

## 2.12 AVR 单片机存储器编程

### 2.12.1 编程存储器锁定位

90 系列单片机 MCU 提供 2 个加密锁定位，可以不编程(1)或编程为(0)，而获得表 2.24 的额外特性。

表 2.24 锁定位保护方式

编 程 锁 定 位			保 护 类 型
模 式	LB1	LB2	
1	1	1	无编程锁定特征
2	0	1	Flash 的再编程被禁止
3	0	0	同 2 模式, 但校验被禁止

注意: 锁定位只能整片擦除时才能擦除。

### 2.12.2 熔断位

90 系列单片机有两个熔断位，SPIEN 和 FSTRT

当 SPIEN 被编程为 0 时，串行编程下载被允许，缺省值是被编程的(0)。

当 FSTRT 被编程为 0 时，选择短的启动时间，缺省值为擦除(1)，定货时可以要求该位被编程。这些位不能被串行编程模式访问，也不能被全片擦除所改变。

### 2.12.3 芯片代码

所有的 ATMEL 微控制器都有 3 字节的电子标签指定该器件的型号，该标签可以被串行模式和并行模式读出，这三个字节属于不同的地址空间，对于 90 系列单片机它们是：

- (1) \$000: \$1E (指出厂商是 ATMEL)。
- (2) \$001: \$93 (指出 4K 字节的 Flash 存储器)。
- (3) \$002: \$01 (当 \$001 是 \$93 时指出是 AT90S8515 器件)。

### 2.12.4 编程 Flash 和 E2PROM

90 系列单片机提供了 8K 字节的系统在线可编程的 Flash 程序存储器和 512 字节的 E2PROM 数据存储器和。

90 系列单片机通常被售出时，片内的 FLASH 程序存储器和 E2PROM 数据存储器阵列是被擦除的状态（即内容=\$FF），而可以被编程。该器件支持高压的（12V）并行编程模式和低压的串行编程模式，+12V 电源仅用于编程触发，并不从该引脚获取意义上的电流，串行模式提供了对 90 系列单片机方便的在线程序和数据下载方式。

在两种模式下 90 系列单片机的程序和数据存储器阵列是按字节编程的。对于 E2PROM，在串行编程模式中提供了一个自动擦除周期。

### 2.12.5 并行编程

本节描述了怎样并行编程和验证 90 系列单片机的 Flash 程序存储器、E2PROM 数据存储器及程序存储器的锁定位和熔断位。AT90S8515 的并行编程如图 2.50 所示。

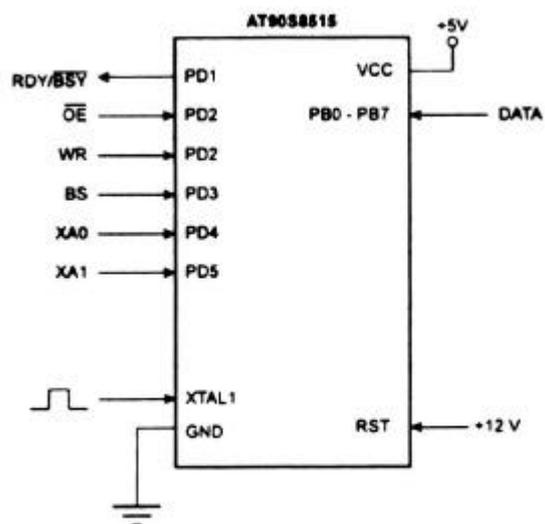


图 2.50 并行编程

### 一、信号名称

本节中 90 系列单片机的一些引脚被定义为描述并行编程的信号名称，表 2.25 中没有描述的引脚仍用引脚名来表示。

XA1 / XA0 位决定了当 XTAL1 引脚结出一个正脉冲时的动作，这两位的设置见表 2.26。

当脉冲是 /WR 或 /OE 时，装入的命令决定了输入或输出的行为，该命令是一个字节，每一位的功能见表 2.27。

表 2.25 引脚名映射

编程方式的信号名	引脚名	I/O	功 能
RDY/ $\overline{\text{BSY}}$	PD1	O	0: 器件正在编程, 1: 器件就绪等待新的命令
$\overline{\text{OE}}$	PD2	I	输出允许(低激活)
$\overline{\text{WR}}$	PD3	I	写脉冲(低激活)
BS	PD4	I	字节选择
XA0	PD5	I	XTAL 用于位 0
XA1	PD6	I	XTAL 用于位 1

