



|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 特性 .....                | 4  |
| 2. 概述 .....                | 5  |
| 3. 方框图 .....               | 6  |
| 4. 引脚配置 .....              | 7  |
| 5. 引脚描述 .....              | 8  |
| 6. SFR映像 .....             | 10 |
| 7. 标准功能 .....              | 14 |
| 7.1 CPU .....              | 14 |
| 7.1.1 CPU内核特殊功能寄存器 .....   | 14 |
| 7.1.2 CPU增强内核特殊功能寄存器 ..... | 15 |
| 7.1.3 寄存器 .....            | 15 |
| 7.2 RAM .....              | 16 |
| 7.2.1 特性 .....             | 16 |
| 7.2.2 寄存器 .....            | 16 |
| 7.3 Flash程序存储器 .....       | 17 |
| 7.3.1 特性 .....             | 17 |
| 7.3.2 ICP模式下的Flash操作 ..... | 17 |
| 7.4 扇区自编程 (SSP) 功能 .....   | 19 |
| 7.4.1 寄存器 .....            | 19 |
| 7.4.2 SSP编程注意事项 .....      | 22 |
| 7.5 系统时钟和振荡器 .....         | 23 |
| 7.5.1 特性 .....             | 23 |
| 7.5.2 概述 .....             | 23 |
| 7.5.3 寄存器 .....            | 23 |
| 7.5.4 振荡器类型 .....          | 23 |
| 7.5.5 谐振器负载电容选择 .....      | 23 |
| 7.6 系统电源 .....             | 24 |
| 7.7 I/O端口 .....            | 24 |
| 7.7.1 特性 .....             | 24 |
| 7.7.2 寄存器 .....            | 24 |
| 7.7.4 端口共享 .....           | 25 |
| 7.8 定时器 .....              | 27 |
| 7.8.1 特性 .....             | 27 |
| 7.8.2 定时器0和定时器1 .....      | 27 |
| 定时器x的模式 (x = 0, 1) .....   | 27 |



## SH99F01

|   |    |
|---|----|
| 寄存器.....  | 28 |
| 7.8.3 定时器2 .....                                | 30 |
| 定时器2模式 .....                                    | 30 |
| 寄存器.....  | 32 |
| 7.9 中断.....                                     | 34 |
| 7.9.1 特性.....                                   | 34 |
| 7.9.2 程序超范围中断 (OVL) .....                       | 34 |
| 7.9.3 中断允许.....                                 | 35 |
| 7.9.4 中断标志.....                                 | 36 |
| 7.9.5 中断向量.....                                 | 37 |
| 7.9.6 中断优先级.....                                | 37 |
| 7.9.7 中断处理.....                                 | 38 |
| 7.9.8 中断响应时间.....                               | 38 |
| 7.9.9 外部中断输入.....                               | 39 |
| 7.9.10 中断汇总.....                                | 39 |
| 8. 增强功能.....                                    | 40 |
| 8.1 增强型通用异步收发器 (EUART) .....                    | 40 |
| 8.1.1 特性.....                                   | 40 |
| 8.1.2 EUART工作方式.....                            | 40 |
| 8.1.3 波特率.....                                  | 45 |
| 8.1.4 多机通信.....                                 | 45 |
| 8.1.5 帧出错检测.....                                | 46 |
| 8.1.6 寄存器.....                                  | 47 |
| 8.2 模/数转换器 (ADC) .....                          | 50 |
| 8.2.1 特性.....                                   | 50 |
| 8.2.2 ADC模块图.....                               | 50 |
| 8.2.3 寄存器.....                                  | 51 |
| 8.3 低电压复位 (LVR) .....                           | 54 |
| 8.4 看门狗定时器 (WDT) , 程序超范围溢出 (OVL) 复位及其它复位状态..... | 55 |
| 8.4.1 特性.....                                   | 55 |
| 程序超范围溢出复位 .....                                 | 55 |
| 看门狗.....  | 55 |
| 8.4.2 寄存器.....                                  | 55 |
| 8.5 电源管理.....                                   | 56 |
| 8.5.1 特性.....                                   | 56 |
| 8.5.2 空闲模式.....                                 | 56 |
| 8.5.3 掉电模式.....                                 | 56 |
| 8.5.4 寄存器.....                                  | 57 |
| 8.6 代码选项.....                                   | 58 |
| 9. 载波通信.....                                    | 59 |
| 9.1 特性.....                                     | 59 |
| 9.2 操作描述.....                                   | 59 |
| 9.3 寄存器.....                                    | 61 |
| 10. 电气特性.....                                   | 70 |



## SH99F01

|                |    |
|----------------|----|
| 11. 应用电路 ..... | 74 |
| 12. 订购信息 ..... | 75 |
| 13. 封装信息 ..... | 76 |



## 1. 特性

- 基于8051指令流水线结构的8位单片机
- Flash ROM：16K字节
- 类EEPROM：2K字节
- RAM：内部256字节，外部512字节
- 工作电压：  
 $V_{DD} = 3.0V - 5.5V$ ， $AV_{DD} = 3.0V - 3.6V$
- 振荡器：
  - 晶体谐振器：8MHz - 16MHz
- 16个CMOS双向I/O管脚
- I/O内建上拉电阻
- 3个16位定时器/计数器：T0，T1和T2
- 中断源：
  - 定时器0，1，2
  - 外部中断0，1
  - EUART，ADC，PLT
- 增强型UART
- 看门狗定时器（WDT）（代码选项）
- 内建振荡器预热计数器
- 内建低电压复位功能（LVR）（代码选项）
  - LVR电压：2.8V
- 4通道10位模数转换器（ADC），内建比较功能
- CPU机器周期：1个振荡周期
- 内建电力线载波通信模块（PLT）
- 低功耗工作模式：
  - 空闲模式
  - 掉电模式
- 封装：28引脚TSSOP封装



### 2. 概述

SH99F01是一颗高集成度的电力线载波通信SOC，内部集成了高速增强型8051兼容单片机和高性能电力线载波通信模块（Powerline Transceiver简称PLT）。

SH99F01具有标准8051芯片的大部分特性。这些特性包括内置256字节RAM和2个16位定时器/计数器，1个UART和外置中断INT0和INT1。此外，SH99F01还集成了512字节RAM，10位ADC，可兼容8052芯片的16位定时器/计数器（Timer2）和适合存储程序和数据的16K字节Flash，同时，芯片内部还提供2K字节类EEPROM用于存放数据。

为了达到高可靠性和低功耗，SH99F01内建了看门狗定时器，低电压复位电路，并提供了2种低功耗省电模式。

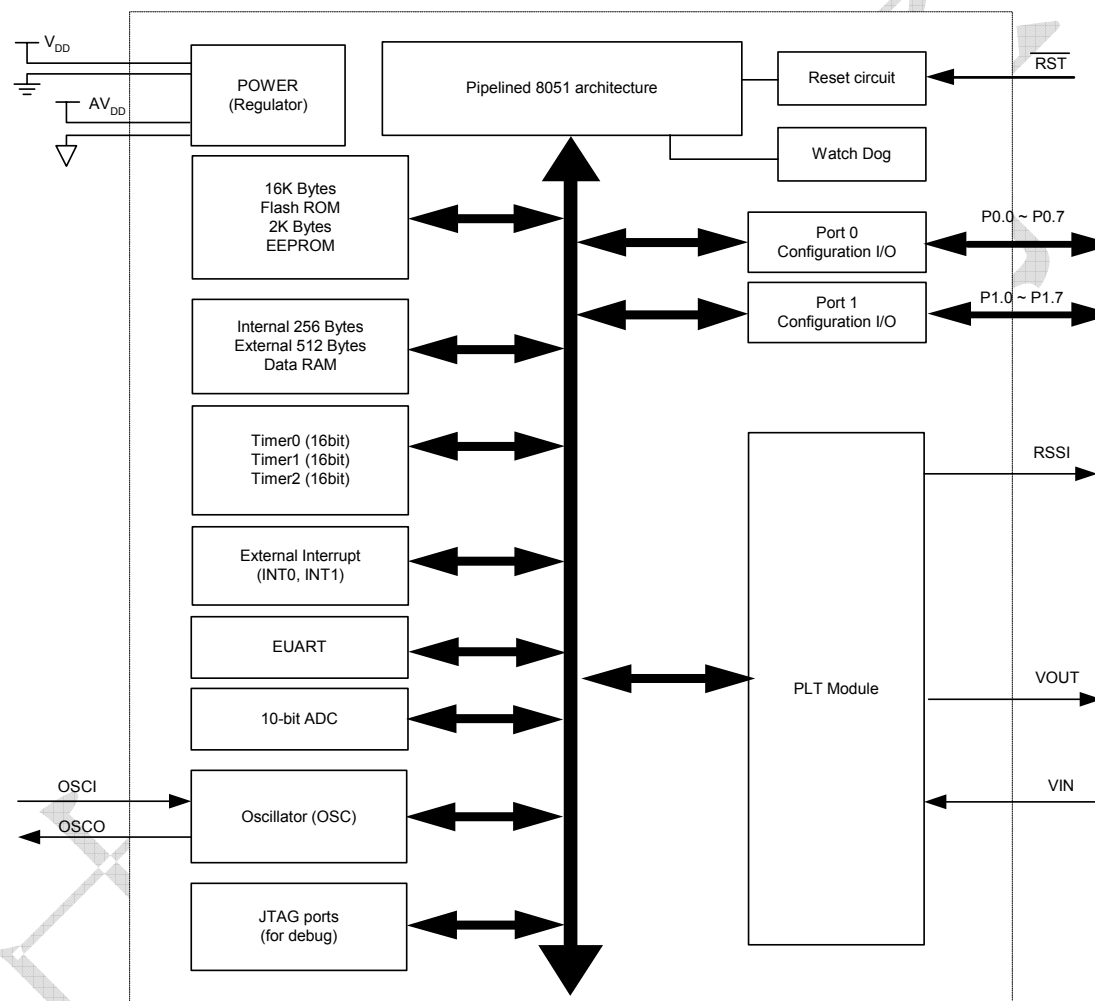
SH99F01内建PLT模块设计为全集成电力线载波通信引擎，内建模拟前端电路和调制解调电路，外围电路简洁，支持高性能的扩频载波通信技术和窄带调制通信技术，支持过零传输，并首创了载波双模通信技术，结合先进的前向纠错编解码算法，能够最大程度提高载波物理层通信能力，适应各种低压电力线信道环境。

SH99F01面向低压电力线载波应用，但也支持其他信道的低速控制应用，其主要应用领域包括：

- 自动抄表
- Power Meter
- 路灯远程监控
- 智能家居控制
- 楼宇智能控制



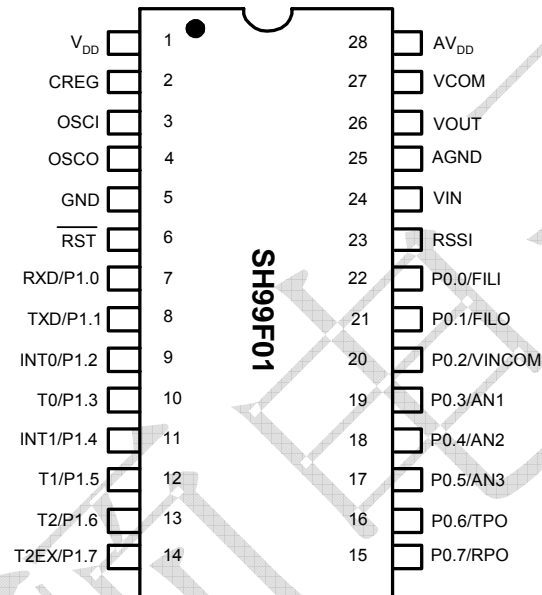
### 3. 方框图





## 4. 引脚配置

### 28脚封装



引脚配置图

**PCB制图注意：**引脚C需要接47uF电解电容。为提高抗干扰特性，电容负端不要直接接地，而是和GND相连，然后再和PCB地线相连，也即一点接地。



## 5. 引脚描述

| 引脚编号                           | 类型  | 说明  |
|--------------------------------|-----|---|
| <b>I/O端口</b>                   |     |   |
| P0.0 - P0.7                    | I/O | 8位双向I/O端口   |
| P1.0 - P1.7                    | I/O | 8位双向I/O端口   |
| <b>定时器</b>                     |     |   |
| T0                             | I/O | Timer0外部输入或比较输出   |
| T1                             | I/O | Timer1外部输入或比较输出   |
| T2                             | I/O | Timer2外部输入/波特率时钟输出  |
| T2EX                           | I   | Timer2重载/捕捉/方向控制  |
| <b>增强型异步串行口</b>                |     |   |
| RXD                            | I/O | EUART数据输入/输出引脚  |
| TXD                            | O   | EUART数据输出引脚   |
| <b>载波通信</b>                    |     |   |
| VCOM                           | O   | 内部共模电压输出，推荐选用0.1μF电容接AGND   |
| VOU                            | O   | 发送信号输出  |
| VIN                            | I   | 主通道接收信号输入   |
| VINCOM                         | I   | 副通道接收信号输入   |
| FILI                           | I   | 限幅放大器反馈路径输入，在FILI与FILO之间接0.1μF电容  |
| FILO                           | O   | 限幅放大器反馈路径输出，在FILI与FILO之间接0.1μF电容  |
| RSSI                           | O   | RSSI电平输出，推荐选用0.1μF电容接AGND   |
| TPO                            | O   | 发送信号数字脉冲输出（不经过AFE通道）  |
| RPO                            | O   | 接收信号数字脉冲输出（从AFE通道输入）  |
| <b>模数转换器</b>                   |     |   |
| AN1 - AN3                      | I   | ADC输入通道   |
| <b>中断&amp;复位&amp;时钟&amp;功率</b> |     |   |
| INT0 - INT1                    | I   | 外部中断0, 1  |
| RST                            | I   | 该引脚上保持10μs以上的低电平，CPU将复位。由于有内建30kΩ上拉电阻连接到V <sub>DD</sub> ，所以仅接一个0.1μF外部电容即可实现上电复位。 |
| OSCI                           | I   | 振荡器输入   |
| OSCO                           | O   | 振荡器输出   |





|   |   |  |
|---|---|--|
| GND                                       | P | 数字接地   |
| V <sub>DD</sub>                           | P | 数字电源 (3.0 - 5.5V)  |
| AGND                                      | P | 模拟接地   |
| AV <sub>DD</sub>                          | P | 模拟电源 (3.0 - 3.6V)<br>在V <sub>DD</sub> = 5.0V时, 如置OP_REG33 = 1使能内部3.3V稳压源, 则AV <sub>DD</sub> 无需外部供电, 只需外接一47μF电解电容至AGND即可, 如置OP_REG33 = 0, 则AV <sub>DD</sub> 需外部供电。 |
| 稳压源                                       |   |  |
| CREG                                      |   | 内建稳压源滤波电容引脚, 推荐选用47μF电容接地  |
| 编程接口                                      |   |  |
| TDO (P1.0)                                | O | 调试接口: 测试数据输出   |
| TMS (P1.1)                                | I | 调试接口: 测试模式选择   |
| TDI (P1.2)                                | I | 调试接口: 测试数据输入   |
| TCK (P1.3)                                | I | 调试接口: 测试时钟输入   |
| 注意:<br>当P1.0-1.3作为调试接口时, P1.0-1.3的原有功能被限制 |   |  |



## 6. SFR映像

Table 6.1 C51核SFRs

| 符号     | 地址  | 名称        | 复位值      | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------|-----|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ACC    | E0H | 累加器       | 00000000 | ACC.7  | ACC.6  | ACC.5  | ACC.4  | ACC.3  | ACC.2  | ACC.1  | ACC.0  |
| B      | F0H | B寄存器      | 00000000 | B.7    | B.6    | B.5    | B.4    | B.3    | B.2    | B.1    | B.0    |
| AUXC   | F1H | C寄存器      | 00000000 | C.7    | C.6    | C.5    | C.4    | C.3    | C.2    | C.1    | C.0    |
| PSW    | D0H | 程序状态字     | 00000000 | CY     | AC     | F0     | RS1    | RS0    | OV     | F1     | P      |
| SP     | 81H | 堆栈指针      | 00000111 | SP.7   | SP.6   | SP.5   | SP.4   | SP.3   | SP.2   | SP.1   | SP.0   |
| DPL    | 82H | 数据指针1低位字节 | 00000000 | DPL0.7 | DPL0.6 | DPL0.5 | DPL0.4 | DPL0.3 | DPL0.2 | DPL0.1 | DPL0.0 |
| DPH    | 83H | 数据指针1高位字节 | 00000000 | DPH0.7 | DPH0.6 | DPH0.5 | DPH0.4 | DPH0.3 | DPH0.2 | DPH0.1 | DPH0.0 |
| DPL1   | 84H | 数据指针2低位字节 | 00000000 | DPL1.7 | DPL1.6 | DPL1.5 | DPL1.4 | DPL1.3 | DPL1.2 | DPL1.1 | DPL1.0 |
| DPH1   | 85H | 数据指针2高位字节 | 00000000 | DPH1.7 | DPH1.6 | DPH1.5 | DPH1.4 | DPH1.3 | DPH1.2 | DPH1.1 | DPH1.0 |
| INSCON | 86H | 数据指针选择    | ---00-0  | -      | -      | -      | -      | DIV    | MUL    | -      | DPS    |

Table 6.2 功率与时钟控制SFRs

| 符号     | 地址  | 名称      | 复位值      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------|-----|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PCON   | 87H | 电源控制    | 00-0000  | SMOD    | SSTAT   | -       | -       | GF1     | GF0     | PD      | IDL     |
| SUSLO  | 8EH | 电源控制保护字 | 00000000 | SUSLO.7 | SUSLO.6 | SUSLO.5 | SUSLO.4 | SUSLO.3 | SUSLO.2 | SUSLO.1 | SUSLO.0 |
| CLKCON | B2H | 系统时钟控制  | -00---0  | -       | CLKPS1  | CLKPS0  | -       | -       | -       | -       | PLCLKPS |

Table 6.3 Flash控制SFRs

| 符号         | 地址  | 名称                  | 复位值      | 第7位          | 第6位          | 第5位          | 第4位          | 第3位          | 第2位          | 第1位          | 第0位          |
|------------|-----|---------------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| IB_OFF SET | FBH | 编程地址偏移寄存器           | 00000000 | IB_OFF SET.7 | IB_OFF SET.6 | IB_OFF SET.5 | IB_OFF SET.4 | IB_OFF SET.3 | IB_OFF SET.2 | IB_OFF SET.1 | IB_OFF SET.0 |
| IB_DATA    | FCH | 编程数据寄存器             | 00000000 | IB_DATA.7    | IB_DATA.6    | IB_DATA.5    | IB_DATA.4    | IB_DATA.3    | IB_DATA.2    | IB_DATA.1    | IB_DATA.0    |
| IB_CON1    | F2H | flash控制寄存器1         | 00000000 | IB_CON1.7    | IB_CON1.6    | IB_CON1.5    | IB_CON1.4    | IB_CON1.3    | IB_CON1.2    | IB_CON1.1    | IB_CON1.0    |
| IB_CON2    | F3H | flash控制寄存器2         | ---00000 | -            | -            | -            | IB_CON2.4    | IB_CON2.3    | IB_CON2.2    | IB_CON2.1    | IB_CON2.0    |
| IB_CON3    | F4H | flash控制寄存器3         | ----0000 | -            | -            | -            | -            | IB_CON3.3    | IB_CON3.2    | IB_CON3.1    | IB_CON3.0    |
| IB_CON4    | F5H | flash控制寄存器4         | ----0000 | -            | -            | -            | -            | IB_CON4.3    | IB_CON4.2    | IB_CON4.1    | IB_CON4.0    |
| IB_CON5    | F6H | flash控制寄存器5         | ----0000 | -            | -            | -            | -            | IB_CON5.3    | IB_CON5.2    | IB_CON5.1    | IB_CON5.0    |
| FLASHCON   | A7H | Information块访问控制寄存器 | -----0   | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            | FAC          |



Table 6.4 数据页面控制SFR

| 符号    | 地址  | 名称        | 复位值      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|-------|-----|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| XPAGE | F7H | 数据页面控制寄存器 | 00000000 | XPAGE.7 | XPAGE.6 | XPAGE.5 | XPAGE.4 | XPAGE.3 | XPAGE.2 | XPAGE.1 | XPAGE.0 |

Table 6.5 看门狗定时器SFR

| 符号      | 地址  | 名称          | 复位值      | 第7位  | 第6位 | 第5位  | 第4位  | 第3位  | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|---------|-----|-------------|----------|------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| RSTSTAT | B1H | 看门狗定时器控制寄存器 | 0-000000 | WDOF | -   | PORF | LVRF | CLRF | WDT.2 | WDT.1 | WDT.0 |

Table 6.6 中断控制SFRs

| 符号   | 地址  | 名称             | 复位值      | 第7位 | 第6位   | 第5位  | 第4位 | 第3位  | 第2位  | 第1位  | 第0位   |
|------|-----|----------------|----------|-----|-------|------|-----|------|------|------|-------|
| IEN0 | A8H | 中断允许控制寄存器0     | 00000000 | EA  | EADC  | ET2  | ES  | ET1  | EX1  | ET0  | EX0   |
| IEN1 | A9H | 中断允许控制寄存器1     | -----0   | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | EPLT  |
| IPL0 | B8H | 中断优先权控制寄存器0低位字 | -0000000 | -   | PADCL | PT2L | PSL | PT1L | PX1L | PT0L | PX0L  |
| IPH0 | B4H | 中断优先权控制寄存器0高位字 | -0000000 | -   | PADCH | PT2H | PSH | PT1H | PX1H | PT0H | PX0H  |
| IPL1 | B9H | 中断优先权控制寄存器1低位字 | -----0   | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | PPLTL |
| IPH1 | B5H | 中断优先权控制寄存器1高位字 | -----0   | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | PPLTH |

Table 6.7 端口SFRs

| 符号    | 地址  | 名称           | 复位值      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|-------|-----|--------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P0    | 80H | 8位端口0        | 00000000 | P0.7    | P0.6    | P0.5    | P0.4    | P0.3    | P0.2    | P0.1    | P0.0    |
| P1    | 90H | 8位端口1        | 00000000 | P1.7    | P1.6    | P1.5    | P1.4    | P1.3    | P1.2    | P1.1    | P1.0    |
| P0CR  | E1H | 端口0输入/输出方向控制 | 00000000 | P0CR.7  | P0CR.6  | P0CR.5  | P0CR.4  | P0CR.3  | P0CR.2  | P0CR.1  | P0CR.0  |
| P1CR  | E2H | 端口1输入/输出方向控制 | 00000000 | P1CR.7  | P1CR.6  | P1CR.5  | P1CR.4  | P1CR.3  | P1CR.2  | P1CR.1  | P1CR.0  |
| P0PCR | E9H | 端口0内部上拉允许    | 00000000 | P0PCR.7 | P0PCR.6 | P0PCR.5 | P0PCR.4 | P0PCR.3 | P0PCR.2 | P0PCR.1 | P0PCR.0 |
| P1PCR | EAH | 端口1内部上拉允许    | 00000000 | P1PCR.7 | P1PCR.6 | P1PCR.5 | P1PCR.4 | P1PCR.3 | P1PCR.2 | P1PCR.1 | P1PCR.0 |



