h | 累加器 | 00h |
| PSW | D0h | 程序状态寄存器 | 00h |
| GLOBAL_CFG | B1h | 全局配置寄存器 (CH549 引导程序状态下) | E0h |
| | | 全局配置寄存器 (CH549 应用程序状态下) | C0h |
| | | 全局配置寄存器 (CH548 引导程序状态下) | A0h |
| | | 全局配置寄存器 (CH548 应用程序状态下) | 80h |
| CHIP_ID | A1h | CH549 芯片 ID 识别码 (只读) | 49h |
| | | CH548 芯片 ID 识别码 (只读) | 48h |
| SAFE_MOD | A1h | 安全模式控制寄存器 (只写) | 00h |
| PCON | 87h | 电源控制寄存器 (上电复位状态下) | 10h |
| DPH | 83h | 数据地址指针高 8 位 | 00h |
| DPL | 82h | 数据地址指针低 8 位 | 00h |
| DPTR | 82h | DPL 和 DPH 组成 16 位 SFR | 0000h |
| SP | 81h | 堆栈指针 | 07h |

B 寄存器 (B) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----|----|---------------------------|-----|
| [7:0] | B | RW | 算术运算寄存器，主要用于乘法和除法运算，可按位寻址 | 00h |

A 累加器 (A、ACC) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|---------------|-----|
| [7:0] | A/ACC | RW | 算术运算累加器，可按位寻址 | 00h |

程序状态寄存器 (PSW) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|----|----|---|-----|
| 7 | CY | RW | 进位标志位：执行算术运算和逻辑运算指令时，用于记录最高位的进位或者借位；进行 8 位加法运算时，最高位进位，则该位置位，否则清零；进行 8 位减法运算时，若借位，则该位置位，否则清零；逻辑指令可使该位置位或清零 | 0 |

| | | | | |
|---|-----|----|---|---|
| 6 | AC | RW | 辅助进位标志位：记录加减法运算时，低 4 位向高 4 位有进位或借位，AC 置位，否则清零 | 0 |
| 5 | F0 | RW | 可按位寻址的通用标志位 0：使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 4 | RS1 | RW | 寄存器组选择位高位 | 0 |
| 3 | RS0 | RW | 寄存器组选择位低位 | 0 |
| 2 | OV | RW | 溢出标志位：加减法运算时，运算结果超过 8 位二进制数，则 OV 置 1，标志溢出，否则清 0 | 0 |
| 1 | F1 | RW | 可按位寻址的通用标志位 1：使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 0 | P | RO | 奇偶标志位：记录指令执行后累加器 A 中 1 的奇偶性，奇数个 1 则 P 置位，偶数个 1 则 P 清零 | 0 |

处理器的状态保存在状态寄存器 PSW 中，PSW 支持按位寻址。状态字中包括进位标志位，用于 BCD 码处理的辅助进位标志位，奇偶标志位，溢出标志位，还有用于工作寄存器组选择的 RS0 和 RS1。工作寄存器组所在的区域都可以通过直接或者间接方式进行访问。

表 5.3.2 RS1 和 RS0 工作寄存器组选择表

| RS1 | RS0 | 工作寄存器组 |
|-----|-----|---------------|
| 0 | 0 | 0 组 (00h-07h) |
| 0 | 1 | 1 组 (08h-0Fh) |
| 1 | 0 | 2 组 (10h-17h) |
| 1 | 1 | 3 组 (18h-1Fh) |

表 5.3.3 影响标志位的操作 (X 表示标志位与操作结果有关)

| 操作 | CY | OV | AC | 操作 | CY | OV | AC |
|-------|----|----|----|-------------|----|----|----|
| ADD | X | X | X | SETB C | 1 | | |
| ADDC | X | X | X | CLR C | 0 | | |
| SUBB | X | X | X | CPL C | X | | |
| MUL | 0 | X | | MOV C, bit | X | | |
| DIV | 0 | X | | ANL C, bit | X | | |
| DA A | X | | | ANL C, /bit | X | | |
| RRC A | X | | | ORL C, bit | X | | |
| RLC A | X | | | ORL C, /bit | X | | |
| CJNE | X | | | | | | |

数据地址指针 (DPTR)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----|----|---------|-----|
| [7:0] | DPL | RW | 数据指针低字节 | 00h |
| [7:0] | DPH | RW | 数据指针高字节 | 00h |

DPL 和 DPH 组成 16 位数据指针 DPTR，用于访问 xSFR、xBUS、xRAM 数据存储器或者程序存储器，实际 DPTR 对应 DPTR0 和 DPTR1 两组物理上的 16 位数据指针，由 XBUS_AUX 中的 DPS 动态选择。

堆栈指针 (SP)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----|----|---------------------------|-----|
| [7:0] | SP | RW | 堆栈指针，主要用于程序调用和中断调用以及数据进出栈 | 07h |

堆栈具体功能：保护断点和保护现场，按先入后出的原则进行管理。入栈时 SP 指针自动加 1，保存数据或断点信息；出栈时取 SP 指针指向数据单元，SP 指针自动减 1。SP 在复位后的初值是 07h，

相应的默认堆栈存储从 08h 开始。

5.4 特有寄存器

累加器的高低位倒置值(A_INV)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|--|-----|
| [7:0] | A_INV | RO | 累加器的高低位倒置值，位 0～位 7 按位反序的结果，A_INV 的位 7、位 6～位 0 分别是 ACC 的位 0、位 1～位 7 | 00h |

全局配置寄存器 (GLOBAL_CFG)，仅在安全模式下可写：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|--|-----|
| [7:6] | 保留 | RO | 对于 CH549，是固定值 11 | 11b |
| [7:6] | 保留 | RO | 对于 CH548，是固定值 10 | 10b |
| 5 | bBOOT_LOAD | RO | Boot loader 状态位，用于区分 ISP 引导程序状态或者应用程序状态：电源上电时置 1，软件复位时清 0。 对于有 ISP 引导程序的芯片，该位为 1 说明从未软件复位过，通常是上电后运行的 ISP 引导程序状态；该位为 0 说明已经软件复位过，通常是应用程序状态 | 1 |
| 4 | bSW_RESET | RW | 软件复位控制位：置 1 导致软件复位，硬件自动清零 | 0 |
| 3 | bCODE_WE | RW | Flash-ROM 写允许位： 该位为 0 则写保护；为 1 则 Flash-ROM 可写可擦 | 0 |
| 2 | bDATA_WE | RW | Flash-ROM 的 DataFlash 区域写允许位： 该位为 0 则写保护；为 1 则 DataFlash 区域可写可擦 | 0 |
| 1 | 保留 | RO | | 0 |
| 0 | bWDOG_EN | RW | 看门狗复位使能位：该位为 0 看门狗只用作定时器；该位为 1 允许计时溢出时产生看门狗复位 | 0 |

芯片 ID 识别码(CHIP_ID)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------|----|--------------------------|-----|
| [7:0] | CHIP_ID | RO | 对于 CH549，是固定值 49h，用于识别芯片 | 49h |
| [7:0] | CHIP_ID | RO | 对于 CH548，是固定值 48h，用于识别芯片 | 48h |

安全模式控制寄存器 (SAFE_MOD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------|----|--------------|-----|
| [7:0] | SAFE_MOD | WO | 用于进入或者终止安全模式 | 00h |

部分 SFR 仅在安全模式下才能写入数据，而在非安全模式下总是只读状态。进入安全模式步骤：

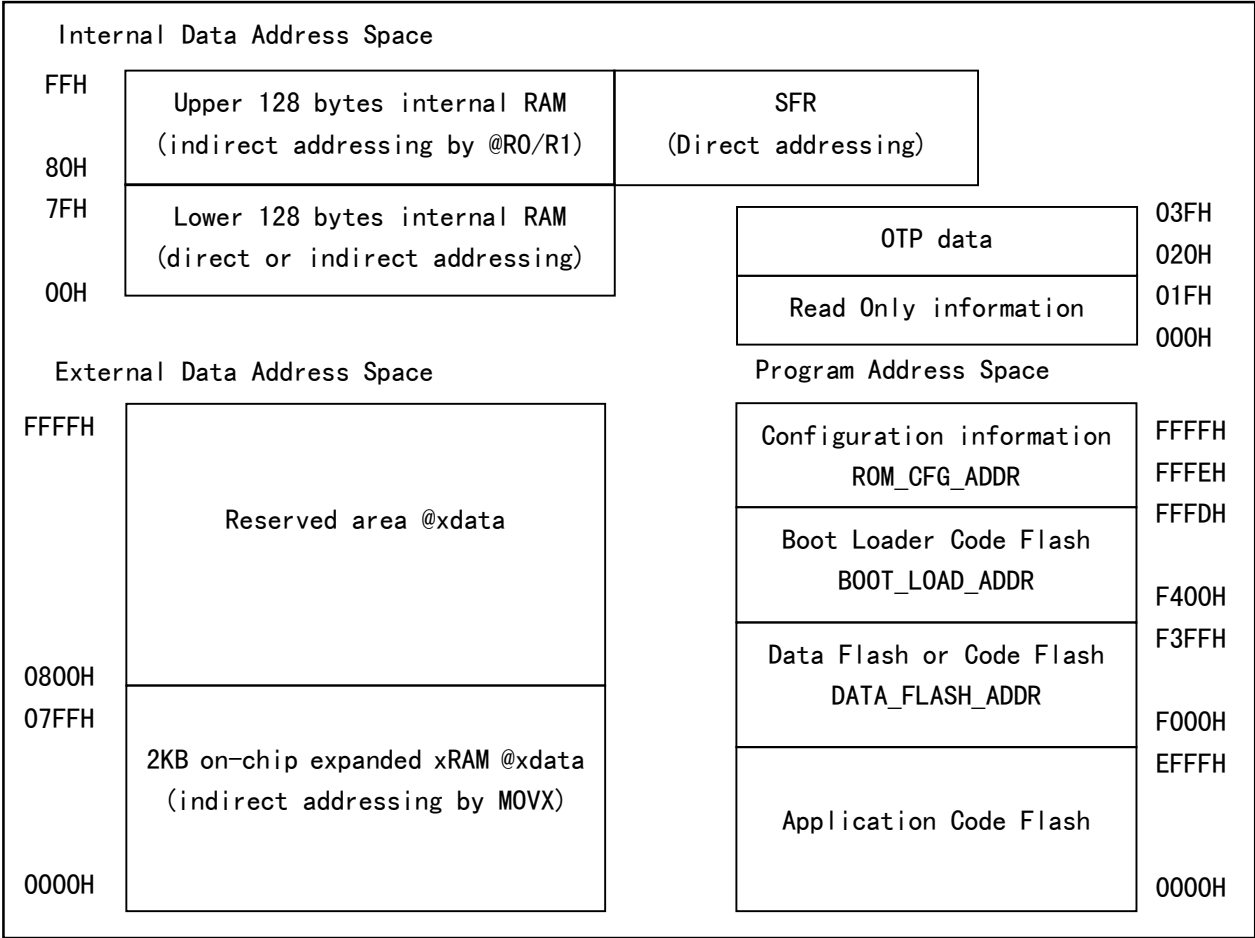
- (1)、向该寄存器写入 55h；
- (2)、接着向该寄存器写入 AAh；
- (3)、此后约 13 到 23 个系统主频周期都处于安全模式下，该有效期内可以改写一个或多个安全类 SFR 或普通 SFR
- (4)、超出上述有效期后自动终止安全模式
- (5)、或者再向该寄存器写任意值可以提前终止安全模式

6、存储器结构

6.1 存储器空间

CH549 寻址空间分为程序存储空间、内部数据存储空间、外部数据存储空间、只读和 OTP 空间。

图 6.1 存储器结构图



6.2 程序存储空间

程序存储空间共 64KB，如图 6.1 所示，已全部用于 flash-ROM，包括保存指令代码的 Code Flash 区域、保存非易失数据的 Data Flash 区域、以及配置信息 Configuration Information 区域。

Data Flash（EEPROM）地址范围为 F000h 到 F3FFh，支持单字节读（8 位）、单字节写（8 位）、块写（1~64 字节）、块擦除（64 字节）操作，芯片掉电后数据保持不变，也可用作 Code Flash。

Code Flash 包括低地址区域的应用程序代码和高地址区域的引导程序代码，也可将这两块区域以及 Data Flash 合并用于保存单一应用程序代码。

对于 CH548，Code Flash 的应用程序代码区域仅 32KB。

配置信息 Configuration Information 共 16 位数据，由编程器根据需要设定，参考表 6.1。

表 6.2 flash-ROM 配置信息描述

| 位地址 | 位名称 | 说明 | 建议值 |
|-----|---------------|--|-----|
| 15 | Code_Protect | flash-ROM 中的代码和数据保护模式： 0-允许读出；1-禁止编程器读出，程序保密 | 0/1 |
| 14 | No_Boot_Load | 使能 BootLoader 引导代码启动模式： 0-从 0000h 地址的应用程序启动； 1-从 F400h 地址的引导程序启动 | 1 |
| 13 | En_Long_Reset | 使能上电复位期间的额外延时复位： 0-标准短复位；1-宽复位，额外增加 44ms 复位时间 | 0 |

| | | | |
|-------|----------------------|---|--------|
| 12 | En_P5.7_RESET | 使能 P5.7 作为手工复位输入引脚：0-禁止；1-使能 RST | 1 |
| 11 | | 保留 | 0 |
| 10 | | 保留 | 0 |
| 9 | Must_1 | (由编程器根据需要自动设定为 1) | 1 |
| 8 | Must_0 | (由编程器根据需要自动设定为 0) | 0 |
| [7:3] | All_0 | (由编程器根据需要自动设定为 00000b) | 00000b |
| [2:0] | LV_RST_VOL (Vpot) | 选择电源低压检测复位模块 LVR 的门限电压 (误差 4%)： 000 或 001 选择 2.4V；010 选择 2.7V；011 选择 3.0V；100 选择 3.6V；101 选择 4.0V；110 选择 4.3V；111 选择 4.6V | 000b |

6.3 数据存储空间

内部数据存储空间共 256 字节，如图 6.1 所示，已全部用于 SFR 和 iRAM，其中 iRAM 用于堆栈和快速数据暂存，可细分为工作寄存器 R0-R7、位变量 bdata、字节变量 data、idata 等。

外部数据存储空间共 64KB，如图 6.1 所示，除了部分用于 2KB 片内扩充 xRAM，剩余的 0800h 到 FFFFh 地址范围是保留区域。

只读信息和 OTP 数据各 32 字节，如图 6.1 所示，需要通过专用操作实现存取。

6.4 flash-ROM 寄存器

表 6.4 flash-ROM 操作寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-------------|-----|---------------------------------------|-------|
| ROM_DATA_HH | 8Fh | flash-ROM 数据寄存器高字的高字节 (只读) | xxh |
| ROM_DATA_HL | 8Eh | flash-ROM 数据寄存器高字的低字节 (只读) | xxh |
| ROM_DATA_HI | 8Eh | ROM_DATA_HL 和 ROM_DATA_HH 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| ROM_BUF_MOD | 8Fh | flash-ROM 擦写操作的缓冲区模式寄存器 | xxh |
| ROM_DAT_BUF | 8Eh | flash-ROM 擦写操作的数据缓冲寄存器 | xxh |
| ROM_STATUS | 86h | flash-ROM 状态寄存器 (只读) | 00h |
| ROM_CTRL | 86h | flash-ROM 控制寄存器 (只写) | 00h |
| ROM_ADDR_H | 85h | flash-ROM 地址寄存器高字节 | xxh |
| ROM_ADDR_L | 84h | flash-ROM 地址寄存器低字节 | xxh |
| ROM_ADDR | 84h | ROM_ADDR_L 和 ROM_ADDR_H 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| ROM_DATA_LH | 85h | flash-ROM 数据寄存器低字的高字节 (只读) | xxh |
| ROM_DATA_LL | 84h | flash-ROM 数据寄存器低字的低字节 (只读) | xxh |
| ROM_DATA_LO | 84h | ROM_DATA_LL 和 ROM_DATA_LH 组成 16 位 SFR | xxxxh |

flash-ROM 地址寄存器 (ROM_ADDR)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|-----------------|-----|
| [7:0] | ROM_ADDR_H | RW | flash-ROM 地址高字节 | xxh |
| [7:0] | ROM_ADDR_L | RW | flash-ROM 地址低字节 | xxh |

flash-ROM 数据寄存器 (ROM_DATA_HI、ROM_DATA_LO)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|-------------------------------|-----|
| [7:0] | ROM_DATA_HH | RO | flash-ROM 数据寄存器高字 (16 位) 的高字节 | xxh |
| [7:0] | ROM_DATA_HL | RO | flash-ROM 数据寄存器高字 (16 位) 的低字节 | xxh |

| | | | | |
|-------|-------------|----|-----------------------------|-----|
| [7:0] | ROM_DATA_LH | RO | flash-ROM 数据寄存器低字(16 位)的高字节 | xxh |
| [7:0] | ROM_DATA_LL | RO | flash-ROM 数据寄存器低字(16 位)的低字节 | xxh |

flash-ROM 擦写操作的缓冲区模式寄存器(ROM_BUF_MOD):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------------|----|---|-----|
| 7 | bROM_BUF_BYTE | RW | flash-ROM 擦写操作(擦除或编程)的缓冲区模式: 该位为 0 选择数据块编程模式,待写数据存放于由 DPTR 指向的 xRAM 中,编程时 CH549 自动从 xRAM 依次取出数据暂存于 ROM_DAT_BUF 再写入 flash-ROM,支持 1 字节到 64 字节数据长度,实际长度=MASK_ROM_ADR_END-ROM_ADDR_L[5:0]+1; 为 1 选择单字节编程或者 64 字节块擦除模式,待写数据直接存放于 ROM_DAT_BUF 中 | x |
| 6 | 保留 | RW | 保留 | x |
| [5:0] | MASK_ROM_ADDR | RW | 在 flash-ROM 数据块编程模式下,为 flash-ROM 块编程操作的结束地址的低 6 位(含该地址); 在 flash-ROM 单字节编程或者 64 字节块擦除模式下,为保留,建议为 00h | xxh |

flash-ROM 擦写操作的数据缓冲寄存器(ROM_DAT_BUF):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|------------------------|-----|
| [7:0] | ROM_DAT_BUF | RW | flash-ROM 擦写操作的数据缓冲寄存器 | xxh |

flash-ROM 控制寄存器(ROM_CTRL):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------|----|-----------------|-----|
| [7:0] | ROM_CTRL | WO | flash-ROM 控制寄存器 | 00h |

flash-ROM 状态寄存器(ROM_STATUS):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|--------------|----|---|-------|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 1 |
| 6 | bROM_ADDR_OK | RO | flash-ROM 操作地址有效状态位: 该位为 0 表示参数无效;为 1 表示地址有效 | 0 |
| [5:2] | 保留 | RO | 保留 | 0000b |
| 1 | bROM_CMD_ERR | RO | flash-ROM 操作命令错误状态位: 该位为 0 表示命令有效;为 1 表示是未知命令或超时 | 0 |
| 0 | 保留 | RO | 保留 | 0 |

6.5 flash-ROM 操作步骤

1、擦除 flash-ROM,将目标块中全部数据位变为 0:

- (1)、使能安全模式,SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (2)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写使能(bCODE_WE 或 bDATA_WE 对应 code 或 data);
- (3)、设置地址寄存器 ROM_ADDR,写入 16 位目标地址,实际仅高 10 位有效;

- (4)、设置擦写操作的缓冲区模式寄存器 ROM_BUF_MOD 为 80h, 选择 64 字节块擦除模式;
- (5)、可选, 设置擦写操作的数据缓冲寄存器 ROM_DAT_BUF 为 00h;
- (6)、设置操作控制寄存器 ROM_CTRL 为 0A6h, 执行块擦除操作, 操作期间程序自动暂停运行;
- (7)、操作完成后程序恢复运行, 此时查询状态寄存器 ROM_STATUS 可以查看此次操作状态; 如果要擦除多个块, 则循环(3)、(4)、(5)、(6)、(7)步骤, 步骤(3)、(4)、(5)顺序可对调;
- (8)、再次进入安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (9)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写保护(bCODE_WE=0, bDATA_WE=0)。

2、单字节写 flash-ROM, 将目标字节中部分数据位从 0 变为 1 (无法将位数据从 1 变为 0):

- (1)、使能安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (2)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写使能(bCODE_WE 或 bDATA_WE 对应 code 或 data);
- (3)、设置地址寄存器 ROM_ADDR, 写入 16 位目标地址;
- (4)、设置擦写操作的缓冲区模式寄存器 ROM_BUF_MOD 为 80h, 选择单字节编程模式;
- (5)、设置擦写操作的数据缓冲寄存器 ROM_DAT_BUF 为要写入的字节数据;
- (6)、设置操作控制寄存器 ROM_CTRL 为 09Ah, 执行写操作, 操作期间程序自动暂停运行;
- (7)、操作完成后程序恢复运行, 此时查询状态寄存器 ROM_STATUS 可以查看此次操作状态; 如果要写多个数据, 则循环(3)、(4)、(5)、(6)、(7)步骤, 步骤(3)、(4)、(5)顺序可对调;
- (8)、再次进入安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (9)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写保护(bCODE_WE=0, bDATA_WE=0)。

3、块写 flash-ROM, 将多个目标字节中部分数据位从 0 变为 1 (无法将位数据从 1 变为 0):

- (1)、使能安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (2)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写使能(bCODE_WE 或 bDATA_WE 对应 code 或 data);
- (3)、设置地址寄存器 ROM_ADDR, 写入 16 位起始目标地址, 例如 1357h;
- (4)、设置擦写操作的缓冲区模式寄存器 ROM_BUF_MOD 为结束目标地址(含)的低 6 位, 该结束地址应该大于或等于 ROM_ADDR_L[5:0]起始目标地址, 选择数据块编程模式, 例如结束地址为 1364h, 则 ROM_BUF_MOD 应该设置为 24h (64h&3Fh), 计算出数据块的字节数=0Dh;
- (5)、在 xRAM 中分配一个按 64 字节对齐的缓冲区域, 例如 0580h~05BFh, 用起始目标地址的低 6 位指定在该缓冲区域中的偏移地址, 得到本次数据块编程操作的 xRAM 缓冲区起始地址, 将待写数据块从该 xRAM 缓冲区起始地址开始存放, 并将该 xRAM 缓冲区起始地址置入 DPTR, 例如 DPTR=0580h+(57h&3Fh)=0597h, 实际本次编程操作只用到 0597h~05A4h 地址的 xRAM;
- (6)、设置操作控制寄存器 ROM_CTRL 为 09Ah, 执行写操作, 操作期间程序自动暂停运行;
- (7)、操作完成后程序恢复运行, 此时查询状态寄存器 ROM_STATUS 可以查看此次操作状态; 如果要写多个数据, 则循环(3)、(4)、(5)、(6)、(7)步骤, 步骤(3)、(4)、(5)顺序可对调;
- (8)、再次进入安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (9)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写保护(bCODE_WE=0, bDATA_WE=0)。

4、读 flash-ROM:

直接使用 MOVC 指令, 或通过指向程序存储空间的指针, 读取目标地址的 code 或 data。

5、单字节写 OTP 数据区域, 将目标字节中部分数据位从 0 变为 1 (无法将位数据从 1 变为 0):

- (1)、使能安全模式, SAFE_MOD = 55h; SAFE_MOD = 0AAh;
- (2)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写使能(bDATA_WE);
- (3)、设置地址寄存器 ROM_ADDR, 写入目标地址 (20h~3Fh), 实际仅低 6 位中的高 4 位有效;
- (4)、设置擦写操作的缓冲区模式寄存器 ROM_BUF_MOD 为 80h, 选择单字节编程模式;
- (5)、设置擦写操作的数据缓冲寄存器 ROM_DAT_BUF 为要写入的字节数据;

- (6)、设置操作控制寄存器 ROM_CTRL 为 099h，执行写操作，操作期间程序自动暂停运行；
- (7)、操作完成后程序恢复运行，此时查询状态寄存器 ROM_STATUS 可以查看此次操作状态；如果要写多个数据，则循环(3)、(4)、(5)、(6)、(7)步骤，步骤(3)、(4)、(5)顺序可对调；
- (8)、再次进入安全模式，SAFE_MOD = 55h；SAFE_MOD = 0AAh；
- (9)、设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 开启写保护(bCODE_WE=0，bDATA_WE=0)。

6、以 4 字节为单位读取 ReadOnly 只读信息区域或者 OTP 数据区域：

- (1)、设置地址寄存器 ROM_ADDR，写入按 4 字节对齐的目标地址（00h～3Fh），实际仅低 6 位有效；
- (2)、设置操作控制寄存器 ROM_CTRL 为 08Dh，执行读操作，操作期间程序自动暂停运行；
- (3)、操作完成后程序恢复运行，此时查询状态寄存器 ROM_STATUS 可以查看此次操作状态；
- (4)、从 flash-ROM 数据寄存器 ROM_DATA_HI 和 ROM_DATA_LO 中获得 4 字节数据。

7、注意事项：对 flash-ROM/EEPROM 进行擦写操作时，建议只在-20℃～85℃环境温度下进行。如果在超出上述温度范围时进行编程擦写操作，虽然一般情况下是正常的，但是不排除有降低数据保持能力 TDR 和降低擦写次数 NEPCE 甚至影响数据准确性的可能性。

6.6 在板编程和 ISP 下载

当配置信息 Code_Protect=0 时，CH549 芯片 flash-ROM 中的代码和数据可以由外部的编程器通过同步串行接口读写；当配置信息 Code_Protect=1 时，flash-ROM 中的代码和数据被保护，无法读出，但是可以被擦除，擦除后重新上电则解除代码保护。

当 CH549 芯片被预置了 BootLoader 引导程序后，CH549 可以支持 USB 或者异步串口等多种 ISP 下载方式加载应用程序；但在没有引导程序的情况下，CH549 只能由外部专用编程器写入引导程序或者应用程序。为了支持在板编程，电路中需要预留 CH549 与编程器之间的 4 根连接引脚，最少的必要连接引脚是 3 根：P1.4、P1.6、P1.7。