表 2.26 XA1 和 XA0 编码

XA1	XA0	当 FLASH 被 PULSED 时操作
0	0	装入 Flash 或 EEPROM 地址(由 BS 确定的 F <sub>sash</sub> 高或低地址字节)
0	1	装入数据(由 BS 线确定的 F <sub>sash</sub> 高或低数据字节)
1	0	装入命令
1	1	闲置

表 2.27 命令字节位编码

位号	当设置时的定义
7	芯片擦除
6	写熔断位, 在数据字节中定位下列位位置; D5: SPIEN 熔断丝, D0: FSTRT 熔断丝(注意: 写“0”为编程, 写“1”为擦除)
5	写锁定位, 在数据字节中定位下列位位置; D7: LB1, D6: LB2, D5: SPIEN 熔断, D0: FSTRT 熔断(注意: “0”为编程)
4	写 Flash 或 EEPROM 中读(由位 0 测定)
3	读标记行
2	读锁定位和熔断位, 在数据字节中定位下列位位置; D1: LB1, D0: LB2(注意: 写“0”为编程)
1	从 Flash 或 EEPROM 中读(由位 0 测定)
0	0: Flash 访问, 1: EEPROM 访问

## 二、进入编程模式

下列算法使器件进入并行编程模式:

- (1) 在 Vcc 和 GND 之间加上 4.5~5.5 V 电压。
- (2) 把 /RESET 和 BS 设置为 0, 并等待至少 100 ns。
- (3) 把 /RESET 加到 12V 且在改变 BS 之前至少等待 100ns。

## 三、全片擦除

全片的擦除功能将擦除 Flash 和 EEPROM 存储器和锁定位。锁定位在程序存储器被完全擦除之前不会被清除, 熔断位并不改变。在编程之前必须执行一个全片擦除。

装载“全片擦除”命令:

- (1) 把 XA1 和 XA0 设置为 (10), 触发命令装入。
- (2) 把 BS 设置为 0。
- (3) 设置 PB (7~0) 为“1000 0000”, 这是全片擦除命令。
- (4) 给 XTAL1 一个正脉冲, 这将装入命令并且开始擦除 Flash 和 EEPROM 阵列。在 XTAL1 脉冲之后, 给 /WR 一个负脉冲使得锁定位在擦除周期结束时被擦除。然后等待 10ms 使擦除完成。全片擦除不生成 RDY / /BSY 信号。

#### 四、编程 Flash

装载“编程 Flash”命令：

- (1) 设置 XA1、XA0 为“10”，触发命令装入。
- (2) 把 BS 设为 0。
- (3) 把 PB (7~0) 设为“0001 0000”，这是 Flash 编程命令。
- (4) 给 XTAL1 一个正脉冲，这将装入该命令。

装入地址低字节

- (1) 设置 XA1、XA0 为“00”，触发地址装入。
- (2) 设置 BS 为 0，选择低位地址。
- (3) 设置 PB (7~0) = 低位地址字节 (\$00~\$FF)。
- (4) 给 XTAL1 一个正脉冲，这将装入地址低字节。

装入地址高字节

- (1) 设置 XA1、XA0 为“00”，触发地址装入。
- (2) 设置 BS 为 1，选择高位地址。
- (3) 设置 PB (7~0) = 高位地址字节 (\$00~\$0F)。
- (4) 给 XTAL1 一个正脉冲，这将装入地址高字节。

装入数据字节

- (1) 设置 XA1、XA0 为“01”，触发数据装入。
- (2) 设置 PB (7~0) = 数据低字节 (\$00~\$FF)。
- (3) 给 XTAL1 一个正脉冲，这将装入数据低字节。

写入数据低字节

- (1) 设置 BS=0，选择数据低字节。
- (2) 给 /WR 一个负脉冲，开始编程数据低字节，RDY / /BSY 为低电平。
- (3) 等待直到 RDY / /BSY 变高时再编程另一个字节。

装入数据高字节

- (1) 设置 XA1、XA0 为“01”，触发数据装入。
- (2) 设置 PB (7~0) = 数据高字节 (\$00~\$FF)。
- (3) 给 XTAL1 一个正脉冲，这将装入数据高字节。