Table 6.8 定时器与外部中断 SFRs

| 符号     | 地址  | 名称                | 复位值      | 第7位      | 第6位      | 第5位      | 第4位      | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------|-----|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TCON   | 88H | 定时器/计数器0和1控制寄存器   | 00000000 | TF1      | TR1      | TF0      | TR0      | IE1      | IT1      | IE0      | IT0      |
| TMOD   | 89H | 定时器/计数器0和1模式寄存器   | 00000000 | GATE1    | C/T1     | M11      | M10      | GATE0    | C/T0     | M01      | M00      |
| TL0    | 8AH | 定时器/计数器0低位字节      | 00000000 | TL0.7    | TL0.6    | TL0.5    | TL0.4    | TL0.3    | TL0.2    | TL0.1    | TL0.0    |
| TH0    | 8CH | 定时器/计数器0高位字节      | 00000000 | TH0.7    | TH0.6    | TH0.5    | TH0.4    | TH0.3    | TH0.2    | TH0.1    | TH0.0    |
| TL1    | 8BH | 定时器/计数器1低位字节      | 00000000 | TL1.7    | TL1.6    | TL1.5    | TL1.4    | TL1.3    | TL1.2    | TL1.1    | TL1.0    |
| TH1    | 8DH | 定时器/计数器1高位字节      | 00000000 | TH1.7    | TH1.6    | TH1.5    | TH1.4    | TH1.3    | TH1.2    | TH1.1    | TH1.0    |
| T2CON  | C8H | 定时器/计数器2控制寄存器     | 00000000 | TF2      | EXF2     | RCLK     | TCLK     | EXEN2    | TR2      | C/T2     | CP/RL2   |
| T2MOD  | C9H | 定时器/计数器2模式寄存器     | -----00  | -        | -        | -        | -        | -        | -        | T2OE     | DCEN     |
| RCAP2L | CAH | 定时器/计数器2重载/截获低位字节 | 00000000 | RCAP2L.7 | RCAP2L.6 | RCAP2L.5 | RCAP2L.4 | RCAP2L.3 | RCAP2L.2 | RCAP2L.1 | RCAP2L.0 |
| RCAP2H | CBH | 定时器/计数器2重载/截获高位字节 | 00000000 | RCAP2H.7 | RCAP2H.6 | RCAP2H.5 | RCAP2H.4 | RCAP2H.3 | RCAP2H.2 | RCAP2H.1 | RCAP2H.0 |
| TL2    | CCH | 定时器/计数器2低位字节      | 00000000 | TL2.7    | TL2.6    | TL2.5    | TL2.4    | TL2.3    | TL2.2    | TL2.1    | TL2.0    |
| TH2    | CDH | 定时器/计数器2高位字节      | 00000000 | TH2.7    | TH2.6    | TH2.5    | TH2.4    | TH2.3    | TH2.2    | TH2.1    | TH2.0    |
| TCON1  | CEH | 定时器/计数器0和1控制寄存器1  | -----00  | -        | -        | -        | -        | -        | -        | TC1      | TC0      |

Table 6.9 增强型异步串行口SFRs

| 符号    | 地址  | 名称      | 复位值      | 第7位     | 第6位      | 第5位       | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|-------|-----|---------|----------|---------|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SCON  | 98H | 串行控制寄存器 | 00000000 | SM0/FE  | SM1/RXOV | SM2/TXCOL | REN     | TB8     | RB8     | TI      | RI      |
| SBUF  | 99H | 串行数据缓冲器 | 00000000 | SBUF.7  | SBUF.6   | SBUF.5    | SBUF.4  | SBUF.3  | SBUF.2  | SBUF.1  | SBUF.0  |
| SADDR | 9AH | 从属地址    | 00000000 | SADDR.7 | SADDR.6  | SADDR.5   | SADDR.4 | SADDR.3 | SADDR.2 | SADDR.1 | SADDR.0 |
| SADEN | 9BH | 从属地址屏蔽  | 00000000 | SADEN.7 | SADEN.6  | SADEN.5   | SADEN.4 | SADEN.3 | SADEN.2 | SADEN.1 | SADEN.0 |

Table 6.10 模数转换器SFRs

| 符号    | 地址  | 名称        | 复位值      | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位 | 第3位 | 第2位  | 第1位  | 第0位     |
|-------|-----|-----------|----------|-------|-------|-------|-----|-----|------|------|---------|
| ADCON | 93H | ADC控制寄存器  | 000--000 | ADON  | ADCIF | EC    | -   | -   | SCH1 | SCH0 | GO/DONE |
| ADT   | 94H | ADC定时控制   | 000-0000 | TADC2 | TADC1 | TADC0 | -   | TS3 | TS2  | TS1  | TS0     |
| ADCH  | 95H | ADC通道配置   | -----000 | -     | -     | -     | -   | -   | CH3  | CH2  | CH1     |
| ADDL  | 96H | ADC数据低位字节 | -----00  | -     | -     | -     | -   | -   | -    | A1   | A0      |
| ADDH  | 97H | ADC数据高位字节 | 00000000 | A9    | A8    | A7    | A6  | A5  | A4   | A3   | A2      |



Table 6.11 载波通信SFRs

| 符号     | 地址  | 名称         | 复位值      | 第7位    | 第6位      | 第5位      | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------|-----|------------|----------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PLSTAT | D8H | PLT状态寄存器   | 000-0000 | TXINT  | FEC_DONE | CFD_DONE | -      | RXNFA  | RXFPA  | RXPDP  | RXINT  |
| PLCON  | D9H | PLT控制寄存器   | 000000-0 | PLTEN  | CRCEN    | FECEN    | FACPR  | RSSIEN | SRST   | -      | TRC    |
| PLADR1 | DAH | PLT数据缓冲器地址 | ---00000 | -      | -        | -        | ADR1.4 | ADR1.3 | ADR1.2 | ADR1.1 | ADR1.0 |
| PLBUF  | DBH | PLT数据缓冲器数据 | 00000000 | BUF.7  | BUF.6    | BUF.5    | BUF.4  | BUF.3  | BUF.2  | BUF.1  | BUF.0  |
| PLADR2 | DCH | PLT配置寄存器地址 | --000000 | -      | -        | ADR2.5   | ADR2.4 | ADR2.3 | ADR2.2 | ADR2.1 | ADR2.0 |
| PLREG  | DDH | PLT配置寄存器数据 | 00000000 | REG.7  | REG.6    | REG.5    | REG.4  | REG.3  | REG.2  | REG.1  | REG.0  |
| PLOCK  | DFH | PLT配置寄存器锁定 | 10100101 | LOCK.7 | LOCK.6   | LOCK.5   | LOCK.4 | LOCK.3 | LOCK.2 | LOCK.1 | LOCK.0 |

注意：-：保留位，读为0。



## 7. 标准功能

### 7.1 CPU

#### 7.1.1 CPU内核特殊功能寄存器

##### 特性

- CPU内核寄存器：ACC，B，PSW，SP，DPL，DPH

##### 累加器

累加器ACC是一个常用的专用寄存器，指令系统中采用A作为累加器的助记符。

##### B寄存器

在乘除法指令中，会用到B寄存器。在其它指令中，B寄存器可作为缓存器来使用。

##### 栈指针（SP）

栈指针SP是一个8位专用寄存器，在执行PUSH、各种子程序调用、中断响应等指令时，SP先加1，再将数据压栈；执行POP、RET、RETI等指令时，数据退出堆栈后SP再减1。堆栈栈顶可以是片上内部RAM（00H-FFH）的任意地址，系统复位后，SP初始化为07H，使得堆栈事实上由08H地址开始。

##### 程序状态字（PSW）寄存器

程序状态字（PSW）寄存器包含了程序状态信息。

Table 7.1 PSW寄存器

| D0H                       | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| PSW                       | CY  | AC  | F0  | RS1 | RS0 | OV  | F1  | P   |
| 读/写                       | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读   |
| 复位值<br>(POR/WDTR/LVR/PIN) | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号     | 说明  |
|-----|---------|---|
| 7   | CY      | <b>进位标志位</b><br>0：算术或逻辑运算中，没有进位或借位发生<br>1：算术或逻辑运算中，有进位或借位发生   |
| 6   | AC      | <b>辅助进位标志位</b><br>0：算数逻辑运算中，没有辅助进位或借位发生<br>1：算数逻辑运算中，有辅助进位或借位发生   |
| 5   | F0      | <b>F0标志位</b><br>用户自定义标志位  |
| 4-3 | RS[1:0] | <b>R0-R7寄存器页选择位</b><br>00：页0（映射到00H-07H）<br>01：页1（映射到08H-0FH）<br>10：页2（映射到10H-17H）<br>11：页3（映射到18H-1FH） |
| 2   | OV      | <b>溢出标志位</b><br>0：没有溢出发生<br>1：有溢出发生   |
| 1   | F1      | <b>F1标志位</b><br>用户自定义标志位  |
| 0   | P       | <b>奇偶校验位</b><br>0：累加器A中值为1的位数为偶数<br>1：累加器A中值为1的位数为奇数  |

##### 数据指针（DPTR）

数据指针DPTR是一个16位专用寄存器，其高位字节寄存器用DPH表示，低位字节寄存器用DPL表示。它们既可以作为一个16位寄存器DPTR来处理，也可以作为2个独立的8位寄存器DPH和DPL来处理。



## 7.1.2 CPU增强内核特殊功能寄存器

## 特性

- 扩展的'MUL'和'DIV'指令：16位\*8位，16位/8位
- 双数据指针
- CPU增强内核寄存器：AUXC，DPL1，DPH1，INSCON

SH99F01扩展了'MUL'和'DIV'的指令。使用一个新寄存器-AUXC寄存器保存运算数据的高8位，以实现16位运算。在16位乘法指令中，会用到AUXC寄存器，在其它指令中，AUXC寄存器可作为缓存器来使用。

CPU在复位后进入标准模式，'MUL'和'DIV'的指令操作和标准8051指令操作一致。当INSCON寄存器的相应位置1后，'MUL'和'DIV'指令的16位操作功能被打开。

|     | 操作                 |              | 结果    |      |       |
|-----|--------------------|--------------|-------|------|-------|
|     |                    |              | A     | B    | AUXC  |
| MUL | INSCON.2 = 0；8位模式  | (A)*(B)      | 低位字节  | 高位字节 | ---   |
|     | INSCON.2 = 1；16位模式 | (AUXC A)*(B) | 低位字节  | 中位字节 | 高位字节  |
| DIV | INSCON.3 = 0；8位模式  | (A)/(B)      | 商低位字节 | 余数   | ---   |
|     | INSCON.3 = 1；16位模式 | (AUXC A)/(B) | 商低位字节 | 余数   | 商高位字节 |

## 双数据指针

使用双数据指针能加速数据存储移动。标准数据指针被命名为DPTR而新型数据指针命名为DPTR1。

数据指针DPTR1与DPTR类似，是一个16位专用寄存器，其高位字节寄存器用DPH1表示，低位字节寄存器用DPL1表示。它们既可以作为一个16位寄存器DPTR1来处理，也可以作为2个独立的8位寄存器DPH1和DPL1来处理。

通过对INSCON寄存器中的DPS位置1或清0选择两个数据指针中的一个。所有读取或操作DPTR的相关指令将会选择最近一次选择的数据指针。

## 7.1.3 寄存器

Table 7.2 数据指针选择寄存器

| 86H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| INSCON                   | -   | -   | -   | -   | DIV | MUL | -   | DPS |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | 读/写 | 读/写 | -   | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | 0   | 0   | -   | 0   |

| 位编号 | 位符号 | 说明                            |
|-----|-----|-------------------------------|
| 3   | DIV | 16位/8位除选择器<br>0：8位除<br>1：16位除 |
| 2   | MUL | 16位/8位乘选择器<br>0：8位乘<br>1：16位乘 |
| 0   | DPS | 数据指针选择器<br>0：数据指针<br>1：数据指针1  |



7.2 RAM

7.2.1 特性

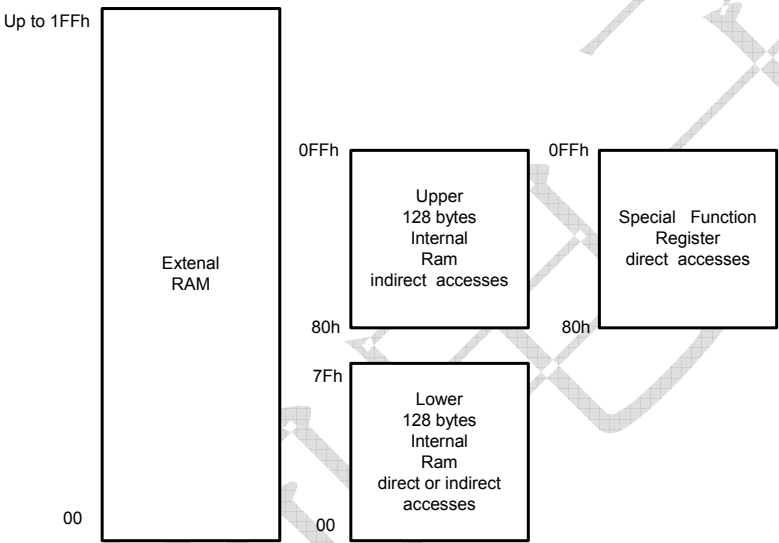
SH99F01为数据存储提供了内部RAM和外部RAM。下列为内存空间分配：

- 低位128字节的RAM（地址从00H到7FH）可直接或间接寻址。
- 高位128字节的RAM（地址从80H到FFH）只能间接寻址。
- 特殊功能寄存器（SFR，地址从80H到FFH）只能直接寻址。
- 外部RAM字节可通过MOVX指令间接寻址。

高位128字节的RAM占用的地址空间和SFR相同，但在物理上与SFR的空间是分离的。当一个指令访问高于地址7FH的内部位置时，CPU可以根据指令的寻址方式来区分是访问高位128字节数据RAM还是访问SFR。

**注意：**未使用的SFR地址禁止读写

SH99F01提供了256字节内部RAM和512字节外部RAM，支持高级语言。内部和外部RAM配置如下：



内部和外部RAM地址

SH99F01支持传统的访问外部RAM方法。使用MOVX A, @Ri或MOVX@Ri, A来访问外部低位256字节RAM；用MOVX A, @DPTR或MOVX@DPTR, A来访问外部512字节RAM。

用户也能用XPAGE寄存器来访问外部RAM，使用MOVX A, @Ri或MOVX@Ri, A指令即可，此时用XPAGE来表示高于256字节的RAM地址。

在Flash SSP模式下，XPAGE也能用作分段选择器（详见SSP章节）。

7.2.2 寄存器

Table 7.3 数据存储页寄存器

| F7H                      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| XPAGE                    | XPAGE.7 | XPAGE.6 | XPAGE.5 | XPAGE.4 | XPAGE.3 | XPAGE.2 | XPAGE.1 | XPAGE.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明                    |
|-----|------------|-----------------------|
| 7-0 | XPAGE[7:0] | RAM页选择器，512字节RAM只分成2页 |





## 7.3 Flash程序存储器

### 7.3.1 特性

- Flash 内存包括 16 X 1KB 区块，总共 16KB
- 在工作电压范围内都能进行编程和擦除操作
- 在线编程（ICP）操作支持写入、读取和擦除操作
- 快速整体/扇区擦除和编程
- 编程/擦除次数：至少 10000 次
- 数据保存年限：至少 10 年
- 低功耗

SH99F01为存储程序代码内置16K可编程Flash，可以通过在线编程（ICP）模式和扇区自编程（SSP）模式对Flash存储器操作。

在ICP（在线编程）模式中，程序能操作所有Flash，例如擦除或写入。Flash的读取或写入操作以字节为单位，但擦除只能以扇区（1K）为单位，或者整体擦除。

在ICP模式中，扇区擦除操作能擦除任何区块。在自编程模式（SSP）中，包含擦除程序代码的扇区不能擦除。

在ICP模式下，还可以整体擦除，这个操作会擦除整个Flash存储器。

**注意：**SH99F01不支持在系统编程（ISP）功能。

### 7.3.2 ICP模式下的Flash操作

ICP模式即线上编程模式，即可以在CPU焊在用户板上以后编程。ICP模式下，用户系统必须关机后编程器才能通过ICP编程接口刷新Flash内存。ICP编程接口包括6个引脚（V<sub>DD</sub>，GND，TCK，TDI，TMS，TDO）。

编程器使用4个JTAG引脚（TDO，TDI，TCK，TMS）进入编程模式。只有将特定波形输入4个引脚后，CPU才能进入编程模式。如需详细说明请参考Flash编程器用户指南。

ICP模式支持以下操作：

#### (1) 代码保护控制模式编程

SH99F01的代码保护功能为用户代码提供了高性能的安全措施。每个分区有两种模式可用。

代码保护模式0：允许/禁止任何编程器的写入/读取操作（不包括整体擦除）。

代码保护模式1：允许/禁止在其它分区中通过MOVC指令进行读取操作，或通过SSP功能进行擦除/写入操作。

用户必须应用Flash编程器设置相应的保护位，以进入所需的保护模式。

#### (2) 整体擦除

无论代码保护控制模式的状态如何，整体擦除操作都将会擦除所有编程代码，代码选项，代码保护位和自定义ID码的内容。

（Flash编程器为用户提供自定义ID码设置功能以区别他们的产品）。

在用户程序区，整体擦除只能由Flash编程器操作，不能通过程序指令完成。

#### (3) 扇区擦除

扇区擦除操作将会擦除所选扇区中内容。用户程序和Flash编程器都能执行该操作。

若需用户程序执行该操作，必须禁止所选扇区的代码保护控制模式1。

若需编程器执行该操作，必须禁止所选扇区的代码保护控制模式0。

**注意：**SSP程序所在扇区自身无法通过用户程序执行扇区擦除功能。

#### (4) 写/读代码

读/写代码操作可以将代码、数据从Flash内存中读出或写入Flash内存。编程器或用户程序都能执行该操作。

若需用户程序执行该操作，必须禁止所选扇区的代码保护控制模式1。不管安全位设置与否，用户程序都能读/写程序自身所在扇区。

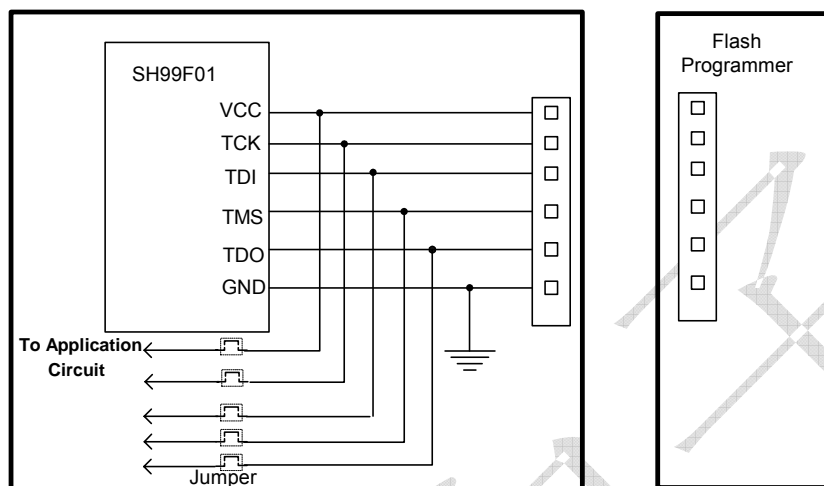
若需编程器执行该操作，必须禁止所选扇区的代码保护控制模式0。

### 编程用时钟控制寄存器

| 操作    | ICP      | SSP           |
|-------|----------|---------------|
| 代码保护  | 支持       | 不支持           |
| 扇区擦除  | 支持（无安全位） | 支持（无安全位）      |
| 整体擦除  | 支持       | 不支持           |
| 写/读代码 | 支持（无安全位） | 支持（无安全位或自身扇区） |



在ICP模式中，通过6线接口编程器能完成所有Flash操作。因为编程信号非常灵敏，所以使用编程器编程时用户需要先用5个跳线将编程引脚（VCC，TCK，TDI，TMS，TDO）从应用电路中分离出来。如下图所示。



当采用ICP模式进行操作时，建议按照如下步骤进行操作：

- (1) 在开始编程前断开跳线（jumper），从应用电路中分离编程引脚；
- (2) 将芯片编程引脚连接至编程器编程接口，开始编程；
- (3) 编程结束后断开编程器接口，连接跳线恢复应用电路。



## 7.4 扇区自编程 (SSP) 功能

SH99F01支持SSP操作。如果所选扇区未被加密，利用SSP操作，用户代码可以对程序存储区和客户信息块区/类EEPROM块区进行擦除、编程操作。一旦某扇区或块区被编程，则在该扇区或块区被擦除之前不能被再次编程。

SH99F01内建一个复杂控制流程以避免误入SSP模式导致代码被误修改。为进入SSP模式，IB\_CON2-5必须满足特定条件。若IB\_CON2-5不满足特定条件，则无法进入SSP模式。

### 7.4.1 寄存器

#### 擦除/编程用扇区选择和编程用地址偏移量寄存器

此寄存器用来选择待擦除或者待编程扇区的区号，配合IB\_OFFSET寄存器来表示待编程字节在扇区内的地址偏移量。

- 对于程序存储区，一个扇区为1024字节，寄存器定义如下：

Table 7.4 擦除/编程用扇区选择和地址偏移寄存器

| F7H                      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| XPAGE                    | XPAGE.7 | XPAGE.6 | XPAGE.5 | XPAGE.4 | XPAGE.3 | XPAGE.2 | XPAGE.1 | XPAGE.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明                                   |
|-----|------------|--------------------------------------|
| 7-6 | XPAGE[7:6] | 无效位，复位为0                             |
| 5-2 | XPAGE[5:2] | 被擦除/编程的存储单元扇区号，0000代表扇区0，依此类推，共16个扇区 |
| 1-0 | XPAGE[1:0] | 被擦除/编程的存储单元高2位地址                     |

Table 7.5 编程用地址偏移寄存器

| FBH                      | 第7位             | 第6位             | 第5位             | 第4位             | 第3位             | 第2位             | 第1位             | 第0位             |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| IB_OFFSET                | IB_OFF<br>SET.7 | IB_OFF<br>SET.6 | IB_OFF<br>SET.5 | IB_OFF<br>SET.4 | IB_OFF<br>SET.3 | IB_OFF<br>SET.2 | IB_OFF<br>SET.1 | IB_OFF<br>SET.0 |
| 读/写                      | 读/写             | 读/写             | 读/写             | 读/写             | 读/写             | 读/写             | 读/写             | 读/写             |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               | 0               |

| 位编号 | 位符号            | 说明            |
|-----|----------------|---------------|
| 7-0 | IB_OFFSET[7:0] | 被编程的存储单元低8位地址 |

XPAGE[1:0]和IB\_OFFSET[7:0]共10位，可以表示1个程序存储扇区内全部1024个字节的偏移量。

- 对于客户信息块区/类EEPROM块区，一个块区为256字节，寄存器定义如下：

Table 7.6 擦除/编程用扇区选择寄存器

| F7H                      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| XPAGE                    | XPAGE.7 | XPAGE.6 | XPAGE.5 | XPAGE.4 | XPAGE.3 | XPAGE.2 | XPAGE.1 | XPAGE.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明                           |
|-----|------------|------------------------------|
| 7-4 | XPAGE[7:3] | 在擦除/编程块区时无意义                 |
| 3-0 | XPAGE[2:0] | 被擦除/编程的块区号，000代表块0，依此类推，共8个块 |

类EEPROM块区对应XPAGE[2:0]为000-111的块，每块256 bytes，共2048 bytes空间。类EEPROM块区的访问可通过指令“MOVC A, @A+DPTR”或“MOVC A, @A+PC”实现，注意：需要将FAC位（FLASHCON.0）置1。



Table 7.7 编程用地址偏移寄存器

| FBH                      | 第7位          | 第6位          | 第5位          | 第4位          | 第3位          | 第2位          | 第1位          | 第0位          |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| IB_OFFSET                | IB_OFF SET.7 | IB_OFF SET.6 | IB_OFF SET.5 | IB_OFF SET.4 | IB_OFF SET.3 | IB_OFF SET.2 | IB_OFF SET.1 | IB_OFF SET.0 |
| 读/写                      | 读/写          | 读/写          | 读/写          | 读/写          | 读/写          | 读/写          | 读/写          | 读/写          |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |

| 位编号 | 位符号            | 说明           |
|-----|----------------|--------------|
| 7-0 | IB_OFFSET[7:0] | 被擦除/编程的块单元地址 |

IB\_OFFSET[7:0]共8位，可以表示1个块区内全部256个字节的偏移量。

Table 7.8 编程用数据寄存器

| FCH                      | 第7位       | 第6位       | 第5位       | 第4位       | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_DATA                  | IB_DATA.7 | IB_DATA.6 | IB_DATA.5 | IB_DATA.4 | IB_DATA.3 | IB_DATA.2 | IB_DATA.1 | IB_DATA.0 |
| 读/写                      | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明    |
|-----|--------------|-------|
| 7-0 | IB_DATA[7:0] | 待编程数据 |