表 6.6.1 与编程器之间的连接引脚

| 引脚 | GPIO | 引脚描述 |
|------|------|------------------------------|
| RST | P5.7 | 编程状态下的复位控制引脚（可选），高电平允许进入编程状态 |
| SCS | P1.4 | 编程状态下的片选输入引脚（必要），默认高电平，低电平有效 |
| SCK | P1.7 | 编程状态下的时钟输入引脚（必要） |
| MISO | P1.6 | 编程状态下的数据输出引脚（必要） |

6.7 芯片唯一 ID 号

每只单片机出厂时都具有唯一 ID 号，即芯片身份识别号。该 ID 数据及其校验和共 8 个字节，存储于只读信息区域的偏移地址为 10h 的区域中，具体操作请参考 C 语言例子程序。

表 6.7.1 芯片 ID 地址表

| 偏移地址 | ID 数据描述 |
|---------|----------------------------------|
| 10h、11h | ID 首字数据，依次是 ID 号的最低字节、次低字节 |
| 12h、13h | ID 次字数据，依次是 ID 号的次高字节、高字节 |
| 14h、15h | ID 末字数据，依次是 48 位 ID 号的次最高字节、最高字节 |
| 16h、17h | ID 首字、次字、末字数据的 16 位累加和，用于 ID 校验 |

ID 号可以配合下载工具用于对目标程序进行加密，一般的应用，只需使用到 ID 号前 32 位。

6.8 温度传感器 TS 的校准信息

温度传感器的校准信息位于只读信息区域的偏移地址为 0Ch 的区域中。具体操作请参考 C 语言例子程序。

7、电源管理、睡眠及复位

7.1 外部电源输入

CH549 芯片内置 5V 到 3.3V 的低压差电压调整器 LD0，产生的 3.3V 电源用于 USB 等模块。CH549 支持外部 5V 或者 3.3V 甚至 2.8V 电源电压输入，两种电源电压输入模式参考下表。

| 外部电源电压 | VDD 引脚电压：外部电压 2.8V~5V | V33 引脚电压：内部 USB 电压 3.3V (注：睡眠时 V33 自动短接到 VDD) |
|--------------------------|--|---|
| 3.3V 或 2.8V 包括小于 3.6V | 输入外部 3.3V 电压到 I/O 及电压调整器， 必须对地接不小于 0.1uF 退耦电容 | 短接 VDD 输入作为内部 USB 电源， 必须对地接不小于 0.1uF 退耦电容 |
| 5V 包括大于 3.6V | 输入外部 5V 电压到 I/O 及电压调整器， 必须对地接不小于 0.1uF 退耦电容 | 内部电压调整器 3.3V 输出 及 3.3V 内部 USB 电源输入， 必须对地接不小于 0.1uF 退耦电容 |

在电源上电或者系统复位后，CH549 默认处于运行状态。在性能满足要求的前提下，适当降低系统主频可以降低运行时的功耗。当 CH549 完全不需要运行时，可以设置 PCON 中的 PD 进入睡眠状态，睡眠状态下可以选择通过 USB、UART0、UART1、SPI0 以及部分 GPIO 进行外部唤醒。

7.2 电源和睡眠控制寄存器

表 7.2.1 电源和睡眠控制寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------------|-----|-----------|-----|
| WDOG_COUNT | FFh | 看门狗计数寄存器 | 00h |
| RESET_KEEP | FEh | 复位保持寄存器 | 00h |
| POWER_CFG | BAh | 电源管理配置寄存器 | 0xh |
| WAKE_CTRL | A9h | 睡眠唤醒控制寄存器 | 00h |
| PCON | 87h | 电源控制寄存器 | 10h |

看门狗计数寄存器 (WDOG_COUNT)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|--|-----|
| [7:0] | WDOG_COUNT | RW | 看门狗当前计数，计满 0FFh 转向 00h 时溢出，溢出时自动设置中断标志 bWDOG_IF_T0 为 1 | 00h |

复位保持寄存器 (RESET_KEEP)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|---|-----|
| [7:0] | RESET_KEEP | RW | 复位保持寄存器，数值可以被人为修改，除了上电复位可将其清零之外，其它任何复位都不影响该数值 | 00h |

电源管理配置寄存器 (POWER_CFG)，仅在安全模式下可写：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|--|-----|
| 7 | bPWR_DN_MODE | RW | 选择睡眠下电模式： 该位为 0 选择下电/深度睡眠模式，更省电但唤醒慢； 该位为 1 选择待机/正常睡眠模式，唤醒快 | 0 |
| 6 | bUSB_PU_RES | RW | 选择 USB 上拉电阻的阻值： 该位为 0 选择 1.5KΩ 阻值，用于 V33 为 3.3V 的情况； 该位为 1 选择 7KΩ 阻值，用于 V33 为 5V 的情况 | 0 |

| | | | | |
|-------|----------------|----|--|--------------|
| 5 | bLV_RST_OFF | RW | 低压复位检测模块的关闭控制，该位为 0 启用电源电压检测并在低压时产生复位信号；为 1 关闭低压检测 | 0 |
| 4 | bLDO_3V3_OFF | RW | USB 电源调整器 LDO 的关闭控制（睡眠时自动关闭）：该位为 0 则由 VDD 电源产生 3.3V 电压用于 USB 等模块；为 1 则禁用 LDO 并内部短接 V33 到 VDD | 0 |
| 3 | bLDO_CORE_VOL | RW | 内核电压模式： 该位为 0 是正常电压模式； 该位为 1 是提升电压模式，性能更好，支持更高主频 | 0 |
| [2:0] | MASK_ULLD0_VOL | RW | 选择在下电/深度睡眠模式下的数据保持电源电压： 000 选择 2.0V；001 选择 1.9V；010 选择 1.8V； 011 选择 1.7V；100 选择 1.6V；101 选择 1.5V； 110 选择 1.4V；111 选择 1.3V。 上述为相对参考值，在 5V 供电下不用调节； 如采用 3.3V 供电，建议先读取，低 3 位减去 2（如原值小于 2 则结果清 0），并在安全模式下写回以选择相对较高两档的数据保持电压 | xxx b |

睡眠唤醒控制寄存器 (WAKE_CTRL)，仅在安全模式下可写：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-----------------|----|---|-----|
| 7 | bWAK_BY_USB | RW | USB 事件唤醒使能，该位为 0 禁止唤醒 | 0 |
| 6 | bWAK_RXD1_L0 | RW | UART1 接收输入低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒。 根据 bUART1_PIN_X=0/1 选择 RXD1 或 RXD1_引脚 | 0 |
| 5 | bWAK_P1_5_L0 | RW | P1.5 低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒 | 0 |
| 4 | bWAK_P1_4_L0 | RW | P1.4 低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒 | 0 |
| 3 | bWAK_P0_3_L0 | RW | P0.3 低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒 | 0 |
| 2 | bWAK_P57H_INT3L | RW | P5.7 高电平和 INT3 低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒。 | 0 |
| 1 | bWAK_INT0E_P33L | RW | INT0 边沿变化和 P3.3 低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒。 其中 INT0 根据 bINT0_PIN_X=0/1 选择 INT0 或 INT0_引脚 | 0 |
| 0 | bWAK_RXD0_L0 | RW | UART0 接收输入低电平唤醒使能，为 0 禁止唤醒。 根据 bUART0_PIN_X=0/1 选择 RXD0 或 RXD0_引脚 | 0 |

电压比较器的唤醒使能由 bCMP_EN 控制，当 bCMP_EN 为 1 时，如果比较器结果反生变化则自动唤醒。

电源控制寄存器 (PCON)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|------------|----|--|-----|
| 7 | SMOD | RW | 当用定时器 1 产生 UART0 波特率时，选择 UART0 模式 1、2、3 的通讯波特率：0-慢速模式；1-快速模式 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 5 | bRST_FLAG1 | RO | 芯片最近一次复位标志高位 | 0 |
| 4 | bRST_FLAG0 | RO | 芯片最近一次复位标志低位 | 1 |
| 3 | GF1 | RW | 通用标志位 1：使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 2 | GF0 | RW | 通用标志位 0：使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 1 | PD | RW | 睡眠模式使能，置 1 后睡眠，唤醒后硬件自动清零。 强烈建议在睡眠前关闭全局中断（EA=0）。 | 0 |
| 0 | 保留 | RO | 保留 | 0 |

表 7.2.2 芯片最近一次复位标志描述

| bRST_FLAG1 | bRST_FLAG0 | 复位标志描述 |
|------------|------------|--|
| 0 | 0 | 软件复位，来源：bSW_RESET=1 并且 (bBOOT_LOAD=0 或 bWDOG_EN=1) |
| 0 | 1 | 电源上电复位或低压检测复位，来源：VDD 引脚电压低于检测电平 |
| 1 | 0 | 看门狗复位，来源：bWDOG_EN=1 并且看门狗超时溢出 |
| 1 | 1 | 外部引脚手工复位，来源：En_P5.7_RESET=1 并且 P5.7 输入高电平 |

7.3 复位控制

CH549 有 5 个复位源：上电复位和电源低压检测复位、外部复位、软件复位、看门狗复位，后三者属于热复位。

7.3.1 上电复位和电源低压检测复位

上电复位 POR 由片内上电检测电路产生，并经由硬件自动延时 T_{por} 以保持复位状态，延时结束后 CH549 运行。

电源低压检测复位 LVR 由片内电压检测电路产生。LVR 电路持续监控 VDD 引脚的电源电压，低于检测电平 V_{pot} 时产生低压复位，并由硬件自动延时 T_{por} 以保持复位状态，延时结束后 CH549 运行。

只有上电复位和电源低压检测复位才使 CH549 重新加载配置信息以及清零 RESET_KEEP，其它热复位不影响。

7.3.2 外部复位

外部复位由外加于 RST 引脚的高电平产生。当配置信息 En_P5.7_RESET 为 1，并且 RST 引脚上的高电平持续时间大于 T_{rst} 时触发复位过程。当外加高电平信号撤消后，硬件自动延时 T_{rdl} 以保持复位状态，延时结束后 CH549 从 0 地址开始执行。

7.3.3 软件复位

CH549 支持内部软件复位，以便不需要外部干预即可主动复位 CPU 状态并重新运行。设置全局配置寄存器 GLOBAL_CFG 中的 bSW_RESET 为 1，即可软件复位，并且自动延时 T_{rdl} 以保持复位状态，延时结束后 CH549 从 0 地址开始执行，bSW_RESET 位由硬件自动清零。

当 bSW_RESET 置 1 时，如果 bBOOT_LOAD=0 或者 bWDOG_EN=1，那么复位后 bRST_FLAG1/0 将指示为软件复位；当 bSW_RESET 置 1 时，如果 bBOOT_LOAD=1 并且 bWDOG_EN=0，那么 bRST_FLAG1/0 将不产生新的复位标志，而是保持前一次的复位标志不变。

对于有 ISP 引导程序的芯片，电源上电复位后，先运行引导程序，该程序根据需要软件复位芯片以切换到应用程序状态，此次软件复位只导致 bBOOT_LOAD 清零，不影响 bRST_FLAG1/0 的状态（由于复位前 bBOOT_LOAD=1），所以当切换到应用程序状态时，bRST_FLAG1/0 仍指示为上电复位状态。

7.3.4 看门狗复位

看门狗复位由看门狗定时器超时溢出时产生。看门狗定时器是 8 位计数器，其计数的时钟频率为系统主频 $F_{sys}/131072$ ，当计满 0FFh 转向 00h 时产生溢出信号。

看门狗定时器溢出信号将触发中断标志 bWDOG_IF_T0 为 1，该中断标志在重新加载 WDOG_COUNT 时或者进入相应的中断服务程序时被自动清零。

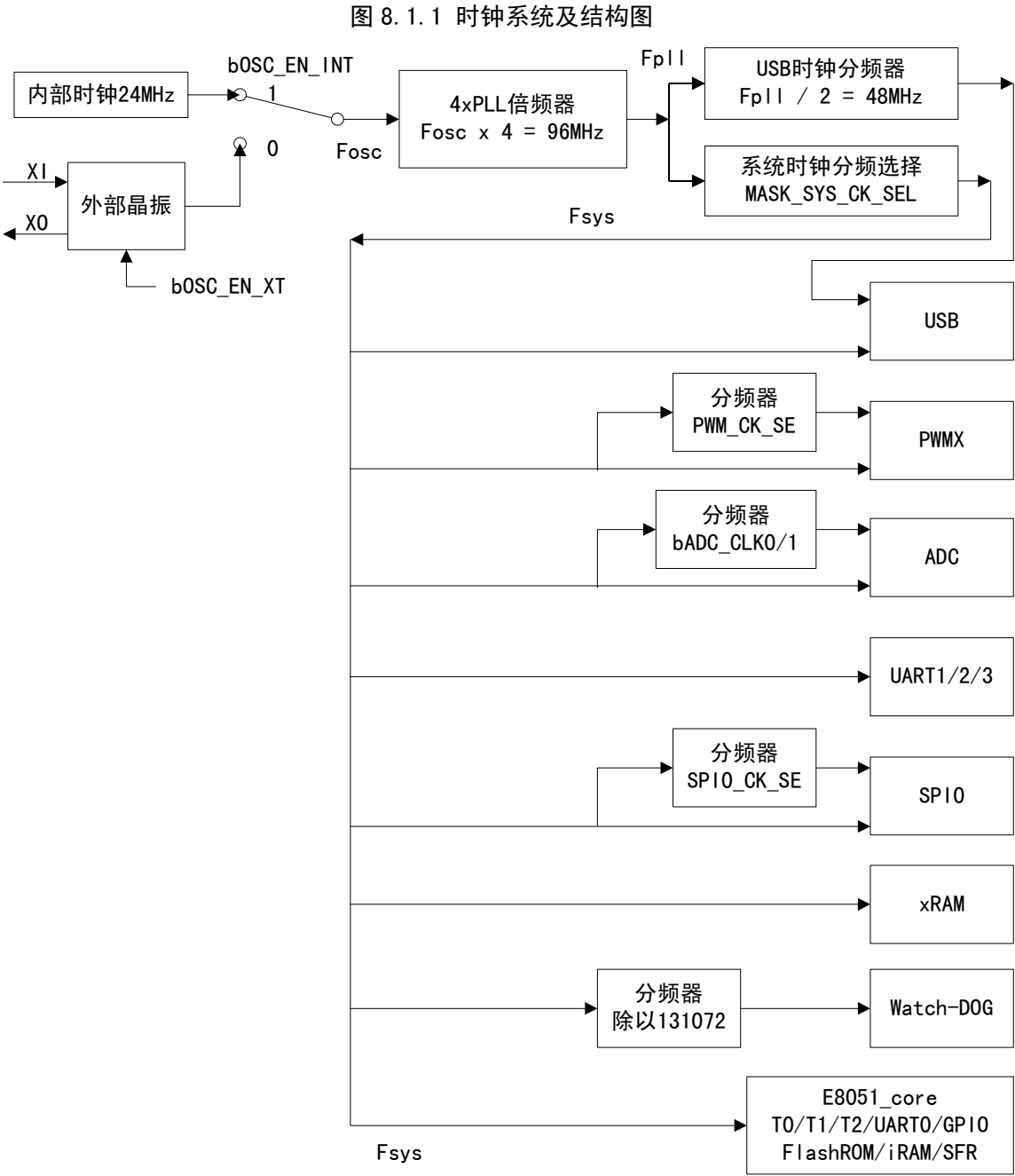
通过向 WDOG_COUNT 写入不同的计数初始值，从而实现不同的定时周期 T_{wdc} 。在 12MHz 主频下，写入 00h 时的看门狗定时周期 T_{wdc} 约为 2.8 秒，写入 80h 时约为 1.4 秒。

如果看门狗定时器溢出时 bWDOG_EN=1，那么产生看门狗复位，并且自动延时 T_{rdl} 以保持复位状态，延时结束后 CH549 从 0 地址开始执行。

当 bWDOG_EN=1 时为了避免被看门狗复位，必须及时重置 WDOG_COUNT，避免其溢出。

8、系统时钟

8.1 时钟框图



内部时钟或者外部时钟经过二选一后作为原始时钟 Fosc，再经过 PLL 倍频后产生 Fpll 高频时钟，最后经过两组分频器分别得到系统时钟 Fsys 和 USB 模块的时钟 Fusb4x。系统时钟 Fsys 直接提供给 CH549 的各个模块。

8.2 寄存器描述

表 8.2.1 时钟控制寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-----------|-----|-----------|-----|
| CLOCK_CFG | B9h | 系统时钟配置寄存器 | 83h |

系统时钟配置寄存器 (CLOCK_CFG)，仅在安全模式下可写：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------------|----|--|------|
| 7 | bOSC_EN_INT | RW | 内部时钟振荡器使能, 该位为 1 使能内部时钟振荡器并且选用内部时钟; 该位为 0 关闭内部时钟振荡器并且选用外部晶体振荡器提供时钟 | 1 |
| 6 | bOSC_EN_XT | RW | 外部晶体振荡器使能, 该位为 1 则 P4. 6/X0 引脚作为 XI/X0 并启用振荡器, 需在 XI 和 X0 之间外接石英晶体或陶瓷振荡器; 该位为 0 关闭外部振荡器 | 0 |
| 5 | bWDOG_IF_TO | RO | 看门狗定时器中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 由定时器溢出信号触发; 该位为 0 表示无中断。该位在重新加载看门狗计数寄存器 WDOG_COUNT 时或者进入相应的中断服务程序后自动清零 | 0 |
| [4:3] | 保留 | RO | 保留 | 00b |
| [2:0] | MASK_SYS_CK_SEL | RW | 系统时钟频率选择, 参考下表 8. 2. 2 | 011b |

表 8. 2. 2 系统主频选择表

| MASK_SYS_CK_SEL | 系统主频 Fsys | 与晶体频率 Fxt 关系 | 当 Fosc=24MHz 时的 Fsys |
|-----------------|------------|--------------|----------------------------------|
| 000b | Fpll / 512 | Fxt / 128 | 187. 5KHz |
| 001b | Fpll / 128 | Fxt / 32 | 750KHz |
| 010b | Fpll / 32 | Fxt / 8 | 3MHz |
| 011b | Fpll / 8 | Fxt / 2 | 12MHz |
| 100b | Fpll / 6 | Fxt / 1. 5 | 16MHz |
| 101b | Fpll / 4 | Fxt / 1 | 24MHz |
| 110b | Fpll / 3 | Fxt / 0. 75 | 32MHz |
| 111b | Fpll / 2 | Fxt / 0. 5 | 保留, 仅用于定制芯片, 需配合 bLDO_CORE_VOL=1 |

8. 3 时钟配置

CH549 芯片上电后默认使用内部时钟，内部时钟频率是 24MHz。可以通过 CLOCK_CFG 选择内部时钟或者外部晶体振荡器时钟，如果关闭外部晶体振荡器，那么 XI 引脚可以作为 P4. 6 普通 I/O 端口使用。如果使用外部晶体振荡器提供时钟，那么应该在 XI 和 X0 引脚之间跨接晶体，以及分别为 XI 和 X0 引脚对 GND 连接振荡电容；如果从外部直接输入时钟信号，那么应该从 XI 引脚输入，X0 引脚悬空。

原始时钟频率 $F_{osc} = bOSC_EN_INT ? 24MHz : F_{xt}$
PLL 频率 $F_{pll} = F_{osc} * 4$
USB 时钟频率 $F_{usb4x} = F_{pll} / 2$
系统主频 F_{sys} 参考表 8. 2. 2 由 F_{pll} 分频获得
复位后的默认状态下， $F_{osc}=24MHz$ ， $F_{pll}=96MHz$ ， $F_{usb4x}=48MHz$ ， $F_{sys}=12MHz$ 。

切换到外部晶体振荡器提供时钟的步骤如下：

- (1)、进入安全模式，步骤一 SAFE_MOD = 55h；步骤二 SAFE_MOD = AAh；
- (2)、用“位或”操作将 CLOCK_CFG 中的 bOSC_EN_XT 置 1，其它位保持不变，启用晶体振荡器；
- (3)、延时数毫秒，通常 5mS~10mS，等待晶体振荡器工作稳定；

- (4)、再次进入安全模式，步骤一 `SAFE_MOD = 55h`；步骤二 `SAFE_MOD = AAh`；
- (5)、用“位与”操作将 `CLOCK_CFG` 中的 `bOSC_EN_INT` 清 0，其它位保持不变，切换到外部时钟；
- (6)、关闭安全模式，向 `SAFE_MOD` 写入任意数值提前终止安全模式。

修改系统主频的步骤如下：

- (1)、进入安全模式，步骤一 `SAFE_MOD = 55h`；步骤二 `SAFE_MOD = AAh`；
- (2)、向 `CLOCK_CFG` 写入新数值；
- (3)、关闭安全模式，向 `SAFE_MOD` 写入任意数值提前终止安全模式。

备注：

- (1)、如果使用 USB 模块，那么 `Fusb4x` 必须是 48MHz；并且在用全速 USB 时，系统主频 `Fsys` 不低于 6MHz；在用低速 USB 时，系统主频 `Fsys` 不低于 1.5MHz。
- (2)、优先使用较低的系统时钟频率 `Fsys`，从而降低系统动态功耗，并使工作温度范围变宽。

9、中断

CH549 芯片支持 16 组中断信号源，包括与标准 MCS51 兼容的 6 组中断：`INT0`、`T0`、`INT1`、`T1`、`UART0`、`T2`，以及扩展的 10 组中断：`SPI0`、`INT3`、`USB`、`ADC/UART2`、`UART1`、`PWMX/UART3`、`GPIO`、`WDOG`，其中 `GPIO` 中断可以从 7 个 I/O 引脚中选择。

中断服务程序建议尽量精简，尽量不调用函数和子程序，尽量不读写 `xdata` 变量和 `code` 常量。

9.1 寄存器描述

表 9.1.1 中断向量表

| 中断源 | 入口地址 | 中断号 | 描述 | 默认优先权顺序 |
|-----------------------------|--------|-----|--|--|
| INT_NO_INT0 | 0x0003 | 0 | 外部中断 0 | 高优先权 ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ |
| INT_NO_TMRO | 0x000B | 1 | 定时器 0 中断 | |
| INT_NO_INT1 | 0x0013 | 2 | 外部中断 1 | |
| INT_NO_TMR1 | 0x001B | 3 | 定时器 1 中断 | |
| INT_NO_UART0 | 0x0023 | 4 | UART0 中断 | |
| INT_NO_TMR2 | 0x002B | 5 | 定时器 2 中断 | |
| INT_NO_SPI0 | 0x0033 | 6 | SPI0 中断 | |
| INT_NO_INT3 | 0x003B | 7 | 外部中断 3 | |
| INT_NO_USB | 0x0043 | 8 | USB 中断 | |
| INT_NO_ADC INT_NO_UART2 | 0x004B | 9 | ADC 中断（当 <code>bU2IE=0</code> 时）； UART2 中断（当 <code>bU2IE=1</code> 时） | |
| INT_NO_UART1 | 0x0053 | 10 | UART1 中断 | |
| INT_NO_PWMX INT_NO_UART3 | 0x005B | 11 | PWMX 中断（当 <code>bU3IE=0</code> 时）； UART3 中断（当 <code>bU3IE=1</code> 时） | |
| INT_NO_GPIO | 0x0063 | 12 | GPIO 中断 | ↓ 低优先权 |
| INT_NO_WDOG | 0x006B | 13 | 看门狗定时器中断 | |

表 9.1.2 中断相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----|--------------|-----|
| IP_EX | E9h | 扩展中断优先级控制寄存器 | 00h |

| | | | |
|---------|-----|--------------|-----|
| IE_EX | E8h | 扩展中断使能寄存器 | 00h |
| GPIO_IE | B2h | GPIO 中断使能寄存器 | 00h |
| IP | B8h | 中断优先级控制寄存器 | 00h |
| INTX | B3h | 扩展外部中断控制寄存器 | 00h |
| IE | A8h | 中断使能寄存器 | 00h |

中断使能寄存器 (IE):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-------|----|---|-----|
| 7 | EA | RW | 全局中断使能控制位, 该位为 1 并且 E_DIS 为 0 则允许中断; 该位为 0 屏蔽所有中断请求 | 0 |
| 6 | E_DIS | RW | 全局中断禁用控制位, 该位为 1 屏蔽所有中断请求; 该位为 0 并且 EA 为 1 则允许中断。该位通常用于在 flash-ROM 操作期间临时禁止中断 | 0 |
| 5 | ET2 | RW | 定时器 2 中断使能位, 该位为 1 允许 T2 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 4 | ES | RW | 异步串口 0 中断使能位, 该位为 1 允许 UART0 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 3 | ET1 | RW | 定时器 1 中断使能位, 该位为 1 允许 T1 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 2 | EX1 | RW | 外部中断 1 使能位, 该位为 1 允许 INT1 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 1 | ET0 | RW | 定时器 0 中断使能位, 该位为 1 允许 T0 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 0 | EX0 | RW | 外部中断 0 使能位, 该位为 1 允许 INT0 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |

扩展中断使能寄存器 (IE_EX):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------------|----|---|-----|
| 7 | IE_WDOG | RW | 看门狗定时器中断使能位, 该位为 1 允许 WDOG 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 6 | IE_GPIO | RW | GPIO 中断使能位, 该位为 1 允许 GPIO_IE 中使能的中断; 为 0 屏蔽 GPIO_IE 中所有中断 | 0 |
| 5 | IE_PWMX IE_UART3 | RW | 当 bU3IE=0 时是 PWMX 中断使能位, 该位为 1 允许 PWMX 中断; 为 0 屏蔽。 当 bU3IE=1 时异步串口 3 中断使能位, 该位为 1 允许 UART3 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 4 | IE_UART1 | RW | 异步串口 1 中断使能位, 该位为 1 允许 UART1 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 3 | IE_ADC IE_UART2 | RW | 当 bU2IE=0 时是 ADC 模数转换中断使能位, 该位为 1 允许 ADC 中断; 为 0 屏蔽。 当 bU2IE=1 时是异步串口 2 中断使能位, 该位为 1 允许 UART2 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 2 | IE_USB | RW | USB 中断使能位, 该位为 1 允许 USB 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 1 | IE_INT3 | RW | 外部中断 3 使能位, 该位为 1 允许 INT3 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |
| 0 | IE_SPI0 | RW | SPI0 中断使能位, 该位为 1 允许 SPI0 中断; 为 0 屏蔽 | 0 |