写入数据高字节

- (1) 设置 BS=1，选择数据高字节。
- (2) 给 /WR 一个负脉冲，开始编程数据低字节，RDY / /BSY 为低电平。
- (3) 等待直到 RDY / /BSY 变高时再编程另一个字节。

装入的命令和地址在编程过程中保持不变，为了简化编程，请考虑如下：

- 编程 Flash 存储器的命令仅在编程第一个字节时需要被装入。
- 地址高字节仅在编程 Flash 中一个新的 256 字节页之前需要装入。

图 2. 51 和图 2. 52 为可编程 Flash 低字节和可编程 FLASH 高字节。

#### 五、编程 E2PROM

编程 E2PROM 的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0001 0001”。
- (2) 装入低位 E2PROM 地址 (\$00~\$FF)。

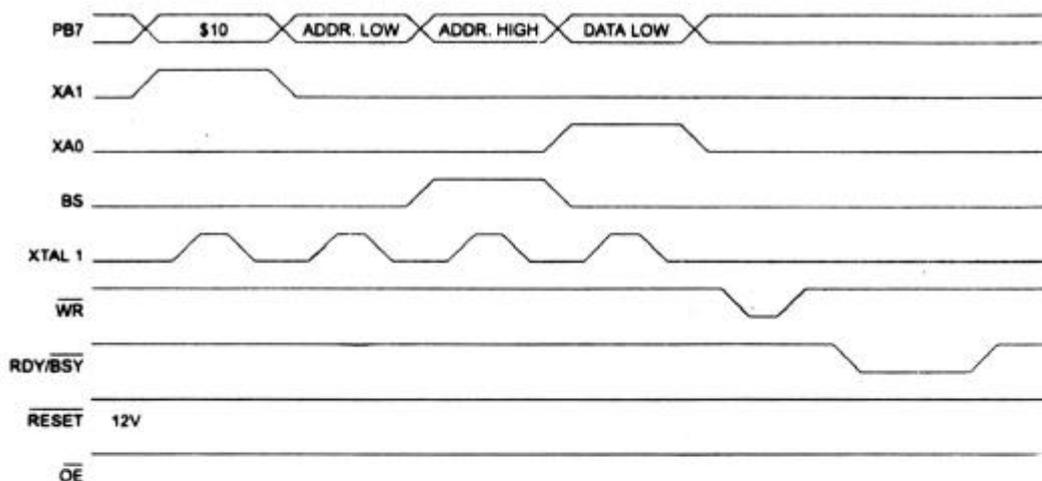


图 2.51 可编程 Flash 低字节

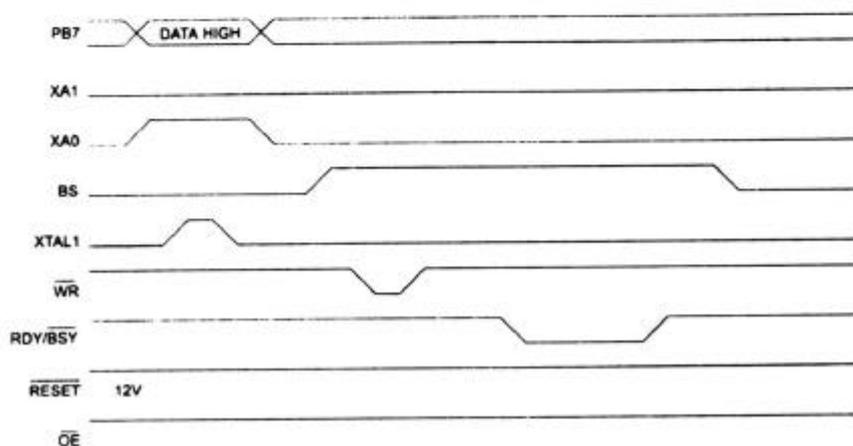


图 2.52 可编程 Flash 高字节

- (3) 装入高位 E2PROM 地址 (\$00~\$01)。
- (4) 装入低位 E2PROM 数据 (\$00~\$FF)。
- (5) 给 /WR 一个负脉冲并等待 RDY / BSY 变为高电平。

仅在编程第一个字节之前需要装入命令。

## 六、读 Flash

读 Flash 的算法如下 (参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载):

- (1) 装入命令 "0000 0010"。
- (2) 装入低地址 (\$00~\$FF)。
- (3) 装入高地址 (\$00~\$0F)。
- (4) 设置 /OE 为 0, BS 为 0, 这时数据低字节可从 PB (7~0) 读出。
- (5) 设置 BS 为 1, 这时数据高字节可从 PB (7~0) 读出。
- (6) 设置 /OE 为 1。