Table 7.9 操作类型选择寄存器

| F2H                      | 第7位       | 第6位       | 第5位       | 第4位       | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_CON1                  | IB_CON1.7 | IB_CON1.6 | IB_CON1.5 | IB_CON1.4 | IB_CON1.3 | IB_CON1.2 | IB_CON1.1 | IB_CON1.0 |
| 读/写                      | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明  |
|-----|--------------|---|
| 7-0 | IB_CON1[7:0] | 操作类型选择<br>E6H：扇区擦除（擦除时间 < 40ms）<br>6EH：编程存储单元（编程时间 < 50μs）<br>AAH：整体擦除（注意：在整体擦除操作中将忽略FAC位，详见FLASHCON寄存器）此命令仅在引导扇区内有效。 |

Table 7.10 SSP流程控制寄存器1

| F3H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_CON2                  | -   | -   | -   | -   | IB_CON2.3 | IB_CON2.2 | IB_CON2.1 | IB_CON2.0 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明                   |
|-----|--------------|----------------------|
| 3-0 | IB_CON2[3:0] | 必须为05H，否则Flash编程将会终止 |



Table 7.11 SSP流程控制寄存器2

| F4H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_CON3                  | -   | -   | -   | -   | IB_CON3.3 | IB_CON3.2 | IB_CON3.1 | IB_CON3.0 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明                   |
|-----|--------------|----------------------|
| 3-0 | IB_CON3[3:0] | 必须为0AH，否则Flash编程将会终止 |

Table 7.82 SSP流程控制寄存器3

| F5H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_CON4                  | -   | -   | -   | -   | IB_CON4.3 | IB_CON4.2 | IB_CON4.1 | IB_CON4.0 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明                   |
|-----|--------------|----------------------|
| 3-0 | IB_CON4[3:0] | 必须为09H，否则Flash编程将会终止 |

Table 7.13 SSP流程控制寄存器4

| F6H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位       | 第2位       | 第1位       | 第0位       |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IB_CON5                  | -   | -   | -   | -   | IB_CON5.3 | IB_CON5.2 | IB_CON5.1 | IB_CON5.0 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | 读/写       | 读/写       | 读/写       | 读/写       |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | 0         | 0         | 0         | 0         |

| 位编号 | 位符号          | 说明                   |
|-----|--------------|----------------------|
| 3-0 | IB_CON5[3:0] | 必须为06H，否则Flash编程将会终止 |

Table 7.14 软件复位标志和指令访问控制寄存器

| F7H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FLASHCON                 | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | FAC |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0   |

| 位编号 | 位符号 | 说明  |
|-----|-----|---|
| 0   | FAC | <b>执行区域选择位</b><br>0：MOVC指令或SSP操作执行区在程序存储区<br>1：MOVC指令或SSP操作执行区在客户信息块区/类EEPROM块区 |



### 7.4.2 SSP编程注意事项

为确保顺利完成SSP编程，用户软件应该遵循以下步骤设置：

#### (1) 用于代码/数据编程：

1. 关闭中断；
2. 如果待编程地址在客户信息区块/类EEPROM区块，将FAC位（FLASHCON.0）置1；如果待编程地址在程序存储区，将FAC位（FLASHCON.0）清0；
3. 按相应的待编程扇区号或区块号设置XPAGE、IB\_OFFSET；
4. 按编程需要，设置IB\_DATA；
5. 按照顺序设置IB\_CON1-5；
6. 添加4个NOP指令；
7. 开始编程，CPU将进入IDLE模式；编程完成后自动退出IDLE模式；
8. 如果需要继续写入数据，跳转至第3步；
9. XPAGE寄存器清0；恢复中断设置；根据后续程序需要置1或者清0 FAC位（FLASHCON.0）。

#### (2) 用于扇区或区块擦除：

1. 关闭中断；
2. 如果待编程地址在客户信息区块/类EEPROM区块，将FAC位（FLASHCON.0）置1；如果待编程地址在程序存储区，将FAC位（FLASHCON.0）清0
3. 按相应的扇区或区块设置XPAGE；
4. 按照顺序设置IB\_CON1 - 5；
5. 添加4个NOP指令；
6. 开始擦除，CPU将进入IDLE模式；擦除完成后自动退出IDLE模式；
7. 如果需要继续擦除扇区或区块，跳转至第3步；
8. XPAGE寄存器清0，恢复中断设置；根据后续程序需要置1或者清0 FAC位（FLASHCON.0）。

#### (3) 用于整体擦除：

整体擦除操作与扇区擦除操作类似。不同之处在于：

1. 整体擦除操作只能在引导扇区内进行；
2. FAC位（FLASHCON.0）的作用将被忽略。

**注：**SH99F01不支持ISP，因此无法实现基于SSP的整体擦除操作。

**注意：**数据访问可通过指令“MOVC A, @A+DPTR”或“MOVC A, @A+PC”实现。



7.5 系统时钟和振荡器

7.5.1 特性

- 仅支持1种振荡器类型：晶体谐振器
- 支持外部时钟输入
- 内建系统时钟分频器
- 内建PLT模块时钟分频器

7.5.2 概述

SH99F01仅支持1种振荡器类型：6M-16M晶体谐振器。由振荡器产生的基本时钟脉冲作为系统时钟提供给CPU和片上外围模块（包括PLT模块）。

7.5.3 寄存器

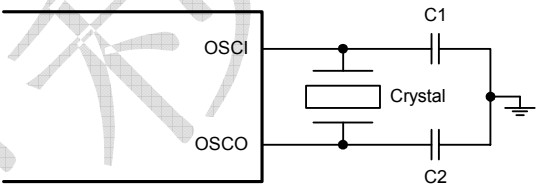
Table 7.15 系统时钟控制寄存器

| B2H                      | 第7位 | 第6位    | 第5位    | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位     |
|--------------------------|-----|--------|--------|-----|-----|-----|-----|---------|
| CLKCON                   | -   | CLKPS1 | CLKPS0 | -   | -   | -   | -   | PLCLKPS |
| 读/写                      | -   | 读/写    | 读/写    | -   | -   | -   | -   | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | 0      | 0      | -   | -   | -   | -   | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明   |
|-----|------------|--|
| 6-5 | CLKPS[1:0] | 系统时钟预分频器<br>00 : $f_{SYS} = f_{OSCS}$ (默认)<br>01 : $f_{SYS} = f_{OSCS}/2$<br>10 : $f_{SYS} = f_{OSCS}/4$<br>11 : $f_{SYS} = f_{OSCS}/12$ |
| 0   | PLCLKPS    | PLT模块时钟分频器<br>0 : $f_{PLT} = f_{OSCS}$ (默认)<br>1 : $f_{PLT} = f_{OSCS}/2$  |

7.5.4 振荡器类型

晶体谐振器：8M - 16MHz



7.5.5 谐振器负载电容选择

| 晶体谐振器  |        |        | 推荐型号               | 生产厂          |
|--------|--------|--------|--------------------|--------------|
| 频率     | C1     | C2     |                    |              |
| 8M-16M | 8-15pF | 8-15pF | HC-49U/S 8.000MHz  | 威克创通讯器材有限公司  |
|        |        |        | HC-49U/S 12.000MHz |              |
|        |        |        | HC-49U/S 16.000MHz |              |
|        |        |        | 49S-8.000M-F16E    | 深圳东光晶博电子有限公司 |
|        |        |        | 49S-12.000M-F16E   |              |
|        |        |        | 49S-16.000M-F16E   |              |

注意：





(1) 表中负载电容为设计参考数据!

(2) 以上电容值可通过谐振器基本的起振和运行测试, 并非最优值。

(3) 请注意印制板上的杂散电容, 用户应在超过应用电压和温度的条件下测试谐振器的性能。

在应用陶瓷谐振器/晶体谐振器之前, 用户需向谐振器生产厂要求相关应用参数以获得最佳性能。

请登陆<http://www.sinowealth.com>以取得更多的推荐谐振器生产厂。

## 7.6 系统电源

SH99F01分模拟和数字两路电源, 分别从 $V_{DD}$ 和 $AV_{DD}$ 输入。其中 $V_{DD}$ 电压范围3.0V - 5.5V,  $AV_{DD}$ 电压范围3.0V - 3.6V。在 $V_{DD}$ 使用5V电源供电时, 可使用内部稳压源产生3.3V电源提供给 $AV_{DD}$ , 无需外接3.3V电源。

内部稳压源通过客户代码OP\_REG33开启, 开启后 $AV_{DD}$ 需外接47 $\mu$ F电解电容至AGND, 具体应用可参考应用电路。

### 系统供电选项

| OP_REG33 | 内部3.3V稳压源 | $V_{DD}$ 引脚    | $AV_{DD}$ 引脚         |
|----------|-----------|----------------|----------------------|
| 0 (默认)   | 禁止        | 接3V - 5.5V电源供电 | 接3V - 3.6V电源供电       |
| 1        | 使能        | 接4V - 5.5V电源供电 | 接47 $\mu$ F电解电容到AGND |

## 7.7 I/O端口

### 7.7.1 特性

- 2组8位双向I/O端口
- I/O端口可与其它功能共享

SH99F01提供2组8位可编程双向I/O端口。端口数据在寄存器Px中。端口控制寄存器(PxCrY)控制端口是作为输入或者输出。当端口作为输入时, 每个I/O端口带有由PxPCrY控制的内部上拉电阻( $x = 0-1, y = 0-7$ )。

SH99F01的有些I/O引脚能与选择功能共享。当所有功能都允许时, 在CPU中存在优先权以避免功能冲突。(详见端口共享章节)。

### 7.7.2 寄存器

Table 7.16 端口控制寄存器

| E1H, E2H                 | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P0CR (E1H)               | P0CR.7 | P0CR.6 | P0CR.5 | P0CR.4 | P0CR.3 | P0CR.2 | P0CR.1 | P0CR.0 |
| P1CR (E2H)               | P1CR.7 | P1CR.6 | P1CR.5 | P1CR.4 | P1CR.3 | P1CR.2 | P1CR.1 | P1CR.0 |
| 读/写                      | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号                         | 说明                                 |
|-----|-----------------------------|------------------------------------|
| 7-0 | PxCrY<br>$x = 0-1, y = 0-7$ | 端口输入/输出控制寄存器<br>0: 输入模式<br>1: 输出模式 |

Table 7.17 端口上拉电阻控制寄存器

| E9H, EAH                 | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P0PCR (E9H)              | P0PCR.7 | P0PCR.6 | P0PCR.5 | P0PCR.4 | P0PCR.3 | P0PCR.2 | P0PCR.1 | P0PCR.0 |
| P1PCR (EAH)              | P1PCR.7 | P1PCR.6 | P1PCR.5 | P1PCR.4 | P1PCR.3 | P1PCR.2 | P1PCR.1 | P1PCR.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号 | 说明 |
|-----|-----|----|
|-----|-----|----|





|     |                                   |  |
|-----|-----------------------------------|--|
| 7-0 | <b>PxPCRY</b><br>x = 0-1, y = 0-7 | 输入端口内部上拉电阻控制<br>0 : 内部上拉电阻关闭<br>1 : 内部上拉电阻开启 |
|-----|-----------------------------------|--|

Table 7.18 端口数据寄存器

| 80H, 90H                         | 第7位  | 第6位  | 第5位  | 第4位  | 第3位  | 第2位  | 第1位  | 第0位  |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>P0 (80H)</b>                  | P0.7 | P0.6 | P0.5 | P0.4 | P0.3 | P0.2 | P0.1 | P0.0 |
| <b>P1 (90H)</b>                  | P1.7 | P1.6 | P1.5 | P1.4 | P1.3 | P1.2 | P1.1 | P1.0 |
| <b>读/写</b>                       | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写  |
| <b>复位值<br/>(POR/WDT/LVR/PIN)</b> | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

| 位编号 | 位符号                             | 说明      |
|-----|---------------------------------|---------|
| 7-0 | <b>Px.y</b><br>x = 0-1, y = 0-7 | 端口数据寄存器 |

## 7.7.4 端口共享

16个双向I/O端口也能共享作为第二功能，默认功能和第二功能不会同时使能。

当允许端口复用为其它功能时，用户可以修改PxCR、PxPCR (x = 0-1)，但在复用的其它功能被禁止前，这些操作不会影响端口状态。

当允许端口复用为其它功能时，任何对端口的读写操作只会影响到数据寄存器的值，端口引脚值保持不变，直到复用的其它功能关闭。

如果第二功能允许模拟模块例如ADC，不论实际引脚的电平或I/O状态，只能读回0。

## PORT0 :

- FILI (P0.0) : PLT 模块限幅放大器反馈路径输入
- FILO (P0.1) : PLT 模块限幅放大器反馈路径输出
- VINCOM (P0.2) : PLT 模块副通道接收信号输入
- AN1 (P0.3) : ADC 输入通道1
- AN2 (P0.4) : ADC 输入通道2
- AN3 (P0.5) : ADC 输入通道3
- TPO (P0.6) : 发送信号数字脉冲输出
- RPO (P0.7) : 接收信号数字脉冲输出

Table 7.19 PORT0共享列表

| 引脚编号 | 功能     | 允许位                                       |
|------|--------|---|
| 22   | P0.0   | PLCON寄存器中PLTEN和RSSIEN位均为0                 |
|      | FILI   | PLCON寄存器中PLTEN位置为1或RSSIEN位置为1             |
| 21   | P0.1   | PLCON寄存器中PLTEN和RSSIEN位均为0                 |
|      | FILO   | PLCON寄存器中PLTEN位置为1或RSSIEN位置为1             |
| 20   | P0.2   | PLCON寄存器中PLTEN位为0或PLT内部寄存器UMR3中AFECH位为0   |
|      | VINCOM | PLCON寄存器中PLTEN位置为1且PLT内部寄存器UMR3中AFECH位置为1 |
| 19   | P0.3   | ADCH寄存器中的CH1位为0                           |
|      | AN1    | ADCH寄存器中的CH1位置为1                          |
| 18   | P0.4   | ADCH寄存器中的CH2位为0                           |
|      | AN2    | ADCH寄存器中的CH2位置为1                          |
| 17   | P0.5   | ADCH寄存器中的CH3位为0                           |
|      | AN3    | ADCH寄存器中的CH3位置为1                          |



|    |      |                          |
|----|------|--------------------------|
| 16 | P0.6 | PLT UMR1寄存器中的PULSE_OP位为0 |
|    | TPO  | PLT UMR1寄存器中的PULSE_OP位为1 |
| 15 | P0.7 | PLT UMR1寄存器中的LIMIT_OP位为0 |
|    | RPO  | PLT UMR1寄存器中的PULSE_OP位为1 |

**PORT1:**

- RXD (P1.0) : EUART 数据输入
- TXD (P1.1) : EUART 数据输出
- INT0 (P1.2) : 外部中断0输入
- T0 (P1.3) : 定时器0外部输入或比较输出
- INT1 (P1.4) : 外部中断1输入
- T1 (P1.5) : 定时器1外部输入或比较输出
- T2 (P1.6) : 定时器2外部输入/波特率时钟输出
- T2EX (P1.7) : 定时器2重载/捕捉/方向控制输入

**Table 7.20** PORT1共享列表

| 引脚编号 | 功能   | 允许位  |
|------|------|--|
| 7    | P1.0 | SCON寄存器中REN位为0                                       |
|      | RXD  | SCON寄存器中REN位置为1                                      |
| 8    | P1.1 | 不写SBUF寄存器  |
|      | TXD  | 写入SBUF寄存器  |
| 9    | P1.2 | IEN0寄存器的EX0位为0, 或者Port1.2为输出状态                       |
|      | INT0 | IEN0寄存器的EX0位置1, 并且Port1.2为输入状态 (上拉由软件设置)             |
| 10   | P1.3 | TCON寄存器的TR0位为0或者TMOD寄存器的C/T0位为0                      |
|      | T0   | TCON寄存器的TR0位和TMOD寄存器的C/T0位都置1                        |
| 11   | P1.4 | IEN0寄存器的EX1位为0, 或者Port1.4为输出状态                       |
|      | INT1 | IEN0寄存器的EX1位置1, 并且Port1.4为输入状态 (上拉由软件设置)             |
| 12   | P1.5 | TCON寄存器的TR1位为0或者TMOD寄存器的C/T1位为0                      |
|      | T1   | TCON寄存器的TR1位和TMOD寄存器的C/T1位都置1 (自动上拉)                 |
| 13   | P1.6 | TCON寄存器的TR2位为0或者TMOD寄存器的C/T2位为0                      |
|      | T2   | TCON寄存器的TR2位和TMOD寄存器的C/T2位都置1 (自动上拉)                 |
| 14   | P1.7 | TCON寄存器的TR2位为0或者TMOD寄存器的C/T2位为0, 或者T2MOD寄存器的EXEN2位为0 |
|      | T2EX | TCON寄存器的TR2位, TMOD寄存器的C/T2位, T2MOD寄存器的EXEN2位都置为1     |



## 7.8 定时器

### 7.8.1 特性

- SH99F01有3个通用定时器（定时器0，1，2）
- 定时器0兼容标准的8051
- 定时器1兼容标准的8051
- 定时器2兼容标准的8052，且有递增递减计数和可编程输出功能
- 定时器0/1增加了比较输出功能

### 7.8.2 定时器0和定时器1

每个定时的两个数据寄存器（THx & TLx（x = 0，1））可作为一个16位寄存器来访问。它们由寄存器TCON和TMOD控制。IEN0寄存器的ET0和ET1位置1能允许定时器0和定时器1中断。（详见中断章节）。

#### 定时器x的模式（x = 0，1）

通过计数器/定时器模式寄存器（TMOD）的模式选择位Mx1-Mx0，选择定时器工作模式。

##### 模式0：13位计数器/定时器

在模式0中，定时器x为13位计数器/定时器。THx寄存器存放13位计数器/定时器的高8位，TLx存放低5位（TLx.4-TLx.0）。TLx的高三位（TLx.7-TLx.5）是不确定的，在读取时应该被忽略。当13位定时器寄存器递增，溢出时，系统置起定时器溢出标志TFx。如果定时器x中断被允许，将会产生一个中断。C/Tx位选择计数器/定时器的时钟源。

如果C/Tx = 1，定时器x输入引脚（Tx）的电平从高到低跳变，使定时器x数据寄存器加1。如果C/Tx = 0，选择系统时钟为定时器x的时钟源。

当GATEx = 0或GATEx = 1且输入信号INTx有效时，TRx置1打开定时器。GATEx置1允许定时器由外部输入信号INTx控制，便于测量INTx的正脉冲宽度。TRx位置1不强行复位定时器，这意味着如果TRx置1，定时器寄存器将从上次TRx清0时的值开始计数。所以在允许定时器之前，应该设定定时器寄存器的初始值。

当作为定时器应用时，可配置寄存器TCON1中的TC0/1位使定时器0溢出时T0/T1脚自动翻转。如果TC0/1被置1，T0/T1引脚自动设置为输出。

##### 模式1：16位计数器/定时器

除了使用16位定时器/计数器之外，模式1的运行与模式0一致。打开和配置计数器/定时器也如同模式0。

##### 模式2：8位自动重载计数器/定时器

模式2中，定时器x是8位自动重载计数器/定时器。TLx存放计数值，THx存放重载值。当在TLx中的计数器溢出至0x00时，置起定时器溢出标志TFx，寄存器THx的值被重加载寄存器TLx中。如果定时器中断使能，当TFx置1时将产生一个中断。而在THx中的重载值不会改变。在允许定时器正确计数开始之前，TLx必须初始化为所需的值。

除了自动重载功能外，模式2中的计数器/定时器的使能和配置与模式1和0是一致的。

当作为定时器应用时，可配置寄存器TCON1中的TC0/1位使定时器0/1溢出时T0/T1脚自动翻转。如果TC0/1被置1，T0/T1引脚自动设置为输出。

##### 模式3：两个8位计数器/定时器（只限于定时器0）

在模式3中，定时器0用作两个独立的8位计数器/定时器，分别由TL0和TH0控制。TL0使用定时器0的控制（在TCON中）和状态（在TMOD中）位：TR0，C/T0，GATE0和TF0。TL0能用系统时钟或外部输入信号作为时钟源。

TH0只能用作定时器功能，时钟源来自系统时钟。TH0由定时器1的控制位TR1控制使能，溢出时定时器1溢出标志TF1置1，控制定时器1中断。

定时器0工作在模式3时，定时器1可以工作在模式0、1或2，但是不能置1 TF1标志和产生中断，可以用来产生串口的波特率。TH1和TL1只能用作定时器功能，时钟源来自系统时钟，GATE1位无效。T1输入脚的上拉电阻也无效。定时器1由模式控制使能与否，因为TR1被定时器0占用。定时器1在模式0、1或2时使能，在模式3时被关闭。

当作为定时器应用时，可配置寄存器TCON1中的TC0位使定时器0溢出时T0脚自动翻转。如果TC0被置1，T0引脚自动设置为输出。

#### 注意：

当定时器0，1作为计数器时，输入信号被系统时钟同步，因此T0/T1必须低于系统时钟二分频，/INT0，/INT1必须低于系统时钟四分频；

当定时器1作为波特率发生器时，读取或写入TH1/TL1会影响波特率的准确性，因此也会引起通信出错。



## 寄存器

Table 7.21 定时器/计数器x控制寄存器 (x = 0,1)

| 88H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TCON                     | TF1 | TR1 | TF0 | TR0 | IE1 | IT1 | IE0 | IT0 |
| 读/写                      | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号  | 位符号             | 说明   |
|------|-----------------|--|
| 7, 5 | TFx<br>x = 0, 1 | 定时器x溢出标志位<br>0: 定时器x无溢出, 可由软件清0<br>1: 定时器x溢出, 由硬件置1; 若由软件置1将会引起定时器中断 |
| 6, 4 | TRx<br>x = 0, 1 | 定时器x启动, 停止控制位<br>0: 停止定时器x<br>1: 启动定时器x                              |
| 3, 1 | IEx<br>x = 0, 1 | 外部中断x请求标志位   |
| 2, 0 | ITx<br>x = 0, 1 | 外部中断x触发方式选择位   |

Table 7.22 定时器/计数器x方式寄存器 (x = 0,1)

| 89H                      | 第7位   | 第6位  | 第5位 | 第4位 | 第3位   | 第2位  | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|
| TMOD                     | GATE1 | C/T1 | M11 | M10 | GATE0 | C/T0 | M01 | M00 |
| 读/写                      | 读/写   | 读/写  | 读/写 | 读/写 | 读/写   | 读/写  | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0     | 0    | 0   | 0   | 0     | 0    | 0   | 0   |

| 位编号        | 位符号                 | 说明  |
|------------|---------------------|---|
| 7, 3       | GATEx<br>x = 0, 1   | 定时器x门控位<br>0: TRx置1, 定时器x即被允许<br>1: 只有INTx在高电平期间TRx置1, 定时器x才被允许   |
| 6, 2       | C/Tx<br>x = 0, 1    | 定时器/计数器方式选择位<br>0: 定时器方式<br>1: 计数器方式  |
| 5-4<br>1-0 | Mx[1:0]<br>x = 0, 1 | 定时器x定时器方式选择位<br>00: 方式0, 13位向上计数计数器/定时器, 忽略TLx的第7-5位<br>01: 方式1, 16位向上计数计数器/定时器<br>10: 方式2, 8位自动重载向上计数计数器/定时器<br>11: 方式3 (只用于定时器0), 两个8位向上计数定时器 |



Table 7.23 定时器x/计数器x数据寄存器 (x = 0,1)

| 8AH-8DH                  | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位   | 第3位   | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TL0(8AH)                 | TL0.7 | TL0.6 | TL0.5 | TL0.4 | TL0.3 | TL0.2 | TL0.1 | TL0.0 |
| TH0(8CH)                 | TH0.7 | TH0.6 | TH0.5 | TH0.4 | TH0.3 | TH0.2 | TH0.1 | TH0.0 |
| TL1(8BH)                 | TL1.7 | TL1.6 | TL1.5 | TL1.4 | TL1.3 | TL1.2 | TL1.1 | TL1.0 |
| TH1(8DH)                 | TH1.7 | TH1.6 | TH1.5 | TH1.4 | TH1.3 | TH1.2 | TH1.1 | TH1.0 |
| 读/写                      | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位编号 | 位符号                          | 说明           |
|-----|------------------------------|--------------|
| 7-0 | TLx.y, THx.y<br>x=0-1, y=0-7 | 定时器x低及高字节计数器 |