GPIO 中断使能寄存器 (GPIO_IE):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-------------|----|---|-----|
| 7 | bIE_IO_EDGE | RW | GPIO 边沿中断模式使能: 该位为 0 选择电平中断模式, GPIO 引脚输入有效电平则 bIO_INT_ACT 为 1 并一直请求中断, GPIO 输入无效电平时 bIO_INT_ACT 为 0 并取消中断请求; | 0 |

| | | | | |
|---|-------------|----|---|---|
| | | | 该位为 1 选择边沿中断模式, GPIO 引脚输入有效边沿时产生中断标志 bIO_INT_ACT 并请求中断, 该中断标志无法软件清零, 只能在复位时或电平中断模式下或进入相应的中断服务程序时被自动清零 | |
| 6 | bIE_RXD1_LO | RW | 该位为 1 使能 UART1 接收引脚中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止。根据 bUART1_PIN_X=0/1 选择 RXD1 或 RXD1_引脚 | 0 |
| 5 | bIE_P1_5_LO | RW | 该位为 1 使能 P1.5 中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止 | 0 |
| 4 | bIE_P1_4_LO | RW | 该位为 1 使能 P1.4 中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止 | 0 |
| 3 | bIE_P0_3_LO | RW | 该位为 1 使能 P0.3 中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止 | 0 |
| 2 | bIE_P5_7_HI | RW | 该位为 1 使能 P5.7 中断(电平模式高电平有效, 边沿模式上升沿有效); 该位为 0 禁止 | 0 |
| 1 | bIE_P4_6_LO | RW | 该位为 1 使能 P4.6 中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止 | 0 |
| 0 | bIE_RXD0_LO | RW | 该位为 1 使能 UART0 接收引脚中断(电平模式低电平有效, 边沿模式下下降沿有效); 该位为 0 禁止。根据 bUART0_PIN_X=0/1 选择 RXD0 或 RXD0_引脚 | 0 |

扩展外部中断控制寄存器 (INTX):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|------|----|--|-----|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 5 | bIX3 | RW | INT3 外部中断 3 的输入信号极性, 该位为 0 选择默认极性 (低电平或下降沿触发); 该位为 1 选择反极性 (高电平或上升沿触发) | 0 |
| 4 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 3 | bIE3 | RW | INT3 外部中断 3 的中断请求标志位, 进入中断后自动清零 | 0 |
| 2 | bit3 | RW | INT3 外部中断 3 的触发方式控制位, 该位为 0 选择外部中断为低或高电平触发; 该位为 1 选择外部中断为下降或上升边沿触发 | 0 |
| 1 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 0 | 保留 | RO | 保留 | 0 |

中断优先级控制寄存器 (IP):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------|----|------------------|-----|
| 7 | PH_FLAG | RO | 高优先级中断正在执行标志位 | 0 |
| 6 | PL_FLAG | RO | 低优先级中断正在执行标志位 | 0 |
| 5 | PT2 | RW | 定时器 2 中断优先级控制位 | 0 |
| 4 | PS | RW | UART0 中断优先级控制位 | 0 |
| 3 | PT1 | RW | 定时器 1 中断优先级控制位 | 0 |
| 2 | PX1 | RW | 外部中断 1 的中断优先级控制位 | 0 |
| 1 | PT0 | RW | 定时器 0 中断优先级控制位 | 0 |
| 0 | PX0 | RW | 外部中断 0 的中断优先级控制位 | 0 |

扩展中断优先级控制寄存器 (IP_EX)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-----------------------|----|--|-----|
| 7 | bIP_LEVEL | RO | 当前中断嵌套等级标志位，该位为 0 则表示无中断或者嵌套 2 级中断；该位为 1 则表示当前嵌套 1 级中断 | 0 |
| 6 | bIP_GPIO | RW | GPIO 中断优先级控制位 | 0 |
| 5 | bIP_PWMX bIP_UART3 | RW | 当 bU3IE=0 时是 PWMX 中断优先级控制位。 当 bU3IE=1 时是 UART3 中断优先级控制位 | 0 |
| 4 | bIP_UART1 | RW | UART1 中断优先级控制位 | 0 |
| 3 | bIP_ADC bIP_UART2 | RW | 当 bU2IE=0 时是 ADC 中断优先级控制位。 当 bU2IE=1 时是 UART2 中断优先级控制位 | 0 |
| 2 | bIP_USB | RW | USB 中断优先级控制位 | 0 |
| 1 | bIP_INT3 | RW | 外部中断 3 的中断优先级控制位 | 0 |
| 0 | bIP_SPI0 | RW | SPI0 中断优先级控制位 | 0 |

IP 和 IP_EX 寄存器用于设定中断优先级，如果某位被置 1，则对应的中断源被设定为高优先级；如果某位被清 0，则对应的中断源被设为低优先级。对于同级中断源，系统有默认的优先权顺序，默认优先极顺序如表 9. 1. 1 所示。其中 PH_FLAG 和 PL_FLAG 组合表示当前中断的优先级。

表 9. 1. 3 当前中断优先级状态指示

| PH_FLAG | PL_FLAG | 当前中断优先级状态 |
|---------|---------|--------------|
| 0 | 0 | 当前无中断 |
| 0 | 1 | 当前正在执行低优先级中断 |
| 1 | 0 | 当前正在执行高优先级中断 |
| 1 | 1 | 意外状态，未知错误 |

10、I/O 端口

10.1 GPIO 简介

CH549 提供最多 44 个 I/O 引脚，部分引脚具有复用功能。其中，端口 P0~P4 的输入和输出都可以按位寻址。

如果引脚没有被配置成复用功能，则默认是通用 I/O 引脚状态。作为通用数字 I/O 使用时，所有 I/O 端口都具有真正的“读 - 修改 - 写”功能，支持 SETB 或者 CLR 等位操作指令独立地改变某些引脚的方向或者端口电平等。

10.2 GPIO 寄存器

本节所有的寄存器和位以通用格式表示：小写的“n”表示端口的序号 (n=0、1、2、3、4)，而小写的“x”代表位的序号 (x=0、1、2、3、4、5、6、7)。

表 10. 2. 1 GPIO 寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-----------|-----|-------------------|-----|
| P0 | 80h | P0 端口输入输出寄存器 | FFh |
| P0_DIR_PU | C5h | P0 端口方向控制和上拉使能寄存器 | FFh |
| P0_MOD_OC | C4h | P0 端口输出模式寄存器 | FFh |
| P1 | 90h | P1 端口输入输出寄存器 | FFh |
| P1_DIR_PU | 93h | P1 端口方向控制和上拉使能寄存器 | FFh |

| | | | |
|-----------|-----|-------------------|-----|
| P1_MOD_OC | 92h | P1 端口输出模式寄存器 | FFh |
| P2 | A0h | P2 端口输入输出寄存器 | FFh |
| P2_DIR_PU | 95h | P2 端口方向控制和上拉使能寄存器 | FFh |
| P2_MOD_OC | 94h | P2 端口输出模式寄存器 | FFh |
| P3 | B0h | P3 端口输入输出寄存器 | FFh |
| P3_DIR_PU | 97h | P3 端口方向控制和上拉使能寄存器 | FFh |
| P3_MOD_OC | 96h | P3 端口输出模式寄存器 | FFh |
| P4 | C0h | P4 端口输入输出寄存器 | FFh |
| P4_DIR_PU | C3h | P4 端口方向控制和上拉使能寄存器 | FFh |
| P4_MOD_OC | C2h | P4 端口输出模式寄存器 | FFh |
| P5 | ABh | P5 端口输入输出寄存器 | 20h |
| PIN_FUNC | AAh | 引脚功能选择寄存器 | 00h |
| XBUS_AUX | A2h | 总线辅助设置寄存器 | 00h |

Pn 端口输入输出寄存器 (Pn)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|--|-----|
| [7:0] | Pn. 0~Pn. 7 | RW | Pn. x 引脚状态输入和数据输出位，可以按位寻址。 注，P4. 7 为内部位，写操作必须置 1，读操作无意义 | FFh |

Pn 端口输出模式寄存器 (Pn_MOD_OC)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|------------------------------|-----|
| [7:0] | Pn_MOD_OC | RW | Pn. x 引脚输出模式设置：0-推挽输出；1-开漏输出 | FFh |

Pn 端口方向控制和上拉使能寄存器 (Pn_DIR_PU)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|---|-----|
| [7:0] | Pn_DIR_PU | RW | 在推挽输出模式下是 Pn. x 引脚方向控制： 0-输入；1-输出； 在开漏输出模式下是 Pn. x 引脚上拉电阻使能控制： 0-禁止上拉电阻；1-使能上拉电阻 | FFh |

由 Pn_MOD_OC[x] 和 Pn_DIR_PU[x] 组合实现 Pn 端口的相关配置，具体如下。

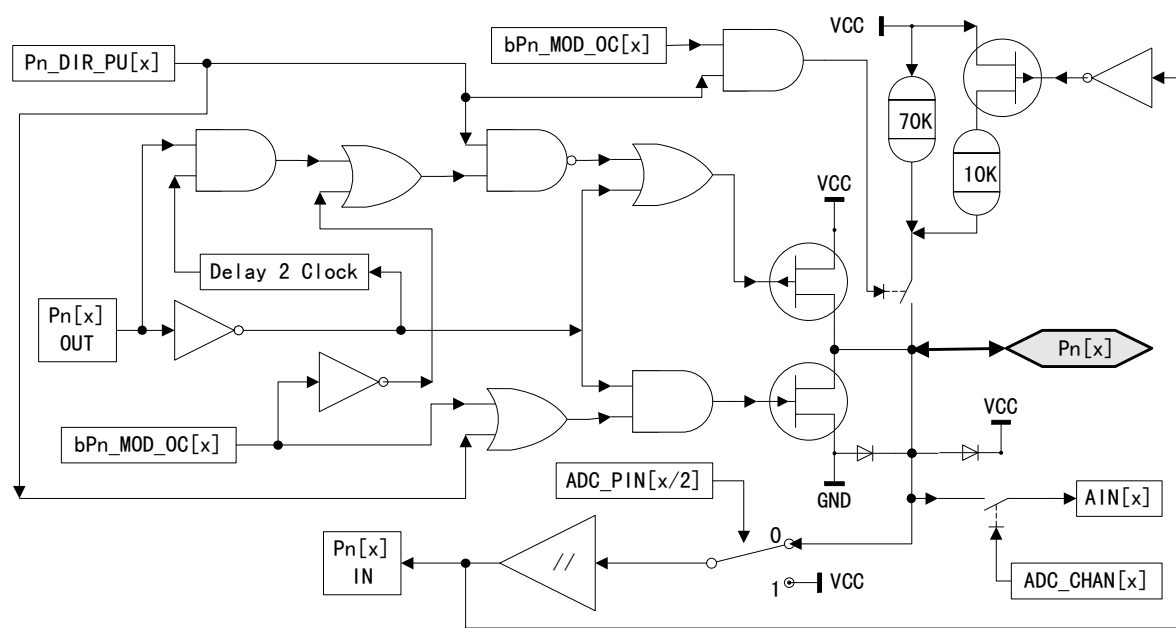
表 10. 2. 2 端口配置寄存器组合

| Pn_MOD_OC | Pn_DIR_PU | 工作模式描述 |
|-----------|-----------|--|
| 0 | 0 | 高阻输入模式，引脚没有上拉电阻 |
| 0 | 1 | 推挽输出模式，具有对称驱动能力，可以输出或者吸收较大电流 |
| 1 | 0 | 开漏输出，支持高阻输入，引脚没有上拉电阻 |
| 1 | 1 | 准双向模式(标准 8051)，开漏输出，支持输入，引脚有上拉电阻，当输出从低电平转高电平时自动驱动 2 个时钟周期的高电平以加速转换 |

P1~P4 端口支持纯输入或推挽输出以及准双向等模式。各引脚都有可以自由控制的内部上拉电阻，以及都有连接到 VDD 和 GND 的保护二极管。

图 10. 2. 1 是 P0 端口的 P0. x 引脚和 P1 端口的 P1. x 引脚的等效原理图，去掉 AIN 和 ADC_PIN 以及 ADC_CHAN 之后可以适用于 P2、P3、P4 端口。

图 10. 2. 1 I/O 引脚等效原理图



P5 端口输入输出寄存器 (P5)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-------|----|--|-----|
| 7 | P5. 7 | R0 | P5. 7 引脚状态输入位 | 0 |
| 6 | 保留 | R0 | 保留 | 0 |
| 5 | P5. 5 | RW | P5. 5 引脚数据输出位（开漏输出，支持高电压）： 该位为 0 则输出低电平； 为 1 则不输出（高阻，支持外部上拉电阻） | 1 |
| 4 | P5. 4 | RW | P5. 4 引脚数据输出位： 该位为 0 则输出低电平；为 1 则输出高电平 | 0 |
| 3 | 保留 | R0 | 保留 | 0 |
| 2 | 保留 | R0 | 保留 | 0 |
| 1 | P5. 1 | R0 | P5. 1 引脚状态输入位，内置有可控的下拉电阻 | 0 |
| 0 | P5. 0 | R0 | P5. 0 引脚状态输入位，内置有可控的下拉电阻 | 0 |

10. 3 GPIO 复用与映射

CH549 部分 I/O 引脚具有复用功能，上电后默认均为通用 I/O 引脚，使能不同功能模块后，相应引脚被配置成各自功能模块对应的功能引脚。

引脚功能选择寄存器 (PIN_FUNC)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-------------|----|--|-----|
| 7 | bPWM0_PIN_X | RW | PWM0 引脚映射使能位，该位为 0 则 PWM0 使用 P2. 5；该位为 1 则 PWM0 使用 P1. 5 | 0 |
| 6 | bIO_INT_ACT | R0 | GPIO 中断请求激活状态： 当 bIE_IO_EDGE=0 时，该位为 1 表示 GPIO 输入有效电平， 将请求中断，为 0 表示输入无效电平； 当 bIE_IO_EDGE=1 时，该位作为边沿中断标志，为 1 表示检测到有效边沿，该位无法软件清零，只能在复位时或电平中 | 0 |

| | | | | |
|---|--------------|----|---|---|
| | | | 断模式下或进入相应的中断服务程序时被自动清零 | |
| 5 | bUART1_PIN_X | RW | UART1 引脚映射使能位，该位为 0 则 RXD1/TXD1 使用 P2.6/P2.7；该位为 1 则 RXD1/TXD1 使用 P1.6/P1.7 | 0 |
| 4 | bUART0_PIN_X | RW | UART0 引脚映射使能位，该位为 0 则 RXD0/TXD0 使用 P3.0/P3.1；该位为 1 则 RXD0/TXD0 使用 P0.2/P0.3 | 0 |
| 3 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 2 | bINT0_PIN_X | RW | INT0 引脚映射使能位，该位为 0 则 INT0 使用 P3.2；该位为 1 则 INT0 使用 P2.2 | 0 |
| 1 | bT2EX_PIN_X | RW | T2EX/CAP2 引脚映射使能位，该位为 0 则 T2EX/CAP2 使用 P1.1；该位为 1 则 T2EX/CAP2 使用 P2.5 | 0 |
| 0 | bT2_PIN_X | RW | T2/CAP1 引脚映射使能位，该位为 0 则 T2/CAP1 使用 P1.0；该位为 1 则 T2/CAP1 使用 P2.4 | 0 |

表 10.3.1 GPIO 引脚复用功能列表

| GPIO | 其它功能：按从左到右的优先顺序 |
|-------|--|
| P0[0] | AIN8、P0.0 |
| P0[1] | AIN9、P0.1 |
| P0[2] | RXD_/bRXD_、AIN10、P0.2 |
| P0[3] | TXD_/bTXD_、AIN11、P0.3 |
| P0[4] | RXD2/bRXD2、AIN12、P0.4 |
| P0[5] | TXD2/bTXD2、AIN13、P0.5 |
| P0[6] | RXD3/bRXD3、AIN14、P0.6 |
| P0[7] | TXD3/bTXD3、AIN15、P0.7 |
| P1[0] | T2/bT2、CAP1/bCAP1、AIN0、P1.0 |
| P1[1] | T2EX/bT2EX、CAP2/bCAP2、AIN1、P1.1 |
| P1[2] | AIN2、P1.2 |
| P1[3] | AIN3、P1.3 |
| P1[4] | SCS/bSCS、UCC1/bUCC1、AIN4、P1.4 |
| P1[5] | MOSI/bMOSI、PWM0_/bPWM0_、UCC2/bUCC2、AIN5、P1.5 |
| P1[6] | MISO/bMISO、RXD1_/bRXD1_、VBUS/bVBUS、AIN6、P1.6 |
| P1[7] | SCK/bSCK、TXD1_/bTXD1_、AIN7、P1.7 |
| P2[0] | PWM5/bPWM5、P2.0 |
| P2[1] | PWM4/bPWM4、P2.1 |
| P2[2] | PWM3/bPWM3、INT0_/bINT0_、P2.2 |
| P2[3] | PWM2/bPWM2、P2.3 |
| P2[4] | PWM1/bPWM1、T2_/bT2_、CAP1_/bCAP1_、P2.4 |
| P2[5] | PWM0/bPWM0、T2EX_/bT2EX_、CAP2_/bCAP2_、P2.5 |
| P2[6] | PWM6/bPWM6、RXD1/bRXD1、P2.6 |
| P2[7] | PWM7/bPWM7、TXD1/bTXD1、P2.7 |
| P3[0] | RXD/bRXD、P3.0 |
| P3[1] | TXD/bTXD、P3.1 |
| P3[2] | INT0/bINT0、P3.2 |

| | |
|-------|------------------|
| P3[3] | INT1/bINT1、P3. 3 |
| P3[4] | T0/bT0、P3. 4 |
| P3[5] | T1/bT1、P3. 5 |
| P3[6] | CAPO/bCAPO、P3. 6 |
| P3[7] | INT3/bINT3、P3. 7 |
| P4[0] | P4. 0 |
| P4[1] | P4. 1 |
| P4[2] | P4. 2 |
| P4[3] | P4. 3 |
| P4[4] | P4. 4 |
| P4[5] | P4. 5 |
| P4[6] | X1、P4. 6 |
| P5[0] | UDM/bUDM、P5. 0 |
| P5[1] | UDP/bUDP、P5. 1 |
| P5[4] | bALE/bCK0、P5. 4 |
| P5[5] | bHVOD、P5. 5 |
| P5[7] | RST/bRST、P5. 7 |

上表中所述按从左到右的优先顺序，是指多个功能模块竞争使用该 GPIO 时的优先顺序。例如，P2. 6/P2. 7 端口被设置用于 UART1，如果只需要 RXD1，那么 P2. 7 仍可用于更高优先级的 PWM7 功能。

11、外部总线 xBUS

CH549 不向芯片外部提供总线信号，不支持外部总线，但是可以正常访问片内 xRAM。

外部总线辅助设置寄存器 (XBUS_AUX)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|----------------|----|--|-----|
| 7 | bUART0_TX | RO | 指示 UART0 的发送状态，为 1 表示正在发送过程中 | 0 |
| 6 | bUART0_RX | RO | 指示 UART0 的接收状态，为 1 表示正在接收过程中 | 0 |
| 5 | bSAFE_MOD_ACT | RO | 指示安全模式状态，为 1 表示当前正在安全模式下 | 0 |
| 4 | bALE_CLK_EN | RW | ALE 引脚时钟输出使能，该位为 1 允许 P5. 4 输出系统主频的分频时钟；该位为 0 禁止输出时钟信号 | 0 |
| 3 | bALE_CLK_SEL | RW | 当 bALE_CLK_EN=1 时为 ALE 引脚时钟频率选择： 该位为 0 选择 12 分频；为 1 选择 4 分频 | 0 |
| 3 | GF2 | RW | 当 bALE_CLK_EN=0 时为通用标志位 2： 使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 2 | bDPTR_AUTO_INC | RW | 使能在 MOVX_@DPTR 指令完成后 DPTR 自动加 1 | 0 |
| 1 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 0 | DPS | RW | 双 DPTR 数据指针选择位： 该位为 0 选择 DPTR0；该位为 1 选择 DPTR1 | 0 |

表 11. 1 P5. 4 引脚复用 ALE/CK0 输出状态表

| P5[4] | bALE_CLK_EN | bALE_CLK_SEL | P5. 4 引脚功能描述 |
|-------|-------------|--------------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 输出低电平（默认） |
| 0 | 1 | 0 | 输出系统主频的 12 分频时钟信号，即 Fsys/12 |

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
| 0 | 1 | 1 | 输出系统主频的 4 分频时钟信号，即 Fsys/4 |
| 1 | X | X | 输出高电平 |

12、定时器 Timer

12.1 Timer0/1

Timer0/1 是 2 个 16 位定时/计数器，通过 TCON 和 TMOD 来配置 Timer0 和 Timer1，TCON 用于定时/计数器 T0 和 T1 的启动控制与溢出中断以及外部中断控制。每个定时器都是由 2 个 8 位寄存器组成的 16 位定时单元。定时器 0 的高字节计数器是 TH0，低字节是 TL0；定时器 1 的高字节计数器是 TH1，低字节是 TL1。定时器 1 还可以作为 UART0 的波特率发生器。

表 12.1.1 Timer0/1 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------|-----|----------------|-----|
| TH1 | 8Dh | Timer1 计数高字节 | xxh |
| TH0 | 8Ch | Timer0 计数高字节 | xxh |
| TL1 | 8Bh | Timer1 计数低字节 | xxh |
| TL0 | 8Ah | Timer0 计数低字节 | xxh |
| TMOD | 89h | Timer0/1 方式寄存器 | 00h |
| TCON | 88h | Timer0/1 控制寄存器 | 00h |

定时/计数器 0/1 控制寄存器 (TCON)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-----|----|--|-----|
| 7 | TF1 | RW | Timer1 溢出中断标志位，进入定时器 1 中断后自动清零 | 0 |
| 6 | TR1 | RW | Timer1 启动/停止位，置 1 启动，由软件置位或者清零 | 0 |
| 5 | TF0 | RW | Timer0 溢出中断标志位，进入定时器 0 中断后自动清零 | 0 |
| 4 | TR0 | RW | Timer0 启动/停止位，置 1 启动，由软件置位或者清零 | 0 |
| 3 | IE1 | RW | INT1 外部中断 1 的中断请求标志位，进入中断后自动清零 | 0 |
| 2 | IT1 | RW | INT1 外部中断 1 触发方式控制位，该位为 0 选择外部中断为低电平触发；该位为 1 选择外部中断为下降边沿触发 | 0 |
| 1 | IE0 | RW | INT0 外部中断 0 的中断请求标志位，进入中断后自动清零 | 0 |
| 0 | IT0 | RW | INT0 外部中断 0 触发方式控制位，该位为 0 选择外部中断为低电平触发；该位为 1 选择外部中断为下降边沿触发 | 0 |

定时/计数器 0/1 方式寄存器 (TMOD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|----------|----|--|-----|
| 7 | bT1_GATE | RW | 门控使能位，控制 Timer1 启动是否受外部中断信号 INT1 的影响。该位为 0 则定时/计数器 1 是否启动与 INT1 无关；该位为 1 则只有 INT1 引脚为高电平并且 TR1 为 1 时才能启动 | 0 |
| 6 | bT1_CT | RW | 定时或者计数方式选择位，该位为 0 工作于定时方式；该位为 1 工作于计数方式，使用 T1 引脚的下降沿作为时钟 | 0 |
| 5 | bT1_M1 | RW | 定时/计数器 1 模式选择高位 | 0 |
| 4 | bT1_M0 | RW | 定时/计数器 1 模式选择低位 | 0 |
| 3 | bT0_GATE | RW | 门控使能位，控制 Timer0 启动是否受外部中断信号 INT0 的影响。该位为 0 则定时/计数器 0 是否启动与 INT0 无关；该位为 1 则只有 INT0 引脚为高电平并且 TR0 为 1 时才能启动 | 0 |

| | | | | |
|---|--------|----|---|---|
| 2 | bTO_CT | RW | 定时或者计数方式选择位, 该位为 0 工作于定时方式; 该位为 1 工作于计数方式, 使用 T0 引脚的下降沿作为时钟 | 0 |
| 1 | bTO_M1 | RW | 定时/计数器 0 模式选择高位 | 0 |
| 0 | bTO_M0 | RW | 定时/计数器 0 模式选择低位 | 0 |

表 12.1.2 bTn_M1 和 bTn_M0 选择 Timern 工作模式 (n=0、1)

| bTn_M1 | bTn_M0 | Timern 工作模式 (n=0、1) |
|--------|--------|---|
| 0 | 0 | 模式 0: 13 位定时/计数器 n, 计数单元由 TLn 的低 5 位和 THn 组成, TLn 的高 3 位无效。计数从 13 位全为 1 变成全为 0 时, 设置溢出标志 TFn, 并需重置初值 |
| 0 | 1 | 模式 1: 16 位定时/计数器 n, 计数单元由 TLn 和 THn 组成。计数从 16 位全为 1 变成全为 0 时, 设置溢出标志 TFn, 并需重置初值 |
| 1 | 0 | 模式 2: 8 位重载定时/计数器 n, 计数单元使用 TLn, THn 作为重载计数单元。计数从 8 位全为 1 变成全为 0 时, 设置溢出标志 TFn, 并自动从 THn 加载初值 |
| 1 | 1 | 模式 3: 如果是定时/计数器 0, 那么定时/计数器 0 被分成 2 个部分 TL0 和 TH0, TL0 作为 8 位定时/计数器使用, 占用 Timer0 的全部控制位; 而 TH0 也做另一个 8 位定时器使用, 占用 Timer1 的 TR1、TF1 和中断资源, 并且此时 Timer1 仍然可用, 只是不能使用启动控制位 TR1 和溢出标志位 TF1。 如果是定时/计数器 1, 那么进入模式 3 将停止定时/计数器 1。 |