仅在读第一个字节之前需要装入命令。

## 七、读 E2PROM

读 E2PROM 的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0000 0011”。
- (2) 装入低地址（\$00~\$FF）。
- (3) 装入高地址（\$00~\$01）。
- (4) 设置/OE 为 0，BS 为 0，这时数据低字节可从 PB（7~0）读出。
- (5) 设置/OE 为 1。

仅在读第一个字节之前需要装入命令。

## 八、编成熔断位

编程熔断位的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0100 0000”。
- (2) 装入数据：  
位 5=0，编程 SPIEN 熔断位；位 5=1，擦除 SPIEN 熔断位。  
位 0=0，编程 FSTRT 熔断位；位 5=1，擦除 FSTRT 熔断位。
- (3) 给 /WR 一个负脉冲，然后等待 RDY / /BSY 变高。

注意：/WR 必须保持低至少一个毫秒的电平。

## 九、编程加密位

编程加密位的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0010 0000”。
- (2) 装入数据：  
位 2=0，编程加密位 2；  
位 1=0 编程加密位 1。
- (3) 给 /WR 一个负脉冲，然后等待 RDY / /BSY 变高。

加密位仅在全片擦除的时候被清除。

## 十、读熔断和加密位

读熔断和加密位的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0000 0100”。
- (2) 设置/OE 为 0，BS 为 1，这时熔断和加密位的状态可从 PB（7~0）读出。  
位 7：加密位 1（0 表示已被编程）。  
位 6：加密位 2（0 表示已被编程）。  
位 5：SPIEN 熔断位（0 表示已被编程，1 表示被擦除）。  
位 0：FSTRT 熔断位（0 表示已被编程，1 表示被擦除）。
- (3) 设置/OE 为 1。

特别注意 BS 需要设置为 1。

## 十一、读电子标签字节

读电子标签字节的算法如下（参考 Flash 编程部分的命令、地址和数据的装载）：

- (1) 装入命令“0000 1000”。
- (2) 装入低位地址（\$00~\$02）。
- (3) 设置/OE 为 0，BS 为 0，从 PB（7~0）可以读出选中的标签字节。
- (4) 设置/OE 为 1。

仅在读第一个字节之前需要装入命令。

### 2.12.6 串行下载

#### 一、串行下载

在 /RESET 接地时，所有的程序和数据存储器阵列都可以由串行 SPI 总线来编程。该串行接口

包括引脚 SCK、MOSI（输入）、MISO（输出）。当 /RESET 设为低电平后，应先执行编程允许指令，再执行编程 / 擦除操作。

当编程 E2PROM 时，内部定时编程操作中包含了自动擦除周期（仅仅在串行编程模式下）而无须先执行全片擦除指令。全片擦除指令把程序和数据存储器阵列的每一地址都变成 \$FF。

程序和 E2PROM 存储器阵列的地址空间是分开的，程序存储器为 \$0000~\$0FFF，而 E2PROM 存储器为 \$0000~\$01FF。

可以用通过 XTAL1 提供的外部时钟，也可以在 XTAL1 和 XTAL2 之间加上一个晶振，串行时钟的（SCK）低电平和高电平的最小时间定义如下：

LOW：大于 1 个 XTAL1 时钟周期。

High：大于 4 个 XTAL1 时钟周期。

## 二、串行编程算法

以串行的方式编程和校验 90 系列单片机，可用以下的算法（见表 2.28 的 4 字节指令格式）：

(1) 上电过程：在 VCC 和 GND 之间上电，同时 RESET 和 SCK 设置为 0。（如果编程器不能保证 SCK 在上电期间为低电平，则在 SCK 为低电平时 RESET 必须给出一个正脉冲）。如果晶振没有被连到 XTAL1 和 XTAL2 上，则在 XTAL1 上加上 0 到 20MHZ 的时钟。

(2) 等待至少 20MS，向 MOSI / PB5 送串行编程触发指令来触发串行编程，请参照上一节的串行时钟输入 SCK 的低电平和高电平的最小时间。

(3) 如果执行了全片擦除（在擦除 Flash 时必须执行），等待 10MS，给 /RESET 一个正脉冲然后再从第（2）步开始。

(4) 通过在相应的写指令中一起提供地址和数据，可以一次把一个字节写入 FLASH 和 E2PROM 阵列中，E2PROM 存储器的每一地址在新数据写入之前被自动擦除。下一个字节 4MS 后再写入。