Table 7.24 定时器/计数器x控制寄存器1 (x = 0,1)

| CEH                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TCON1                    | -   | -   | -   | -   | -   | -   | TC1 | TC0 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号            | 说明  |
|-----|----------------|---|
| 1-0 | TCx<br>x = 0,1 | 比较输出功能允许位<br>0：禁止定时器x比较输出功能<br>1：允许定时器x比较输出功能 |



### 7.8.3 定时器2

两个数据寄存器（TH2和TL2）串联后可作为一个16位寄存器来访问，由寄存器T2CON和T2MOD控制。设置IEN0寄存器中的ET2位能允许定时器2中断。（详见中断章节）

定时器2的工作模式与定时器0和定时器1相似。C/T2选择系统时钟（定时器）或外部引脚T2（计数器）作为定时器时钟输入。通过所选的引脚设置TR2允许定时器2/计数器2数据寄存器计数。

#### 定时器2模式

定时器2有4种工作模式：捕获/重载，带递增或递减计数器的自动重载方式，波特率发生器和可编程时钟输出。RCLK，TCLK和CP/RL2的组合能选择这些模式。

Table 7.25 定时器2方式选择

| C/T2 | T2OE | DCEN | TR2 | CP/RL2 | RCLK | TCLK | 模式 |                   |
|------|------|------|-----|--------|------|------|----|-------------------|
| X    | 0    | X    | 1   | 1      | 0    | 0    | 0  | 16位捕获             |
| X    | 0    | 0    | 1   | 0      | 0    | 0    | 1  | 16位自动重载定时器        |
| X    | 0    | 1    | 1   | 0      | 0    | 0    |    |                   |
| X    | 0    | X    | 1   | X      | 1    | X    | 2  | 波特率发生器            |
|      |      |      |     |        | X    | 1    |    |                   |
| 0    | 1    | X    | 1   | X      | 0    | 0    | 3  | 只用于可编程时钟          |
|      |      |      |     |        | 1    | X    | 3  | 带波特率发生器的可编程时钟输出   |
|      |      |      |     |        | X    | 1    |    |                   |
| 1    | 1    | X    | 1   | X      | X    | X    | X  | 不推荐使用             |
| X    | X    | X    | 0   | X      | X    | X    | X  | 定时器2停止，T2EX通路仍旧允许 |

#### 模式0：16位捕获

在捕获模式中，T2CON的EXEN2位有两个选项。

如果EXEN2 = 0，定时器2作为16位定时器或计数器，如果IET2被允许的话，定时器2能设置TF2溢出产生一个中断。

如果EXEN2 = 1，定时器2执行相同操作，但是在外部输入T2EX上的下降沿也能引起在TH2和TL2中的当前值分别被捕获到RCAP2H和RCAP2L中，此外，在T2EX上的下降沿也能引起在T2CON中的EXF2被设置。如果IET2被允许，EXF2位也像TF2一样也产生一个中断。

#### 模式1：16位自动重载定时器

在16位自动重载模式下，定时器2可以被选为递增计数或递减计数。这个功能通过T2MOD中的DCEN位（递减计数允许）选择。系统复位后，DCEN位复位值为0，定时器2默认递增计数。当设置DCEN时，定时器2递增计数或递减计数取决于T2EX引脚上的电平。

当DCEN = 0，通过在T2CON中的EXEN2位选择两个选项。

如果EXEN2 = 0，定时器2递增至0FFFFH，在溢出后置起TF2位，同时定时器自动将用户软件写好的寄存器RCAP2H和RCAP2L的16位值装入TH2和TL2寄存器。

如果EXEN2 = 1，溢出或在外部输入T2EX上的下降沿都能触发一个16位重载，置起EXF2位。如果IET2被使能，TF2和EXF2位都能产生一个中断。

设置DCEN位允许定时器2递增计数或递减计数。当DCEN = 1时，T2EX引脚控制计数的方向，而EXEN2控制无效。

T2EX置1可使定时器2递增计数。定时器递增至0FFFFH，在溢出后设置TF2位。溢出也能分别引起RCAP2H和RCAP2L上的16位值重加载定时器寄存器。

T2EX清0可使定时器2递减计数。当TH2和TL2的值小于RCAP2H和RCAP2L的值时，定时器溢出。置起TF2位，同时0FFFFH重加载定时器寄存器。

无论定时器2溢出，EXF2位都被用作结果的第17位。在此工作方式下，EXF2不作为中断标志。





### 模式2：波特率发生器

通过设置T2CON寄存器中的TCLK和/或RCLK选择定时器2作为波特率发生器。请注意如果将定时器2作为接收器或发送器而定时器1作他用时，发送和接收的波特率可以是不同的。

设置RCLK和/或TCLK使定时器2进入波特率发生器模式，该模式与自动重加载模式相似。

定时器2的溢出会引起软件将RCAP2H和RCAP2L寄存器中的16位值重加载定时器2寄存器，但不会产生中断。

如果EXEN2被置1，在T2EX脚上的下降沿会置起EXF2，但不会引起重载（RCAP2H，RCAP2L到TH2，TL2）。因此当定时器2作为波特率发生器时，T2EX可作为一个额外的外部中断。

在EUART模式1和3中的波特率由定时器2的溢出率根据下列方程式决定。

$$\text{BaudRate} = \frac{1}{2 \times 16} \times \frac{\text{System Clock}}{65536 - [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]} ; \overline{\text{C/T2}} = 0$$

$$\text{BaudRate} = \frac{1}{16} \times \frac{\text{T2 frequency}}{65536 - [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]} ; \overline{\text{C/T2}} = 1$$

#### 注意：

当Timer2在波特率发生器模式下作为定时器工作时（TR2 = 1），TH2或TL2不能读取或写入。原因如下：

定时器在每个状态时间递增，可能导致读取或写入的结果不精确。

RCAP2寄存器能读取不能写入，因为写入会覆盖重载而且会引起写入和重载出错。

因此，在访问TH2/TL2或RCAP2H/RCAP2L寄存器之后，Timer2必须被关闭（清除TR2）。

### 模式3：可编程时钟输出

在这种模式中，T2输出占空比为50%的时钟：

$$\text{Clock Out Frequency} = \frac{1}{2 \times 2} \times \frac{\text{System Clock}}{65536 - [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]}$$

定时器2溢出不产生中断。所以定时器2可以同时以相同频率用作波特率发生器和时钟输出。

#### 注意：

(1) TF2 和 EXF2 都能引起定时器2的中断请求，两者有相同的向量地址。

(2) 当事件发生时或其它任何时间都能由软件设置 TF2 和 EXF2 为 1，只有软件以及硬件复位才能使之清 0。

(3) 当 EA = 1 且 ET2 = 1 时，设置 TF2 或 EXF2 为 1 能引起定时器2中断。

(4) 当定时器2作为波特率发生器时，写入 TH2/TL2，写入 RCAP2H/RCAP2L 会影响波特率的准确性，因此也会引起通信出错。



## 寄存器

Table 7.26 定时器2控制寄存器

| C8H                       | 第7位 | 第6位  | 第5位  | 第4位  | 第3位   | 第2位 | 第1位  | 第0位    |
|---------------------------|-----|------|------|------|-------|-----|------|--------|
| T2CON                     | TF2 | EXF2 | RCLK | TCLK | EXEN2 | TR2 | C/T2 | CP/RL2 |
| 读/写                       | 读/写 | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写   | 读/写 | 读/写  | 读/写    |
| 复位值<br>(POR/WDTR/LVR/PIN) | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     | 0   | 0    | 0      |

| 位编号 | 位符号    | 说明  |
|-----|--------|---|
| 7   | TF2    | 定时器2溢出标志位<br>0：无溢出<br>1：溢出（如果RCLK = 0和TCLK = 0，由硬件设置）   |
| 6   | EXF2   | T2EX引脚外部事件输入（下降沿）被检测到的标志位<br>0：无外部事件输入（必须由软件清0）<br>1：检测到外部输入（如果EXEN2 = 1，由硬件设1）                                       |
| 5   | RCLK   | EUART0接收时钟控制位<br>0：定时器1产生接收波特率<br>1：定时器2产生接收波特率   |
| 4   | TCLK   | EUART0发送时钟控制位<br>0：定时器1产生发送波特率<br>1：定时器2产生发送波特率   |
| 3   | EXEN2  | T2EX引脚上的外部事件输入（下降沿）用作重载/捕获触发器允许/禁止控制位<br>0：忽略T2EX引脚上的事件<br>1：当定时器2不做为EUART时钟（T2EX始终包括上拉电阻）时，检测到T2EX引脚上一个下降沿，产生一个捕获或重载 |
| 2   | TR2    | 定时器2开始/停止控制位<br>0：停止定时器2<br>1：开始定时器2  |
| 1   | C/T2   | 定时器2定时器/计数器方式选定位<br>0：定时器方式，T2引脚用作I/O端口<br>1：计数器方式，内部上拉电阻被打开  |
| 0   | CP/RL2 | 捕获/重载方式选定位<br>0：16位带重载功能的定时器/计数器<br>1：16位带捕获功能的定时器/计数器  |





Table 7.27 定时器2方式控制寄存器

| C9H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位  | 第0位  |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| T2MOD                    | -   | -   | -   | -   | -   | -   | T2OE | DCEN |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写  | 读/写  |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0    | 0    |

| 位编号 | 位符号  | 说明  |
|-----|------|---|
| 1   | T2OE | 定时器2输出允许位<br>0：设置P1.6/T2作为时钟输入或I/O端口<br>1：设置P1.6/T2作为时钟输出（波特率发生器方式） |
| 0   | DCEN | 递减计数允许位<br>0：禁止定时器2作为递增/递减计数器，定时器2仅作为递增计数器<br>1：允许定时器2作为递增/递减计数器    |

Table 7.28 定时器2重载/捕获和数据寄存器

| CAH-CDH                  | 第7位      | 第6位      | 第5位      | 第4位      | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| RCAP2L (CAH)             | RCAP2L.7 | RCAP2L.6 | RCAP2L.5 | RCAP2L.4 | RCAP2L.3 | RCAP2L.2 | RCAP2L.1 | RCAP2L.0 |
| RCAP2H (CBH)             | RCAP2H.7 | RCAP2H.6 | RCAP2H.5 | RCAP2H.4 | RCAP2H.3 | RCAP2H.2 | RCAP2H.1 | RCAP2H.0 |
| TL2 (CCH)                | TL2.7    | TL2.6    | TL2.5    | TL2.4    | TL2.3    | TL2.2    | TL2.1    | TL2.0    |
| TH2 (CDH)                | TH2.7    | TH2.6    | TH2.5    | TH2.4    | TH2.3    | TH2.2    | TH2.1    | TH2.0    |
| 读/写                      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |

| 位编号 | 位符号                  | 说明                    |
|-----|----------------------|-----------------------|
| 7-0 | RCAP2L.x<br>RCAP2H.x | 定时器2重载/捕获数据，x = 0 - 7 |
| 7-0 | TL2.x<br>TH2.x       | 定时器2高位低位计数器，x = 0 - 7 |



## 7.9 中断

### 7.9.1 特性

- 9个中断源
- 4层中断优先级
- 程序超范围中断

SH99F01有9个中断源：OVL NMI中断，2个外部中断（外部中断0/1），3个定时器中断（定时器0/1/2），EUART中断，ADC中断，PLT中断。

### 7.9.2 程序超范围中断（OVL）

SH99F01有一个不可屏蔽中断（NMI）源——程序超范围中断（OVL），其向量定位在007BH中，不可屏蔽中断用以防止CPU超出有效程序范围。为应用这个特性，用户应该用常量0xA5填满未使用的Flash ROM，如果PC超过了用户的有效程序范围，则运算代码为不存在在8051指令集中的0xA5，CPU因此获知PC已经超出了有效的程序范围，同时OVL中断发生。如果PC超过16K Flash ROM范围，不可屏蔽中断OVL同样会发生。

不可屏蔽中断OVL享有最高优先级（除复位外），不会被其它中断源中断。同样不可屏蔽中断OVL能自身嵌套，但堆栈不会因此增加。当OVL中断发生后，其它中断仍旧被允许，如果满足设定的条件，其它中断的标志将置1。

**由于OVL中断是不可屏蔽中断并且具有最高中断优先级，当产生OVL中断时，其它任何中断都被屏蔽掉，不能响应，所以用户必须处理OVL中断以保护系统免受不必要的影响。**用户可以用OVL中断服务程序末端的RETI指令来修改压入栈顶的地址（因为进入OVL中断时，压入堆栈顶端的地址是无用的），这样跳出中断服务程序后，程序可以跳转到用户指定的代码，诸如复位入口或保护程序入口。

OVL\_NMI\_SERVICE:

```
.....  
MOV     SP, #Initial_value  
MOV     DPTR, #Start_or_Initial_address  
PUSH    DPL  
PUSH    DPH  
RETI
```

#### 特别提示：

**由于OVL中断是不可屏蔽中断并且具有最高中断优先级，当产生OVL中断时，其它任何中断都被屏蔽掉，不能响应，所以用户必须处理OVL中断以保护系统免受不必要的影响。**



## 7.9.3 中断允许

任何一个中断源均可通过对寄存器IEN0和IEN1中相应的位置1或清0，实现单独允许或禁止。IEN0寄存器中还包含了一个全局允许位EA，它是所有中断的总开关。一般在复位后，所有中断允许位设置为0，所有中断被禁止。

Table 7.29 初级中断允许寄存器

| A8H                      | 第7位 | 第6位  | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| IEN0                     | EA  | EADC | ET2 | ES  | ET1 | EX1 | ET0 | EX0 |
| 读/写                      | 读/写 | 读/写  | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号  | 说明  |
|-----|------|---|
| 7   | EA   | 所有中断允许位<br>0：禁止所有中断<br>1：允许所有中断               |
| 6   | EADC | ADC中断允许位<br>0：禁止ADC中断<br>1：允许ADC中断            |
| 5   | ET2  | 定时器溢出中断允许位<br>0：禁止定时器2溢出中断<br>1：允许定时器2溢出中断    |
| 4   | ES   | EUART中断允许位<br>0：禁止EUART中断<br>1：允许EUART中断      |
| 3   | ET1  | 定时器1溢出中断允许位<br>0：禁止定时器 1溢出中断<br>1：允许定时器 1溢出中断 |
| 2   | EX1  | 外部中断1允许位<br>0：禁止外部中断1<br>1：允许外部中断1            |
| 1   | ET0  | 定时器0溢出中断允许位<br>0：禁止定时器0溢出中断<br>1：允许定时器0溢出中断   |
| 0   | EX0  | 外部中断0允许位<br>0：禁止外部中断0<br>1：允许外部中断0            |

Table 7.30 次级中断允许寄存器

| A9H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位  |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| IEN1                     | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | EPLT |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写  |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0    |

| 位编号 | 位符号  | 说明                                 |
|-----|------|------------------------------------|
| 0   | EPLT | PLT中断允许位<br>0：禁止PLT中断<br>1：允许PLT中断 |



## 7.9.4 中断标志

每个中断源都有自己的中断标志，当产生中断时，硬件会置起相应的标志位，在中断汇总表中会列出中断标志位。

外部中断源产生外部中断INT<sub>x</sub> ( $x = 0, 1$ ) 时，如果中断为边沿触发，CPU在响应中断后，各中断标志位 (TCON寄存器的IE0/1位) 被硬件清0；如果中断是低电平触发，外部中断源直接控制中断标志，而不是由片上硬件控制。

定时器0/1的计数器溢出时，TCON寄存器的TF<sub>x</sub> ( $x = 0, 1$ ) 中断标志位置1，产生**定时器0/1**中断，CPU在响应中断后，标志被硬件自动清0。

T2CON寄存器的TF2或EXF2标志位置1时，产生**定时器2**中断，CPU在响应中断后，标志不能被硬件自动清0。事实上，中断服务程序必须决定是由TF2或是EXF2产生中断，标志必须由软件清0。

SCON寄存器的标志RI或TI置1时，产生EUART中断，CPU在响应中断后，标志不会被硬件自动清0。事实上，中断服务程序必须判断是收中断还是发中断，标志必须由软件清0。

ADCON寄存器的ADCIF标志位被置1时，产生ADC中断。如果中断产生，ADCDH/ADC DL中的转换结果是有效的。如果ADC模块的连续比较功能打开，在每次转换中，如果转换结果小于比较值时，ADCIF标志位为0；如果转换结果大于比较值时，ADCIF标志位置1，ADCIF中断标志必须由软件清除。

PLSTAT寄存器的标志RXINT或TXINT置1时，产生**PLT**中断，CPU在响应中断后，标志不会被硬件自动清0。事实上，中断服务程序必须判断是接收中断还是发送中断，标志必须由软件清0。

Table 7.31 定时器x/计数器x控制寄存器 ( $x = 0, 1$ )

| 88H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| TCON                     | TF1 | TR1 | TF0 | TR0 | IE1 | IT1 | IE0 | IT0 |
| 读/写                      | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号  | 位符号                               | 说明                                  |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 7, 5 | TF <sub>x</sub><br>( $x = 0, 1$ ) | 定时器x溢出标志<br>0：定时器x无溢出<br>1：定时器x溢出   |
| 6, 4 | TR <sub>x</sub><br>( $x = 0, 1$ ) | 定时器x启动，停止控制<br>0：停止定时器x<br>1：启动定时器x |
| 3, 1 | IE <sub>x</sub><br>( $x = 0, 1$ ) | 外部中断x请求标志<br>0：无中断挂起<br>1：中断挂起      |
| 2, 0 | IT <sub>x</sub><br>( $x = 0, 1$ ) | 外部中断x触发方式<br>0：低电平触发<br>1：下降沿边触发    |



### 7.9.5 中断向量

当一个中断产生时，程序计数器内容被压栈，相应的中断向量地址被加载程序计数器。中断向量的地址在**中断汇总表**中详细列出。

### 7.9.6 中断优先级

每个中断源都可被单独设置为4个中断优先级之一，分别通过清0或置1 IPL0，IPH0，IPL1，IPH1中相应位来实现。但OVL不可屏蔽中断无需IPH/IPL控制，在所有中断源中享有最高优先级（除复位外）。中断优先级服务程序描述如下：

响应一个中断服务程序时，可响应更高优先级的中断，但不能响应同优先级或低优先级的另一个中断。

响应最高级中断服务程序时，不响应其它任何中断。如果不同中断优先级的中断源同时申请中断时，响应较高优先级的中断申请。

如果同优先级的中断源在指令周期开始时同时申请中断，那么内部查询序列确定中断请求响应顺序。

| 中断优先级 |      |            |
|-------|------|------------|
| 优先位   |      | 中断优先级      |
| IPHx  | IPLx |            |
| 0     | 0    | 等级0（最低优先级） |
| 0     | 1    | 等级1        |
| 1     | 0    | 等级2        |
| 1     | 1    | 等级3（最高优先级） |

Table 7.32 中断优先级控制寄存器

| B8H, B4H                 | 第7位 | 第6位   | 第5位  | 第4位 | 第3位  | 第2位  | 第1位  | 第0位   |
|--------------------------|-----|-------|------|-----|------|------|------|-------|
| IPL0 (B8H)               | -   | PADCL | PT2L | PSL | PT1L | PX1L | PT0L | PX0L  |
| IPH0 (B4H)               | -   | PADCH | PT2H | PSH | PT1H | PX1H | PT0H | PX0H  |
| 读/写                      | -   | 读/写   | 读/写  | 读/写 | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写   |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | 0     | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0     |
| B9H, B5H                 | 第7位 | 第6位   | 第5位  | 第4位 | 第3位  | 第2位  | 第1位  | 第0位   |
| IPL1 (B9H)               | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | PPLTL |
| IPH1 (B5H)               | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | PPLTH |
| 读/写                      | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | 读/写   |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -     | -    | -   | -    | -    | -    | 0     |

| 位编号 | 位符号     | 说明            |
|-----|---------|---------------|
| 7-0 | PxxxL/H | 相应中断源xxx优先级选择 |



### 7.9.7 中断处理

中断标志在每个机器周期都会被采样获取。所有中断都在时钟的上升沿被采样。如果一个标志被置起，那么CPU捕获到后中断系统调用一个长转移指令（LCALL）调用其中断服务程序，但由硬件产生的LCALL会被下列任何条件阻止：

同级或更高级的优先级中断在运行中。

当前的周期不是执行中指令的最后一个周期。换言之，正在执行的指令完成前，任何中断请求都得不到响应。

正在执行的是一条RETI或者访问专用寄存器IEN0\1或是IPL\H的指令。换言之，在RETI或者读写IEN0\1或是IPL\H之后，不会马上响应中断请求，而至少在执行一条其它指令之后才会响应。

**注意：**因为更改优先级通常需要2条指令，在此期间，建议关闭相应的中断以避免在修改优先级过程中产生中断。如果当模块状态改变而中断标志不再有效时，将不会响应此中断。每一个轮询周期只查询有效的中断请求。

由硬件产生的LCALL把程序计数器中的内容压入堆栈（但不保存PSW），然后将相应中断源的向量地址（参照中断向量表）存入程序计数器。

中断服务程序从指定地址开始，到RETI指令结束。RETI指令通知处理器中断服务程序结束，然后把堆栈顶部两字节弹出，重加载程序计数器中，执行完中断服务程序后程序回到原来停止的地方。RET指令也可以返回到原来地址继续执行，但是中断优先级控制系统仍然认为一个同一优先级的中断被响应，这种情况下，当同一优先级或低优先级中断将不会被响应。

### 7.9.8 中断响应时间

如果检测出一个中断，这个中断的请求标志位就会在被检测后的每个机器周期被置起。内部电路会保持这个值直到下一个机器周期，CPU会在第三个机器周期产生中断。如果响应有效且条件允许，在下一个指令执行的时候硬件LCALL指令将调用请求中断的服务程序，否则中断被挂起。LCALL指令调用程序需要7个机器周期。因而，从外部中断请求到开始执行中断程序至少需要3+7个完整的机器周期。

当请求因前述的三个情况受阻时，中断响应时间会加长。如果同级或更高优先级的中断正在执行，额外的等待时间取决于正执行的中断服务程序的长度。

如果正在执行的指令还没有进行到最后一个周期，假如正在执行RETI指令，则完成正在执行的RETI指令，需要8个周期，加上为完成下一条指令所需的最长时间20个机器周期（如果该指令是16位操作数的DIV，MUL指令），若系统中只有一个中断源，再加上LCALL调用指令7个机器周期，则最长的响应时间是2+8+20+7个机器周期。

所以，中断响应时间一般大于10个机器周期小于37个机器周期。



### 7.9.9 外部中断输入

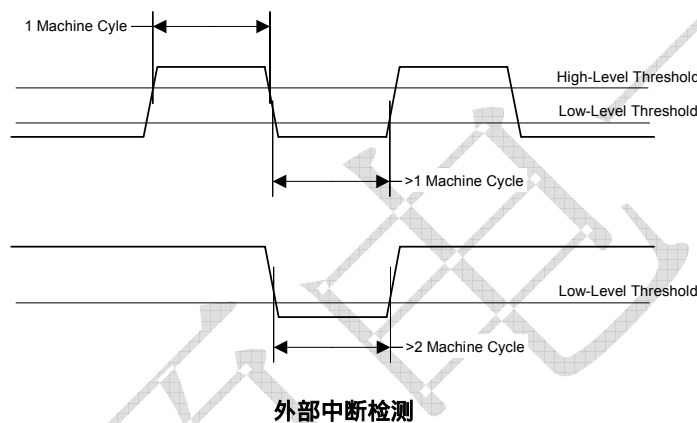
SH99F01有2个外部中断输入。外部中断0/1分别有一个独立的中断源,可以通过设置TCON寄存器的IT1,IT0位来选择是电平触发或是边沿触发。当 $ITx = 0$  ( $x = 0, 1$ ) 时,外部中断 $INTx$  ( $x = 0, 1$ ) 引脚为低电平触发;当 $ITx$  ( $x = 0, 1$ ) = 1,外部中断 $INTx$  ( $x = 0, 1$ ) 为沿触发,在这个模式中,一个周期内 $INTx$  ( $x = 0, 1$ ) 引脚上连续采样为高电平而下个周期为低电平,TCON寄存器的中断请求标志位置1,发出一个中断请求。由于外部中断引脚每个机器周期采样一次,输入高或低电平应当保持至少1个机器周期以确保能够被正确采样到。