Timern 计数低字节 (TLn) (n=0、1):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----|----|--------------|-----|
| [7:0] | TLn | RW | Timern 计数低字节 | xxh |

Timern 计数高字节 (THn) (n=0、1):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----|----|--------------|-----|
| [7:0] | THn | RW | Timern 计数高字节 | xxh |

12.2 Timer2

Timer2 是 16 位自动重载定时/计数器, 通过 T2CON 和 T2MOD 寄存器进行配置, 定时器 2 的高字节计数器是 TH2, 低字节是 TL2。Timer2 可以作为 UART0 的波特率发生器, 还具有 3 路信号电平捕捉功能, 捕捉计数存储于 RCAP2 和 T2CAP1 及 T2CAP0 寄存器中。

表 12.2.1 Timer2 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|---------|-----|-------------------------------|-------|
| TH2 | CDh | Timer2 计数器高字节 | 00h |
| TL2 | CCh | Timer2 计数器低字节 | 00h |
| T2COUNT | CCh | TL2 和 TH2 组成 16 位 SFR | 0000h |
| T2CAP1H | CFh | Timer2 捕捉 1 数据高字节(只读) | xxh |
| T2CAP1L | CEh | Timer2 捕捉 1 数据低字节(只读) | xxh |
| T2CAP1 | CEh | T2CAP1L 和 T2CAP1H 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| T2CAP0H | C7h | Timer2 捕捉 0 数据高字节(只读) | xxh |
| T2CAP0L | C6h | Timer2 捕捉 0 数据低字节(只读) | xxh |
| T2CAP0 | C6h | T2CAP0L 和 T2CAP0H 组成 16 位 SFR | xxxxh |
| RCAP2H | CBh | 计数重载/捕捉 2 数据寄存器高字节 | 00h |
| RCAP2L | CAh | 计数重载/捕捉 2 数据寄存器低字节 | 00h |

| | | | |
|--------|-----|-----------------------------|-------|
| RCAP2 | CAh | RCAP2L 和 RCAP2H 组成 16 位 SFR | 0000h |
| T2MOD | C9h | Timer2 方式寄存器 | 00h |
| T2CON | C8h | Timer2 控制寄存器 | 00h |
| T2CON2 | C1h | Timer2 扩展控制寄存器 | 00h |

定时/计数器 2 控制寄存器 (T2CON)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------|----|---|-----|
| 7 | TF2 | RW | 当 bT2_CAP1_EN=0 时，是 Timer2 的溢出中断标志，当 Timer2 计数从 16 位全为 1 变成全为 0 时，设置该溢出标志为 1，需要软件清零；当 RCLK=1 或者 TCLK=1 时，该位不会被置 1 | 0 |
| 7 | CAP1F | RW | 当 bT2_CAP1_EN=1 时，是 Timer2 捕捉 1 中断标志，由 T2 有效边沿触发，需要软件清零 | 0 |
| 6 | EXF2 | RW | Timer2 的外部触发标志，当 EXEN2=1 时由 T2EX 有效边沿触发置 1，需要软件清零 | 0 |
| 5 | RCLK | RW | UART0 接收时钟选择，该位为 0 选择 Timer1 溢出脉冲产生波特率；该位为 1 选择 Timer2 溢出脉冲产生波特率 | 0 |
| 4 | TCLK | RW | UART0 发送时钟选择，该位为 0 选择 Timer1 溢出脉冲产生波特率；该位为 1 选择 Timer2 溢出脉冲产生波特率 | 0 |
| 3 | EXEN2 | RW | T2EX 触发使能位，该位为 0 忽略 T2EX；该位为 1 使能在 T2EX 有效边沿时触发重载或者捕捉 | 0 |
| 2 | TR2 | RW | Timer2 启动/停止位，置 1 启动，由软件置位或者清零 | 0 |
| 1 | C_T2 | RW | Timer2 时钟源选择位，该位为 0 使用内部时钟；该位为 1 使用基于 T2 引脚下降沿的边沿计数 | 0 |
| 0 | CP_RL2 | RW | Timer2 功能选择位，如果 RCLK 或者 TCLK 为 1，则该位应该强制为 0。该位为 0 则 Timer2 作为定时/计数器，并且当计数器溢出或者 T2EX 电平变化时能够自动重载计数初值；该位为 1 使能 Timer2 的捕捉 2 功能，捕捉 T2EX 有效边沿 | 0 |

定时/计数器 2 方式寄存器 (T2MOD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|------------|----|---|-----|
| 7 | bTMR_CLK | RW | 已选择快速时钟的 T0/T1/T2 定时器的最快时钟模式使能，该位为 1 则使用没有分频的系统主频 Fsys 作为计数时钟；该位为 0 则使用分频时钟。该位对选择标准时钟的定时器没有影响 | 0 |
| 6 | bT2_CLK | RW | Timer2 内部时钟频率选择位，该位为 0 选标准时钟，定时/计数模式为 Fsys/12，UART0 时钟模式为 Fsys/4；该位为 1 选快速时钟，定时/计数模式为 Fsys/4 (bTMR_CLK=0) 或 Fsys (bTMR_CLK=1)，UART0 时钟模式为 Fsys/2 (bTMR_CLK=0) 或 Fsys (bTMR_CLK=1) | 0 |
| 5 | bT1_CLK | RW | Timer1 内部时钟频率选择位，该位为 0 选标准时钟 Fsys/12；为 1 选快速时钟 Fsys/4 (bTMR_CLK=0) 或 Fsys (bTMR_CLK=1) | 0 |
| 4 | bT0_CLK | RW | Timer0 内部时钟频率选择位，该位为 0 选标准时钟 Fsys/12；为 1 选快速时钟 Fsys/4 (bTMR_CLK=0) 或 Fsys (bTMR_CLK=1) | 0 |
| 3 | bT2_CAP_M1 | RW | Timer2 捕捉模式高位 捕捉模式选择： X0：从下降沿到下降沿 | 0 |

| | | | | | |
|---|-------------|----|---|-------------------------------------|---|
| 2 | bT2_CAP_MO | RW | Timer2 捕捉模式低位 | 01: 从任意沿到任意沿, 即电平变化 11: 从上升沿到上升沿 | 0 |
| 1 | T2OE | RW | Timer2 时钟输出使能位, 该位为 0 禁止输出; 该位为 1 使能 T2 引脚输出时钟, 频率为 Timer2 溢出速率的一半 | | 0 |
| 0 | bT2_CAP1_EN | RW | 当 RCLK=0、TCLK=0、CP_RL2=1、C_T2=0、T2OE=0 时的捕捉 1 模式使能, 该位为 1 启用捕捉 1 功能捕捉 T2 有效边沿; 该位为 0 禁用捕捉 1 | | 0 |

定时/计数器 2 扩展控制寄存器 (T2CON2):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|---|-------|
| [7:4] | 保留 | RO | 保留 | 0000b |
| 3 | bT2_CAPOF | RW | 当 bT2_CAPO_EN=1 时, 是 Timer2 捕捉 0 中断标志, 由 CAPO 有效边沿触发, 需要软件清零 | 0 |
| 2 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 1 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 0 | bT2_CAPO_EN | RW | 当 RCLK=0、TCLK=0、CP_RL2=1 时的捕捉 0 模式使能, 该位为 1 启用捕捉 0 功能捕捉 CAPO 有效边沿; 该位为 0 禁用捕捉 0 | 0 |

计数重载/捕捉 2 数据寄存器 (RCAP2):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|--------|----|---|-----|
| [7:0] | RCAP2H | RW | 在定时/计数器模式下是重载值的高字节; 在捕捉模式下是 CAP2 捕捉到的定时器的的高字节 | 00h |
| [7:0] | RCAP2L | RW | 在定时/计数器模式下是重载值的低字节; 在捕捉模式下是 CAP2 捕捉到的定时器的低字节 | 00h |

Timer2 计数器 (T2COUNT):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----|----|----------|-----|
| [7:0] | TH2 | RW | 当前计数器高字节 | 00h |
| [7:0] | TL2 | RW | 当前计数器低字节 | 00h |

Timer2 捕捉 1 数据 (T2CAP1):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------|----|------------------|-----|
| [7:0] | T2CAP1H | RO | CAP1 捕捉到的定时器的高字节 | xxh |
| [7:0] | T2CAP1L | RO | CAP1 捕捉到的定时器的低字节 | xxh |

Timer2 捕捉 0 数据 (T2CAP0):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------|----|------------------|-----|
| [7:0] | T2CAP0H | RO | CAPO 捕捉到的定时器的高字节 | xxh |
| [7:0] | T2CAP0L | RO | CAPO 捕捉到的定时器的低字节 | xxh |

12.3 PWM 相关寄存器

本节 PWM_DATA 寄存器以通用格式表示: 小写的 “n” 表示端口的序号 (n=0~7)。

表 12.3.1 PWMX 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-----------|-----|---------------|-----|
| PWM_CK_SE | 9Eh | PWM 时钟分频设置寄存器 | 00h |
| PWM_CTRL | 9Dh | PWM 控制寄存器 | 02h |
| PWM_CTRL2 | 9Fh | PWM 扩展控制寄存器 | 00h |
| PWM_DATA0 | 9Ch | PWM0 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA1 | 9Bh | PWM1 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA2 | 9Ah | PWM2 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA3 | A3h | PWM3 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA4 | A4h | PWM4 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA5 | A5h | PWM5 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA6 | A6h | PWM6 数据寄存器 | xxh |
| PWM_DATA7 | A7h | PWM7 数据寄存器 | xxh |

PWMn 数据寄存器 (PWM_DATA_n) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------------------|----|---|-----|
| [7:0] | PWM_DATA _n | RW | 存储 PWM _n 当前数据, PWM _n 输出有效电平的占空比=PWM_DATA _n /PWM_CYCLE | xxh |

PWM 控制寄存器 (PWM_CTRL) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|---|-----|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 6 | bPWM1_POLAR | RW | 控制 PWM1 输出极性, 该位为 0 则默认低电平, 高电平有效; 该位为 1 则默认高电平, 低电平有效 | 0 |
| 5 | bPWM0_POLAR | RW | 控制 PWM0 输出极性, 该位为 0 则默认低电平, 高电平有效; 该位为 1 则默认高电平, 低电平有效 | 0 |
| 4 | bPWM_IF_END | RW | PWM 循环周期结束中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 写 1 清零或重新加载 PWM_DATA0 数据时清零 | 0 |
| 3 | bPWM1_OUT_EN | RW | PWM1 输出使能, 该位为 1 使能 PWM1 输出 | 0 |
| 2 | bPWM0_OUT_EN | RW | PWM0 输出使能, 该位为 1 使能 PWM0 输出 | 0 |
| 1 | bPWM_CLR_ALL | RW | 该位为 1 清空 PWM 计数和 FIFO, 需要软件清零 | 1 |
| 0 | bPWM_MOD_6BIT | RW | PWM 数据宽度模式: 该位为 0 选择 8 位数据, PWM 周期为 256; 该位为 1 选择 6 位数据, PWM 周期为 64 | 0 |

PWM 扩展控制寄存器 (PWM_CTRL2) :

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|-----------------------------|-----|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 5 | bPWM7_OUT_EN | RW | PWM7 输出使能, 该位为 1 使能 PWM7 输出 | 0 |
| 4 | bPWM6_OUT_EN | RW | PWM6 输出使能, 该位为 1 使能 PWM6 输出 | 0 |
| 3 | bPWM5_OUT_EN | RW | PWM5 输出使能, 该位为 1 使能 PWM5 输出 | 0 |
| 2 | bPWM4_OUT_EN | RW | PWM4 输出使能, 该位为 1 使能 PWM4 输出 | 0 |

| | | | | |
|---|--------------|----|----------------------------|---|
| 1 | bPWM3_OUT_EN | RW | PWM3 输出使能，该位为 1 使能 PWM3 输出 | 0 |
| 0 | bPWM2_OUT_EN | RW | PWM2 输出使能，该位为 1 使能 PWM2 输出 | 0 |

PWM 时钟分频设置寄存器 (PWM_CK_SE)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|---------------|-----|
| [7:0] | PWM_CK_SE | RW | 设置 PWM 时钟分频除数 | 00h |

12.4 PWM 功能

CH549 提供了 8 路 PWM，可以动态修改 PWM 的输出占空比，通过简单 RC 电阻电容进行积分低通滤波后，即可获得各种输出电压，相当于低速数模转换器 DAC。其中，PWM0 和 PWM1 还可以选择反极性输出以及默认的输出极性为低电平或者高电平。

$$PWM_CYCLE = bPWM_MOD_6BIT ? 64 : 256$$

$$PWMn \text{ 输出占空比} = PWM_DATAn / PWM_CYCLE$$

在 8 位数据模式下支持范围 0%到 99.6%占空比,在 6 位数据模式下支持范围 0%到 100%占空比（如果 PWM_DATAn 数值大于 PWM_CYCLE 则按 100%处理）。

实际应用中，建议允许 PWM 引脚输出并且设置 PWM 输出引脚为推挽输出模式。

12.5 Timer 功能

12.5.1 Timer0/1

- (1)、设置 T2MOD 选择 Timer 内部时钟频率，如果 bTn_CLK(n=0/1)为 0，那么 Timer0/1 对应的时钟为 Fsys/12；如果 bTn_CLK 为 1，那么由 bTMR_CLK=0 或 1 选择 Fsys/4 或者 Fsys 作为时钟。
- (2)、设置 T2MOD 配置 Timer 的工作模式。

模式 0：13 位定时/计数器

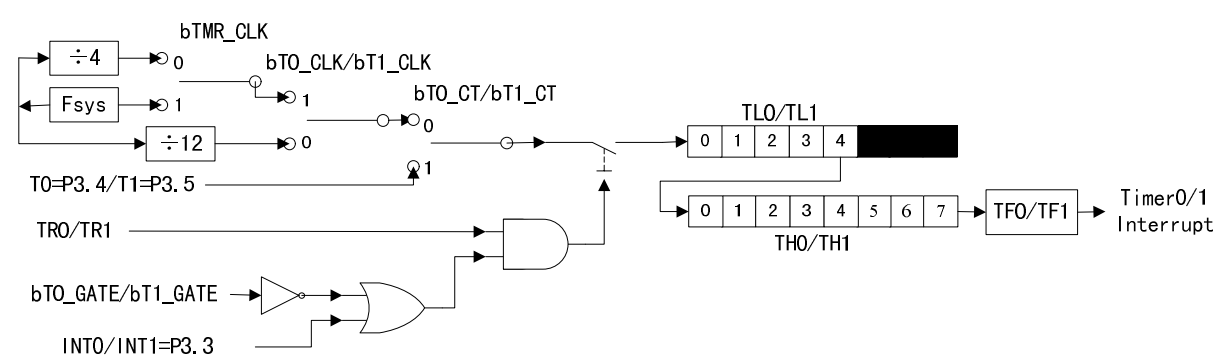


图 12.5.1.1 Timer0/1 模式 0

模式 1：16 位定时/计数器

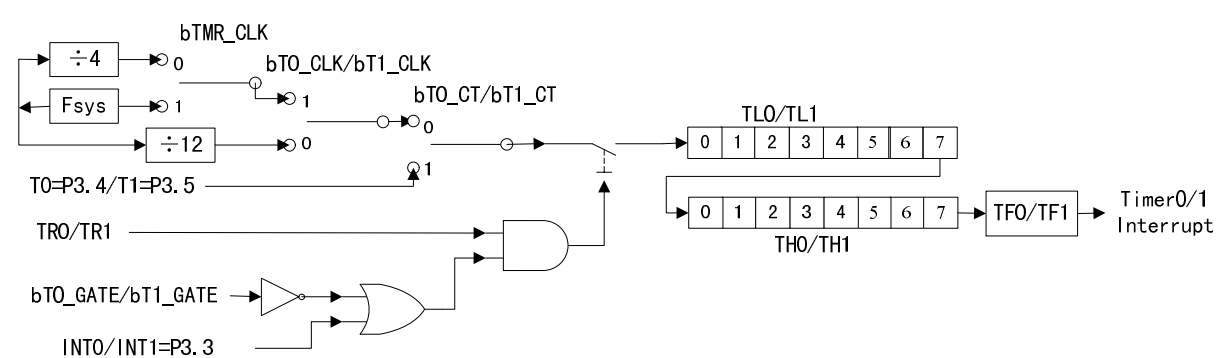


图 12.5.1.2 Timer0/1 模式 1

模式 2: 自动重载 8 位定时/计数器

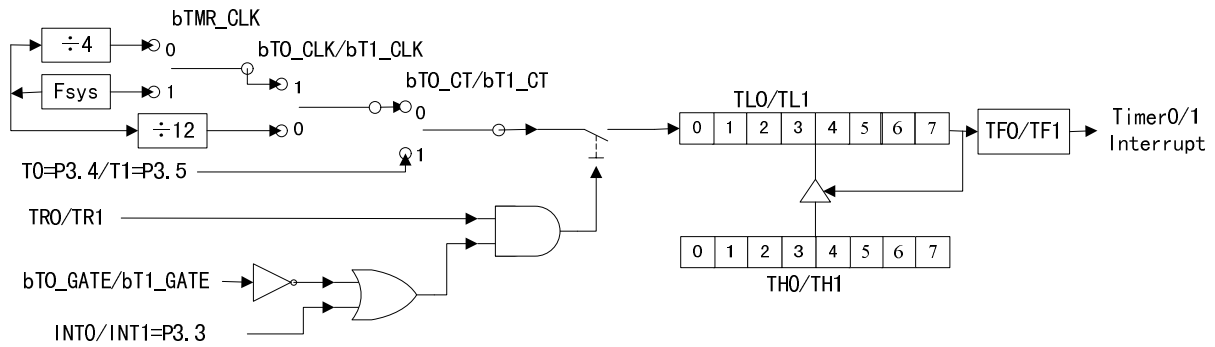


图 12.5.1.3 Timer0/1 模式 2

模式 3: Timer0 分解为两个独立的 8 位定时/计数器，并借用 Timer1 的 TR1 控制位；Timer1 通过是否启动模式 3 代替被借用的 TR1 控制位，Timer1 进入模式 3 则 Timer1 停止运行。

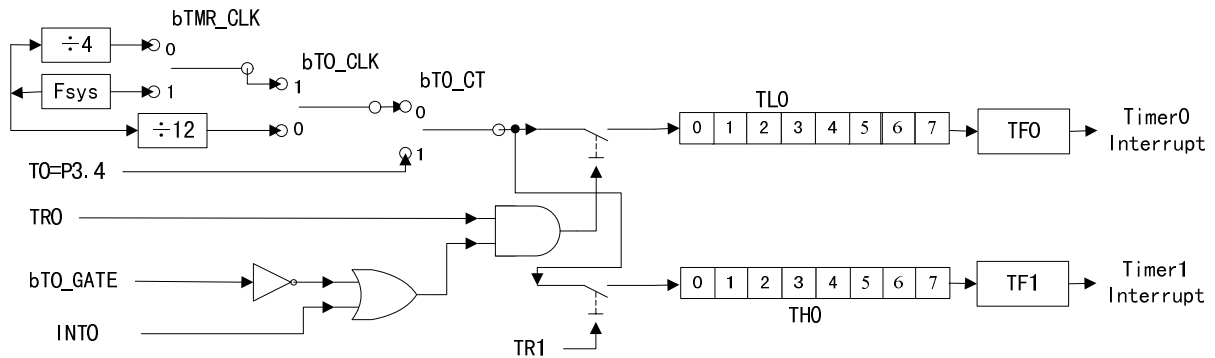


图 12.5.1.4 Timer0 模式 3

- (3)、设置定时/计数器初值 TL_n 和 TH_n (n=0/1)。
- (4)、设置 TCON 中的位 TR_n (n=0/1) 开启或者停止定时/计数器，可以通过位 TF_n (n=0/1) 查询或者通过中断方式进行检测。

12.5.2 Timer2

Timer2 16 位重载定时/计数器模式:

- (1)、设置 T2CON 中的位 RCLK 和 TCLK 都为 0，选择非串口波特率发生器模式。
- (2)、设置 T2CON 中的位 C_T2 为 0 选择使用内部时钟，转步骤(3)；也可置 1 选择 T2 引脚的下降沿作为计数时钟，跳过步骤(3)。
- (3)、设置 T2MOD 选择 Timer 内部时钟频率，如果 bT2_CLK 为 0，那么 Timer2 的时钟为 Fsys/12；如果 bT2_CLK 为 1，那么由 bTMR_CLK=0 或 1 选择 Fsys/4 或者 Fsys 作为时钟。
- (4)、设置 T2CON 的位 CP_RL2 为 0，选择 Timer2 的 16 位重载定时/计数器功能。
- (5)、设定 RCAP2L 和 RCAP2H 为定时器溢出后的重载值，设定 TL2 和 TH2 为定时器的初值（一般与 RCAP2L 和 RCAP2H 相同），设置 TR2 为 1，开启 Timer2。
- (6)、通过查询 TF2 或者定时器 2 中断可以获取当前定时/计数器状态。

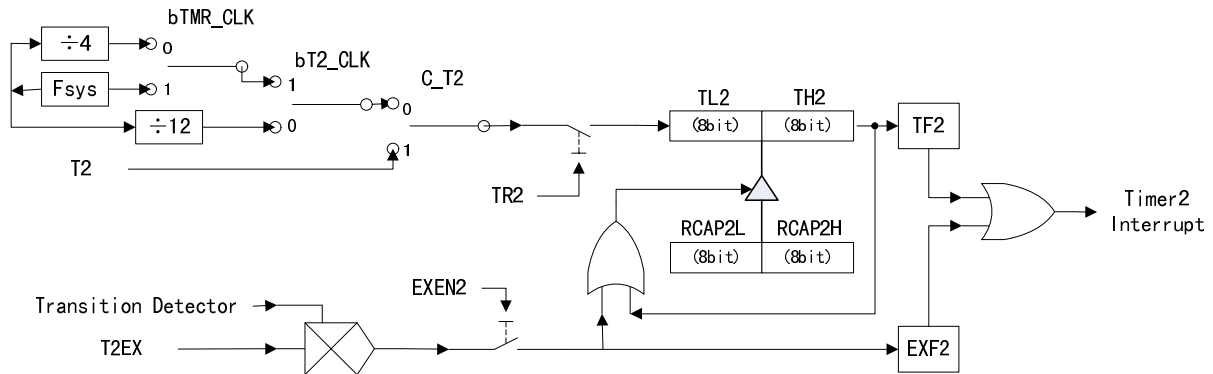


图 12.5.2.1 Timer2 16 位重载定时/计数器

Timer2 时钟输出模式：

参考 16 位重载定时/计数器模式，并且再设置 T2MOD 中的位 T2OE 为 1，则使能从 T2 引脚输出 TF2 频率的二分频时钟。

Timer2 串口 0 波特率发生器模式：

- (1)、设置 T2CON 中的位 C_T2 为 0 选择使用内部时钟，也可置 1 选择 T2 引脚的下降沿作为时钟，根据需要设置 T2CON 中的位 RCLK 和 TCLK 为 1 或其中之一为 1，选择串口波特率发生器模式。
- (2)、设置 T2MOD 选择 Timer 内部时钟频率，如果 bT2_CLK 为 0，那么 Timer2 的时钟为 $F_{sys}/4$ ；如果 bT2_CLK 为 1，那么由 bTMR_CLK=0 或 1 选择 $F_{sys}/2$ 或者 F_{sys} 作为时钟。
- (3)、设定 RCAP2L 和 RCAP2H 为定时器溢出后的重载值，设置 TR2 为 1，开启 Timer2。

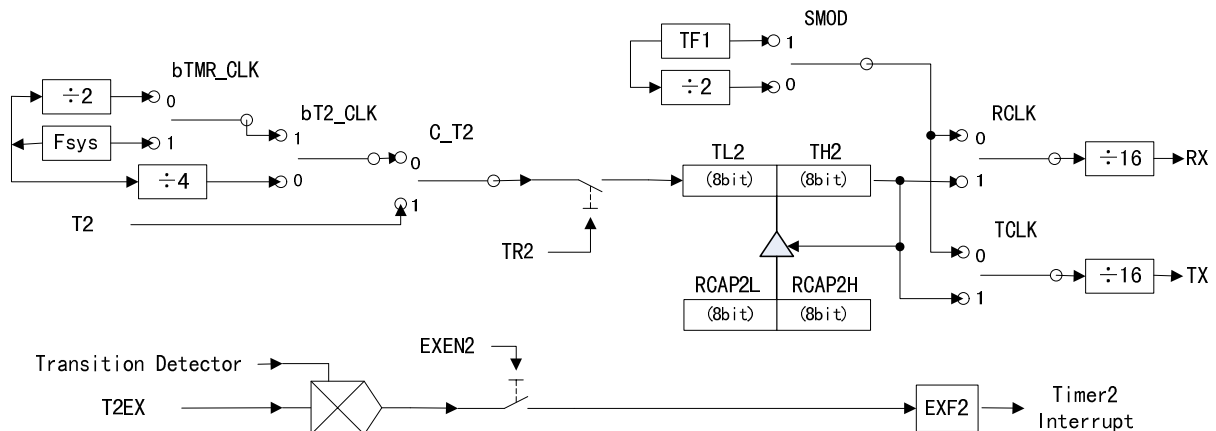


图 12.5.2.2 Timer2 UART0 波特率发生器

Timer2 信号通道捕捉模式：

- (1)、设置 T2CON 中的位 RCLK 和 TCLK 都为 0，选择非串口波特率发生器模式。
- (2)、设置 T2CON 中的位 C_T2 为 0 选择使用内部时钟，转步骤(3)；也可置 1 则选择 T2 引脚的下降沿作为计数时钟，跳过步骤(3)。
- (3)、设置 T2MOD 选择 Timer 内部时钟频率，如果 bT2_CLK 为 0，那么 Timer2 的时钟为 $F_{sys}/12$ ；如果 bT2_CLK 为 1，那么由 bTMR_CLK=0 或 1 选择 $F_{sys}/4$ 或者 F_{sys} 作为时钟。
- (4)、设置 T2MOD 的位 bT2_CAP_M1 和 bT2_CAP_M0 选择相应的边沿捕捉模式。
- (5)、设置 T2CON 的位 CP_RL2 为 1，选择 Timer2 对 T2EX 引脚的捕捉功能。
- (6)、设定 TL2 和 TH2 为定时器的初值，设置 TR2 为 1，开启 Timer2。
- (7)、当 CAP2 捕捉完成，RCAP2L 和 RCAP2H 会保存当时 TL2 和 TH2 的计数值，并使 EXF2 置位，产生中断，下一次捕捉到的 RCAP2L 和 RCAP2H 与上一次捕捉到的 RCAP2L 和 RCAP2H 之间的差值，