(5) 任何存储器地址都可以通过读指令来校验，该读指令从串行输出 MISO/PB6 返回选中地址的内容。

(6) 在编程结束时，/RESET 可以设置为高电平来开始正常操作。

(7) 下电过程（如果需要的话）：设置 XTAL1 为 0（如果未用晶振的话）；设置 /RESET 为 1；把 VCC 断开。

表 2.28 串行可编程指令设置

指 令	指 令 格 式				操 作
	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	
编程允许	1010 1100	0101 0011	xxxx xxxx	xxxx xxxx	在复位变低后，允许串行编程
芯片擦除	1010 1100	100x xxxx	xxxx xxxx	xxxx xxxx	芯片擦除存储器阵列 8K 或 512K 字节
读程序存储器	0010 h000	bbbb bbbb	bbbb bbbb	oooo oooo	从字地址 a:b 处的程序存储器读 h(高或低)数据 o。
写程序存储器	0100 h000	xxxx aaaa	bbbb bbbb	iiii iiii	写 h(高或低)数据 i 到从字地址 a:b 处的程序存储器中
读 EEPROM 存储器	1010 0000	xxxx aaaa	bbbb bbbb	oooo oooo	从地址 a:b 处的 EEPROM 中读数据 o。
写 EEPROM 存储器	1100 0000	xxxx xxx0	bbbb bbbb	iiii iiii	写数据 i 到地址 a:b 处的程序存储器中
写锁定位	1010 1100	111x x21x	xxxx xxxx	xxxx xxxx	写锁定位，置位 1,2 = '0' 到程序锁定位
读器件代码	0011 0000	xxxx xxxx	xxxx xxxb	oooo oooo	从地址 b 处读器件代码 o。

注意：a = 高位地址；b = 低位地址；h = 0 为低字节，h1 为高字节；o = 数据输出；i = 数据输入；x = 任意；1 = 加密位 1；2 = 加密位 2。

## 2.12.7 可编程特性

当把串行数据写入 90 系列单片机时，数据在 CLK 的上升沿被输入。

当从 90 系列单片机中读数据时，数据在 CLK 的下降沿输出，见图 2.53 的解释。图 2.54 是串行可编程和校验示意图。

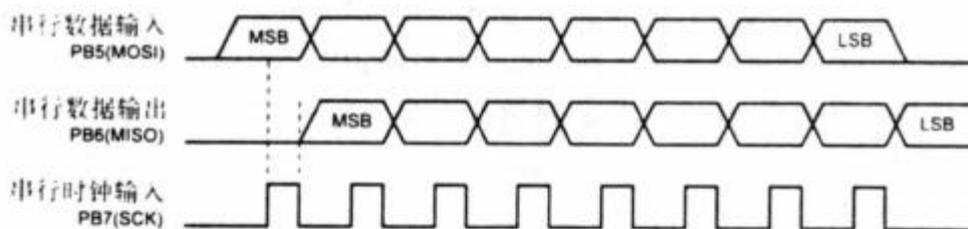


图 2.53 串行下载波形图

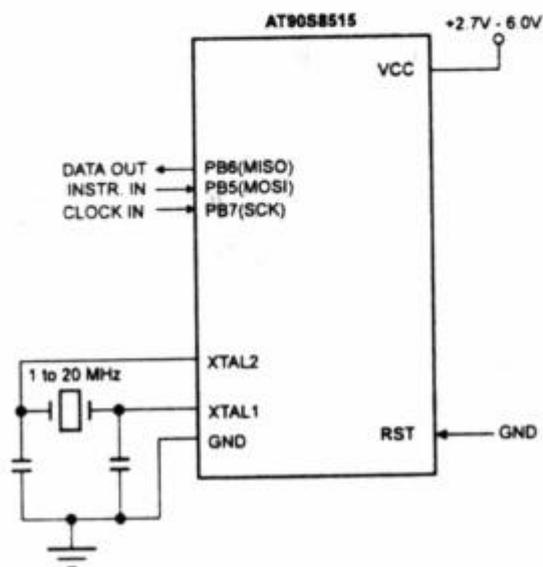


图 2.54 串行可编程和校验