如果外部中断为下降沿触发,外部中断源应当将中断脚至少保持1个机器周期高电平,然后至少保持1个机器周期低电平。这样就确保了边沿能够被检测到以使 $IEx$ 置1。当调用中断服务程序后,CPU自动将 $IEx$ 清0。

如果外部中断为低电平触发,外部中断源必须一直保持请求有效,直到产生所请求的中断为止,此过程需要2个系统时钟周期。如果中断服务完成后而外部中断仍旧维持,则会产生下一次中断。当中断为电平触发时不必清除中断标志 $IEx$  ( $x = 0, 1, 2, 3$ ),因为中断只与输入口电平有关。

当SH99F01进入空闲或是掉电模式,中断会唤醒处理器继续工作,详见**电源管理**章节。

**注意:** 外部中断0/1的中断标志位在执行中断服务程序时被自动硬件清0。



### 7.9.10 中断汇总

| 中断源     | 向量地址  | 允许位  | 标记位         | 轮询优先级   |
|---------|-------|------|-------------|---------|
| Reset   | 0000h | -    | -           | 0 (最高级) |
| INT0    | 0003h | EX0  | IE0         | 2       |
| Timer0  | 000Bh | ET0  | TF0         | 3       |
| INT1    | 0013h | EX1  | IE1         | 4       |
| Timer1  | 001Bh | ET1  | TF1         | 5       |
| EUART   | 0023h | ES   | RI+TI       | 6       |
| Timer2  | 002Bh | ET2  | TF2+EXF2    | 7       |
| ADC     | 0033h | EADC | ADCIF       | 8       |
| PLT     | 003Bh | EPLT | RXINT+TXINT | 9       |
| OVL NMI | 007Bh | -    | -           | 1       |





8. 增强功能

8.1 增强型通用异步收发器 (EUSART)

8.1.1 特性

- SH99F01带有1个EUSART，兼容传统8051
- 波特率可选择为系统时钟分频或定时器1/2的溢出率
- 增强功能包括帧出错检测及自动地址识别
- EUSART有四种工作方式

8.1.2 EUSART工作方式

EUSART有4种工作方式。在通信之前用户必须先初始化SCON，选择方式和波特率。如果使用方式1或方式3应先初始化定时器1或定时器2。

在所有四种方式中，任何将SBUF作为目标寄存器的写操作都会启动发送。在方式0中由设置RI = 0和REN = 1初始化接收。这会在TXD引脚上产生一个时钟信号，然后在RXD引脚上移8位数据。在其他方式中由输入的起始位初始化接收(如果REN = 1)。通过发送起始位，外部发送器开始通信。

**注意：**由于TxD与P1.1复用，因此当有数据写入SBUF时，UART将通过TxD发送数据。当发送结束后，TxD将恢复成作为I/O使用。所以当需要使用UART时，用户必须在UART初始化程序中将P1.1设置成输出高的状态。

EUSART模式列表

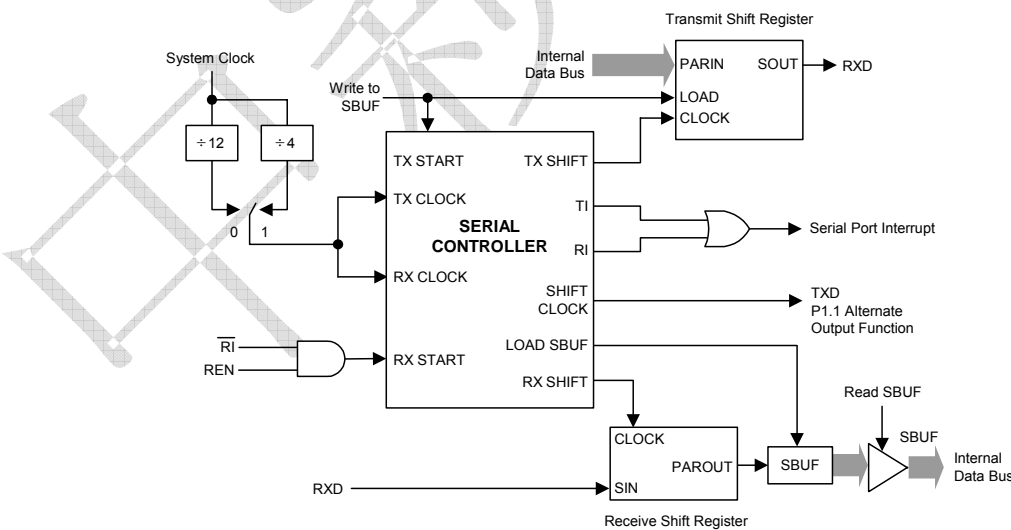
| SM0 | SM1 | 方式 | 类型 | 波特时钟               | 帧长度 | 起始位 | 停止位 | 第9位  |
|-----|-----|----|----|--------------------|-----|-----|-----|------|
| 0   | 0   | 0  | 同步 | $f_{SYS}/(4或12)$   | 8位  | 无   | 无   | 无    |
| 0   | 1   | 1  | 异步 | 定时器1或2的溢出率/(16或32) | 10位 | 1   | 1   | 无    |
| 1   | 0   | 2  | 异步 | $f_{SYS}/(32或64)$  | 11位 | 1   | 1   | 0, 1 |
| 1   | 1   | 3  | 异步 | 定时器1或2的溢出率/(16或32) | 11位 | 1   | 1   | 0, 1 |

模式0：同步，半双工通讯

方式0支持与外部设备的同步通信。在RXD引脚上收发串行数据。TXD引脚用作发送移位时钟。因此这个模式是串行通信的半双工方式。在这个方式中，每帧收发8位，低位先接收或发送。

通过置SM2位 (SCON.5) 为0或1，波特率固定为系统时钟的1/12或1/4。当SM2位为0时，串行端口以系统时钟的1/12运行。当置1时，串行端口以系统时钟的1/4运行。与标准8051唯一不同的是，SH99F01在方式0中有可变波特率。

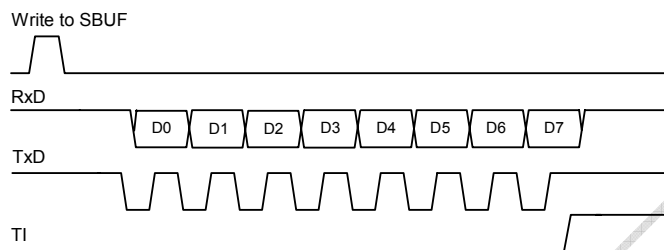
功能块框图如下图所示。数据通过RXD引脚进入和移出串行端口。移位时钟由TXD引脚输出，用来移位进出SH99F01的数据。





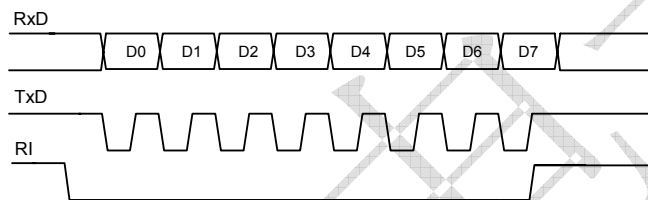


任何将SBUF作为目标寄存器的写操作都会启动发送。下一个系统时钟Tx控制块开始发送。数据转换发生在移位时钟的下降沿，移位寄存器的内容逐次从左往右移位，空位置0。当移位寄存器中的所有8位都发送后，Tx控制模块停止发送操作，然后在下一个系统时钟的上升沿将TI置1（SCON.1），并且RxD引脚保持高电平。



Send Timing of Mode 0

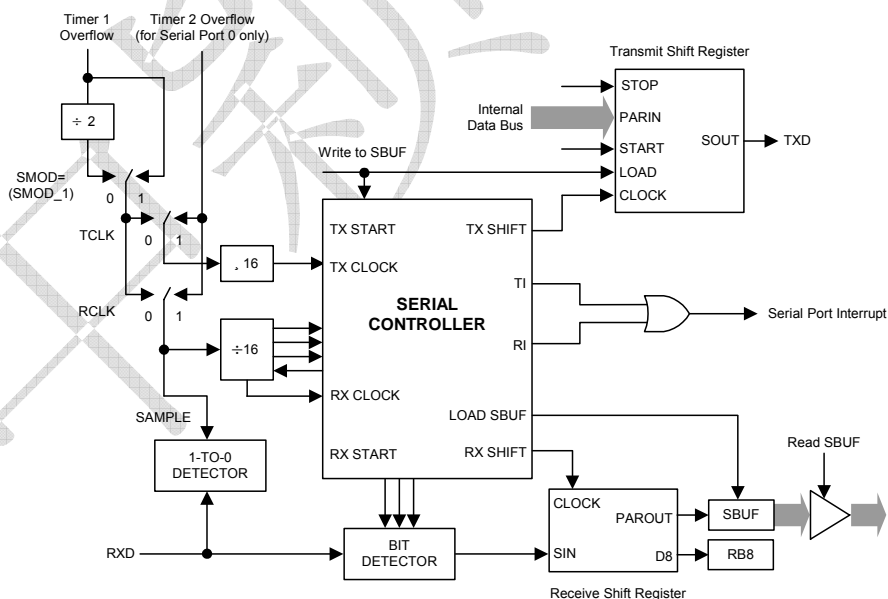
REN（SCON.4）置1和RI（SCON.0）清0初始化接收。下一个机器周期启动接收，在移位时钟的上升沿锁存数据，接收转换寄存器的内容逐次向左移位。当所有8位都移入接收移位寄存器中后，Rx控制块停止接收，然后在下一个机器周期的上升沿上RI置1，直到被软件清0才允许接收。



Receive Timing of Mode 0

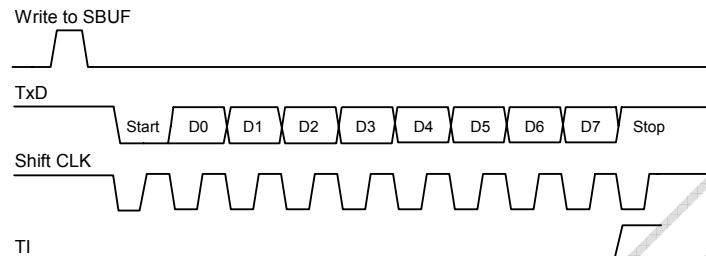
### 模式1：8位EUART，可变波特率，异步全双工

模式1提供10位全双工异步通讯，10位由一个起始位（逻辑0），8个数据位（低位为第一位），和一个停止位（逻辑1）组成。在接收时，这8个数据位存储在SBUF中而停止位存储在RB8（SCON.2）中。模式1中的波特率是可变的，串行收发波特率可被设置为定时器1溢出率的1/16或1/32，或是定时器2溢出率的1/16（详见波特率章节）。功能块框图如下图所示：





任何将SBUF作为目标寄存器的写操作都会启动发送，实际上发送是从16分频计数器中的下一次跳变之后的系统时钟开始的，因此位时间与16分频计数器是同步的，与对SBUF的写操作不同步。起始位首先在TXD引脚上移出，然后是8位数据位。在发送移位寄存器中的所有8位数据都发送完后，停止位在TXD引脚上移出，在停止位发出的同时TI标志置1。

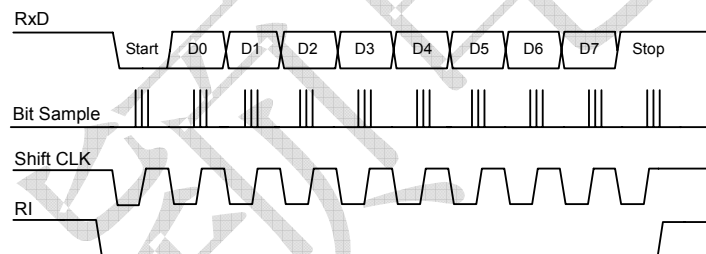


Send Timing of Mode 1

只有REN位置1时才允许接收。当RXD引脚检测到下降沿时串行口开始接收串行数据。为此，CPU对RXD不断采样，采样速率为波特率的16倍。当检测下降沿时，16分频计数器立即复位，这有助于16分频计数器与RXD引脚上的串行数据位同步。16分频计数器把每一位的时间分为16个状态，在第7、8、9状态时，位检测器对RXD端的电平进行采样。为抑制噪声，在这3个状态采样中至少有2次采样值一致数据才被接收。如果所接收的第一位不是0，说明这位不是一帧数据的起始位，该位被忽略，接收电路被复位，等待RXD引脚上另一个下降沿的到来。若起始位有效，则移入移位寄存器，并接着移入其它位到移位寄存器。8个数据位和1个停止位移入之后，移位寄存器的内容被分别装入SBUF和RB8中，RI置1，但必须满足下列条件：

1. RI = 0
2. SM2 = 0或者接收的停止位 = 1

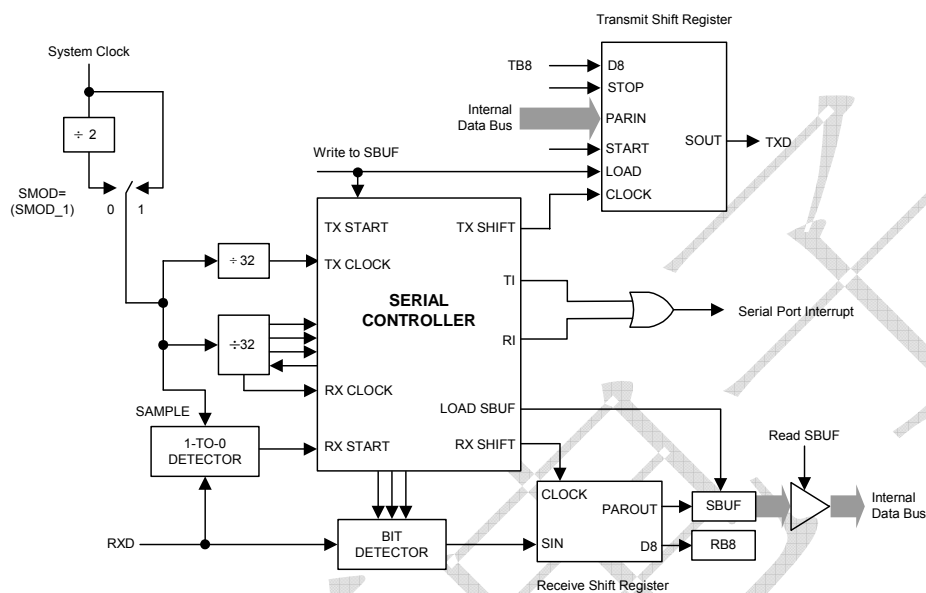
如果这些条件被满足，那么停止位装入RB8，8个数据位装入SBUF，RI被置1。否则接收的帧会丢失。这时，接收器将重新去探测RXD端是否另一个下降沿。用户必须用软件清除RI，然后才能再次接收。



Receive Timing of Mode 1



这个模式使用异步全双工通信中的11位。一帧由一个起始位（逻辑0），8个数据位（低位为第一位），一个可编程的第9数据位和一个停止位（逻辑1）组成。模式2支持多机通信和硬件地址识别（详见**多机通讯**章节）。在数据传送时，第9数据位（SCON中的TB8）可以写0或1，例如，可写入PSW中的奇偶位P，或用作多机通信中的数据/地址标志位。当接收到数据时，第9数据位进入RB8而停止位不保存。PCON中的SMOD位选择波特率为系统工作频率的1/32或1/64。功能块框图如下所示。



Timing diagram for SPI Tx operation. The diagram shows four signals:

- Write to SBUF**: A single pulse indicating the start of the transmission.
- TxD**: A sequence of 9 data bytes (D0 through D8) preceded by a 'Start' signal and followed by a 'Stop' signal.
- Shift CLK**: A continuous clock signal used for shifting data.
- TI**: A single pulse indicating the end of the transmission (Transmit Interrupt flag).

### Send Timing of Mode 2

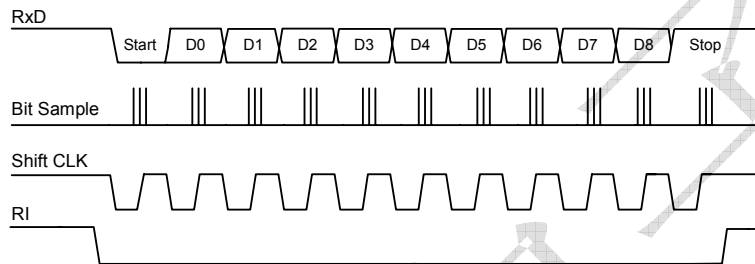


只有REN位置1时才允许接收。当RXD引脚检测到下降沿时串行口开始接收串行数据。为此，CPU对RXD不断采样，采样速率为波特率的16倍。当检测下降沿时，16分频计数器立即复位。这有助于16分频计数器与RXD引脚上的串行数据位同步。16分频计数器把每一位的时间分为16个状态，在第7、8、9状态时，位检测器对RXD端的电平进行采样。为抑制噪声，在这3个状态采样中至少有2次采样值一致数据才被接收。如果所接收的第一位不是0，说明这位不是一帧数据的起始位，该位被忽略，接收电路被复位，等待RXD引脚上另一个下降沿的到来。若起始位有效，则移入移位寄存器，并接着移入其它位到移位寄存器。9个数据位和1个停止位移入之后，移位寄存器的内容被分别装入SBUF和RB8中，RI置1，但必须满足下列条件：

1. RI = 0
2. SM2 = 0或者接收的第9位 = 1，且接收的字节符合实际从机地址。

如果这些条件被满足，那么第9位移入RB8，8位数据移入SBUF，RI被置1。否则接收的数据帧会丢失。

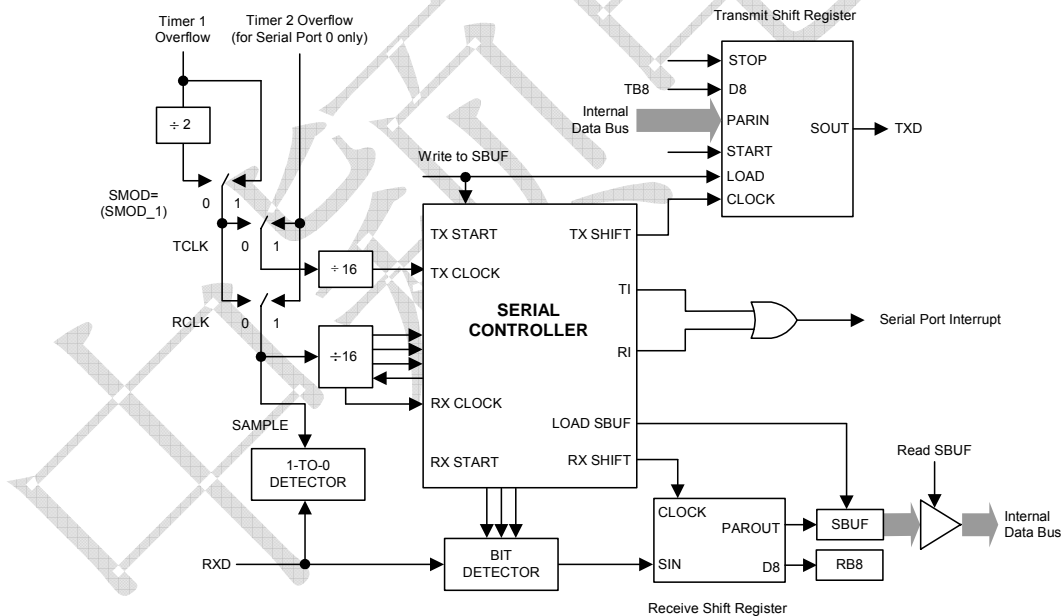
在停止位的当中，接收器回到寻找RXD引脚上的另一个下降沿。用户必须用软件清除RI，然后才能再次接收。



Receive Timing of Mode 2

### 模式3：9位EUSART，可变波特率，异步全双工

模式3使用模式2的传输协议以及模式1的波特率产生方式。





### 8.1.3 波特率

在模式0中，波特率可编程为系统时钟的1/12或1/4，由SM2位决定。当SM2为0时，串行端口在系统时钟的1/12下运行。当SM2为1时，串行端口在系统时钟的1/4下运行。

在模式1和模式3中，波特率可选择来至定时器1或定时器2的溢出率。分别置TCLK (T2CON.4) 和RCLK (T2CON.5) 位为1来选择定时器2作为TX和RX的波特时钟源（详见**定时器**章节）。无论TCLK还是RCLK为逻辑1，定时器2都为波特率发生器方式。如果TCLK和RCLK为逻辑0，只有定时器1作为Tx和Rx的波特时钟源。

模式1和模式3波特率公式如下所示，其中TH1是定时器1的8位自动重载寄存器，SMOD为EUSART的波特率二倍频器 (PCON.7)，[RCAP2H, RCAP2L] 是定时器2的16位重加载寄存器。定时器1时钟源频率为 $f_{T1}$ ，定时器2时钟源频率为 $f_{T2}$ 。

$$\text{BaudRate} = \frac{2^{\text{SMOD}}}{32} \times \frac{f_{T1}}{256 - \text{TH1}} \quad \text{用定时器1作为波特率发生器，定时器1工作在方式2}$$

$$\text{BaudRate} = \frac{1}{2 \times 16} \times \frac{f_{T2}}{65536 - [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]} \quad \text{用定时器2作为波特率发生器，定时器2时钟源为系统时钟}$$

$$\text{BaudRate} = \frac{1}{16} \times \frac{f_{T2}}{65536 - [\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L}]} \quad \text{用定时器作为波特率发生器，定时器2时钟源为T2输入引脚时钟}$$

在模式2中，波特率固定为系统时钟的1/32或1/64，由SMOD位 (PCON.7) 决定。当SMOD位为0时，EUSART以系统时钟的1/64运行。当SMOD位为1时，EUSART以系统时钟的1/32运行。

$$\text{BaudRate} = 2^{\text{SMOD}} \times \left( \frac{f_{\text{SYS}}}{64} \right)$$

### 8.1.4 多机通信

#### 软件地址识别

模式2和模式3有一个专门的适用于多机通讯的功能。在这两个方式下，接收的是9位数据，第9位移入RB8中，然后再来一位停止位。EUSART可以这样来设定：当接收到停止位时，只有在RB8 = 1的条件下，串行口中断才会有效（请求标志RI置1）。可以通过将SCON寄存器的SM2位置1使EUSART具有这个功能。

在多机通讯系统中，以如下所述来利用这一功能。当主机要发送一数据块给几个从机中的一个时，它先送出一地址字节，以辨认目标从机。地址字节与数据字节可用第9数据位区别，地址字节的第9位为1，数据字节的第9位为0。

如果从机SM2为1，则不会响应数据字节中断。地址字节可以中断所有从机，这样，每一个从机都检查所接收到的地址字节，以判别自己是不是目标从机。被寻到的从机清0 SM2位，并准备接收即将到来的数据字节，当接收完毕时，从机再一次将SM2置1。没有被寻址的从机，则维持它们的SM2位为1，忽略到来的数据字节，继续做自己的事情。

**注意：**在模式0中，SM2用来选择波特率加倍。在模式1中，SM2用来检测停止位是否有效，如果SM2 = 1，接收中断不会响应直到接收到一个有效的停止位。

#### 自动（硬件）地址识别

在模式2和模式3中，SM2置1将使EUSART在如下状态下运行：当1个停止位被接收时，如果加载RB8的第9数据位为1（地址字节）并且接收到的数据字节符合EUSART的从机地址，EUSART产生一个中断。接着，从机应该将SM2清零，以接收后续的数据字节。

在9位方式下要求第9位为1以表明该字节是地址而非数据。当主机要发送一组数据给几个从机中的一个时，必须先发送目标从机的地址。所有从机在等待接收地址字节时，为了确保仅在接收地址字节时产生中断，SM2位必须置1。自动地址识别的特点是只有地址匹配的从机才能产生中断，地址比较通过硬件完成而不是软件。