就是两次有效边沿之间的信号宽度。

- (8)、如果 T2CON 中的位 C_T2 为 0，并且 T2MOD 中的位 bT2_CAP1_EN 为 1，那么将同时使能 Timer2 对 T2 引脚的捕捉功能，当 CAP1 捕捉完成，T2CAP1L 和 T2CAP1H 会保存当时 TL2 和 TH2 的计数值，并使 CAP1F 置位，产生中断。
- (9)、如果 T2CON2 中的位 bT2_CAPO_EN 为 1，那么将同时使能 Timer2 对 CAPO 引脚的捕捉功能，当 CAPO 捕捉完成，T2CAP0L 和 T2CAP0H 会保存当时 TL2 和 TH2 的计数值，并使 bT2_CAPOF 置位，产生中断。

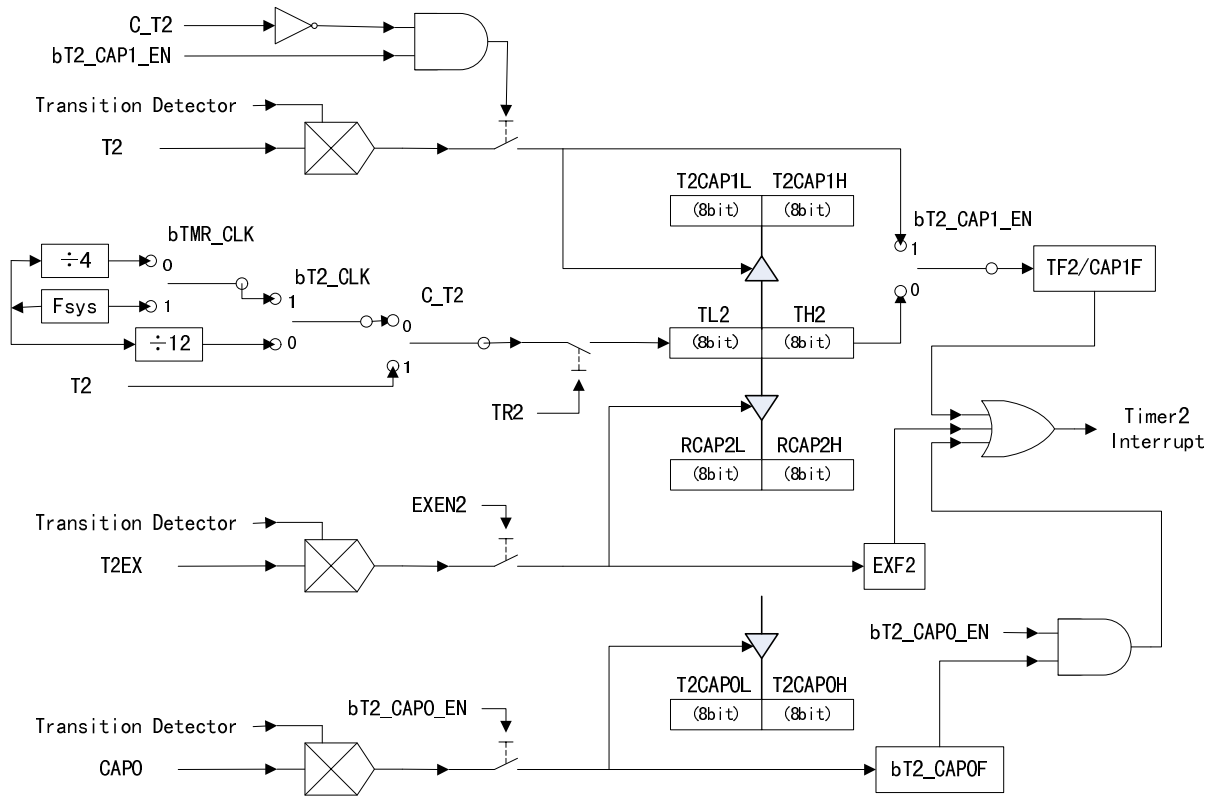


图 12.5.2.3 Timer2 捕捉模式

13、通用异步收发器 UART

13.1 UART 简介

CH549 芯片提供 4 个全双工的异步串口：UART0~UART3。CH548 仅提供 UART0 和 UART1。

UART0 是标准 MCS51 串口，其数据接收和发送是通过 SBUF 访问物理上分开的收/发寄存器实现的。写入 SBUF 的数据装入发送寄存器，对 SBUF 的读操作则对应于接收缓冲寄存器。

UART1 是简化 MCS51 串口，其数据接收和发送是通过 SBUF1 访问物理上分开的收/发寄存器实现的。写入 SBUF1 的数据装入发送寄存器，对 SBUF1 的读操作则对应于接收缓冲寄存器。UART1 相比 UART0 去掉了多机通讯模式和固定波特率，UART1 具有独立的波特率发生器。

UART2 是在 UART1 的基础上，增加了一个中断使能位，用于替换 ADC 中断。

UART3 同 UART2，也是在 UART1 的基础上，增加了一个中断使能位，用于替换 PWMX 中断。

13.2 UART 寄存器

表 13.2.1 UART 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------|-----|-------------|-----|
| SBUF | 99h | UART0 数据寄存器 | xxh |

| | | | |
|--------|------|----------------|-----|
| SCON | 98h | UART0 控制寄存器 | 00h |
| SCON1 | BCh | UART1 控制寄存器 | 40h |
| SBUF1 | BDh | UART1 数据寄存器 | xxh |
| SBAUD1 | BEh | UART1 波特率设置寄存器 | xxh |
| SIF1 | BFh | UART1 中断状态寄存器 | 00h |
| SCON2 | B4h | UART2 控制寄存器 | 00h |
| SBUF2 | B5h | UART2 数据寄存器 | xxh |
| SBAUD2 | B6h | UART2 波特率设置寄存器 | xxh |
| SIF2 | B7h | UART2 中断状态寄存器 | 00h |
| SCON3 | ACh | UART3 控制寄存器 | 00h |
| SBUF3 | ADh | UART3 数据寄存器 | xxh |
| SBAUD3 | A Eh | UART3 波特率设置寄存器 | xxh |
| SIF3 | AFh | UART3 中断状态寄存器 | 00h |

13.2.1 UART0 寄存器描述

UART0 控制寄存器 (SCON)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-----|----|--|-----|
| 7 | SM0 | RW | UART0 工作方式选择位 0，该位为 0 选择 8 位数据异步通信；该位为 1 选择 9 位数据异步通信 | 0 |
| 6 | SM1 | RW | UART0 工作方式选择位 1，该位为 0 设置固定波特率；该位为 1 设置可变波特率，由定时器 T1 或者 T2 产生 | 0 |
| 5 | SM2 | RW | UART0 多机通信控制位： 在模式 2 和 3 接收数据时，当 SM2=1 时，如果 RB8 为 0，那么 RI 不置 1，接收无效；如果 RB8 为 1，那么 RI 置 1，接收有效；当 SM2=0 时，不管 RB8 为 0 或者 1，RI 接收数据时都置位，接收有效； 在模式 1 时，如果 SM2=1，那么只有接收到有效的停止位时，接收才有效； 在模式 0 时，SM2 位必须置 0 | 0 |
| 4 | REN | RW | UART0 允许接收控制位，该位为 0 禁止接收；该位为 1 允许接收 | 0 |
| 3 | TB8 | RW | 发送数据的第 9 位，在模式 2 和 3 时，TB8 用于写入发送数据的第 9 位，可以是奇偶校验位；在多机通信中，用于表示主机发送的是地址字节还是数据字节，TB8=0 为数据，TB8=1 为地址 | 0 |
| 2 | RB8 | RW | 接收数据的第 9 位，在模式 2 和 3 时，RB8 用于存放接收数据的第 9 位；在模式 1 时，如果 SM2=0，那么 RB8 用于存放接收到的停止位；在模式 0 时，不使用 RB8 | 0 |
| 1 | TI | RW | 发送中断标志位，一个数据字节发送完后由硬件置位，需要软件清零 | 0 |
| 0 | RI | RW | 接收中断标志位，一个数据字节接收有效后由硬件置位，需要软件清零 | 0 |

表 13.2.1.1 UART0 工作模式选择

| SM0 | SM1 | 描述 |
|-----|-----|--|
| 0 | 0 | 模式 0，移位寄存器方式，波特率固定是 $F_{sys}/12$ |
| 0 | 1 | 模式 1，8 位异步通信方式，波特率可变，由定时器 T1 或者 T2 产生 |
| 1 | 0 | 模式 2，9 位异步通信方式，波特率是 $F_{sys}/128$ (SMOD=0) 或 $F_{sys}/32$ (SMOD=1) |

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| 1 | 1 | 模式 3，9 位异步通讯方式，波特率可变，由定时器 T1 或者 T2 产生 |
|---|---|---------------------------------------|

在模式 1 和 3 下，当 RCLK=0 并且 TCLK=0 时，UART0 波特率由定时器 T1 产生。应该设置 T1 为模式 2 自动重载 8 位定时器模式，bT1_CT 和 bT1_GATE 必须都为 0，分为以下几类时钟情况。

表 13.2.1.2 由 T1 产生 UART0 波特率的计算公式

| bTMR_CLK | bT1_CLK | SMOD | 描述 |
|----------|---------|------|--|
| 1 | 1 | 0 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 32 / \text{波特率}$ |
| 1 | 1 | 1 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 16 / \text{波特率}$ |
| 0 | 1 | 0 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 4 / 32 / \text{波特率}$ |
| 0 | 1 | 1 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 4 / 16 / \text{波特率}$ |
| X | 0 | 0 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 12 / 32 / \text{波特率}$ |
| X | 0 | 1 | $TH1 = 256 - F_{sys} / 12 / 16 / \text{波特率}$ |

在模式 1 和 3 下，当 RCLK=1 或者 TCLK=1 时，UART0 波特率由定时器 T2 产生。应该设置 T2 为 16 位自动重载波特率发生器模式，C_T2 和 CP_RL2 必须都为 0，分为以下几类时钟情况。

表 13.2.1.3 由 T2 产生 UART0 波特率的计算公式

| bTMR_CLK | bT2_CLK | 描述 |
|----------|---------|---|
| 1 | 1 | $RCAP2 = 65536 - F_{sys} / 16 / \text{波特率}$ |
| 0 | 1 | $RCAP2 = 65536 - F_{sys} / 2 / 16 / \text{波特率}$ |
| X | 0 | $RCAP2 = 65536 - F_{sys} / 4 / 16 / \text{波特率}$ |

UART0 数据寄存器(SBUF)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------|----|--|-----|
| [7:0] | SBUF | RW | UART0 数据寄存器，包括发送和接收两个物理上分开的寄存器。向 SBUF 写数据对应发送数据寄存器；从 SBUF 读数据对应接收数据寄存器 | xxh |

13.2.2 UART1 寄存器描述

UART1 控制寄存器(SCON1)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------|----|---|-----|
| 7 | bU1SM0 | RW | UART1 工作方式选择位，该位为 0 选择 8 位数据异步通信；该位为 1 选择 9 位数据异步通信 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 1 |
| 5 | bU1SMOD | RW | 选择 UART1 的通信波特率：0-慢速模式；1-快速模式 | 0 |
| 4 | bU1REN | RW | UART1 允许接收控制位，该位为 0 禁止接收；该位为 1 允许接收 | 0 |
| 3 | bU1TB8 | RW | 发送数据的第 9 位，在 9 位数据模式时，TB8 用于写入发送数据的第 9 位，可以是奇偶校验位；在 8 位数据模式时，TB8 忽略 | 0 |
| 2 | bU1RB8 | RW | 接收数据的第 9 位，在 9 位数据模式时，RB8 用于存放接收数据的第 9 位；在 8 位数据模式时，RB8 用于存放接收到的停止位 | 0 |
| 1 | bU1TIS | WO | 写 1 将预置发送中断标志位为 1，读操作总是返回 0 | 0 |
| 0 | bU1RIS | WO | 写 1 将预置接收中断标志位为 1，读操作总是返回 0 | 0 |

UART1 波特率由 SBAUD1 设置产生，根据 bU1SMOD 的选择分为两种情况：

当 bU1SMOD=0 时， $SBAUD1 = 256 - F_{sys} / 32 / \text{波特率}$ ；

当 $bU1SMOD=1$ 时, $SBAUD1 = 256 - F_{sys} / 16 / \text{波特率}$ 。

UART1 中断状态寄存器 (SIF1):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|---|---------|
| [7:2] | 保留 | R0 | 保留 | 000000b |
| 1 | bU1TI | RW | 发送中断标志位, 一个数据字节发送完后由硬件置位, 需要软件写 1 清零 (写 0 到该位将被忽略) | 0 |
| 0 | bU1RI | RW | 接收中断标志位, 一个数据字节接收有效后由硬件置位, 需要软件写 1 清零 (写 0 到该位将被忽略) | 0 |

注: 向中断标志位写 1 才能清零可以确保只有指定标志位被清零, 而不会影响同一寄存器下的其它中断标志 (其它中断标志在该写操作之前有可能已是 1, 或在该写操作期间有可能变成 1)。下同。

UART1 数据寄存器 (SBUF1):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|---|-----|
| [7:0] | SBUF1 | RW | UART1 数据寄存器, 包括发送和接收两个物理上分开的寄存器。向 SBUF1 写数据对应发送数据寄存器; 从 SBUF1 读数对应接收数据寄存器 | xxh |

13.2.3 UART2 寄存器描述

UART2 控制寄存器 (SCON2):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------|----|--|-----|
| 7 | bU2SM0 | RW | UART2 工作方式选择位, 该位为 0 选择 8 位数据异步通信; 该位为 1 选择 9 位数据异步通信 | 0 |
| 6 | bU2IE | RW | UART2 中断使能位, 该位为 0 禁止请求中断, 中断标志可供查询; 该位为 1 则允许产生中断, 并且原 ADC 中断被禁用, 实现替换 | 0 |
| 5 | bU2SMOD | RW | 选择 UART2 的通讯波特率: 0-慢速模式; 1-快速模式 | 0 |
| 4 | bU2REN | RW | UART2 允许接收控制位, 该位为 0 禁止接收; 该位为 1 允许接收 | 0 |
| 3 | bU2TB8 | RW | 发送数据的第 9 位, 在 9 位数据模式时, TB8 用于写入发送数据的第 9 位, 可以是奇偶校验位; 在 8 位数据模式时, TB8 忽略 | 0 |
| 2 | bU2RB8 | RW | 接收数据的第 9 位, 在 9 位数据模式时, RB8 用于存放接收数据的第 9 位; 在 8 位数据模式时, RB8 用于存放接收到的停止位 | 0 |
| 1 | bU2TIS | WO | 写 1 将预置发送中断标志位为 1, 读操作总是返回 0 | 0 |
| 0 | bU2RIS | WO | 写 1 将预置接收中断标志位为 1, 读操作总是返回 0 | 0 |

UART2 波特率由 SBAUD2 设置产生, 根据 bU2SMOD 的选择分为两种情况:

当 $bU2SMOD=0$ 时, $SBAUD2 = 256 - F_{sys} / 32 / \text{波特率}$;

当 $bU2SMOD=1$ 时, $SBAUD2 = 256 - F_{sys} / 16 / \text{波特率}$ 。

UART2 中断状态寄存器 (SIF2):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|--|---------|
| [7:2] | 保留 | R0 | 保留 | 000000b |
| 1 | bU2TI | RW | 发送中断标志位, 一个数据字节发送完后由硬件置位, 需要软件写 1 清零 (写 0 到该位将被忽略) | 0 |
| 0 | bU2RI | RW | 接收中断标志位, 一个数据字节接收有效后由硬件置位, | 0 |

| | | | | |
|--|--|--|-------------------------|--|
| | | | 需要软件写 1 清零（写 0 到该位将被忽略） | |
|--|--|--|-------------------------|--|

UART2 数据寄存器 (SBUF2)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|---|-----|
| [7:0] | SBUF2 | RW | UART2 数据寄存器，包括发送和接收两个物理上分开的寄存器。向 SBUF2 写数据对应发送数据寄存器；从 SBUF2 读数对应接收数据寄存器 | xxh |

13. 2. 4 UART3 寄存器描述

UART3 控制寄存器 (SCON3)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------|----|---|-----|
| 7 | bU3SM0 | RW | UART3 工作方式选择位，该位为 0 选择 8 位数据异步通信；该位为 1 选择 9 位数据异步通信 | 0 |
| 6 | bU3IE | RW | UART3 中断使能位，该位为 0 禁止请求中断，中断标志可供查询；该位为 1 则允许产生中断，并且原 PWMX 中断被禁用，实现替换 | 0 |
| 5 | bU3SMOD | RW | 选择 UART3 的通讯波特率：0-慢速模式；1-快速模式 | 0 |
| 4 | bU3REN | RW | UART3 允许接收控制位，该位为 0 禁止接收；该位为 1 允许接收 | 0 |
| 3 | bU3TB8 | RW | 发送数据的第 9 位，在 9 位数据模式时，TB8 用于写入发送数据的第 9 位，可以是奇偶校验位；在 8 位数据模式时，TB8 忽略 | 0 |
| 2 | bU3RB8 | RW | 接收数据的第 9 位，在 9 位数据模式时，RB8 用于存放接收数据的第 9 位；在 8 位数据模式时，RB8 用于存放接收到的停止位 | 0 |
| 1 | bU3TIS | WO | 写 1 将预置发送中断标志位为 1，读操作总是返回 0 | 0 |
| 0 | bU3RIS | WO | 写 1 将预置接收中断标志位为 1，读操作总是返回 0 | 0 |

UART3 波特率由 SBAUD3 设置产生，根据 bU3SMOD 的选择分为两种情况：

当 bU3SMOD=0 时， $SBAUD3 = 256 - F_{sys} / 32 / \text{波特率}$ ；

当 bU3SMOD=1 时， $SBAUD3 = 256 - F_{sys} / 16 / \text{波特率}$ 。

UART3 中断状态寄存器 (SIF3)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|--|---------|
| [7:2] | 保留 | RO | 保留 | 000000b |
| 1 | bU3TI | RW | 发送中断标志位，一个数据字节发送完后由硬件置位，需要软件写 1 清零（写 0 到该位将被忽略） | 0 |
| 0 | bU3RI | RW | 接收中断标志位，一个数据字节接收有效后由硬件置位，需要软件写 1 清零（写 0 到该位将被忽略） | 0 |

UART3 数据寄存器 (SBUF3)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------|----|---|-----|
| [7:0] | SBUF3 | RW | UART3 数据寄存器，包括发送和接收两个物理上分开的寄存器。向 SBUF3 写数据对应发送数据寄存器；从 SBUF3 读数对应接收数据寄存器 | xxh |

13. 3 UART 应用

UART0 应用：

- (1)、选择 UART0 的波特率发生器，可以选择来自定时器 T1 或者 T2，并配置相应计数器。
- (2)、开启定时器 T1 或者 T2。
- (3)、设置 SCON 的 SM0、SM1、SM2 选择串口 0 的工作模式。设置 REN 为 1，使能 UART0 接收。
- (4)、可以设置串口中断或者查询 RI 和 TI 的中断状态。
- (5)、读写 SBUF 实现串口数据收发，串口接收信号的允许波特率误差不大于 2%。

UART1 应用：

- (1)、根据波特率选择 bU1SMOD 并设置 SBAUD1。
- (2)、设置 SCON1 的 bU1SM0 选择串口 1 的工作模式。设置 bU1REN 为 1，使能 UART1 接收。
- (3)、可以设置串口 1 中断或者查询 bU1RI 和 bU1TI 的中断状态（向指定位写 1 才能清零）。
- (4)、读写 SBUF1 实现串口 1 数据收发，串口接收信号的允许波特率误差不大于 2%。

UART2 应用（或 UART3 应用）：

- (1)、根据波特率选择 bU2SMOD 并设置 SBAUD2。
- (2)、设置 SCON2 的 bU2SM0 选择串口 2 的工作模式。设置 bU2REN 为 1，使能 UART2 接收。
- (3)、可以查询 bU2RI 和 bU2TI 的中断状态（向指定位写 1 才能清零），或者启用串口 2 中断并设置 bU2IE 为 1 替换 ADC（对于 UART3 是 PWMX）中断。
- (4)、读写 SBUF2 实现串口 2 数据收发，串口接收信号的允许波特率误差不大于 2%。

14、同步串行接口 SPI

14.1 SPI 简介

CH549 芯片提供 SPI 接口，用于与外设之间进行高速的同步数据传输。

- (1)、支持 master 主机模式和 slave 从机模式；
- (2)、支持模式 0 和模式 3 时钟模式；
- (3)、可选 3 线全双工或者 2 线半双工方式；
- (4)、可选 MSB 高位首先发送或者 LSB 低位首先发送；
- (5)、时钟频率可调，最高可达系统主频的一半；
- (6)、内置 1 字节接收 FIFO 和 1 字节发送 FIFO；
- (7)、从机模式下支持首字节预加载数据，便于主机在首字节立即获得返回数据。

14.2 SPI 寄存器

表 14.2.1 SPI 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------------|-----|------------------|-----|
| SPI0_SETUP | FCh | SPI0 设置寄存器 | 00h |
| SPI0_S_PRE | FBh | SPI0 从机模式预置数据寄存器 | 20h |
| SPI0_CK_SE | FBh | SPI0 时钟分频设置寄存器 | 20h |
| SPI0_CTRL | FAh | SPI0 控制寄存器 | 02h |
| SPI0_DATA | F9h | SPI0 数据收发寄存器 | xxh |
| SPI0_STAT | F8h | SPI0 状态寄存器 | 08h |

SPI0 设置寄存器 (SPI0_SETUP)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|---|-----|
| 7 | bs0_MODE_SLV | RW | SPI0 主从模式选择位，该位为 0 则 SPI0 为主机模式；该位为 1 则 SPI0 为从机模式/设备模式 | 0 |

| | | | | |
|---|-----------------|----|--|---|
| 6 | bS0_IE_FIFO_OV | RW | 从机模式下 FIFO 溢出中断使能位, 该位为 1 使能 FIFO 溢出中断; 该位为 0 则 FIFO 溢出不产生中断 | 0 |
| 5 | bS0_IE_FIRST | RW | 从机模式下接收首字节完成中断使能位, 该位为 1 则从机模式下接收到第一个数据字节时触发中断; 该位为 0 则接收到第一字节时不产生中断 | 0 |
| 4 | bS0_IE_BYTE | RW | 数据字节传输完成中断使能位, 该位为 1 允许字节传输完成中断; 该位为 0 则字节传输完成不产生中断 | 0 |
| 3 | bS0_BIT_ORDER | RW | 数据字节的位序控制位, 该位为 0 则 MSB 高位在前; 该位为 1 则 LSB 低位在前 | 0 |
| 2 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 1 | bS0_SLV_SELT | RO | 从机模式下片选激活状态位, 该位为 0 表示当前没有被选中; 该位为 1 表示当前处于选中状态 | 0 |
| 0 | bS0_SLV_PRELOAD | RO | 从机模式下预加载数据状态位, 该位为 1 表示当前处于片选有效之后、尚未传输数据之前的预加载状态 | 0 |

SPI0 时钟分频设置寄存器 (SPI0_CK_SE):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|---------------------|-----|
| [7:0] | SPI0_CK_SE | RW | 主机模式下设置 SPI0 时钟分频系数 | 20h |

SPI0 从机模式预置数据寄存器 (SPI0_S_PRE):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|------------------|-----|
| [7:0] | SPI0_S_PRE | RW | 预先加载从机模式下的首次传输数据 | 20h |

SPI0 控制寄存器 (SPI0_CTRL):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|---|-----|
| 7 | bS0_MISO_OE | RW | SPI0 的 MISO 输出使能控制位, 该位为 1 允许输出; 该位为 0 禁止输出 | 0 |
| 6 | bS0_MOSI_OE | RW | SPI0 的 MOSI 输出使能控制位, 该位为 1 允许输出; 该位为 0 禁止输出 | 0 |
| 5 | bS0_SCK_OE | RW | SPI0 的 SCK 输出使能控制位, 该位为 1 允许输出; 该位为 0 禁止输出 | 0 |
| 4 | bS0_DATA_DIR | RW | SPI0 数据方向控制位, 该位为 0 则输出数据, 仅将写 FIFO 作为有效操作, 启动一次 SPI 传输; 该位为 1 则输入数据, 写或读 FIFO 都作为有效操作, 启动一次 SPI 传输 | 0 |
| 3 | bS0_MST_CLK | RW | SPI0 主机时钟模式控制位, 该位为 0 则模式 0, SCK 空闲时默认低电平; 该位为 1 则模式 3, SCK 默认高电平 | 0 |
| 2 | bS0_2_WIRE | RW | SPI0 的 2 线半双工模式使能位, 该位为 0 则 3 线全双工方式, 包括 SCK、MOSI、MISO; 该位为 1 则 2 线半双工方式, 包括 SCK、MISO | 0 |
| 1 | bS0_CLR_ALL | RW | 该位为 1 清空 SPI0 中断标志和 FIFO, 需要软件清零 | 1 |
| 0 | bS0_AUTO_IF | RW | 允许通过 FIFO 有效操作自动清零字节接收完成中断标志的使能位, 该位为 1 则在 FIFO 有效读写操作时自动清零字节接收完成中断标志 S0_IF_BYTE | 0 |

SPI0 数据收发寄存器 (SPI0_DATA)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|--|-----|
| [7:0] | SPI0_DATA | RW | 包括发送和接收两个物理上分开的 FIFO，读操作对应接收数据 FIFO；写操作对应发送数据 FIFO，有效读写操作可以启动一次 SPI 传输 | xxh |

SPI0 状态寄存器 (SPI0_STAT)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-------------|----|---|-----|
| 7 | S0_FST_ACT | RO | 该位为 1 表示当前状态是从机模式下接收首字节完成 | 0 |
| 6 | S0_IF_OV | RW | 从机模式下 FIFO 溢出标志位，该位为 1 表示 FIFO 溢出中断；该位为 0 则无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零。当 bS0_DATA_DIR=0 时由发送 FIFO 空触发中断；当 bS0_DATA_DIR=1 时由接收 FIFO 满触发中断 | 0 |
| 5 | S0_IF_FIRST | RW | 从机模式下接收首字节完成中断标志位，该位为 1 则表示接收到首字节。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 4 | S0_IF_BYTE | RW | 数据字节传输完成中断标志位，该位为 1 则表示一个字节传输完成。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零，或者在 bS0_AUTO_IF=1 时通过 FIFO 有效操作清零 | 0 |
| 3 | S0_FREE | RO | SPI0 空闲标志位，该位为 1 表示当前没有 SPI 移位，通常是处于数据字节之间的空档期 | 1 |
| 2 | S0_T_FIFO | RO | SPI0 发送 FIFO 计数，有效值是 0 或者 1 | 0 |
| 1 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 0 | S0_R_FIFO | RO | SPI0 接收 FIFO 计数，有效值是 0 或者 1 | 0 |

14.3 SPI 传输格式

SPI 主机模式支持模式 0 和模式 3 两种传输格式，可以通过设置 SPI 控制寄存器 SPIn_CTRL 中的位 bSn_MST_CLK 选择，CH549 总是在 CLK 上升沿采样 MISO 数据。数据传输格式如下图所示。

模式 0：bSn_MST_CLK = 0

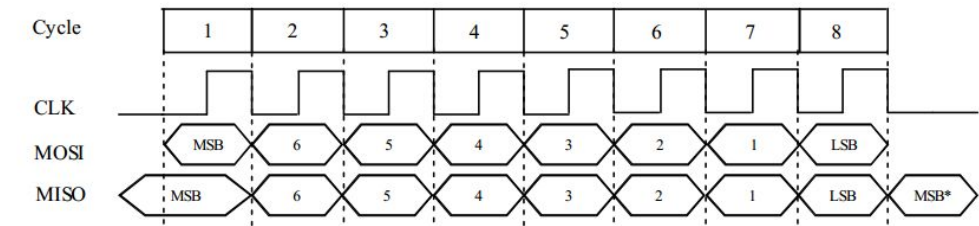


图 14.3.1 SPI 模式 0 时序图

模式 3：bSn_MST_CLK = 1

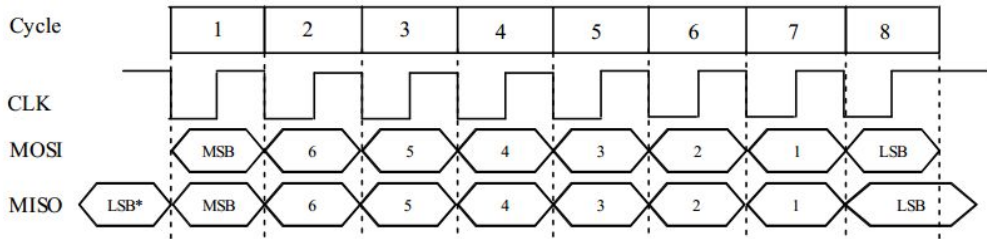


图 14.3.2 SPI 模式 3 时序图

14.4 SPI 配置

14.4.1 SPI 主机模式配置

SPI 主机模式下，SCK 引脚输出串行时钟，片选输出引脚可以指定为任意 I/O 引脚。

SPIO 配置步骤：

- (1)、设置 SPI 时钟分频设置寄存器 SPIO_CK_SE，配置 SPI 时钟频率。
- (2)、设置 SPI 设置寄存器 SPIO_SETUP 的位 bS0_MODE_SLV 为 0，配置为主机模式。
- (3)、设置 SPI 控制寄存器 SPIO_CTRL 的位 bS0_MST_CLK，根据需求设置为模式 0 或者 3。
- (4)、设置 SPI 控制寄存器 SPIO_CTRL 的位 bS0_SCK_OE 和 bS0_MOSI_OE 为 1，bS0_MISO_OE 位为 0，设置 P1 端口方向 bSCK、bMOSI 为输出，bMISO 为输入，以及片选引脚为输出。

数据发送过程：

- (1)、写 SPIO_DATA 寄存器，向 FIFO 写入要发送的数据，自动启动一次 SPI 传输。
- (2)、等待 S0_FREE 为 1，说明发送完成，可以继续发送下一字节。

数据接收过程：

- (1)、写 SPIO_DATA 寄存器，向 FIFO 写入任意数据例如 0FFh 以启动一次 SPI 传输。
- (2)、等待 S0_FREE 为 1，说明接收完成，可以读取 SPIO_DATA 获得接收到的数据。
- (3)、如果之前 bS0_DATA_DIR 已置 1，则上述读操作也会启动下一次 SPI 传输，否则不启动。

14.4.2 SPI 从机模式配置

只有 SPIO 支持从机模式，从机模式下，SCK 引脚用于接收连接的 SPI 主机的串行时钟。

- (1)、设置 SPIO 设置寄存器 SPIO_SETUP 的位 bS0_MODE_SLV 为 1，配置为从机模式。
- (2)、设置 SPIO 控制寄存器 SPIO_CTRL 的位 bS0_SCK_OE 和 bS0_MOSI_OE 为 0，设置 bS0_MISO_OE 为 1，设置 P1 端口方向 bSCK、bMOSI 和 bMISO 以及片选引脚都为输入。当 SCS 片选有效（低电平）时，MISO 将自动使能输出。同时建议设置 MISO 引脚为高阻输入模式（P1_MOD_OC[6]=0、P1_DIR_PU[6]=0），使 MISO 在片选无效期间不输出，便于共享 SPI 总线。
- (3)、可选的，设置 SPI 从机模式预置数据寄存器 SPIO_S_PRE，用于被片选后首次自动加载到缓冲区中用于对外输出。在 8 个串行时钟之后，即首个数据字节传输交换完毕，CH549 得到外部 SPI 主机发来的首字节数据（可能是命令码），外部 SPI 主机交换得到 SPIO_S_PRE 中的预置数据（可能是状态值）。寄存器 SPIO_S_PRE 的位 7 将在 SPI 片选有效后的 SCK 低电平期间自动加载到 MISO 引脚上，对于 SPI 模式 0，如果 CH549 预置了 SPIO_S_PRE 的位 7，那么外部 SPI 主机将在 SPI 片选有效但尚未传输数据时，就能够通过查询 MISO 引脚得到 SPIO_S_PRE 的位 7 的预置值，从而通过仅仅有效一下 SPI 片选就能获得 SPIO_S_PRE 的位 7 的值。

数据发送过程：

查询 S0_IF_BYTE 或者等待中断，在每次 SPI 数据字节传输完成后，写 SPIO_DATA 寄存器，向 FIFO 写入要发送的数据。或者等待 S0_FREE 从 0 变为 1，可以继续发送下一字节。

数据接收过程：

查询 S0_IF_BYTE 或者等待中断，在每次 SPI 数据字节传输完成后，读 SPIO_DATA 寄存器，从 FIFO 获得接收到的数据。查询 S0_R_FIFO 可以获知 FIFO 中是否有剩余字节。

15、模数转换器 ADC 和触摸按键 TKEY

15.1 ADC 和 CMP 简介

CH549 芯片提供 12 位的模拟数字转换器，包括模数转换器 ADC 和电压比较器 CMP 模块。

该 ADC 具有 16 个外部模拟信号输入通道和 4 个内部输入通道（参考电压），可以分时采集，支持 0 到 VDD 模拟输入电压范围。

该 CMP 的正相输入端复用了上述 ADC 输入，反相输入端具有 2 个外部模拟信号输入通道和 2 个内部参考电压输入通道，可以分时比较，交叉组合超 68 种，支持 0 到 VDD 模拟输入电压范围。

15.2 ADC 和 CMP 寄存器

表 15.2.1 ADC 相关寄存器列表

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-----------|-----|-----------------------------------|-------|
| ADC_CTRL | F2h | ADC 控制和状态寄存器 | xxh |
| ADC_CFG | F3H | ADC 配置寄存器 | 00h |
| ADC_DAT_H | F5h | ADC 结果数据的高字节(只读) | 0xh |
| ADC_DAT_L | F4h | ADC 结果数据的低字节(只读) | xxh |
| ADC_DAT | F4h | ADC_DAT_L 和 ADC_DAT_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| ADC_CHAN | F6h | ADC 模拟信号通道选择寄存器 | 00h |
| ADC_PIN | F7h | ADC 引脚数字输入控制寄存器 | 00h |

ADC 控制和状态寄存器 (ADC_CTRL)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|--|-----|
| 7 | bCMPDO | RO | 电压比较器结果同步延时后的输出位，该位是 bCMP0 经过与 bCMP_IF 同步延时后的状态 | x |
| 6 | bCMP_IF | RW | 电压比较器结果变化中断标志，该位为 1 表示电压比较器的结果发生了变化，写 1 清零 | 0 |
| 5 | bADC_IF | RW | ADC 转换完成中断标志，该位为 1 表示一次 ADC 转换完成，写 1 清零或写 TKEY_CTRL 数据时清零 | 0 |
| 4 | bADC_START | RW | ADC 启动控制位，置 1 启动一次 ADC 转换，该位在 ADC 转换完成后自动清零 | 0 |
| 3 | bTKEY_ACT | RO | 指示触摸按键检测运行状态，为 1 表示正在给电容充电和 ADC 测量过程中 | 0 |
| [2:1] | 保留 | RO | 保留 | 00b |
| 0 | bCMP0 | RO | 电压比较器结果实时输出位，该位为 0 说明正相输入端的电压低于反相输入端的电压；该位为 1 说明正相输入端的电压高于反相输入端的电压 | x |

ADC 配置寄存器 (ADC_CFG)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|---|-----|
| [7:6] | 保留 | RO | 保留 | 00b |
| 5 | bADC_AIN_EN | RW | CMP 正相输入端和 ADC 输入通道外部 AIN 使能位，该位为 1 时由 MASK_ADC_CHAN 从 16 个 AIN 中选择一个；该位为 0 时禁用外部 AIN | 0 |
| 4 | bVDD_REF_EN | RW | 内部参考电压使能位，该位为 1 时由多个串联电阻对电源分压产生内部参考电压；该位为 0 时禁用分压电阻 | 0 |
| 3 | bADC_EN | RW | ADC 模块的电源控制位，该位为 0 表示关闭 ADC 模块的电源，进入睡眠状态；该位为 1 表示开启 | 0 |

| | | | | |
|---|-----------|----|--|---|
| 2 | bCMP_EN | RW | 电压比较器的电源控制位，该位为 0 表示关闭电压比较器的电源，进入睡眠状态；该位为 1 表示开启，同时自动启用电压比较器的唤醒功能，睡眠期间如果比较器结果反生变化则自动唤醒 | 0 |
| 1 | bADC_CLK1 | RW | ADC 参考时钟频率选择高位 | 0 |
| 0 | bADC_CLK0 | RW | ADC 参考时钟频率选择低位 | 0 |

表 15.2.2 ADC 参考时钟频率选择表

| bADC_CLK1 | bADC_CLK0 | ADC 参考时钟频率 | 完成一次 ADC 所需时间 | 适用范围 |
|-----------|-----------|------------|---------------|--|
| 0 | 0 | 750KHz | 512 个 Fosc 周期 | $R_s \leq 16K\Omega$ 或 $C_s \geq 0.08\mu F$ |
| 0 | 1 | 1.5MHz | 256 个 Fosc 周期 | $R_s \leq 8K\Omega$ 或 $C_s \geq 0.08\mu F$ |
| 1 | 0 | 3MHz | 128 个 Fosc 周期 | $VDD \geq 3V$ 并且 ($R_s \leq 4K\Omega$ 或 $C_s \geq 0.08\mu F$) |
| 1 | 1 | 6MHz | 64 个 Fosc 周期 | $VDD \geq 4.5V$ 并且 ($R_s \leq 2K\Omega$ 或 $C_s \geq 0.08\mu F$) |

注：VDD 指电源电压，Cs 指信号源并联电容值，Rs 指信号源串联内阻值（采样时间仅 3 个参考时钟）。内部参考电压通道内阻较大，建议采用较慢的参考时钟，或者在多次采样后放弃前几次数据。

ADC 模拟信号通道选择寄存器 (ADC_CHAN)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------------|----|--|-------|
| [7:6] | MASK_CMP_CHAN | RW | 电压比较器 CMP 反相输入端信号通道选择 | 00b |
| [5:4] | MASK_ADC_I_CH | RW | CMP 正相输入端和 ADC 输入内部信号通道选择 | 00b |
| [3:0] | MASK_ADC_CHAN | RW | 当 bADC_AIN_EN=1 时是 CMP 正相输入端和 ADC 输入外部信号通道选择；当 bADC_AIN_EN=0 时外部信号通道关闭 | 0000b |

表 15.2.1 电压比较器 CMP 反相输入端信号通道选择表

| bCMP_EN | bVDD_REF_EN | MASK_CMP_CHAN | 选择 CMP 反相输入端信号通道 |
|---------|-------------|---------------|-------------------------|
| 0 | x | xxb | 断开信号通道，悬空 |
| 1 | 0 | 00b | 断开信号通道，悬空 |
| 1 | 1 | 00b | 连接到内部参考电压：12.5%的 VDD 电压 |
| 1 | 0 | 01b | 连接到内部参考电压：100%的 VDD 电压 |
| 1 | 1 | 01b | 连接到内部参考电压：25%的 VDD 电压 |
| 1 | x | 10b | 连接到外部信号：AIN1 (P1.1) |
| 1 | x | 11b | 连接到外部信号：AIN2 (P1.2) |

表 15.2.2 电压比较器 CMP 正相输入端和 ADC 输入内部信号通道选择表

| bADC_EN | bADC_AIN_EN | bVDD_REF_EN | MASK_ADC_I_CH | 选择 CMP 正相输入端和 ADC 输入内部信号通道 |
|---------|-------------|-------------|---------------|-----------------------------------|
| x | x | 0 | 00b | 断开内部信号通道，悬空 |
| x | x | 1 | 00b | 连接到内部参考电压：50%的 VDD 电压 |
| x | x | x | 01b | 连接到内部参考电压：V33 电压 |
| x | x | x | 10b | 连接到内部电压/有噪声：54.5%的 V33 电压 |
| 1 | 0 | x | 11b | 连接到内部信号：温度传感器 TS，具体操作请参考 C 语言例子程序 |

| | | | | |
|---|---|---|-----|-------------|
| 0 | x | x | 11b | 断开内部信号通道，悬空 |
| x | 1 | x | 11b | 断开内部信号通道，悬空 |

表 15. 2. 3 电压比较器 CMP 正相输入端和 ADC 输入外部信号通道选择表

| bADC_AIN_EN | MASK_ADC_CHAN | 选择 CMP 正相输入端和 ADC 输入外部信号通道 |
|-------------|---------------|----------------------------|
| 0 | xxxxb | 断开外部信号通道（AIN0~AIN15），悬空 |
| 1 | 0000b | 连接到外部信号：AIN0（P1. 0） |
| 1 | 0001b | 连接到外部信号：AIN1（P1. 1） |
| 1 | 0010b | 连接到外部信号：AIN2（P1. 2） |
| 1 | 0011b | 连接到外部信号：AIN3（P1. 3） |
| 1 | 0100b | 连接到外部信号：AIN4（P1. 4） |
| 1 | 0101b | 连接到外部信号：AIN5（P1. 5） |
| 1 | 0110b | 连接到外部信号：AIN6（P1. 6） |
| 1 | 0111b | 连接到外部信号：AIN7（P1. 7） |
| 1 | 1000b | 连接到外部信号：AIN8（P0. 0） |
| 1 | 1001b | 连接到外部信号：AIN9（P0. 1） |
| 1 | 1010b | 连接到外部信号：AIN10（P0. 2） |
| 1 | 1011b | 连接到外部信号：AIN11（P0. 3） |
| 1 | 1100b | 连接到外部信号：AIN12（P0. 4） |
| 1 | 1101b | 连接到外部信号：AIN13（P0. 5） |
| 1 | 1110b | 连接到外部信号：AIN14（P0. 6） |
| 1 | 1111b | 连接到外部信号：AIN15（P0. 7） |

电压比较器 CMP 正相输入端和 ADC 输入可以只连接内部信号，也可以只连接外部信号，还可以同时连接内部信号和外部信号。在同时连接内外信号的情况下，内部信号和外部信号将实现互通，导通电阻为 2 个 Rsw 的串联，内部参考电压（另有其内阻）将通过上述两个 Rsw 电阻连接到外部信号引脚 AIN0~AIN15，相当于为信号引脚提供特定电压的上拉电阻。

Ca 是容量为 15pF 左右的采样电容。R2/R1 电阻比值是 54. 5:45. 5。4R/2R/R 电阻比值是 4:2:1。

ADC 数据寄存器(ADC_DAT)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|----------------|-----|
| [7:0] | ADC_DAT_H | RO | ADC 采样结果数据的高字节 | 0xh |
| [7:0] | ADC_DAT_L | RO | ADC 采样结果数据的低字节 | xxh |

ADC 引脚数字输入控制寄存器(ADC_PIN)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|------------------|----|------------------------------------|-----|
| 7 | bAIN14_15_DI_DIS | RW | 禁止 AIN14 和 AIN15 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 6 | bAIN12_13_DI_DIS | RW | 禁止 AIN12 和 AIN13 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 5 | bAIN10_11_DI_DIS | RW | 禁止 AIN10 和 AIN11 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 4 | bAIN8_9_DI_DIS | RW | 禁止 AIN8 和 AIN9 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 3 | bAIN6_7_DI_DIS | RW | 禁止 AIN6 和 AIN7 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 2 | bAIN4_5_DI_DIS | RW | 禁止 AIN4 和 AIN5 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |
| 1 | bAIN2_3_DI_DIS | RW | 禁止 AIN2 和 AIN3 端口的数字输入，该位为 0 则允许 | 0 |

15.4 ADC 和 Touch-Key 功能

ADC 采样模式配置步骤:

- (1)、设置 ADC_CFG 寄存器中的 bADC_EN 位为 1, 开启 ADC 模块, 设置 bADC_CLK0/1 选择频率。
- (2)、设置 ADC_CHAN 寄存器中的 MASK_ADC_CHAN 或 MASK_ADC_I_CH, 选择外部或内部信号通道。
- (3)、可选的, 清零中断标志 bADC_IF。可选的, 如果使用中断模式, 还需要在此使能中断。
- (4)、设置 ADC_CTRL 寄存器中的 bADC_START, 启动一次 ADC 转换。
- (5)、等待 bADC_START 变为 0, 或者 bADC_IF 被置 1 (如果之前已清零), 表示 ADC 转换结束, 可通过 ADC_DAT 读取结果数据。该数据是输入电压相对于 VDD 电源电压的 4095 等份的值, 例如, 结果数据是 475, 说明输入电压接近 VDD 电压的 475/4095。如果 VDD 电源电压也不确定, 那么可以另测一个确定的参考电压值, 再按比例计算出被测的输入电压值和 VDD 电源电压值。
- (6)、如果再次设置 bADC_START 则可启动下一次 ADC 转换。
- (7)、如果 ADC 参考时钟频率较高导致采样时间较短, 或者信号源串联内阻值较大, 或者电源电压较低导致 Rsw 内阻较大, 那么有可能 Ca 采样不到足够的信号电压, 影响 ADC 结果。解决方法是丢弃第一次 ADC 数据, 立即启动第二次 ADC 并用其 ADC 结果数据, 相当于采样两次。
- (7)、对精度要求较高时, 建议使用前校准, 用软件消除固有偏差。

电压比较器模式配置步骤:

- (1)、设置 ADC_CFG 寄存器中的 bCMP_EN 位为 1, 开启电压比较器模块。
- (2)、设置 ADC_CHAN 寄存器中的 MASK_ADC_CHAN 和 MASK_CMP_CHAN 及 MASK_ADC_I_CH, 分别选择正相输入端和反相输入端信号。可以选择 AIN0~AIN15 与 AIN1/AIN2 比较、AIN0~AIN15 与内部参考电压比较、AIN1/AIN2 与内部参考电压比较等多种组合。
- (3)、可选的, 清零中断标志 bCMP_IF。可选的, 如果使用中断模式, 还需要在此使能中断。
- (4)、任何时候都可查询 bCMP0 位的状态获得当前比较器的结果。
- (5)、如果 bCMP_IF 变为 1, 表示比较器的结果发生了变化。

Touch-Key 检测步骤:

- (1)、设置 ADC_CFG 寄存器中的 bADC_EN 位为 1, 开启 ADC 模块, 设置 bADC_CLK0/1 选择频率。
- (2)、设置 ADC_CHAN 寄存器中的 MASK_ADC_CHAN, 选择触摸按键信号通道。
- (3)、根据触摸按键实际电容大小选择合适的充电脉冲宽度, 写入 TKEY_CTRL 寄存器。简单计算公式如下 (假定触摸按键外部电容 Ckey=25pF, 假定 VDD=5V, 假定 Fsys=12MHz, 粗略计算):
$$\text{count} = (\text{Ckey} + \text{Cint}) * 0.7\text{VDD} / \text{ITKEY} / (2 / \text{Fsys}) = (25\text{p} + 15\text{p}) * 0.35 * 5 * 12\text{M} / 50\text{u} = 17$$
$$\text{TKEY_CTRL} = \text{count} > 127 ? 127 : \text{count}$$
- (4)、可选的, 如果使用中断模式, 还需要在此使能中断。
- (5)、当触摸按键电容充电计时到后, CH549 自动设置 bADC_START 启动 ADC 测量电容上的电压
- (6)、等待 bTKEY_ACT 变为 0, 或者 bADC_IF 被置 1, 表示充电和 ADC 转换结束, 可通过 ADC_DAT 读取结果数据。软件再用该数值与之前没有按键时的数值进行比较, 根据电容的变化量, 判断该触摸按键是否被按下。
- (7)、根据需要转到步骤(2)选择另一个触摸按键信号通道进行检测。
- (8)、如果触摸按键实际电容大于 40pF 或者主频是 48MHz 和 6MHz 之一, 那么内部自动放电时间有可能不足, 可能需要将所在 GPIO 输出 1uS 左右低电平实现对上述电容的充分放电。

上述被选择的外部模拟信号通道, 其所在 GPIO 引脚必须设置为高阻输入模式、或者开漏输出模式并且处于输出 1 的状态 (相当于高阻输入), Pn_DIR_PU[x]=0, 并且关闭上拉电阻和下拉电阻。

16、USB 控制器

16.1 USB 控制器简介

CH549 内嵌 USB 控制器和 USB 收发器，特性如下：

- (1)、支持 USB Host 主机功能和 USB Device 设备功能；
- (2)、支持 USB 2.0 全速 12Mbps 或者低速 1.5Mbps；
- (3)、支持 USB 控制传输、批量传输、中断传输、同步/实时传输；
- (4)、支持最大 64 字节的数据包，内置 FIFO，支持中断和 DMA。

CH549 的 USB 相关寄存器分为 3 个部分，部分寄存器是在主机和设备模式下进行复用的。

- (1)、USB 全局寄存器；
- (2)、USB 设备控制器寄存器；
- (3)、USB 主机控制器寄存器。

16.2 全局寄存器

表 16.2.1 USB 全局寄存器列表（标灰受 bUC_RESET_SIE 复位控制）

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------------|-----|----------------------|-------------|
| USB_C_CTRL | 91h | USB type-C 配置通道控制寄存器 | 0000 0000b |
| USB_INT_FG | D8h | USB 中断标志寄存器 | 0010 0000b |
| USB_INT_ST | D9h | USB 中断状态寄存器(只读) | 00xx xxxx b |
| USB_MIS_ST | DAh | USB 杂项状态寄存器(只读) | xx10 1000b |
| USB_RX_LEN | DBh | USB 接收长度寄存器(只读) | 0xxx xxxxb |
| USB_INT_EN | E1h | USB 中断使能寄存器 | 0000 0000b |
| USB_CTRL | E2h | USB 控制寄存器 | 0000 0110b |
| USB_DEV_AD | E3h | USB 设备地址寄存器 | 0000 0000b |

USB type-C 配置通道控制寄存器(USB_C_CTRL)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|---|-----|
| 7 | bUCC_PD_MOD | RW | 该位为 1 使能 UCC1 和 UCC2 引脚的 USB PD BMC 协议输出模式；为 0 禁止 | 0 |
| 6 | bUCC2_PD_EN | RW | 该位为 1 使能 UCC2 引脚的内部 5.1K 下拉电阻；为 0 禁止 | 0 |
| 5 | bUCC2_PU1_EN | RW | 该位是 UCC2 引脚的内部上拉电阻控制选择高位 | 0 |
| 4 | bUCC2_PU0_EN | RW | 该位是 UCC2 引脚的内部上拉电阻控制选择低位 | 0 |
| 3 | bVBUS_PD_EN | RW | 该位为 1 使能 VBUS 引脚的内部 10K 下拉电阻；为 0 禁止 | 0 |
| 2 | bUCC1_PD_EN | RW | 该位为 1 使能 UCC1 引脚的内部 5.1K 下拉电阻；为 0 禁止 | 0 |
| 1 | bUCC1_PU1_EN | RW | 该位是 UCC1 引脚的内部上拉电阻控制选择高位 | 0 |
| 0 | bUCC1_PU0_EN | RW | 该位是 UCC1 引脚的内部上拉电阻控制选择低位 | 0 |