中断产生后，地址相匹配的从机清零SM2，继续接收数据字节。地址不匹配的从机不受影响，将继续等待接收和它匹配的地址字节。一旦全部信息接收完毕，地址匹配的从机应该再次把SM2置1，忽略所有传送的非地址字节，直到接收到下一个地址字节。

使用自动地址识别功能时，主机可以通过调用给定的从机地址选择与一个或多个从机通信。使用广播地址可以联系所有的从机。有两个特殊功能寄存器用来定义从机地址 (SADDR) 和地址屏蔽 (SADEN)。从机地址是一个8位的字节，存于SADDR寄存器中。SADEN用于定义SADDR内位的有效与否，如果SADEN中某一位为0，则SADDR中相应位的被忽略，如果SADEN中某一位置1，则SADDR中相应位的将用于得到给定的从机地址。这可以使用户在不改变SADDR寄存器中的从机地址的情况下灵活地寻址多个从机。使用给定地址可以识别多个从机而排除其它的从机。



| 记忆码         | 从机1      | 从机2      |
|-------------|----------|----------|
| SADDR       | 10100100 | 10100111 |
| SADEN (0屏蔽) | 11111010 | 11111001 |
| 给定地址        | 10100x0x | 10100xx1 |
| 广播地址 (或)    | 1111111x | 11111111 |

从机1和从机2给定地址的最低位是不同的。从机1忽略了最低位，而从机2的最低位是1。因此只与从机1通讯时，主机必须发送最低位为0的地址（10100000）。类似地，从机1的第1位为0，从机2的第1位被忽略。因此，只与从机2通讯时，主机必须发送第1位为1的地址（10100011）。如果主机希望同时与两从机通讯，则第0位为1，第1位为0，第2位被两从机都忽略，此时有两个不同的地址用于选定两个从机（10100001和10100101）。

主机可以通过广播地址与所有从机同时通讯。这个地址等于SADDR和SADEN的逻辑或，结果中的0表示该位被忽略。多数情况下，广播地址为0xFFh，该地址可被所有从机应答。

系统复位后，SADDR和SADEN两个寄存器初始化为0，这两个结果设定了给定地址和广播地址为XXXXXXXX（所有位都被忽略）。这有效地去除了多处机通讯的特性，禁止了自动寻址方式。这样的EUART将对任何地址都产生应答，兼容了不支持自动地址识别的8051控制器。用户可以按照上面提到的方法实现软件识别地址的多机通讯。

#### 8.1.5 帧出错检测

当寄存器PCON中的SSTAT位为逻辑1时，帧出错检测功能才有效。3个错误标志位被置1后，只能通过软件清零，尽管后续接收的帧没有任何错误也不会自动清零。

**注意：**SSTAT位必须为逻辑1是访问状态位（FE0，RXOV0和TXCOL0），SSTAT位为逻辑0时是访问方式选择位（SM0，SM1和SM2）。

##### 发送冲突

如果在一个发送正在进行时，用户软件写数据到SBUF寄存器时，发送冲突位（SCON寄存器中的TXCOL位）置1。如果发生了冲突，新数据会被忽略，不能被写入发送缓冲器。

##### 接收溢出

如果在接收缓冲器中的数据未被读取之前，RI清0。又有新的数据存入接收缓冲器，那么接收溢出位（SCON寄存器中的RXOV位）置1。如果发生了接收溢出，接收缓冲器中原来的数据将丢失。

##### 帧出错

如果检测到一个无效（低）停止位，那么帧出错位（寄存器SCON中的FE）置1。

##### 暂停检测

当连续检测到11个位都为低电平位时，则认为检测到一个暂停。由于暂停条件同样满足帧错误条件，因此检测到暂停时也会报告帧错误。一旦检测到暂停条件，UART将进入空闲状态并一直保持，直至接收到有效停止位（RXD引脚上出现上升沿）。





## 8.1.6 寄存器

Table 8.1 电源控制寄存器

| 87H                      | 第7位  | 第6位   | 第5位    | 第4位  | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|------|-------|--------|------|-----|-----|-----|-----|
| PCON                     | SMOD | SSTAT | SSTAT1 | SIDL | GF1 | GF0 | PD  | IDL |
| 读/写                      | 读/写  | 读/写   | 读/写    | 读/写  | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0    | 0     | 0      | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号     | 说明  |
|-----|---------|---|
| 7   | SMOD    | <b>波特率加倍器</b><br>若使用定时器1作为波特率发生器，在模式1和3中置1，EUART的波特率会加倍<br>如果在模式2中置1，EUART的波特率会加倍               |
| 6   | SSTAT   | <b>SCON[7:5]功能选择</b><br>0：SCON[7:5]工作方式作为SM0，SM1，SM2<br>1：SCON[7:5]工作方式作为FE，RXOV，TXCOL          |
| 5   | SSTAT1  | <b>SCON1[7:5]功能选择</b><br>0：SCON1[7:5]工作方式如同SM10，SM11，SM12<br>1：SCON1[7:5]工作方式如同FE1，RXOV1，TXCOL1 |
| 3-2 | GF[1:0] | 用于软件的通用标志位  |
| 1   | PD      | 掉电模式控制位   |
| 0   | IDL     | 空闲模式控制位   |



# EUART相关SFR

Table 8.2 EUART控制及状态寄存器

| 98H                      | 第7位     | 第6位       | 第5位        | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|---------|-----------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| SCON                     | SM0 /FE | SM1 /RXOV | SM2 /TXCOL | REN | TB8 | RB8 | TI  | RI  |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写       | 读/写        | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0         | 0          | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号     | 说明  |
|-----|---------|---|
| 7-6 | SM[0:1] | EUART串行方式控制位，SSTAT = 0<br>00：模式0，同步方式，固定波特率<br>01：模式1，8位异步方式，可变波特率<br>10：模式2，9位异步方式，固定波特率<br>11：模式3，9位异步方式，可变波特率  |
| 7   | FE      | EUART帧出错标志，当FE位被读时，SSTAT位必须被设置为1<br>0：无帧出错，由软件清除<br>1：发生帧出错，由硬件置1   |
| 6   | RXOV    | EUART接收完毕标志位，当RXOV位被读时，SSTAT位必须被设置为1<br>0：无接收完毕，由软件清除<br>1：接收完毕，由硬件置1   |
| 5   | SM2     | EUART多处理机通讯允许位（第9位“1”校验器），SSTAT = 0<br>0：在模式0下，波特率是系统时钟的1/12<br>在模式1下，禁止停止位确认检验，停止位将置RI为1产生中断<br>在模式2和3下，任何字节都会置RI为1产生中断<br>1：在模式0下，波特率是系统时钟的1/4<br>在模式1下，允许停止位确认检验，只有有效的停止位(1)才能置RI为1产生中断<br>在模式2和3下，只有寻址字节（第9位 = 1）能置RI为1产生中断 |
| 5   | TXCOL   | EUART发送冲突标志位，当TXCOL位被读时，SSTAT位必须被设置为1<br>0：无发送冲突，由软件清除<br>1：有发送冲突，由硬件置1   |
| 4   | REN     | EUART接收器允许位<br>0：接收禁止<br>1：接收允许   |
| 3   | TB8     | 第9位在EUART的模式2和3下发送，由软件置1或清0   |
| 2   | RB8     | 发送器，EUART的第8位<br>在模式0下，不使用RB8<br>在模式1下，如果接收中断发生，RB8的停止位会收到信号<br>在模式2和3下，由第9位接收  |
| 1   | TI      | EUART的传送中断标记<br>0：由软件清0<br>1：由硬件置1，在模式0下的第8位最后，或在其它模式下的停止位开始  |
| 0   | RI      | EUART的接收中断标记<br>0：由软件清0<br>1：由硬件置1，在模式0下的第8位最后，或在其它模式下的停止位开始  |





Table 8.3 EUART数据缓冲器寄存器

| 99H                      | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SBUF                     | SBUF.7 | SBUF.6 | SBUF.5 | SBUF.4 | SBUF.3 | SBUF.2 | SBUF.1 | SBUF.0 |
| 读/写                      | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号       | 说明   |
|-----|-----------|--|
| 7-0 | SBUF[7:0] | SFR访问两个寄存器：一个移位寄存器和一个接收锁存寄存器<br>SBUF的写入将发送字节到移位寄存器中，然后开始传输<br>SBUF的读取返回接收锁存器中的内容 |

Table 8.4 EUART从属地址及地址屏蔽寄存器

| 9AH-9BH                  | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SADDR (9AH)              | SADDR.7 | SADDR.6 | SADDR.5 | SADDR.4 | SADDR.3 | SADDR.2 | SADDR.1 | SADDR.0 |
| SADEN (9BH)              | SADEN.7 | SADEN.6 | SADEN.5 | SADEN.4 | SADEN.3 | SADEN.2 | SADEN.1 | SADEN.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明  |
|-----|------------|---|
| 7-0 | SADDR[7:0] | SADDR定义EUART从机地址  |
| 7-0 | SADEN[7:0] | SADEN是一个位屏蔽寄存器，决定检验SADDR的哪些位对应接收地址<br>0：在SADDR中的相应位被忽略<br>1：SADDR中的相应位被检验是否对应接收地址 |



## 8.2 模/数转换器 (ADC)

### 8.2.1 特性

- 10位分辨率
- 内建基准电压
- 可选外接或内建基准电压
- 4模拟通道输入

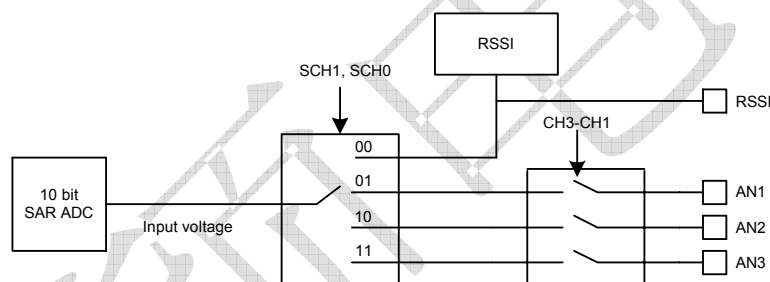
SH99F01 包括一个单端型、10位逐次逼近型数/模转换器，ADC内建的基准电压  $V_{REF}$  与  $AVDD$  相连，转换精度为  $1LSB=AVDD/2^{10}$ ，4个ADC通道都可以独立输入模拟信号，但是每次转换只能使用一个通道。GO/DONE信号控制开始转换，提示转换结束。当转换完成时，更新ADC数据寄存器与此同时，设置ADCON寄存器中的ADCIF位，并且产生一个中断（如果允许ADC中断）。

ADC模块整合数字比较功能可以比较ADC中的模拟输入的值与数字值。如果允许数字比较功能（在ADCON寄存器中的EC位置1），并且ADC模块使能（在ADCON寄存器中的ADON位置1），只有当相应的模拟输入的数字值大于寄存器中的比较值（ADDH/L）时，才会产生ADC中断。当GO/DONE置1时，数字比较功能会持续工作，直到GO/DONE清0。这一点与模数转换工作方式不同。

带数字比较功能的ADC模块能在Idle模式下工作，并且ADC中断能够唤醒Idle模式。但是，在Power-Down模式下，ADC模块被禁止。

通道0内部与RSSI模块输出连接，在RSSI模块使能时，通道0只用于测量RSSI输出电压。在RSSI模块禁止时，通道0可用于其它模拟量的采集，此时内部RSSI输出呈现高阻状态，RSSI引脚可输入待测模拟信号。

### 8.2.2 ADC模块图



AD转换器模块图



## 8.2.3 寄存器

Table 8.5 ADC控制寄存器

| 93H                      | 第7位  | 第6位   | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位  | 第1位  | 第0位     |
|--------------------------|------|-------|-----|-----|-----|------|------|---------|
| ADCON                    | ADON | ADCIF | EC  | -   | -   | SCH1 | SCH0 | GO/DONE |
| 读/写                      | 读/写  | 读/写   | 读/写 | -   | -   | 读/写  | 读/写  | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0    | 0     | 0   | -   | -   | 0    | 0    | 0       |

| 位编号 | 位符号      | 说明  |
|-----|----------|---|
| 7   | ADON     | ADC允许<br>0：禁止ADC模块<br>1：允许ADC模块   |
| 6   | ADCIF    | ADC中断标志<br>0：无ADC中断<br>1：由硬件置1,表示已完成AD转换或者模拟输入大于ADDATH/L<br>(如果允许数字比较模块)                                |
| 5   | EC       | 比较功能允许<br>0：禁止比较功能<br>1：允许比较功能  |
| 2-1 | SCH[1:0] | ADC通道选择<br>00：ADC通道AN0<br>01：ADC通道AN1<br>10：ADC通道AN2<br>11：ADC通道AN3                                     |
| 0   | GO/DONE  | ADC状态标记<br>0：当完成AD转换时，由硬件自动清0。在转换期间清0这个位会中止AD转换。<br>如果允许数字比较功能，该位不会由硬件清0只能由软件清0<br>1：设置开始AD转换或者启动数字比较功能 |



Table 8.6 ADC定时控制寄存器

| 94H                      | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| ADT                      | TADC2 | TADC1 | TADC0 | -   | TS3 | TS2 | TS1 | TS0 |
| 读/写                      | 读/写   | 读/写   | 读/写   | -   | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDI/LVR/PIN) | 0     | 0     | 0     | -   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号       | 说明  |
|-----|-----------|---|
| 7-5 | TADC[2:0] | <b>ADC时钟周期选择位</b><br>000 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 2 t_{SYS}$<br>001 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 4 t_{SYS}$<br>010 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 6 t_{SYS}$<br>011 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 8 t_{SYS}$<br>100 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 12 t_{SYS}$<br>101 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 16 t_{SYS}$<br>110 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 24 t_{SYS}$<br>111 : ADC时钟周期 $t_{AD} = 32 t_{SYS}$ |
| 3-0 | TS[3:0]   | <b>采样时间选择位</b><br>$2 t_{AD} \leq \text{采样时间} = (TS[3:0]+1) * t_{AD} \leq 15 t_{AD}$   |

**注意:**

- (1) 请确保 $t_{AD} \geq 1\mu s$ ;
- (2) 即使 $TS[3:0] = 0000$ , 最小采样时间为 $2t_{AD}$ ;
- (3) 即使 $TS[3:0] = 1111$ , 最大采样时间为 $15t_{AD}$ ;
- (4) 在设置 $TS[3:0]$ 前, 请估算连接到ADC输入引脚的串联电阻;
- (5) 选择 $2 * t_{AD}$ 为采样时间时, 请确保连接到ADC输入引脚的串联电阻小于 $10k\Omega$ ;
- (6) 总共转换时间=  $12t_{AD} + \text{采样时间}$ 。

Table 8.7 ADC通道设置寄存器

| 95H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ADCH                     | -   | -   | -   | -   | -   | CH3 | CH2 | CH1 |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDI/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号     | 说明   |
|-----|---------|--|
| 2-0 | CH[3:1] | <b>通道配置</b><br>0 : P0.3-P0.5作为I/O端口<br>1 : P0.3-P0.5作为ADC输入口 |



Table 8.8 AD转换数据寄存器（比较值寄存器）

| 96H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ADDL                     | -   | -   | -   | -   | -   | -   | A1  | A0  |
| 读/写                      | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | -   | -   | -   | -   | -   | -   | 0   | 0   |
| 97H                      | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
| ADDH                     | A9  | A8  | A7  | A6  | A5  | A4  | A3  | A2  |
| 读/写                      | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号        | 位符号   | 说明   |
|------------|-------|--|
| 1-0<br>7-0 | A9-A0 | <b>ADC数据寄存器</b><br>采样模拟电压的数字值。当完成转换后，这个值会更新。<br>如果ADC数字比较功能使能（EC = 1），这个值将与模拟输入进行比较。 |

**启动ADC转换步骤：**

- (1) 选择模拟输入通道
- (2) 使能ADC模块
- (3) GO/DONE置1开始ADC转换
- (4) 等待GO/DONE = 0或者ADCIF = 1，如果ADC中断使能，则ADC中断将会产生，用户需要软件清0 ADCIF
- (5) 从ADDH/ADDL获得转换数据
- (6) 重复步骤3-5开始另一次转换

**启动数字比较功能步骤：**

- (1) 选择模拟输入通道
- (2) 写入ADDH/ADDL，设置比较值
- (3) EC置1使能数字比较功能
- (4) 使能ADC模块
- (5) GO/DONE置1开始数字比较功能
- (6) 如果模拟输入的值比设置的比较值大，ADIF会被置1。如果ADC中断使能，则ADC中断将会产生，用户需要软件清0 ADCIF
- (7) 数字比较功能会持续工作，直到GO/DONE清0



### 8.3 低电压复位 (LVR)

- LVR 去抖动时间  $T_{LVR}$  为 30-60 $\mu$ s
- 当供电电压低于设定电压  $V_{LVR}$  时，将产生内部复位

低电压复位 (LVR) 功能是为了监测供电电压，当供电电压低于设定电压  $V_{LVR}$  时，SH99F01 将产生内部复位。LVR 去抖动时间  $T_{LVR}$  大约为 30 $\mu$ s-60 $\mu$ s。



## 8.4 看门狗定时器（WDT），程序超范围溢出（OVL）复位及其它复位状态

### 8.4.1 特性

- 程序超范围溢出后硬件自动检测，并产生 OVL 复位
- 看门狗可以工作在掉电模式下
- 看门狗溢出频率可选

### 程序超范围溢出复位

SH99F01为进一步增强CPU运行可靠性，内建程序超范围溢出检测电路，一旦检测到程序计数器的值超出ROM最大值，或者发现指令操作码（不检测操作数）为8051指令集中不存在的A5H，便认为程序跑飞，产生CPU复位信号，同时将WDOF标志位置1。为应用这个特性，用户应该将未使用的Flash ROM用0xA5填满。

**注意：**由于SH99F01是流水线结构单片机，当在程序存储器边界处（如地址0x3FFC）安排长周期指令时（如JMP指令），虽然程序空间未超出范围，但由于指令预取指，同样会产生OVL中断。因此，需检查存储器边界处的指令，或预留足够的空间。

### 看门狗

看门狗定时器是一个递减计数器，独立内建RC振荡器作为时钟源，因此可以通过代码选项选择在掉电模式下仍持续运行。当定时器溢出时，将芯片复位。通过代码选项可以打开或关闭该功能。

WDT控制位（第2 - 0位）用来选择不同的溢出时间。定时器溢出后，WDT溢出标志（WDOF）将由硬件自动置1。通过读写RSTSTAT寄存器，看门狗定时器在溢出前重新开始计数。

其它一些复位标志列举如下：

### 8.4.2 寄存器

Table 8.9 复位状态寄存器

| B1H       | 第7位  | 第6位 | 第5位  | 第4位  | 第3位  | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|-----------|------|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| RSTSTAT   | WDOF | -   | PORF | LVRF | CLRF | WDT.2 | WDT.1 | WDT.0 |
| 读/写       | 读/写  | -   | 读/写  | 读/写  | 读/写  | 读/写   | 读/写   | 读/写   |
| 复位值 (POR) | 0    | -   | 1    | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     |
| 复位值 (WDT) | 1    | -   | u    | u    | u    | 0     | 0     | 0     |
| 复位值 (LVR) | u    | -   | u    | 1    | u    | 0     | 0     | 0     |
| 复位值 (PIN) | u    | -   | u    | u    | 1    | 0     | 0     | 0     |

| 位编号 | 位符号  | 说明  |
|-----|------|---|
| 7   | WDOF | <b>看门狗溢出或程序超范围溢出标志位</b><br>看门狗溢出时由硬件置1，可由软件或上电复位清0<br>0：未发生WDT溢出或程序超范围溢出<br>1：发生WDT溢出或程序超范围溢出 |
| 5   | PORF | <b>上电复位标志位</b><br>上电复位后硬件置1，只能由软件清0<br>0：没有发生上电复位<br>1：发生过上电复位                                |
| 4   | LVRF | <b>低压复位标志位</b><br>低压复位后置1，可由软件或上电复位清0<br>0：没有发生低压复位<br>1：发生过低压复位                              |
| 3   | CLRF | <b>Reset引脚复位标志位</b><br>引脚复位后置1，由软件或上电复位清0<br>0：没有发生引脚复位<br>1：发生过引脚复位                          |



|     |          |  |
|-----|----------|--|
| 2-0 | WDT[2:0] | <b>WDT溢出周期控制位</b><br>000 : WDT RC Clock/2 <sup>13</sup> (典型值 = 4096ms)<br>001 : WDT RC Clock/2 <sup>11</sup> (典型值 = 1024ms)<br>010 : WDT RC Clock/2 <sup>9</sup> (典型值 = 256ms)<br>011 : WDT RC Clock/2 <sup>8</sup> (典型值 = 128ms)<br>100 : WDT RC Clock/2 <sup>7</sup> (典型值 = 64ms)<br>101 : WDT RC Clock/2 <sup>5</sup> (典型值 = 16ms)<br>110 : WDT RC Clock/2 <sup>3</sup> (典型值 = 4ms)<br>111 : WDT RC Clock/2 <sup>1</sup> (典型值 = 1ms)<br><b>注意：</b> 内建WDT RC的频率不是很精确，因此需留有一定裕量 |
|-----|----------|--|

## 8.5 电源管理

### 8.5.1 特性

- 空闲模式和掉电模式两种省电模式
- 发生中断和复位可退出空闲 (Idle)、掉电 (Power-Down) 模式

为减少功耗，SH99F01提供两种低功耗省电模式：空闲 (Idle) 模式和掉电 (Power-Down) 模式，这两种模式都由PCON和SUSLO两个寄存器控制。

### 8.5.2 空闲模式

空闲模式能够降低系统功耗，在此模式下，程序中止运行，CPU时钟停止，但外部设备时钟继续运行。空闲模式下，CPU在确定的状态下停止，并在进入空闲模式前所有CPU的状态都被保存，如PC，PSW，SFR，RAM等。

两条连续指令：先设置SUSLO寄存器为55H，随即将PCON寄存器中的IDL位置1，使SH99F01进入空闲模式。如果按顺序要求的连续指令不被满足，CPU在下一个机器周期清除SUSLO寄存器或IDL/SIDL位，CPU也不会进入空闲模式。

IDL位置1是CPU进入空闲模式之前执行的最后一条指令。

两种方式可以退出空闲模式：

(1) 产生一个中断。这些中断可以是定时器中断，外部中断，ADC中断或PLT中断。在预热定时结束之后，恢复CPU时钟，硬件清除SUSLO寄存器和PCON寄存器的IDL位。然后执行中断服务程序，随后跳转到进入空闲模式指令之后的指令。

(2) 复位信号产生后（复位引脚上出现低电平，WDT复位（如果被允许），LVR复位（如果被允许））。在预热定时结束之后，CPU恢复时钟，SUSLO寄存器和在PCON寄存器中的IDL位被硬件清除，最后SH99F01复位。然后程序从地址位0000H开始执行。RAM保持不变而SFR的值根据不同功能模块改变。

### 8.5.3 掉电模式

掉电模式可以使SH99F01进入功耗非常低的状态。掉电模式将停止CPU和外围设备的所有时钟信号，通过OP\_WDT选项决定WDT功能是否有效。在进入掉电模式前所有CPU的状态都被保存，如PC，PSW，SFR，RAM等。

两条连续指令：先设置SUSLO寄存器为55H，随即将PCON寄存器中的PD位置1，使SH99F01进入掉电模式。如果按顺序要求的连续指令不被满足，CPU在下一个机器周期清除SUSLO寄存器或PD位，CPU也不会进入掉电模式。

PD位置1是CPU进入掉电模式之前执行的最后一条指令。

**注意：**如果同时将IDL和PD位置1，SH99F01将进入掉电模式，不会进入空闲模式。当从掉电模式唤醒后，硬件会自动清除IDL和PD位。

有两种方式可以退出掉电模式：

(1) 有效外部中断（如INT0，INT1）能使SH99F01退出掉电模式。在中断发生后振荡器启动，在预热计时结束之后CPU时钟和外部设备时钟恢复，SUSLO寄存器和PCON寄存器中的PD位会被硬件清除，然后程序运行中断服务程序。在完成中断服务程序之后，跳转到进入掉电模式之后的指令继续运行。

(2) 复位信号（复位引脚上出现低电平，WDT复位（如果被允许），LVR复位（如果被允许））。在预热计时之后会恢复CPU时钟，SUSLO寄存器和PCON寄存器中的PD位会被硬件清除，最后SH99F01会被复位。然后程序会从0000H地址位开始运行。RAM将保持不变，而根据不同功能模块SFR的值可能改变。

**注意：**如要进入这两种低功耗模式，必须在置位PCON中的IDL/PD位后增加3个空操作指令。





8.5.4 寄存器

Table 8.10 电源控制寄存器

| 87H                      | 第7位  | 第6位   | 第5位 | 第4位 | 第3位 | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|--------------------------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| PCON                     | SMOD | SSTAT | -   | -   | GF1 | GF0 | PD  | IDL |
| 读/写                      | 读/写  | 读/写   | -   | -   | 读/写 | 读/写 | 读/写 | 读/写 |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0    | 0     | -   | -   | 0   | 0   | 0   | 0   |

| 位编号 | 位符号     | 说明   |
|-----|---------|--|
| 7   | SMOD    | UART波特率加倍器                                     |
| 6   | SSTAT   | SCON[7:5]功能选择位                                 |
| 3-2 | GF[1:0] | 用于软件的通用标志                                      |
| 1   | PD      | 掉电模式控制位<br>0：当一个中断或复位产生时由硬件清0<br>1：由软件置1激活掉电模式 |
| 0   | IDL     | 空闲模式控制位<br>0：当一个中断或复位产生时由硬件清0<br>1：由软件置1激活空闲模式 |

Table 8.11 省电模式控制寄存器

| 8EH                      | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| SUSLO                    | SUSLO.7 | SUSLO.6 | SUSLO.5 | SUSLO.4 | SUSLO.3 | SUSLO.2 | SUSLO.1 | SUSLO.0 |
| 读/写                      | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     | 读/写     |
| 复位值<br>(POR/WDT/LVR/PIN) | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号        | 说明   |
|-----|------------|--|
| 7-0 | SUSLO[7:0] | 此寄存器用来控制CPU进入省电模式（空闲或掉电）。只有像下面的连续指令才能使CPU进入省电模式，否则在下个周期中SUSLO，IDL或PD位将被硬件清0。 |

程序举例:

```
IDLE_MODE:
MOV     SUSLO, #55H
ORL     PCON, #01H
NOP
NOP
NOP

POWERDOWN_MODE:
MOV     SUSLO, #55H
ORL     PCON, #02H
NOP
NOP
NOP
```



## 8.6 代码选项

### OP\_LVREN[4] :

- 0 : 禁止低电压复位 (LVR) 功能 (默认)
- 1 : 允许低电压复位 (LVR) 功能

### OP\_WDT[3] :

- 0 : 禁止看门狗 (WDT) 功能 (默认)
- 1 : 允许看门狗 (WDT) 功能

### OP\_REG33[2] :

- 0 : 禁止内部3.3V稳压器 (REG33) 功能 (默认)
- 1 : 允许内部3.3V稳压器 (REG33) 功能



## 9. 载波通信

载波通信是SH99F01的核心模块。包括数字调制解调和模拟前端的单片解决方案，采用全数字结构实现了扩频载波（SSC）和窄带相位调制解调，具有极强的抗噪声性能。SH99F01支持双载波，双模式，过零传输等增强传输模式，具有极大的灵活性和适用性，并可有效提高应对各种复杂电力线环境的稳健性。

### 9.1 特性

- 接收灵敏度：0.1mVpp
- 帧长：0 - 31字节
- 扩频载波调制数据速率：300bps - 1.6kbps
- 窄带相位调制（normal）数据速率：1.2kbps - 7.5kbps
- 窄带相位调制（high speed）数据速率：2.4kbps - 15kbps
- 集成模拟前端电路
- 半双工突发传输
- 扩频载波调制技术
- 窄带相位调制技术
- 首创扩频和窄带双模通信方式<sup>TM</sup>
- 集成前向纠错编解码
- 硬件16位循环冗余校验
- 载波频率可调，调整范围覆盖9KHz - 525KHz
- 接收双通道，支持双载波传输
- 提供超短帧功能，支持过零传输（依赖于硬件）
- 集成10位高速DAC，输出正弦波和方波脉冲可选
- 内建发送端预放大器，带三态控制和4级增益可调
- 支持外部驱动电路的直接关断
- 接收端低噪声放大器，总增益达90dB
- 提供接收信号强度指示（RSSI），动态范围达70dB
- 兼容世界范围频谱规范，包括CENELEC EN-50065-1和FCC规范

### 9.2 操作描述

用户要使用PLT模块进行通信，按以下过程进行操作：

(1) 系统复位后，配置PLT通信寄存器，置位**PLTEN**使能PLT模块，进入接收状态。

**注意：**应避免在发送期间和接收期间配置PLT通信寄存器，建议在PLT模块关闭状态下，或者在等待接收期间配置通信寄存器。

(2) 如用户要求发送，则加载发送数据进入TXBUF，查询**RXINT**是否置位，如未置位，则置**TRC**位为1开始发送，发送期间**TRC**位保持为1表示发送忙，如发送前查询到**RXINT**置位，则需先处理接收数据再进行发送。

**注意：**如查询到**RXINT**置位而未处理，直接置**TRC**为1，则不会进入发送流程，无信号发送。必须清除**RXINT**位后才能启动发送。

(3) 发送期间查询**TRC**位以确认是否发送完，发送完成后会置位**TXINT**标记，同时申请PLT中断（中断使能情况下），如未开启中断，则通过查询**TRC**位或**TXINT**标记以确定发送完成。发送完成后需清除**TXINT**标记。

(4) 接收端在完整接收一帧数据以后，如使能CRC校验，并且校验正确，则置位**RXINT**标记，同时申请PLT中断（中断使能情况下），如未开启中断，则通过查询**RXINT**标记以确定接收成功。如CRC校验错误，则不会置位**RXINT**标记。

如未使能CRC校验，接收端在完整接收一帧数据后即置位**RXINT**标记。同时申请PLT中断（中断使能情况下），如未开启中断，则通过查询**RXINT**标记以确定接收成功。此时数据帧的校验须由用户完成。

**注意：****RXPD**标记和**RXFA**标记分别在帧前导检测和帧同步检测阶段置位，可查询此两标记以确认信号接收所处阶段。例如，用户可在检测到**RXFA**标记以后启动RSSI电压采样操作，以用于获取接收信号强度。

(5) 用户从RXBUF中读取接收数据，清除**RXINT**标记，使能接收。

**注意：****RXINT**置位后如未清除则无法再次接收数据，因此必须及时处理**RXINT**标记。

(6) 用户可用查询**TXINT**和**RXINT**标记的方式来控制载波的收发，也可用中断方式来控制载波的收发，开启PLT中断后需在中断服务程序中查询**TXINT**和**RXINT**标记以确认是发送完成中断还是接收完成中断。

(7) 如不需PLT通信，可关闭PLT模块以降低功耗。

```
/*PLT通信配置寄存器配置实例*/
Void Plt_SettingRegister()
{
    PLCON ^= 0x04;        // PLT模块软复位
    PLADR2 = UMR1;
    PLREG = 0x00;         //模式配置为扩频调制（默认，可略）
    PLADR2 = UMR2;
    PLREG = 0x9F;         //帧长设置为31字节
    PLADR2 = UMR3;
    PLREG = 0x41;         //关闭内部DBPF，关闭ABPF，使用VIN通道
    PLADR2 = TXFC;
    PLREG = 0x5C;         //发送载频点设置为290KHz
}
```



```
PLADR2 = RXFC;
PLREG = 0x5C;      //接收载频点设置为290KHz
PLADR2 = SSC1;
PLREG = 0x80;      //选择3号码组， 选择0号序列
PLADR2 = SSCQ;
PLREG = 0x00;      //选择0号序列（必须与SSCI序列号相同）
PLADR2 = TACQ;
PLREG = 0x08;      //扩频捕获门限
PLADR2 = TFA;
PLREG = 0x0A;      //帧同步门限（默认，可略）
PLCON = 0xE8;      //PLT使能， CRC使能， FEC使能， RSSI使能
CLKCON = 0x00;     // PLT模块时钟不分频
PLOCK = 0x5A      //加锁， PLT通信配置寄存器设置写保护
}
```

```
/*PLT中断方式控制收发实例*/
EA = 1;    // 允许所有中断
EPLT = 1;  // 允许PLT中断
void PLT_ISR()      interrupt 7    //PLT中断处理子程序
{
    if(RXINT)        //判断是发送完成还是接收完成
    {
        RXINT = 0;      //接收完成， 清除标记，返回接收状态
        for(i=0; i<31; i++)
        {
            PLADR1 = i;
            data_rcv[i] = PLBUF;
        }
        rx_flag = 1;    // 置接收完成标记
    }
    else if(TXINT)
    {
        TXINT = 0;      //发送结束， 清TXINT， 返回接收状态
        tx_flag = 1;    // 置发送完成标记
    }
}
```

```
/*PLT查询方式控制收发实例*/
while(1)
{
    if(RXINT)        //判断是发送完成还是接收完成
    {
        RXINT = 0;      //接收完成， 清除标记，返回接收状态
        for(i=0; i<31; i++)
        {
            PLADR1 = i;
            data_rcv[i] = PLBUF;
        }
        rx_flag = 1;    // 置接收完成标记
    }
    else if(TXINT)
    {
        TXINT = 0;      //发送结束， 清TXINT， 返回接收状态
        tx_flag = 1;    // 置发送完成标记
    }
}
```



```
... //程序其他操作  
}
```

### 9.3 寄存器

PLT模块包括SFR控制寄存器以及内部通信配置寄存器（SR），内部通信寄存器通过PLADR2和PLREG读写，通信时需要收发双方匹配通信设置。

为避免误操作和被干扰，PLT提供了通信配置寄存器锁定机制，一旦锁定，通信配置信息不能被修改，但能够读出。

Table 9.1 PLT状态寄存器（PLSTAT）

| D8H    | 第7位   | 第6位      | 第5位      | 第4位 | 第3位   | 第2位  | 第1位  | 第0位   |
|--------|-------|----------|----------|-----|-------|------|------|-------|
| PLSTAT | TXINT | FEC_DONE | CFD_DONE | -   | RXNFA | RXFA | RXPD | RXINT |
| 读/写    | 读/写   | 读/写      | 读/写      | -   | 读     | 读    | 读    | 读/写   |
| 复位值    | 0     | 0        | 0        | -   | 0     | 0    | 0    | 0     |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7   | TXINT    | 发送完成标记（默认为0，硬件置位，软件复位）<br>0：未发送完成<br>1：发送完成，请求PLT中断（如PLT中断使能），需软件清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零               |
| 6   | FEC_DONE | FEC编解码完成标记（默认为0，硬件置位，软件复位）<br>0：未完成FEC<br>1：编解码完成，需软件清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零                           |
| 5   | CFD_DONE | 载频检测成功标记（默认为0，硬件置位，软件复位）<br>0：未完成检测<br>1：检测成功，请求PLT中断（如PLT中断使能），需软件清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零             |
| 3   | RXNFA    | 反极性帧同步检测标记（默认为0，硬件置位和复位）<br>0：无反极性帧同步标记<br>1：检测到反极性帧同步，随RXINT清除而自动清零，在接收时间溢出时自动清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零 |
| 2   | RXFA     | 正极性帧同步检测标记（默认为0，硬件置位和复位）<br>0：无正极性帧同步标记<br>1：检测到正极性帧同步，随RXINT清除而自动清零，在接收时间溢出时自动清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零 |
| 1   | RXPD     | 分组检测成功标记（默认为0，硬件置位和复位）<br>0：无分组检测成功标记<br>1：成功检测到分组，随RXINT清除而自动清零，在接收时间溢出时自动清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零     |
| 0   | RXINT    | 接收完成标记（默认为0，硬件置位，软件复位）<br>0：未接收完成<br>1：接收完成，请求PLT中断（如PLT中断使能），需软件清零<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零               |



Table 9.2 PLT控制寄存器 (PLCON)

| D9H   | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位   | 第3位    | 第2位  | 第1位 | 第0位 |
|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-----|-----|
| PLCON | PLTEN | CRCEN | FECEN | FACPR | RSSIEN | SRST | -   | TRC |
| 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写    | 读/写  | -   | 读/写 |
| 复位值   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      | 0    | -   | 0   |

| 位编号 | 位符号    | 说明   |
|-----|--------|--|
| 7   | PLTEN  | PLT使能 (默认为0, 软件置位和复位)<br>0: 禁止PLT<br>1: 开启PLT<br>在Soft Reset状态下被清零   |
| 6   | CRCEN  | CRC16校验使能 (默认为0, 软件置位和复位)<br>0: 禁止CRC16校验<br>1: 开启CRC16校验<br>在Soft Reset状态下被清零, Standby状态下不影响                                |
| 5   | FECEN  | FEC使能 (默认为0, 软件置位和复位)<br>0: 禁止FEC<br>1: 开启FEC<br>在Soft Reset状态下被清零, Standby状态下不影响  |
| 4   | FACPR  | 反极性帧同步字使能 (默认为0, 软件置位和复位)<br>0: 禁止反极性帧同步字, 发送正极性帧同步字<br>1: 开启反极性帧同步字, 发送反极性帧同步字<br>在Soft Reset状态下被清零, Standby状态下不影响          |
| 3   | RSSIEN | RSSI使能 (默认为0, 软件置位和复位)<br>0: 禁止RSSI<br>1: 开启RSSI<br>在Soft Reset状态下被清零, Standby状态下不影响   |
| 2   | SRST   | PLT软件复位 (默认为0, 软件置位, 硬件复位)<br>置位SRST将开启一次软件复位操作, 将复位内部控制信号和标记, 通信配置寄存器, 但不影响SFR控制寄存器其它内容, 也不影响数据缓冲区, 复位无需等待时间, 完成后SRST自动返回0。 |
| 0   | TRC    | PLT收发控制 (默认为0, 软件置位, 软件复位或硬件复位)<br>0: 接收使能<br>1: 发送使能, 发送完成后自动返回0<br>在Standby和Soft Reset状态下被清零                               |

Table 9.3 PLT数据缓冲区地址 (PLADR1)

| DAH    | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| PLADR1 | -   | -   | -   | ADR1.4 | ADR1.3 | ADR1.2 | ADR1.1 | ADR1.0 |
| 读/写    | -   | -   | -   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值    | -   | -   | -   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明                             |
|-----|----------|--------------------------------|
| 4-0 | ADR1.4-0 | PLT数据缓冲区读写地址寄存器, 范围: 00H - 1FH |



Table 9.4 PLT数据缓冲区数据 (PLBUF)

| DBH   | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位   | 第3位   | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PLBUF | BUF.7 | BUF.6 | BUF.5 | BUF.4 | BUF.3 | BUF.2 | BUF.1 | BUF.0 |
| 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   |
| 复位值   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位编号 | 位符号     | 说明              |
|-----|---------|-----------------|
| 7-0 | BUF.7-0 | PLT数据缓冲区读写数据寄存器 |

Table 9.5 PLT配置寄存器地址 (PLADR2)

| DCH    | 第7位 | 第6位 | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|--------|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PLADR2 | -   | -   | ADR2.5 | ADR2.4 | ADR2.3 | ADR2.2 | ADR2.1 | ADR2.0 |
| 读/写    | -   | -   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值    | -   | -   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明                             |
|-----|----------|--------------------------------|
| 5-0 | ADR2.5-0 | PLT通信配置寄存器读写地址寄存器，范围：00H - 3FH |

Table 9.6 PLT配置寄存器数据 (PLREG)

| DDH   | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位   | 第3位   | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PLREG | REG.7 | REG.6 | REG.5 | REG.4 | REG.3 | REG.2 | REG.1 | REG.0 |
| 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   |
| 复位值   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

| 位编号 | 位符号     | 说明                |
|-----|---------|-------------------|
| 7-0 | REG.7-0 | PLT通信配置寄存器读写数据寄存器 |

Table 9.7 PLT通信配置寄存器锁定 (PLOCK)

| DFH   | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PLOCK | LOCK.7 | LOCK.6 | LOCK.5 | LOCK.4 | LOCK.3 | LOCK.2 | LOCK.1 | LOCK.0 |
| 读/写   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值   | 1      | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7-0 | LOCK.7-0 | PLT通信配置寄存器锁定 (默认值10100101, 软件设置)<br>10100101: 解锁状态<br>其它: 锁定状态 (写保护), 推荐设为01011010 |





Table 9.8 PLT通信配置寄存器（通过PLADR2，PLREG读写）

| 名称       | 地址  | 说明                | 读/写 | 默认值       |
|----------|-----|-------------------|-----|-----------|
| UMR1     | 00H | 用户模式寄存器1          | 读/写 | 0000 0000 |
| UMR2     | 01H | 用户模式寄存器2          | 读/写 | 00-0 1001 |
| UMR3     | 02H | 用户模式寄存器3          | 读/写 | 0000 0000 |
| TXFC     | 03H | 发送端载波频率配置         | 读/写 | 0011 0010 |
| RXFC     | 04H | 接收端载波频率配置         | 读/写 | 0011 0010 |
| SSCI*    | 05H | I通道扩频码序列选择和扩频码组选择 | 读/写 | 0000 0000 |
| SSCQ*    | 06H | Q通道扩频码序列选择        | 读/写 | --00 0000 |
| TACQ*    | 07H | 扩频捕获门限            | 读/写 | --01 0000 |
| TFA      | 08H | 帧同步门限             | 读/写 | ---- 1010 |
| CRCH     | 09H | 接收到16位CRC校验字高字节   | 读   | 0000 0000 |
| CRCL     | 0AH | 接收到16位CRC校验字低字节   | 读   | 0000 0000 |
| Reserved | 0BH | 保留                | 读   | 0000 0000 |
| NACQDT** | 0CH | 窄带调制同步捕获门限下限      | 读/写 | 0111 1000 |
| NACQUT** | 0DH | 窄带调制同步捕获门限上限      | 读/写 | 1100 1000 |
| NACQCT** | 0EH | 窄带调制同步捕获计数门限      | 读/写 | ---- 0110 |
| NTRKST** | 0FH | 窄带调制同步跟踪门限        | 读/写 | 1111 0000 |
| PLRSSIL  | 10H | RSSI曲线校准控制字低字节    | 读   | 0000 0000 |
| PLRSSIH  | 11H | RSSI曲线校准控制字高字节    | 读   | 0000 0000 |

注意：

-：保留位，读为0。

\*：SSCI/SSCQ/TACQ/SNR为扩频调制特有寄存器，在窄带调制中没有意义

\*\*：NACQDT/NACQUT/NACQCT/NTRKST为窄带调制特有寄存器，在扩频调制中没有意义

Table 9.9 UMR1寄存器

| 00H  | 第7位   | 第6位   | 第5位   | 第4位      | 第3位      | 第2位 | 第1位 | 第0位 |
|------|-------|-------|-------|----------|----------|-----|-----|-----|
| UMR1 | MODE1 | MODE0 | SPEED | LIMIT_OP | PULSE_OP | -   | -   | -   |
| 读/写  | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写      | 读/写      | -   | -   | -   |
| 复位值  | 1     | 0     | 1     | 0        | 0        | -   | -   | -   |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7-6 | MODE1/0  | PLT模式选择（默认为00，软件置位和复位）<br>00：扩频载波调制<br>01：保留<br>10：窄带BPSK调制<br>11：超短帧调制                  |
| 5   | SPEED    | 窄带模式速度选择（默认为0，软件置位和复位）（包括窄带BPSK调制与超短帧调制）<br>0：normal模式<br>1：high speed模式                 |
| 4   | LIMIT_OP | RX波形输出选择（默认为0，软件置位和复位）（宽带窄带下都有效）<br>0：正常模式，RX波形不输出，P0.7作为普通I/O口<br>1：RX波形输出模式，P0.7输出接收波形 |





|   |          |  |
|---|----------|--|
| 3 | PULSE_OP | TX脉冲输出选择（默认为0，软件置位和复位）（宽带窄带下都有效）<br>0：正常模式，DAC输出，P0.6作为普通I/O口<br>1：方波脉冲输出模式，P0.6输出调制方波 |
|---|----------|--|

Table 9.10 UMR2寄存器

| 01H  | 第7位   | 第6位   | 第5位 | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|-------|-------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| UMR2 | MPKG1 | MPKG0 | -   | LPKG.4 | LPKG.3 | LPKG.2 | LPKG.1 | LPKG.0 |
| 读/写  | 读/写   | 读/写   | -   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | 0     | 0     | -   | 0      | 1      | 0      | 0      | 1      |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7-6 | MPKG1/0  | FEC使能时帧长选择（默认为0，软件设置）<br>00：9字节<br>01：20字节<br>10：31字节<br>11：保留 |
| 4-0 | LPKG.4-0 | FEC禁止时帧长选择（默认为9，软件设置）<br>LPKG.4-0：0 - 31字节，0字节表示无数据传输          |

Table 9.11 UMR3寄存器

| 02H  | 第7位     | 第6位  | 第5位    | 第4位    | 第3位   | 第2位   | 第1位   | 第0位    |
|------|---------|------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| UMR3 | WAVE_OP | DBPF | DBPFS1 | DBPFS0 | AMPS1 | AMPS0 | AFECH | AFEBPF |
| 读/写  | 读/写     | 读/写  | 读/写    | 读/写    | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写    |
| 复位值  | 0       | 0    | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7   | WAVE-OP  | 输出波形选择（默认为0，软件置位和复位）（仅窄带下有效）<br>0：正常模式<br>1：恒包络模式  |
| 6   | DBPF     | PLT内部数字带通滤波器旁路选择（默认为0，软件置位和复位）（ <b>仅窄带方案</b> ）<br>0：滤波器使能<br>1：滤波器旁路   |
| 5-4 | DBPFS1/0 | PLT内部数字带通滤波器参数选择（默认为00，软件设置）<br>00：宽带滤波器，中心频点匹配载频参数N = 50<br>01：窄带滤波器，中心频点匹配载频参数N = 50<br>10：窄带滤波器，中心频点匹配载频参数N = 63<br>11：窄带滤波器，中心频点匹配载频参数N = 89 |
| 3-2 | AMPS1/0  | 发送预放大器增益选择（默认为00，软件设置）<br>00：0dB<br>01：-3dB<br>10：-6dB<br>11：-9dB  |
| 1   | AFECH    | 模拟前端输入通道选择（默认为0，软件设置）<br>0：接收信号从VIN脚输入<br>1：接收信号从VINCOM脚输入   |



|   |        |   |
|---|--------|---|
| 0 | AFEFPF | 模拟前端带通滤波器旁路选择（默认为0，软件置位和复位）<br>0：滤波器使能<br>1：滤波器旁路 |
|---|--------|---|

Table 9.12 TXFC寄存器

| 03H  | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TXFC | TXFC.7 | TXFC.6 | TXFC.5 | TXFC.4 | TXFC.3 | TXFC.2 | TXFC.1 | TXFC.0 |
| 读/写  | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明                      |
|-----|----------|-------------------------|
| 7-0 | TXFC.7-0 | 发送端载波频率设置，从0 - 254，默认50 |

Table 9.13 RXFC寄存器

| 04H  | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| RXFC | RXFC.7 | RXFC.6 | RXFC.5 | RXFC.4 | RXFC.3 | RXFC.2 | RXFC.1 | RXFC.0 |
| 读/写  | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | 0      | 0      | 1      | 1      | 0      | 0      | 1      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明                      |
|-----|----------|-------------------------|
| 7-0 | RXFC.7-0 | 接收端载波频率设置，从0 - 254，默认50 |

Table 9.14 SSCI寄存器

| 05H  | 第7位   | 第6位   | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SSCI | SSCS1 | SSCS0 | SSCI.5 | SSCI.4 | SSCI.3 | SSCI.2 | SSCI.1 | SSCI.0 |
| 读/写  | 读/写   | 读/写   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明   |
|-----|----------|--|
| 7-6 | SSCS1/0  | 扩频码组选择（默认为0，软件设置）<br>00：扩频码组1<br>01：扩频码组2<br>10：扩频码组3<br>11：保留 |
| 5-0 | SSCI.5-0 | I通道扩频码序列选择，从0 - 63，默认0   |