由 bUCCn_PU1_EN 和 bUCCn_PU0_EN 选择 UCCn 引脚内部的上拉电阻。

| bUCCn_PU1_EN | bUCCn_PU0_EN | 选择 UCCn 引脚内部的上拉电阻 |
|--------------|--------------|-------------------------------|
| 0 | 0 | 禁止内部的上拉电阻 |
| 0 | 1 | 使能内部 56KΩ 上拉电阻，表示提供默认的 USB 电流 |
| 1 | 0 | 使能内部 22KΩ 上拉电阻，表示可以提供 1.5A 电流 |
| 1 | 1 | 使能内部 10KΩ 上拉电阻，表示可以提供 3A 电流 |

上述 USB type-C 上拉电阻和下拉电阻独立于 Pn_DIR_PU 端口方向控制和上拉使能寄存器所控制

的端口上拉电阻，当一引脚用于 USB type-C 时，应该禁止该引脚对应的端口上拉电阻，建议对该引脚启用高阻输入模式（避免该引脚输出低电平或者高电平）。

有关 USB type-C 配置通道的详细控制和输入检测请参考 USB type-C 应用说明及例程；有关 USB PD 电力传输控制以及 CRC 处理请参考 USB PD 子程序、应用说明及例程。建议用 CH543 芯片。

USB 中断标志寄存器(USB_INT_FG)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|--------------|----|--|-----|
| 7 | U_IS_NAK | RO | USB 设备模式下, 该位为 1 表示当前 USB 传输过程中接收到 NAK 忙响应; 该位为 0 表示接收到非 NAK 响应 | 0 |
| 6 | U_TOG_OK | RO | 当前 USB 传输 DATA0/1 同步标志匹配状态, 该位为 1 表示同步, 数据有效; 该位为 0 表示不同步, 数据可能无效 | 0 |
| 5 | U_SIE_FREE | RO | USB 协议处理器的空闲状态位, 该位为 0 表示忙, 正在进行 USB 传输; 该位为 1 表示 USB 空闲 | 1 |
| 4 | UIF_FIFO_OV | RW | USB FIFO 溢出中断标志位, 该位为 1 表示 FIFO 溢出中断; 该位为 0 无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 3 | UIF_HST_SOF | RW | USB 主机模式下 SOF 定时中断标志位, 该位为 1 表示 SOF 定时中断, 该中断由 SOF 包传输完成触发; 该位为 0 表示无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 2 | UIF_SUSPEND | RW | USB 总线挂起或唤醒事件中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 该中断由 USB 挂起事件或唤醒事件触发; 该位为 0 表示无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 1 | UIF_TRANSFER | RW | USB 传输完成中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 该中断由一个 USB 传输完成触发; 该位为 0 表示无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 0 | UIF_DETECT | RW | USB 主机模式下 USB 设备连接或断开事件中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 该中断由检测到 USB 设备连接或断开触发; 该位为 0 表示无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |
| 0 | UIF_BUS_RST | RW | USB 设备模式下 USB 总线复位事件中断标志位, 该位为 1 表示有中断, 该中断由 USB 总线复位事件触发; 该位为 0 表示无中断。直接位写 0 清零或寄存器对应位写 1 清零 | 0 |

USB 中断状态寄存器(USB_INT_ST)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------------|----|--|-------|
| 7 | bUIS_IS_NAK | RO | USB 设备模式下, 该位为 1 表示当前 USB 传输过程中接收到 NAK 忙响应。同 U_IS_NAK | 0 |
| 6 | bUIS_TOG_OK | RO | 当前 USB 传输 DATA0/1 同步标志匹配状态, 该位为 1 表示同步; 该位为 0 表示不同步。同 U_TOG_OK | 0 |
| 5 | bUIS_TOKEN1 | RO | 设备模式下当前 USB 传输事务的令牌 PID 标识高位 | x |
| 4 | bUIS_TOKEN0 | RO | 设备模式下当前 USB 传输事务的令牌 PID 标识低位 | x |
| [3:0] | MASK_UIS_ENDP | RO | USB 设备模式下当前 USB 传输事务的端点号, 0000 表示端点 0; ...; 1111 表示端点 15 | xxxxb |
| [3:0] | MASK_UIS_H_RES | RO | USB 主机模式下当前 USB 传输事务的应答 PID 标识, | xxxxb |

| | | | | |
|--|--|--|-----------------------------|--|
| | | | 0000 表示设备无应答或超时；其它值表示应答 PID | |
|--|--|--|-----------------------------|--|

bUIS_TOKEN1 和 bUIS_TOKEN0 组成 MASK_UIS_TOKEN，用于 USB 设备模式下标识当前 USB 传输事务的令牌 PID：00 表示 OUT 包；01 表示 SOF 包；10 表示 IN 包；11 表示 SETUP 包。

USB 杂项状态寄存器 (USB_MIS_ST)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|-----------------|----|--|-----|
| 7 | bUMS_SOF_PRES | RO | USB 主机模式下 SOF 包预示状态位，该位为 1 表示将要发送 SOF 包，此时如有其它 USB 数据包将被自动延后 | x |
| 6 | bUMS_SOF_ACT | RO | USB 主机模式下 SOF 包传输状态，该位为 1 表示正在发出 SOF 包；该位为 0 表示发送完成或者空闲 | x |
| 5 | bUMS_SIE_FREE | RO | USB 协议处理器的空闲状态位，该位为 0 表示忙，正在进行 USB 传输；该位为 1 表示 USB 空闲。同 U_SIE_FREE | 1 |
| 4 | bUMS_R_FIFO_RDY | RO | USB 接收 FIFO 数据就绪状态位，该位为 0 表示接收 FIFO 为空；该位为 1 表示接收 FIFO 非空 | 0 |
| 3 | bUMS_BUS_RESET | RO | USB 总线复位状态位，该位为 0 表示当前没有 USB 总线复位；该位为 1 表示当前正在 USB 总线复位 | 1 |
| 2 | bUMS_SUSPEND | RO | USB 挂起状态位，该位为 0 表示当前有 USB 活动；该位为 1 表示已经有一段时间没有 USB 活动，请求挂起 | 0 |
| 1 | bUMS_DM_LEVEL | RO | USB 主机模式下记录 USB 设备刚连接到 USB 端口时的 DM 引脚的状态，为 0 表示低电平；为 1 表示高电平。用于判断全速或低速 | 0 |
| 0 | bUMS_DEV_ATTACH | RO | USB 主机模式下 USB 设备连接状态位，该位为 1 表示端口已经连接 USB 设备；该位为 0 表示没有 | 0 |

USB 接收长度寄存器 (USB_RX_LEN)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|---------------------|-----|
| [7:0] | bUSB_RX_LEN | RO | 当前 USB 端点接收到的数据的字节数 | xxh |

USB 中断使能寄存器 (USB_INT_EN)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|---|-----|
| 7 | bUIE_DEV_SOF | RW | 该位为 1 使能 USB 设备模式接收 SOF 包中断；为 0 禁止 | 0 |
| 6 | bUIE_DEV_NAK | RW | 该位为 1 使能 USB 设备模式接收到 NAK 中断；为 0 禁止 | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUIE_FIFO_OV | RW | 该位为 1 使能 FIFO 溢出中断；该位为 0 关闭使能 | 0 |
| 3 | bUIE_HST_SOF | RW | 该位为 1 使能 USB 主机模式 SOF 定时中断；为 0 禁止 | 0 |
| 2 | bUIE_SUSPEND | RW | 该位为 1 使能 USB 总线挂起或唤醒事件中断；为 0 禁止 | 0 |
| 1 | bUIE_TRANSFER | RW | 该位为 1 使能 USB 传输完成中断；该位为 0 禁止 | 0 |
| 0 | bUIE_DETECT | RW | 该位为 1 使能 USB 主机模式下 USB 设备连接或断开事件中断；该位为 0 禁止 | 0 |
| 0 | bUIE_BUS_RST | RW | 该位为 1 使能 USB 设备模式下 USB 总线复位事件中断；该位为 0 禁止 | 0 |

USB 控制寄存器 (USB_CTRL)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|--|-----|
| 7 | bUC_HOST_MODE | RW | USB 工作模式选择位，该位为 0 选择 USB 设备模式 (DEVICE)；该位为 1 选择 USB 主机模式 (HOST) | 0 |
| 6 | bUC_LOW_SPEED | RW | USB 总线信号传输速率选择位，该位为 0 选择全速 12Mbps；该位为 1 选择低速 1.5Mbps | 0 |
| 5 | bUC_DEV_PU_EN | RW | USB 设备模式下 USB 设备使能和内部上拉电阻控制位，该位为 1 则使能 USB 设备传输并且启用内部上拉电阻 | 0 |
| 5 | bUC_SYS_CTRL1 | RW | USB 系统控制高位 | 0 |
| 4 | bUC_SYS_CTRL0 | RW | USB 系统控制低位 | 0 |
| 3 | bUC_INT_BUSY | RW | USB 传输完成中断标志未清零前自动暂停使能位，该位为 1 则在中断标志 UIF_TRANSFER 未清零前自动暂停，对于设备模式将自动应答忙 NAK，对于主机模式将自动暂停后续传输；该位为 0 则不暂停 | 0 |
| 2 | bUC_RESET_SIE | RW | USB 协议处理器软件复位控制位，该位为 1 则强制复位 USB 协议处理器及大部分 USB 控制寄存器，需要软件清零 | 1 |
| 1 | bUC_CLR_ALL | RW | 该位为 1 清空 USB 中断标志和 FIFO，需要软件清零 | 1 |
| 0 | bUC_DMA_EN | RW | 该位为 1 使能 USB 的 DMA 和 DMA 中断；为 0 关闭使能 | 0 |

由 bUC_HOST_MODE、bUC_SYS_CTRL1 和 bUC_SYS_CTRL0 组成 USB 系统控制组合：

| bUC_HOST_MODE | bUC_SYS_CTRL1 | bUC_SYS_CTRL0 | USB 系统控制描述 |
|---------------|---------------|---------------|---|
| 0 | 0 | 0 | 禁止 USB 设备功能，关闭内部上拉电阻 |
| 0 | 0 | 1 | 使能 USB 设备功能，关闭内部上拉，需加外部上拉 |
| 0 | 1 | X | 使能 USB 设备功能，启用内部 1.5K Ω 上拉电阻。该上拉电阻优先于下拉电阻，也可用于 GPIO 模式 |
| 1 | 0 | 0 | 选择 USB 主机模式，正常工作状态 |
| 1 | 0 | 1 | 选择 USB 主机模式，强制 DP/DM 输出 SE0 状态 |
| 1 | 1 | 0 | 选择 USB 主机模式，强制 DP/DM 输出 J 状态 |
| 1 | 1 | 1 | 选择 USB 主机模式，强制 DP/DM 输出 K 状态/唤醒 |

USB 设备地址寄存器 (USB_DEV_AD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------------|----|---|-----|
| 7 | bUDA_GP_BIT | RW | USB 通用标志位：使用者可自定义，可软件清零或置位 | 0 |
| [6:0] | MASK_USB_ADDR | RW | 主机模式下是当前操作的 USB 设备的地址；设备模式下是该 USB 设备的地址 | 00h |

16.3 设备寄存器

在 USB 设备模式下 CH549 提供了端点 0、1、2、3、4 共 5 组双向端点，所有端点的最大数据包长度都是 64 字节。

端点 0 是默认端点，支持控制传输，发送和接收共用一个 64 字节数据缓冲区。

端点 1、端点 2、端点 3 各包括一个发送端点 IN 和一个接收端点 OUT，发送和接收各有一个独立的 64 字节或者双 64 字节数据缓冲区，支持控制传输、批量传输、中断传输和实时/同步传输。

端点 4 包括一个发送端点 IN 和一个接收端点 OUT，发送和接收各有一个独立的 64 字节数据缓冲区，支持控制传输、批量传输、中断传输和实时/同步传输。

每组端点都具有一个控制寄存器 UEPn_CTRL 和发送长度寄存器 UEPn_T_LEN(n=0/1/2/3/4)，用于设定该端点的同步触发位、对 OUT 事务和 IN 事务的响应以及发送数据的长度等。

作为 USB 设备所必要的 USB 总线上拉电阻可以由软件随时设置是否启用，当 USB 控制寄存器 USB_CTRL 中的 bUC_DEV_PU_EN 置 1 时，CH549 根据 bUD_LOW_SPEED 在内部为 USB 总线的 DP 引脚或者 DM 引脚连接上拉电阻，并启用 USB 设备功能。

当检测到 USB 总线复位、USB 总线挂起或唤醒事件，或者当 USB 成功处理完数据发送或者数据接收后，USB 协议处理器都将设置相应的中断标志并产生中断请求。应用程序可以直接查询或在 USB 中断服务程序中查询并分析中断标志寄存器 USB_INT_FG，根据 UIF_BUS_RST 和 UIF_SUSPEND 进行相应的处理；并且，如果 UIF_TRANSFER 有效，那么还需要继续分析 USB 中断状态寄存器 USB_INT_ST，根据当前端点号 MASK_UIS_ENDP 和当前事务令牌 PID 标识 MASK_UIS_TOKEN 进行相应的处理。如果事先设定了各个端点的 OUT 事务的同步触发位 bUEP_R_TOG，那么可以通过 U_TOG_OK 或 bUIS_TOG_OK 判断当前所接收到的数据包的同步触发位是否与该端点的同步触发位匹配，如果数据同步，则数据有效；如果数据不同步，则数据应该被丢弃。每次处理完 USB 发送或者接收中断后，都应该正确修改相应端点的同步触发位，用于同步下次所发送的数据包和检测下次所接收的数据包是否同步；另外，通过设置 bUEP_AUTO_TOG 可以实现在发送成功或者接收成功后自动翻转相应的同步触发位。

各个端点准备发送的数据在各自的缓冲区中，准备发送的数据长度是独立设定在 UEPn_T_LEN 中；各个端点接收到的数据在各自的缓冲区中，但是接收到的数据长度都在 USB 接收长度寄存器 USB_RX_LEN 中，可以在 USB 接收中断时根据当前端点号区分。

表 16.3.1 USB 设备相关寄存器列表（标灰受 bUC_RESET_SIE 复位控制）

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|------------|-----|-------------------------------------|------------|
| UDEV_CTRL | D1h | USB 设备物理端口控制寄存器 | 00xx 0000b |
| UEP1_CTRL | D2h | 端点 1 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP1_T_LEN | D3h | 端点 1 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| UEP2_CTRL | D4h | 端点 2 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP2_T_LEN | D5h | 端点 2 发送长度寄存器 | 0000 0000b |
| UEP3_CTRL | D6h | 端点 3 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP3_T_LEN | D7h | 端点 3 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| UEP0_CTRL | DCh | 端点 0 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP0_T_LEN | DDh | 端点 0 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| UEP4_CTRL | DEh | 端点 4 控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP4_T_LEN | DFh | 端点 4 发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| UEP4_1_MOD | EAh | 端点 1、4 模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP2_3_MOD | EBh | 端点 2、3 模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| UEP0_DMA_H | EDh | 端点 0 和 4 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| UEP0_DMA_L | ECb | 端点 0 和 4 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UEP0_DMA | ECb | UEP0_DMA_L 和 UEP0_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| UEP1_DMA_H | EFh | 端点 1 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| UEP1_DMA_L | EEh | 端点 1 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UEP1_DMA | EEh | UEP1_DMA_L 和 UEP1_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| UEP2_DMA_H | E5h | 端点 2 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| UEP2_DMA_L | E4h | 端点 2 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UEP2_DMA | E4h | UEP2_DMA_L 和 UEP2_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| UEP3_DMA_H | E7h | 端点 3 缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxxh |
| UEP3_DMA_L | E6h | 端点 3 缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UEP3_DMA | E6h | UEP3_DMA_L 和 UEP3_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |

USB 设备物理端口控制寄存器(UDEV_CTRL)，受 bUC_RESET_SIE 复位控制：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|---|-----|
| 7 | bUD_PD_DIS | RW | USB 设备端口 UDP/UDM 引脚内部下拉电阻禁用位，该位为 1 禁用内部下拉电阻；该位为 0 使能内部下拉电阻。该位也可用于 GPIO 模式提供下拉电阻 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 5 | bUD_DP_PIN | RO | 当前 UDP 引脚状态，为 0 表示低电平；为 1 表示高电平 | x |
| 4 | bUD_DM_PIN | RO | 当前 UDM 引脚状态，为 0 表示低电平；为 1 表示高电平 | x |
| 3 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 2 | bUD_LOW_SPEED | RW | USB 设备物理端口低速模式使能位，该位为 1 选择 1.5Mbps 低速模式；该位为 0 选择 12Mbps 全速模式 | 0 |
| 1 | bUD_GP_BIT | RW | USB 设备模式通用标志位：使用者可自己定义，可软件清零或置位 | 0 |
| 0 | bUD_PORT_EN | RW | USB 设备物理端口使能位，该位为 1 使能物理端口；该位为 0 禁用物理端口 | 0 |

端点 n 控制寄存器(UEPn_CTRL)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|--|-----|
| 7 | bUEP_R_TOG | RW | USB 端点 n 的接收器(处理 SETUP/OUT 事务)期望的同步触发位，该位为 0 表示期望 DATA0；为 1 表示期望 DATA1 | 0 |
| 6 | bUEP_T_TOG | RW | USB 端点 n 的发送器(处理 IN 事务)准备的同步触发位，该位为 0 表示发送 DATA0；为 1 表示发送 DATA1 | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUEP_AUTO_TOG | RW | 同步触发位自动翻转使能控制位，该位为 1 表示在发送成功或接收成功后自动翻转相应的同步触发位；为 0 表示不自动翻转，但可以手动切换。只支持端点 1/2/3 的单收或者单发模式，同一端点 RX_EN 和 TX_EN 同时为 1 时不支持 | 0 |
| 3 | bUEP_R_RES1 | RW | 端点 n 的接收器对 SETUP/OUT 事务的响应控制高位 | 0 |
| 2 | bUEP_R_RES0 | RW | 端点 n 的接收器对 SETUP/OUT 事务的响应控制低位 | 0 |
| 1 | bUEP_T_RES1 | RW | 端点 n 的发送器对 IN 事务的响应控制高位 | 0 |
| 0 | bUEP_T_RES0 | RW | 端点 n 的发送器对 IN 事务的响应控制低位 | 0 |

由 bUEP_R_RES1 和 bUEP_R_RES0 组成的 MASK_UEP_R_RES 用于控制端点 n 的接收器对 SETUP/OUT 事务的响应方式：00 表示应答 ACK 或就绪；01 表示超时/无响应，用于实现非端点 0 的实时/同步传输；10 表示应答 NAK 或忙；11 表示应答 STALL 或错误。

由 bUEP_T_RES1 和 bUEP_T_RES0 组成的 MASK_UEP_T_RES 用于控制端点 n 的发送器对 IN 事务的响应方式：00 表示应答 DATA0/DATA1 或数据就绪并期望 ACK；01 表示应答 DATA0/DATA1 并期望无响应，用于实现非端点 0 的实时/同步传输；10 表示应答 NAK 或忙；11 表示应答 STALL 或错误。

端点 n 发送长度寄存器(UEPn_T_LEN)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|------------------------------------|-----|
| [7:0] | bUEPn_T_LEN | RW | 设置 USB 端点 n 准备发送的数据字节数 (n=0/1/3/4) | xxh |
| | bUEP2_T_LEN | | 设置 USB 端点 2 准备发送的数据字节数 | 00h |

USB 端点 1、4 模式控制寄存器(UEP4_1_MOD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|---------------|----|-------------------------------------|-----|
| 7 | bUEP1_RX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 1 接收；为 1 使能端点 1 接收 (OUT) | 0 |
| 6 | bUEP1_TX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 1 发送；为 1 使能端点 1 发送 (IN) | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUEP1_BUF_MOD | RW | 端点 1 数据缓冲区模式控制位 | 0 |
| 3 | bUEP4_RX_EN | RO | 该位为 0 禁止端点 4 接收；为 1 使能端点 4 接收 (OUT) | 0 |
| 2 | bUEP4_TX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 4 发送；为 1 使能端点 4 发送 (IN) | 0 |
| [1:0] | 保留 | RO | 保留 | 00b |

由 bUEP4_RX_EN 和 bUEP4_TX_EN 组合控制 USB 端点 0 和 4 的数据缓冲区模式，参考下表。

表 16.3.2 端点 0 和 4 缓冲区模式

| bUEP4_RX_EN | bUEP4_TX_EN | 结构描述：以 UEPO_DMA 为起始地址由低向高排列 |
|-------------|-------------|---|
| 0 | 0 | 端点 0 单 64 字节收发共用缓冲区 (IN 和 OUT) |
| 1 | 0 | 端点 0 单 64 字节收发共用缓冲区；端点 4 单 64 字节接收缓冲区 (OUT) |
| 0 | 1 | 端点 0 单 64 字节收发共用缓冲区；端点 4 单 64 字节发送缓冲区 (IN) |
| 1 | 1 | 端点 0 单 64 字节收发共用缓冲区；端点 4 单 64 字节接收缓冲区 (OUT)； 端点 4 单 64 字节发送缓冲区 (IN)。全部 192 字节排列如下： UEP0_DMA+0 地址：端点 0 收发共用； UEP0_DMA+64 地址：端点 4 接收； UEP0_DMA+128 地址：端点 4 发送 |

USB 端点 2、3 模式控制寄存器 (UEP2_3_MOD)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|-------------------------------------|-----|
| 7 | bUEP3_RX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 3 接收；为 1 使能端点 3 接收 (OUT) | 0 |
| 6 | bUEP3_TX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 3 发送；为 1 使能端点 3 发送 (IN) | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUEP3_BUF_MOD | RW | 端点 3 数据缓冲区模式控制位 | 0 |
| 3 | bUEP2_RX_EN | RO | 该位为 0 禁止端点 2 接收；为 1 使能端点 2 接收 (OUT) | 0 |
| 2 | bUEP2_TX_EN | RW | 该位为 0 禁止端点 2 发送；为 1 使能端点 2 发送 (IN) | 0 |
| 1 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 0 | bUEP2_BUF_MOD | RW | 端点 2 数据缓冲区模式控制位 | 0 |

由 bUEPn_RX_EN 和 bUEPn_TX_EN 以及 bUEPn_BUF_MOD (n=1/2/3) 组合分别控制 USB 端点 1、2、3 的数据缓冲区模式，参考下表。其中的双 64 字节缓冲区模式，USB 数据传输时将根据 bUEP*_TOG=0 选择前 64 字节缓冲区，根据 bUEP*_TOG=1 选择后 64 字节缓冲区，实现自动切换。

表 16.3.3 端点 n 缓冲区模式 (n=1/2/3)

| bUEPn_RX_EN | bUEPn_TX_EN | bUEPn_BUF_MOD | 结构描述：以 UEPn_DMA 为起始地址由低向高排列 |
|-------------|-------------|---------------|--|
| 0 | 0 | x | 端点被禁用，未用到 UEPn_DMA 缓冲区 |
| 1 | 0 | 0 | 单 64 字节接收缓冲区 (OUT) |
| 1 | 0 | 1 | 双 64 字节接收缓冲区，通过 bUEP_R_TOG 选择 |
| 0 | 1 | 0 | 单 64 字节发送缓冲区 (IN) |
| 0 | 1 | 1 | 双 64 字节发送缓冲区，通过 bUEP_T_TOG 选择 |
| 1 | 1 | 0 | 单 64 字节接收缓冲区；单 64 字节发送缓冲区 |
| 1 | 1 | 1 | 双 64 字节接收缓冲区，通过 bUEP_R_TOG 选择；双 64 字节发送缓冲区，通过 bUEP_T_TOG 选择。 |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | 全部 256 字节排列如下： UEPn_DMA+0 地址：bUEP_R_T0G=0 时端点接收； UEPn_DMA+64 地址：bUEP_R_T0G=1 时端点接收； UEPn_DMA+128 地址：bUEP_T_T0G=0 时端点发送； UEPn_DMA+192 地址：bUEP_T_T0G=1 时端点发送 |
|--|--|--|--|

USB 端点 n 缓冲区起始地址 (UEPn_DMA) (n=0/1/2/3)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|------------|----|-------------------------------------|-----|
| [7:0] | UEPn_DMA_H | RW | 端点 n 缓冲区起始地址高字节，仅低 3 位有效，高 5 位固定为 0 | 0xh |
| [7:0] | UEPn_DMA_L | RW | 端点 n 缓冲区起始地址低字节 | xxh |

注：接收数据的缓冲区的长度 >= min（可能接收到的最大数据包长度 + 2 字节，64 字节）

16.4 主机寄存器

在 USB 主机模式下 CH549 提供了一组双向主机端点, 包括一个发送端点 OUT 和一个接收端点 IN, 数据包的最大长度是 64 字节，支持控制传输、批量传输、中断传输和实时/同步传输。

由主机端点发起的每一个 USB 事务，在处理结束后总是自动设置中断标志 UIF_TRANSFER。应用程序可以直接查询或在 USB 中断服务程序中查询并分析中断标志寄存器 USB_INT_FG，根据各中断标志分别进行相应的处理；并且，如果 UIF_TRANSFER 有效，那么还需要继续分析 USB 中断状态寄存器 USB_INT_ST，根据当前 USB 传输事务的应答 PID 标识 MASK_UIS_H_RES 进行相应的处理。

如果事先设定了主机接收端点的 IN 事务的同步触发位 bUH_R_T0G，那么可以通过 U_T0G_OK 或 bUIS_T0G_OK 判断当前所接收到的数据包的同步触发位是否与主机接收端点的同步触发位匹配，如果数据同步，则数据有效；如果数据不同步，则数据应该被丢弃。每次处理完 USB 发送或者接收中断后，都应该正确修改相应主机端点的同步触发位，用于同步下次所发送的数据包和检测下次所接收的数据包是否同步；另外，通过设置 bUEP_AUTO_T0G 可以实现在发送成功或者接收成功后自动翻转相应的同步触发位。

USB 主机令牌设置寄存器 UH_EP_PID 是对 USB 设备模式下的 USB 端点 2 控制寄存器的复用，用于设置被操作的目标设备的端点号和本次 USB 传输事务的令牌 PID 包标识。SETUP 令牌和 OUT 令牌所对应的数据由主机发送端点提供，准备发送的数据在 UH_TX_DMA 缓冲区中，准备发送的数据长度设置在 UH_TX_LEN 中；IN 令牌所对应的数据由目标设备返回给主机接收端点，接收到的数据存放在 UH_RX_DMA 缓冲区中，接收到的数据长度存放在 USB_RX_LEN 中。

表 16.4.1 USB 主机相关寄存器列表（标灰受 bUC_RESET_SIE 复位控制）

| 名称 | 地址 | 描述 | 复位值 |
|-------------|-----|---------------------------------------|-------------|
| UHOST_CTRL | D1h | USB 主机物理端口控制寄存器 | 00xx 0000b |
| UH_SETUP | D2h | USB 主机辅助设置寄存器 | 0000 0000b |
| UH_RX_CTRL | D4h | USB 主机接收端点控制寄存器 | 0000 0000b |
| UH_EP_PID | D5h | USB 主机令牌设置寄存器 | 0000 0000b |
| UH_TX_CTRL | D6h | USB 主机发送端点控制寄存器 | 0000 0000b |
| UH_TX_LEN | D7h | USB 主机发送长度寄存器 | 0xxx xxxxb |
| UH_EP_MOD | EBh | USB 主机端点模式控制寄存器 | 0000 0000b |
| UH_RX_DMA_H | E5h | USB 主机接收缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxx b |
| UH_RX_DMA_L | E4h | USB 主机接收缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UH_RX_DMA | E4h | UH_RX_DMA_L 和 UH_RX_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |
| UH_TX_DMA_H | E7h | USB 主机发送缓冲区起始地址高字节 | 0000 0xxx b |

| | | | |
|-------------|-----|---------------------------------------|------------|
| UH_TX_DMA_L | E6h | USB 主机发送缓冲区起始地址低字节 | xxxx xxxxb |
| UH_TX_DMA | E6h | UH_TX_DMA_L 和 UH_TX_DMA_H 组成 16 位 SFR | 0xxxh |

USB 主机物理端口控制寄存器 (UHOST_CTRL)，受 bUC_RESET_SIE 复位控制：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|---------------|----|---|-----|
| 7 | bUH_PD_DIS | RW | USB 主机端口 UDP/UDM 引脚内部下拉电阻禁用位，该位为 1 禁用内部下拉电阻；该位为 0 使能内部下拉电阻。该位也可用于 GPIO 模式提供下拉电阻 | 0 |
| 6 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 5 | bUH_DP_PIN | RO | 当前 UDP 引脚状态，为 0 表示低电平；为 1 表示高电平 | x |
| 4 | bUH_DM_PIN | RO | 当前 UDM 引脚状态，为 0 表示低电平；为 1 表示高电平 | x |
| 3 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 2 | bUH_LOW_SPEED | RW | USB 主机端口低速模式使能位，该位为 1 选择 1.5Mbps 低速模式；该位为 0 选择 12Mbps 全速模式 | 0 |
| 1 | bUH_BUS_RESET | RW | USB 主机端口总线复位控制位，该位为 1 强制主机端口输出 USB 总线复位；该位为 0 结束输出 | 0 |
| 0 | bUH_PORT_EN | RW | USB 主机端口使能位，该位为 0 禁用主机端口；该位为 1 使能主机端口。当 USB 设备断开连接时该位自动清零 | 0 |

USB 主机辅助设置寄存器 (UH_SETUP)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------------|----|--|-----|
| 7 | bUH_PRE_PID_EN | RW | 低速前导包 PRE PID 使能位，该位为 1 使能 USB 主机通过外部 HUB 与低速 USB 设备通讯；为 0 禁用低速前导包，USB 主机与低速 USB 设备之间不能有 HUB | 0 |
| 6 | bUH_SOF_EN | RW | 自动产生 SOF 包使能位，该位为 1 由 USB 主机自动产生 SOF 包；为 0 不自动产生，但可以手工产生 | 0 |
| [5:0] | 保留 | RO | 保留 | 00h |

USB 主机接收端点控制寄存器 (UH_RX_CTRL)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------------|----|---|-----|
| 7 | bUH_R_TOG | RW | USB 主机接收器 (处理 IN 事务) 期望的同步触发位，该位为 0 表示期望 DATA0；为 1 表示期望 DATA1 | 0 |
| [6:5] | 保留 | RO | 保留 | 00b |
| 4 | bUH_R_AUTO_TOG | RW | 自动翻转 bUH_R_TOG 使能控制位，该位为 1 表示在 USB 主机接收成功后自动翻转 bUH_R_TOG 标志；为 0 表示不自动翻转，但可以手动切换 | 0 |
| 3 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 2 | bUH_R_RES | RW | USB 主机接收器对 IN 事务的响应控制位，为 0 表示应答 ACK 或就绪；为 1 表示无响应，用于与目标设备的非端点 0 进行实时/同步传输 | 0 |
| [1:0] | 保留 | RO | 保留 | 00b |

USB 主机令牌设置寄存器 (UH_EP_PID)：

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|---|----|----|----|-----|
|---|----|----|----|-----|

| | | | | |
|-------|---------------|----|--------------------------|-------|
| [7:4] | MASK_UH_TOKEN | RW | 设置本次 USB 传输事务的令牌 PID 包标识 | 0000b |
| [3:0] | MASK_UH_ENDP | RW | 设置本次被操作的目标设备的端点号 | 0000b |

USB 主机发送端点控制寄存器 (UH_TX_CTRL):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|----------------|----|---|------|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 6 | bUH_T_TOG | RW | USB 主机发送器 (处理 SETUP/OUT 事务) 准备的同步触发位, 该位为 0 表示发送 DATA0; 为 1 表示发送 DATA1 | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUH_T_AUTO_TOG | RW | 自动翻转 bUH_T_TOG 使能控制位, 该位为 1 表示在 USB 主机发送成功后自动翻转 bUH_T_TOG 标志; 为 0 表示不自动翻转, 但可以手动切换 | 0 |
| [3:1] | 保留 | RO | 保留 | 000b |
| 0 | bUH_T_RES | RW | USB 主机发送器对 SETUP/OUT 事务的响应控制位, 为 0 表示期望应答 ACK 或就绪; 为 1 表示期望无响应, 用于与目标设备的非端点 0 进行实时/同步传输 | 0 |

USB 主机发送长度寄存器 (UH_TX_LEN):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------|----|-------------------------|-----|
| [7:0] | UH_TX_LEN | RW | 设置 USB 主机发送端点准备发送的数据字节数 | xxh |

USB 主机端点模式控制寄存器 (UH_EP_MOD):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-----------------|----|--|-----|
| 7 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 6 | bUH_EP_TX_EN | RW | 该位为 0 禁止 USB 主机发送端点发送数据; 该位为 1 使能 USB 主机发送端点发送数据 (SETUP/OUT) | 0 |
| 5 | 保留 | RO | 保留 | 0 |
| 4 | bUH_EP_TBUF_MOD | RW | USB 主机发送端点数据缓冲区模式控制位 | 0 |
| 3 | bUH_EP_RX_EN | RO | 该位为 0 禁止 USB 主机接收端点接收数据; 该位为 1 使能 USB 主机接收端点接收数据 (IN) | 0 |
| [2:1] | 保留 | RO | 保留 | 00b |
| 0 | bUH_EP_RBUF_MOD | RW | USB 主机接收端点数据缓冲区模式控制位 | 0 |

由 bUH_EP_TX_EN 和 bUH_EP_TBUF_MOD 组合控制 USB 主机发送端点数据缓冲区模式, 参考下表。

表 16. 4. 2 主机发送缓冲区模式

| bUH_EP_TX_EN | bUH_EP_TBUF_MOD | 结构描述: 以 UH_TX_DMA 为起始地址 |
|--------------|-----------------|---|
| 0 | x | 端点被禁用, 未用到 UH_TX_DMA 缓冲区 |
| 1 | 0 | 单 64 字节发送缓冲区 (SETUP/OUT) |
| 1 | 1 | 双 64 字节发送缓冲区, 通过 bUH_T_TOG 选择: 当 bUH_T_TOG=0 时选择前 64 字节缓冲区; 当 bUH_T_TOG=1 时选择后 64 字节缓冲区 |

由 bUH_EP_RX_EN 和 bUH_EP_RBUF_MOD 组合控制 USB 主机接收端点数据缓冲区模式, 参考下表。

表 16. 4. 3 主机接收缓冲区模式

| bUH_EP_RX_EN | bUH_EP_RBUF_MOD | 结构描述: 以 UH_RX_DMA 为起始地址 |
|--------------|-----------------|-------------------------|
|--------------|-----------------|-------------------------|

| | | |
|---|---|---|
| 0 | x | 端点被禁用, 未用到 UH_RX_DMA 缓冲区 |
| 1 | 0 | 单 64 字节接收缓冲区 (IN) |
| 1 | 1 | 双 64 字节接收缓冲区, 通过 bUH_R_TOG 选择: 当 bUH_R_TOG=0 时选择前 64 字节缓冲区; 当 bUH_R_TOG=1 时选择后 64 字节缓冲区 |

USB 主机接收缓冲区起始地址 (UH_RX_DMA):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|--|-----|
| [7:0] | UH_RX_DMA_H | RW | USB 主机接收缓冲区起始地址高字节, 仅低 3 位有效, 高 5 位固定为 0 | 0xh |
| [7:0] | UH_RX_DMA_L | RW | USB 主机接收缓冲区起始地址低字节 | xxh |

USB 主机发送缓冲区起始地址 (UH_TX_DMA):

| 位 | 名称 | 访问 | 描述 | 复位值 |
|-------|-------------|----|--|-----|
| [7:0] | UH_TX_DMA_H | RW | USB 主机发送缓冲区起始地址高字节, 仅低 3 位有效, 高 5 位固定为 0 | 0xh |
| [7:0] | UH_TX_DMA_L | RW | USB 主机发送缓冲区起始地址低字节 | xxh |

17、参数

17.1 绝对最大值 (临界或者超过绝对最大值将可能导致芯片工作不正常甚至损坏)

| 名称 | 参数说明 | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|-------|---------------------------------|------|---------|----|
| TA | 工作时的环境温度 | | | |
| | F _{sys} <40MHz | -40 | 85 | ℃ |
| | 对于定制芯片 F _{sys} =48MHz | -20 | 70 | ℃ |
| TAROM | Flash-ROM/EEPROM 擦写操作的环境温度 (建议) | -20 | 85 | ℃ |
| TS | 储存时的环境温度 | -55 | 125 | ℃ |
| VDD | 电源电压 (VDD 接电源, GND 接地) | -0.4 | 7.0 | V |
| V33 | 内部 USB 电源电压 | -0.4 | VDD+0.4 | V |
| VIO | 输入或者输出引脚上的电压 | -0.4 | VDD+0.4 | V |
| VIOU | UDP/UDM 引脚上的电压 | -0.4 | V33+0.4 | V |
| VIOHV | P5.5/HVOD 引脚上的电压 | -0.4 | 13 | V |

17.2 电气参数 5V (测试条件: TA=25℃, VDD=5V, F_{sys}=12MHz)

| 名称 | 参数说明 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|--|------------|------|------|----|
| VDD5 | VDD 引脚电源电压 | 3.7 | 5 | 6.5 | V |
| V33 | 内部电源调整器输出电压 (睡眠时自动短接到 VDD) | TA=-15~65℃ | 3.23 | 3.37 | V |
| | | TA=-40~85℃ | 3.2 | 3.4 | V |
| ICC24M5 | F _{sys} =24MHz 工作时的总电源电流 | | 4.4 | | mA |
| ICC12M5 | F _{sys} =12MHz 工作时的总电源电流 | | 3.0 | | mA |
| ICC750K5 | F _{sys} =750KHz 工作时的总电源电流 | | 1.6 | | mA |
| ISLP5 | 待机/正常睡眠后的总电源电流 | | 1.1 | 1.5 | mA |
| ISLP5L | bLD0_3V3_OFF=1 关闭 LD0, 下电/深度睡眠后的总电源电流 | | 4 | 40 | uA |
| IADC5 | ADC 模数转换模块工作电流 | | 200 | 800 | uA |

| | | | | | |
|--------|----------------------------|---------|-----|------|----|
| ICMP5 | 电压比较器模块工作电流 | | 100 | 500 | uA |
| ITKEY5 | 触摸按键电容充电电流 | 35 | 50 | 70 | uA |
| VIL5 | 低电平输入电压 | 0 | | 1.2 | V |
| VIH5 | 高电平输入电压 | 2.4 | | VDD | V |
| VOL5 | 低电平输出电压 (15mA 吸入电流) | | | 0.4 | V |
| VOH5 | 高电平输出电压 (6mA 输出电流) | VDD-0.4 | | | V |
| VOH5U | UDP/UDM 高电平输出电压 (8mA 输出电流) | V33-0.4 | | | V |
| VHVOD | P5.5/HVOD 引脚上的电压 (不输出/高阻) | 0 | | 12.6 | V |
| IIN | 无上拉输入端的输入电流 | -5 | 0 | 5 | uA |
| IDN5 | 带下拉电阻输入端的输入电流 | -35 | -70 | -140 | uA |
| IUP5 | 带上拉电阻输入端的输入电流 | 35 | 70 | 140 | uA |
| IUP5X | 带上拉输入端由低向高翻转时的输入电流 | 250 | 400 | 600 | uA |
| Rsw5 | ADC 等模块的模拟开关的导通电阻 | 500 | 700 | 1350 | Ω |
| Vpot | 电源上电复位的门限电压 | 2.3 | 4.0 | 4.6 | V |

17.3 电气参数 3.3V (测试条件: TA=25℃, VDD=V33=3.3V, Fsys=12MHz)

| 名称 | 参数说明 | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|----------|--|---------------------|---------|------|------|----|
| VDD3 | VDD 引脚 电源电压 | V33 短接到 VDD, 开启 USB | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| | | V33 短接到 VDD, 关闭 USB | 2.7 | 3.3 | 3.6 | V |
| ICC24M3 | Fsys=24MHz 工作时的总电源电流 | | | 4.4 | | mA |
| ICC12M3 | Fsys=12MHz 工作时的总电源电流 | | | 3.0 | | mA |
| ICC750K3 | Fsys=750KHz 工作时的总电源电流 | | | 1.6 | | mA |
| ISLP3 | 待机/正常睡眠后的总电源电流 | | | 1.1 | 1.5 | mA |
| ISLP3L | bLDO_3V3_OFF=1 关闭 LD0, 下电/深度睡眠后的总电源电流 | | | 3 | 25 | uA |
| IADC3 | ADC 模数转换模块工作电流 | | | 180 | 700 | uA |
| ICMP3 | 电压比较器模块工作电流 | | | 70 | 300 | uA |
| ITKEY3 | 触摸按键电容充电电流 | | 35 | 50 | 70 | uA |
| VIL3 | 低电平输入电压 | | 0 | | 0.8 | V |
| VIH3 | 高电平输入电压 | | 1.9 | | VDD | V |
| VOL3 | 低电平输出电压 (10mA 吸入电流) | | | | 0.4 | V |
| VOH3 | 高电平输出电压 (4mA 输出电流) | | VDD-0.4 | | | V |
| VOH3U | UDP/UDM 高电平输出电压 (8mA 输出电流) | | V33-0.4 | | | V |
| VHVOD | P5.5/HVOD 引脚上的电压 (不输出/高阻) | | 0 | | 12.6 | V |
| IIN | 无上拉输入端的输入电流 | | -5 | 0 | 5 | uA |
| IDN3 | 带下拉电阻输入端的输入电流 | | -15 | -30 | -60 | uA |
| IUP3 | 带上拉电阻输入端的输入电流 | | 15 | 30 | 60 | uA |
| IUP3X | 带上拉输入端由低向高翻转时的输入电流 | | 100 | 170 | 250 | uA |
| Rsw3 | ADC 等模块的模拟开关的导通电阻 | | 600 | 1000 | 2500 | Ω |
| Vpot | 电源上电复位的门限电压 | | 2.3 | 2.7 | 3.0 | V |

17.4 时序参数 (测试条件: TA=25℃, VDD=5V 或 VDD=V33=3.3V, Fsys=12MHz)

| 名称 | 参数说明 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----|
| Fxt | 外部晶体频率或者 XI 输入时钟频率 | 6 | 24 | 24 | MHz |

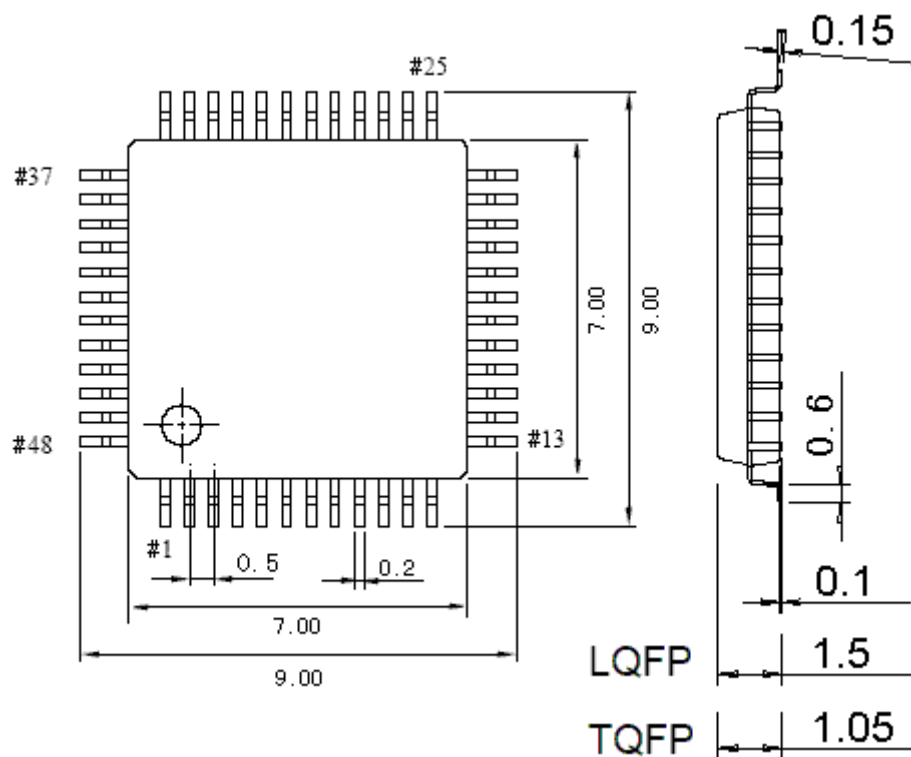
| | | | | | | |
|--------|--------------------------|------------|---|-----|-------|-----|
| Fosc | VDD>=3V 时经校准后的内部时钟频率 | TA=-15~65℃ | 23.52 | 24 | 24.48 | MHz |
| | | TA=-40~85℃ | 23.38 | 24 | 24.72 | MHz |
| Fosc3 | VDD<3V 时经校准后的内部时钟频率 | | 23.1 | 24 | 24.9 | MHz |
| Fpll | 内部倍频后的 PLL 频率 | | 24 | 96 | 96 | MHz |
| Fusb4x | 使用 USB 主机功能时, USB 采样时钟频率 | | 47.98 | 48 | 48.02 | MHz |
| | 使用 USB 设备功能时, USB 采样时钟频率 | | 47.04 | 48 | 48.96 | MHz |
| Fsys | 系统主频时钟频率 (VDD>=3V) | | 0.1 | 12 | 40 | MHz |
| | 系统主频时钟频率 (VDD<3V) | | 0.1 | 12 | 24 | MHz |
| Tpor | 电源上电复位延时 | | 8 | 11 | 15 | mS |
| Trst | 从 RST 外部输入有效复位信号的宽度 | | 70 | | | nS |
| Trdl | 热复位延时 | | 20 | 30 | 50 | uS |
| Twdc | 看门狗溢出周期/定时周期的计算公式 | | $131072 * (0x100 - WDOG_COUNT) / Fsys$ | | | |
| Tusp | USB 主机模式下检测 USB 自动挂起时间 | | 2 | 3 | 4 | mS |
| | USB 设备模式下检测 USB 自动挂起时间 | | 4 | 5 | 6 | mS |
| Twaksb | 芯片待机/正常睡眠后唤醒完成时间 | | 0.5 | 0.8 | 5 | uS |
| Twakdp | 芯片下电/深度睡眠后唤醒完成时间 | | 120 | 200 | 1000 | uS |

17.5 其它参数(测试条件: TA=25℃, VDD=4.5V~5.5V 或 VDD=V33=3.0V~3.6V)

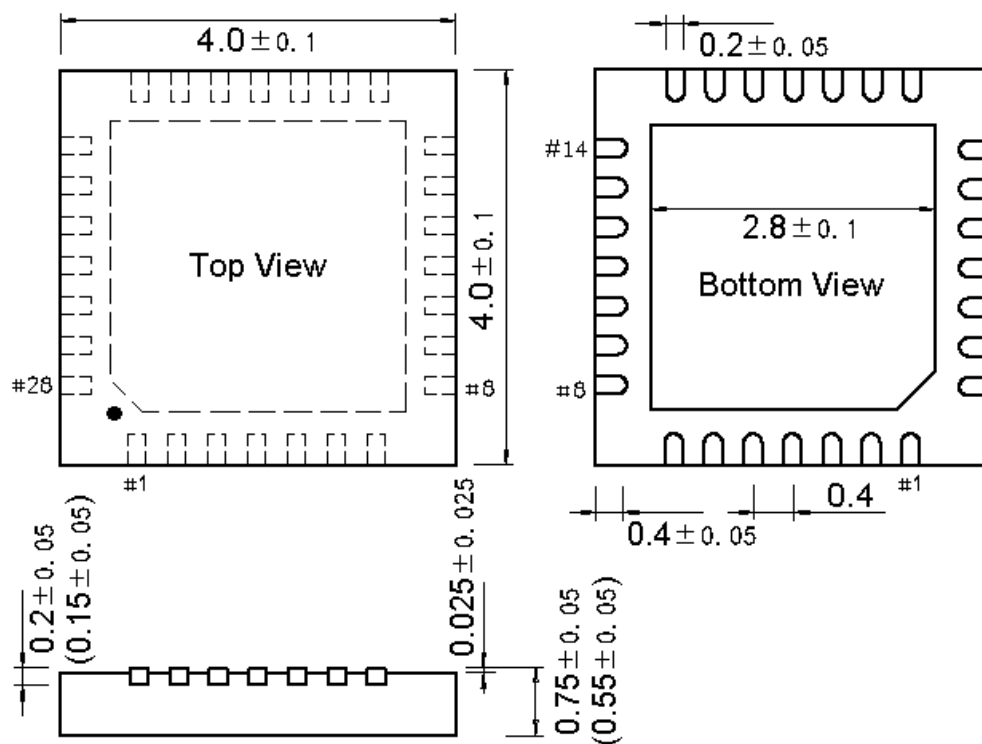
| 名称 | 参数说明 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------|---|-----|-------------|-----|-------|
| RTS | TS 温度传感器的测量范围 | -40 | | 90 | ℃ |
| ATSC | 温度传感器经软件校准后的测量误差 | | ±9 | | ℃ |
| CTSV | 温度传感器的灵敏度 (电压/温度系数) | 4 | 5 | 6 | mV/℃ |
| TERPG | Flash-ROM/EEPROM 的单次擦写操作时间 | 2 | 5 | 8 | mS |
| NEPCE | Flash-ROM/EEPROM 的擦写次数 (erase/program cycle endurance) | 10K | 抽检值 100K | | times |
| TDR | Flash-ROM/EEPROM 的数据保持能力 | 10 | | | years |
| VESD | I/O 输入或者输出引脚上的 ESD 耐压 | 4K | 抽检值 8K | | V |

18、封装尺寸

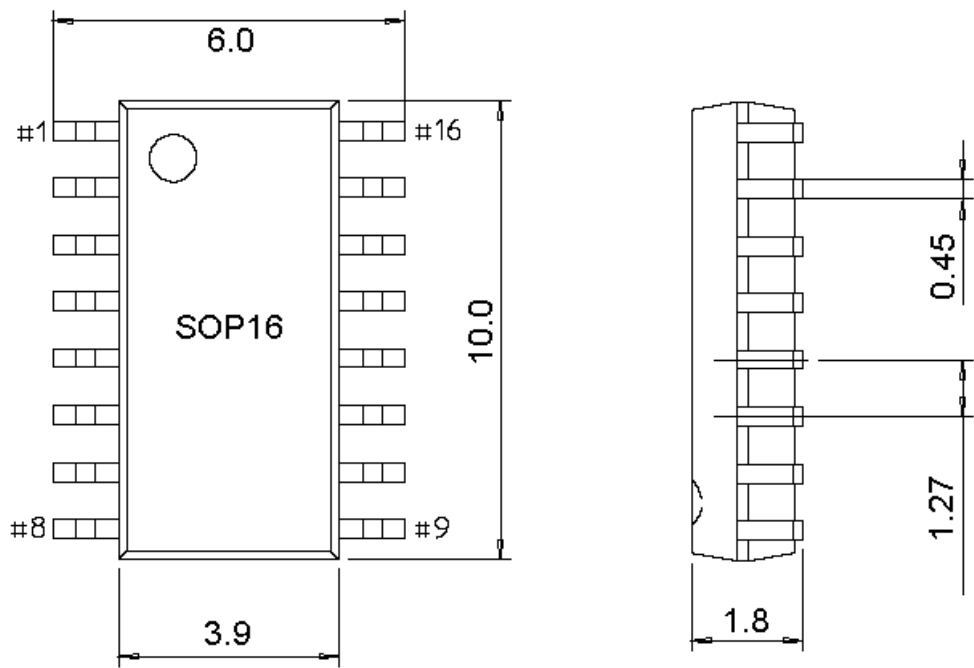
18.1 LQFP48-7*7



18.2 QFN28-4*4



18.3 SOP16-150mil



18.4 SOP8-150mil