Table 9.15 SSCQ寄存器

| 06H  | 第7位 | 第6位 | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SSCQ | -   | -   | SSCQ.5 | SSCQ.4 | SSCQ.3 | SSCQ.2 | SSCQ.1 | SSCQ.0 |
| 读/写  | -   | -   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | -   | -   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明                     |
|-----|----------|------------------------|
| 5-0 | SSCQ.5-0 | Q通道扩频码序列选择，从0 - 63，默认0 |

Table 9.16 TACQ寄存器



| 07H  | 第7位 | 第6位 | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TACQ | -   | -   | TACQ.5 | TACQ.4 | TACQ.3 | TACQ.2 | TACQ.1 | TACQ.0 |
| 读/写  | -   | -   | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    | 读/写    |
| 复位值  | -   | -   | 0      | 1      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明          |
|-----|----------|-------------|
| 5-0 | TACQ.5-0 | 扩频捕获门限，默认16 |

Table 9.17 TFA寄存器

| 08H | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位   | 第2位   | 第1位   | 第0位   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| TFA | -   | -   | -   | -   | TFA.3 | TFA.2 | TFA.1 | TFA.0 |
| 读/写 | -   | -   | -   | -   | 读/写   | 读/写   | 读/写   | 读/写   |
| 复位值 | -   | -   | -   | -   | 1     | 0     | 1     | 0     |

| 位编号 | 位符号     | 说明         |
|-----|---------|------------|
| 3-0 | TFA.3-0 | 帧同步门限，默认10 |

Table 9.18 CRCH寄存器

| 09H  | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CRCH | CRCH.7 | CRCH.6 | CRCH.5 | CRCH.4 | CRCH.3 | CRCH.2 | CRCH.1 | CRCH.0 |
| 读/写  | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      |
| 复位值  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明           |
|-----|----------|--------------|
| 7-0 | CRCH.7-0 | 接收到CRC校验字高字节 |

Table 9.19 CRCL寄存器

| 0AH  | 第7位    | 第6位    | 第5位    | 第4位    | 第3位    | 第2位    | 第1位    | 第0位    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CRCL | CRCL.7 | CRCL.6 | CRCL.5 | CRCL.4 | CRCL.3 | CRCL.2 | CRCL.1 | CRCL.0 |
| 读/写  | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      | 读      |
| 复位值  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

| 位编号 | 位符号      | 说明           |
|-----|----------|--------------|
| 7-0 | CRCL.7-0 | 接收到CRC校验字低字节 |

Table 9.21 NACQDT寄存器

| 0CH    | 第7位      | 第6位      | 第5位      | 第4位      | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| NACQDT | NACQDT.7 | NACQDT.6 | NACQDT.5 | NACQDT.4 | NACQDT.3 | NACQDT.2 | NACQDT.1 | NACQDT.0 |
| 读/写    | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      |
| 复位值    | 0        | 1        | 1        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        |

| 位编号 | 位符号        | 说明  |
|-----|------------|---|
| 7-0 | NACQDT.7-0 | 窄带normal模式同步参数，默认120<br>窄带high speed模式下需设置为60 |



Table 9.22 NACQUT寄存器

| 0DH    | 第7位      | 第6位      | 第5位      | 第4位      | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| NACQUT | NACQUT.7 | NACQUT.6 | NACQUT.5 | NACQUT.4 | NACQUT.3 | NACQUT.2 | NACQUT.1 | NACQUT.0 |
| 读/写    | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      |
| 复位值    | 1        | 1        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        |

| 位编号 | 位符号        | 说明   |
|-----|------------|--|
| 7-0 | NACQUT.7-0 | 窄带normal模式同步参数，默认200<br>窄带high speed模式下需设置为100 |

Table 9.23 NACQCT寄存器

| 0EH    | 第7位 | 第6位 | 第5位 | 第4位 | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------|-----|-----|-----|-----|----------|----------|----------|----------|
| NACQCT | -   | -   | -   | -   | NACQCT.3 | NACQCT.2 | NACQCT.1 | NACQCT.0 |
| 读/写    | -   | -   | -   | -   | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      |
| 复位值    | -   | -   | -   | -   | 0        | 1        | 1        | 0        |

| 位编号 | 位符号        | 说明  |
|-----|------------|---|
| 3-0 | NACQCT.3-0 | 窄带调制同步参数，默认6<br>normal模式和high speed模式无需修改 |

Table 9.24 NTRKST寄存器

| 0FH    | 第7位      | 第6位      | 第5位      | 第4位      | 第3位      | 第2位      | 第1位      | 第0位      |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| NTRKST | NTRKST.7 | NTRKST.6 | NTRKST.5 | NTRKST.4 | NTRKST.3 | NTRKST.2 | NTRKST.1 | NTRKST.0 |
| 读/写    | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      | 读/写      |
| 复位值    | 1        | 1        | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        |

| 位编号 | 位符号        | 说明   |
|-----|------------|--|
| 7-0 | NTRKST.7-0 | 窄带normal模式同步参数，默认240<br>窄带high speed模式下需设置为120 |

Table 9.25 PLRSSIL寄存器

| 10H     | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PLRSSIL | RSSIL.7 | RSSIL.6 | RSSIL.5 | RSSIL.4 | RSSIL.3 | RSSIL.2 | RSSIL.1 | RSSIL.0 |
| 读/写     | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       |
| 复位值     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |

| 位编号 | 位符号         | 说明             |
|-----|-------------|----------------|
| 7-0 | PLRSSIL.7-0 | RSSI曲线校准控制字低字节 |

Table 9.26 PLRSSIH寄存器

| 11H     | 第7位     | 第6位     | 第5位     | 第4位     | 第3位     | 第2位     | 第1位     | 第0位     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PLRSSIH | RSSIH.7 | RSSIH.6 | RSSIH.5 | RSSIH.4 | RSSIH.3 | RSSIH.2 | RSSIH.1 | RSSIH.0 |
| 读/写     | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       | 读       |
| 复位值     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       |



| 位编号 | 位符号         | 说明             |
|-----|-------------|----------------|
| 7-0 | PLRSSIH.7-0 | RSSI曲线校准控制字高字节 |



## 10. 电气特性

### 极限参数\*

数字供电电压..... -0.3V to +5.5V  
 模拟供电电压..... -0.3V to +3.6V  
 数字输入/输出电压..... GND-0.3V to  $V_{DD}+0.3V$   
 模拟输入/输出电压..... AGND-0.3V to  $AV_{DD}+0.3V$   
 工作环境温度..... -40°C to +85°C  
 存储温度..... -55°C to +125°C  
 Flash内存写/擦除操作..... 0°C to +85°C

### \*注释

如果器件的工作条件超过左列“**极限参数**”的范围，将造成器件永久性破坏。只有当器件工作在说明书所规定的范围内时功能才能得到保障。器件在极限参数列举的条件下工作将会影响到器件工作的可靠性。

**直流电气特性** ( $V_{DD} = 3.0 - 5.5V$ ,  $GND = AGND = 0V$ ,  $AV_{DD} = 3.0 - 3.6V$ ,  $f_{OSC} = 12MHz$ ,  $T_A = 25^\circ C$ , 除非另有说明)

| 参数                         | 符号        | 最小值 | 典型值* | 最大值 | 单位      | 条件  |
|----------------------------|-----------|-----|------|-----|---------|---|
| 数字供电电压                     | $V_{DD}$  | 3.0 | 3.3  | 5.5 | V       | $f_{OSC} = 8MHz - 16MHz$  |
| 模拟供电电压                     | $AV_{DD}$ | 3.0 | 3.3  | 3.6 | V       | $f_{OSC} = 8MHz - 16MHz$  |
| 工作电流                       | $I_{OP1}$ | -   | 4    | 6   | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU开（执行NOP指令），WDT关，LVR关，PLT关，RSSI关，关闭其它所有功能               |
|                            | $I_{OP2}$ | -   | 7    | 12  | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（idle模式），WDT关，LVR关，PLT开（接收状态），RSSI关，关闭其它所有功能          |
|                            | $I_{OP3}$ | -   | 7    | 12  | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（idle模式），WDT关，LVR关，PLT开（发送状态，空载），RSSI关，关闭其它所有功能       |
|                            | $I_{OP4}$ | -   | 13   | 20  | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（idle模式），WDT关，LVR关，PLT开（发送状态，260欧电阻负载），RSSI关，关闭其它所有功能 |
|                            | $I_{OP5}$ | -   | 5    | 10  | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（idle模式），WDT关，LVR关，PLT关，RSSI开，关闭其它所有功能                |
| 待机电流<br>(空闲模式: IDLE)       | $I_{SB1}$ | -   | 2    | 5   | mA      | $f_{SYS} = f_{PLT} = 12MHz$ , $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（idle模式），WDT关，LVR关，PLT关，RSSI关，关闭其它所有功能                |
| 待机电流<br>(掉电模式: Power-Down) | $I_{SB2}$ | -   | 20   | 50  | $\mu A$ | OSC off, $V_{DD} = 3.3V$ , $AV_{DD} = 3.3V$<br>所有输出引脚无负载，所有输入引脚不悬空；<br>CPU关（power down模式），WDT关，LVR关，PLT关，RSSI关，关闭其它所有功能                               |



续上表

| 参数     | 符号        | 最小值                 | 典型值* | 最大值                 | 单位        | 条件  |
|--------|-----------|---------------------|------|---------------------|-----------|---|
| LVR电流  | $I_{LVR}$ | -                   | 0.5  | -                   | $\mu A$   | 所有输出引脚无负载, $V_{DD} = 3.3V$ , LVR开                 |
| WDT电流  | $I_{WDT}$ | -                   | 3    | 5                   | $\mu A$   | 所有输出引脚无负载, $V_{DD} = 3.3V$ , WDT开                 |
| 输入低电压1 | $V_{IL1}$ | GND                 | -    | $0.3 \times V_{DD}$ | V         | I/O端口   |
| 输入高电压1 | $V_{IH1}$ | $0.7 \times V_{DD}$ | -    | $V_{DD}$            | V         | I/O端口   |
| 输入低电压2 | $V_{IL2}$ | GND                 | -    | $0.2 \times V_{DD}$ | V         | RESET, T0, T1, T2, T2EX, INT0, INT1, RXD (施密特触发器) |
| 输入高电压2 | $V_{IH2}$ | $0.8 \times V_{DD}$ | -    | $V_{DD}$            | V         | RESET, T0, T1, T2, T2EX, INT0, INT1, RXD (施密特触发器) |
| 输入漏电流  | $I_{IL}$  | -1                  | -    | 1                   | $\mu A$   | 输入, 无上拉, $V_{IN} = V_{DD}$ 或者GND                  |
| 上拉电阻   | $R_{PH}$  | -                   | 20   | -                   | $k\Omega$ | $V_{DD} = 3.3V$ , $V_{IN} = GND$                  |
| 输出高电压  | $V_{OH}$  | $V_{DD} - 0.7$      | -    | -                   | V         | I/O端口, $I_{OH} = -10mA$ , $V_{DD} = 3.3V$         |
| 输出低电压  | $V_{OL1}$ | -                   | -    | $GND + 0.6$         | V         | I/O端口, $I_{OL} = 15mA$ , $V_{DD} = 3.3V$          |

注意:

1. “\*”表示典型值下的数据是在3.3V, 25°C下测得的, 除非另有说明。
2. 流过 $V_{DD}$ 的最大电流值须小于80mA。
3. 流过GND的最大电流值须小于100mA。
4. 流过 $AV_{DD}$ 的最大电流值须小于80mA。
5. 流过AGND的最大电流值须小于100mA。

模/数转换器电气特性 ( $AV_{DD} = 3.0 - 3.6V$ ,  $AGND = 0V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $f_{OSC} = f_{SYS} = 12MHz$ , ADC使能, 除非另有说明)

| 参数        | 符号         | 最小值 | 典型值*      | 最大值       | 单位        | 条件                              |
|-----------|------------|-----|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|
| 供电电压      | $V_{AD}$   | 3.0 | 3.3       | 3.6       | V         | $V_{AD} = AV_{DD}$              |
| 精度        | $N_R$      |     | 10        | -         | bit       | $GND \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$ |
| A/D输入电压   | $V_{AIN}$  | GND | -         | $V_{REF}$ | V         | $V_{REF} = V_{AD}$              |
| A/D输入电阻   | $R_{AIN}$  | 2   | -         | -         | $M\Omega$ | $V_{IN} = V_{AD}$               |
| A/D转换电流   | $I_{AD}$   | -   | 1         | 3         | mA        | ADC模块工作, $AV_{DD} = 3.3V$       |
| A/D输入电流   | $I_{ADIN}$ | -   | -         | 10        | $\mu A$   | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 模拟电压源推荐阻抗 | $Z_{AIN}$  | -   | -         | 10        | $k\Omega$ | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 微分非线性误差   | $D_{LE}$   | -   | -         | $\pm 1$   | LSB       | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 积分非线性误差   | $I_{LE}$   | -   | -         | $\pm 2$   | LSB       | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 满刻度误差     | $E_F$      | -   | $\pm 1$   | $\pm 3$   | LSB       | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 偏移误差      | $E_Z$      | -   | $\pm 0.5$ | $\pm 2$   | LSB       | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 总绝对误差     | $E_{AD}$   | -   | -         | $\pm 3$   | LSB       | $AV_{DD} = 3.3V$                |
| 总转换时间**   | $T_{CON}$  | 14  | -         | -         | $t_{AD}$  | $AV_{DD} = 3.3V$                |

注意:

“\*”表示“典型值”下的数据是在3.3V, 25°C下测得的, 除非另有说明。



### 载波通信模拟前端电气特性

( $AV_{DD} = 3.0 - 3.6V$ ,  $AGND = 0V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $R_L = 260\Omega$ ,  $f_{OSC} = f_{PLT} = 12MHz$ , PLT使能, 除非另有说明)

| 参数                    | 符号           | 最小值 | 典型值*    | 最大值     | 单位        | 条件  |
|-----------------------|--------------|-----|---------|---------|-----------|---|
| 模拟前端供电电压              | $V_{AFE}$    | 3.0 | 3.3     | 3.6     | V         | $V_{AFE} = AV_{DD}$   |
| 发送信号幅度                | $V_{OUT}$    | -   | 2.6     | -       | V         | $V_{AFE} = 3.3V$  |
| 发送通道建立时间              | $t_{TXSU1}$  | -   | -       | 1       | ms        | 从接收切换到发送  |
|                       | $t_{TXSU2}$  | -   | 8       | 20      | ms        | 从待机切换到发送  |
| 发送输出阻抗                | $Z_{VOUT1}$  | -   | 5       | 100     | $\Omega$  | PLT使能并TRC = 1   |
| 发送高阻阻抗                | $Z_{VOUT2}$  | 1   | 10      | -       | $M\Omega$ | PLT关闭或TRC = 0   |
| 发送通带纹波                | $R_P$        | -   | -       | 3       | dB        | 频率范围: 50KHz - 300KHz  |
| 发送带外衰减                | $R_S$        | 15  | -       | -       | dB        | 频率范围: >1300KHz  |
| 发送总谐波失真               | THD          | -   | 50      | -       | dB        | $f_{PLT} = 12MHz$<br>$F_{in} = 119.531KHz$  |
| 发送二次谐波失真              | HD2          | -   | 55      | -       | dB        | $f_{PLT} = 12MHz$<br>$F_{in} = 119.531KHz$  |
| 发送三次谐波失真              | HD3          | -   | 55      | -       | dB        | $f_{PLT} = 12MHz$<br>$F_{in} = 119.531KHz$  |
| 接收信号范围                | $V_{IN}$     | 0.1 |         | 1400    | mVpp      |   |
| 接收输入阻抗                | $Z_{IN}$     | 1   | 41      | -       | $K\Omega$ |   |
| RSSI动态范围              | $DR_{RSSI}$  | -   | 70      | -       | dB        | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号范围: 0.45mVpp - 1.4Vpp                  |
| RSSI对数一致性             | $LER_{RSSI}$ | -   | $\pm 6$ | -       | dB        | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号范围: 0.45mVpp - 1.4Vpp                  |
| RSSI温度一致性             | $AER_{RSSI}$ | -   | -       | $\pm 3$ | dB        | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度范围: $-40^\circ C - +85^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号范围: 0.45mVpp - 1.4Vpp |
| RSSI输出电压1             | $V_{RSSI1}$  | -   | 650     | -       | mV        | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号电平: 0.45mVpp                           |
| RSSI输出电压2             | $V_{RSSI2}$  | -   | 3.0     | -       | V         | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号电平: 1.4Vpp                             |
| RSSI输出阻抗              | $Z_{RSSI}$   | -   | 10      | -       | $K\Omega$ | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号电平: 200mVpp                            |
| RSSI响应时间<br>(纹波 < 5%) | $T_{RSSI}$   | -   | 100     | 1000    | $\mu s$   | $AV_{DD} = 3.3V$<br>温度: $25^\circ C$<br>$F_{in} = 120KHz$<br>输入信号范围: 0.45mVpp - 1.4Vpp, 接0.1uF电容        |





交流电气特性 ( $V_{DD} = 3.0V - 5.5V$ ,  $GND = 0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ ,  $f_{OSC} = f_{SYS} = 12MHz$ , 除非另有说明。)

| 参数       | 符号          | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位        | 条件                               |
|----------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----------------------------------|
| 复位脉冲宽度   | $t_{RESET}$ | 10  | 3.4 | -   | $\mu s$   | 复位低电平有效                          |
| 复位引脚上拉电阻 | $R_{RPH}$   | -   | 30  | -   | $K\Omega$ | $V_{DD} = 3.3V$ , $V_{IN} = GND$ |
| WDT周期    | $T_{WDT}$   | 0.8 | -   | -   | ms        | 对应WDT RC频率低于1.25KHz              |
| 振荡器频率范围  | $F_{OSC}$   | 6   | 12  | 16  | MHz       |                                  |
| 占空比      | $D_{OSC}$   | 45  | 50  | 55  | %         | $F_{OSC} : 8MHz - 16MHz$         |
| 负载电容     | $C_L$       | -   | 12  | -   | PF        | $F_{OSC} : 8MHz - 16MHz$         |
| 振荡器起振时间  | $T_{OSC}$   | -   | 1   | 20  | ms        | $F_{OSC} : 8MHz - 16MHz$         |

低电压复位电气特性 ( $V_{DD} = 3.0V - 5.5V$ ,  $GND = 0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ ,  $f_{OSC} = f_{SYS} = 12MHz$ , LVR使能, 除非另有说明。)

| 参数         | 符号        | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位      | 条件 |
|------------|-----------|-----|-----|-----|---------|----|
| LVR电压      | $V_{LVR}$ | 2.7 | 2.8 | 2.9 | V       |    |
| LVR低电压复位宽度 | $T_{LVR}$ | -   | 30  | -   | $\mu s$ |    |

内部3.3V稳压源电气特性 ( $V_{DD} = 3.6V - 5.5V$ ,  $GND = 0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , REG33使能,  $AV_{DD}$ 引脚接47 $\mu F$ 电容, 除非另有说明。)

| 参数   | 符号         | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位      | 条件                       |
|------|------------|-----|-----|-----|---------|--------------------------|
| 供电电压 | $V_{IN}$   | 3.6 | 5   | 5.5 | V       | $V_{IN} = V_{DD}$        |
| 输出电压 | $V_{OUT}$  | 3.1 | 3.3 | 3.5 | V       | $AV_{DD}$ 不加负载           |
| 掉电压  | $V_{DROP}$ | -   | 25  | 100 | mV      | $I_{OUT} = 0 - 15mA$     |
| 工作损耗 | $I_{OP}$   | -   | 15  | 50  | $\mu A$ | 开启 REG33, $AV_{DD}$ 不加负载 |
| 待机损耗 | $I_{SB}$   | -   | 1   | 20  | $\mu A$ | 关闭 REG33, $AV_{DD}$ 不加负载 |

[illegible]

- (1) 请参考7.4.2章节JTAG管脚连接图。
- (2) 可选接口电路，用于需提供UART接口的应用。
- (3) 请参考7.6章节系统电源叙述。
- (4) 可选过零检测电路，用于过零传输模式或使用到过零传输功能的模式。
- (5) 可选电感，增强发送滤波，用于载频点设置为低频50KHz应用，高频应用时需去掉。
- (6) 系统模拟地和数字地在靠近SH99F01的一点连接。



## 12. 订购信息

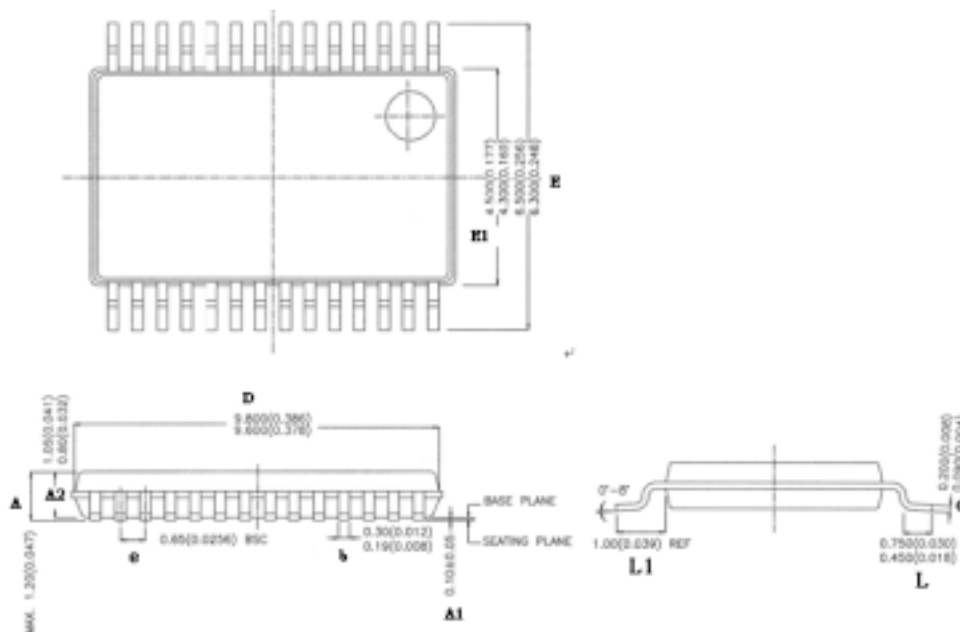
| 产品编号           | 封装       |
|----------------|----------|
| SH99F01X/028XU | 28 TSSOP |



## 13. 封装信息

## TSSOP 28外形尺寸

单位: 英寸/毫米



| Symbol | Dimensions in inches |          |       | Dimensions in mm |         |      |
|--------|----------------------|----------|-------|------------------|---------|------|
|        | MIN                  | NOM      | MAX   | MIN              | NOM     | MAX  |
| A      | ---                  | ---      | 0.048 | ---              | ---     | 1.20 |
| A1     | 0.002                | ---      | 0.006 | 0.05             | ---     | 0.15 |
| A2     | 0.032                | ---      | 0.041 | 0.80             | ---     | 1.05 |
| b      | 0.007                | ---      | 0.012 | 0.19             | ---     | 0.30 |
| C      | 0.004                | ---      | 0.008 | 0.09             | ---     | 0.20 |
| D      | 0.378                | ---      | 0.386 | 9.60             | ---     | 9.80 |
| E      | 0.248                | ---      | 0.256 | 6.3              | ---     | 6.5  |
| E1     | 0.169                | ---      | 0.177 | 4.30             | ---     | 4.50 |
| e      |                      | 0.026BSC | ---   | ---              | 0.65BSC | ---  |
| L      | 0.018                | ---      | 0.030 | 0.45             | ---     | 0.75 |
| θ      | 0°                   | ---      | 8°    | 0°               | ---     | 8°   |
| L1     | ---                  | 0.039REF | ---   | ---              | 1.00REF | ---  |

## 注意：

1. 尺寸D的最大值包括末端毛边。
2. 尺寸E不包括树脂凸缘。
3. 尺寸e<sub>1</sub>为PC板接口的引脚间距设计的，仅供参考。
4. 尺寸S包括末端毛边。