

附录 A ATmega128 熔丝位汇总

编程与状态说明：

- 在 AVR 的器件手册中，使用已编程（Programmed）和未编程（Unprogrammed）定义熔丝位的状态。“Unprogrammed”表示熔丝状态为“1”（禁止）；“Programmed”表示熔丝状态为“0”（允许）
 - 1：未编程（检查框不打钩）
 - 0：编程（检查框打钩）
- AVR 的熔丝位可多次编程的，不是 OPT 熔丝。
- 熔丝位的配置（编程）可以通过并行方式、ISP 串行方式、JTAG 串行方式实现。
- AVR 芯片加密锁定后（LB2/LB1 = 1/0, 0/0）不能通过任何方式读取芯片内部 Flash 和 E²PROM 中的数据，但熔丝位的状态仍然可以读取，但不能修改配置。
- 芯片擦除命令是将 Flash 和 E²PROM 中的数据清除，并同时两位锁定位状态配置成无锁定状态（LB2/LB1 = 1/1）。但芯片擦除命令并不改变其它熔丝位的状态。
- 下载编程的正确操作程序是：在芯片无锁定状态下，下载运行代码和数据，配置相关的熔丝位，最后配置芯片的加密锁定位。
- 芯片被加密锁定后，如果发现熔丝位配置不对，必须使用芯片擦除命令，清除芯片中的数据，解除加密锁定。然后重新下载运行代码和数据，修改配置相关的熔丝位，最后再次配置芯片的加密锁定位。

1. 芯片加密锁定熔丝

加密锁定位			保护类型（用于芯片加密）
加密锁定方式	LB2	LB1	
1（默认）	1	1	无任何编程加密锁定保护
2	1	0	禁止串/并行方式对 Flash 和 E ² PROM 的再编程 禁止串/并行方式对熔丝位的编程
3	0	0	禁止串/并行方式对 Flash 和 E ² PROM 的再编程和校验 禁止串/并行方式对熔丝位的编程

注：加密锁定熔丝只能使用芯片擦除命令还原为默认的无任何加密锁定保护状态

2. 功能熔丝

熔丝名称	说 明		默认
	1	0	
M103C	ATmega128 工作模式	ATmega103 兼容模式	0
WDTON	看门狗由软件控制	看门狗始终工作，软件只可以调节溢出时间	1
SPIEN	禁止 ISP 串行编程	允许 ISP 串行编程	0
JTAGEN	禁止 JTAG 口	使能 JTAG 口	0
EESAVE	芯片擦除时不保留 E ² PROM 数据	芯片擦除时保留 E ² PROM 数据	1
BODEN	禁止低电压检测功能	允许低电压检测功能	1
BODLEVEL	低电压检测门槛电平 2.7V	低电压检测门槛电平 4.0V	1
OCDEN	禁止 JTAG 口的在线调试功能	禁止 JTAG 口的在线调试功能	1

3. 有关 Boot loader 的熔丝

上电启动地址的设定：

熔丝名称	说 明		默认
	1	0	
BOOTRST	芯片上电后从 0x0000 地址执行	上电后从 BOOT 区执行 (参考 BOOTSZ0/1)	1

Boot loader 区大小设置：

BOOTSZ1	BOOTSZ0	BOOT 区大小	BOOT 区地址	默认
0	0	4096 Word	0xF000	00
0	1	2048 Word	0xF800	
1	0	1024 Word	0xFC00	
1	1	512 Word	0xFE00	

对应用程序区的保护模式设置：

BLB0 模式	BLB02	BLB01	对应用程序区的保护
Mode1	1	1	不限制 SPM 和 LPM 指令对应用程序区的操作
Mode2	1	0	禁止 SPM 指令对应用程序区的写操作
Mode3	0	0	禁止 SPM 指令对应用程序区的写操作 在执行驻留于引导加载区的引导加载程序过程中,禁止其中 LPM 指令对应用程序区的读操作 如果中断向量驻留在引导加载区,则在 MCU 执行驻留于应用程序区的程序过程中,禁止中断响应
Mode4	0	1	在执行驻留于引导加载区的引导加载程序过程中,禁止其中 LPM 指令对应用程序区的读操作 如果中断向量驻留在引导加载区,则在 MCU 执行驻留于应用程序区的程序过程中,禁止中断响应

对 Boot loader 区的保护模式设置：

BLB1 模式	BLB12	BLB11	对引导加载区的保护
Mode1	1	1	不限制 SPM 和 LPM 指令对引导加载区的操作
Mode2	1	0	禁止 SPM 指令对引导加载区的写操作
Mode3	0	0	禁止 SPM 指令对引导加载区的写操作 在执行驻留于应用程序区的应用程序过程中,禁止其中 LPM 指令对引导加载区的读操作 如果中断向量驻留在应用程序区,则在 MCU 执行驻留于引导加载区的加载程序过程中,禁止中断响应
Mode4	0	1	在执行驻留于应用程序区的应用程序过程中,禁止其中 LPM 指令对引导加载区的读操作 如果中断向量驻留在应用程序区,则在 MCU 执行驻留于引导加载区的加载程序过程中,禁止中断响应

4. 有关系统时钟源的选择和上电启动延时时间的设置熔丝

系统时钟选择：

系统时钟源	CKSEL3..0
外接石英/陶瓷振荡器	1111-1010
外接低频晶振(32.768KHZ)	1001 (RTC)
外接 RC 振荡	1000-0101
使用可校准的内部 RC 振荡	0100-0001 (默认 0001 , 1MHz)
外部时钟源	0000

使用外部振荡器时的工作模式配置：

熔丝位		工作频率范围 (MHz)	C1、C2 容量(pF) (仅适用石英晶振)
CKOPT ²	CKSEL3..1		
1	101	0.4-0.9	仅适合陶瓷振荡器 ¹
1	110	0.9-3.0	12-22
1	111	3.0-8.0	12-22
0	101,110,111	1.0	12-22

注：1、对陶瓷振荡器所配的电容，按生产厂家说明配用。

2、当 CKOPT=0 (编程) 时，振荡器的输出振幅较大，适用于干扰大的场合；反之，振荡器的输出振幅较小，可以减少功耗，对外电磁幅射也较小。

3、CKOPT 默认状态为“1”。

使用外部振荡器时的启动时间选择：

熔丝位		从掉电模式 开始的启动时间	从复位开始的附加 延时(Vcc=5.0V)	推荐使用场合
CKSEL0	SUT 1..0			
0	00	258 CK	4.1ms	陶瓷振荡器、快速上升电源
0	01	258 CK	65ms	陶瓷振荡器、慢速上升电源
0	10	1K CK	-	陶瓷振荡器 BOD 方式
0	11	1K CK	4.1ms	陶瓷振荡器、快速上升电源
1	00	1K CK	65ms	陶瓷振荡器、慢速上升电源
1	01	16K CK	-	石英振荡器 BOD 方式
1	10	16K CK	4.1ms	石英振荡器、快速上升电源
1	11	16K CK	65ms	石英振荡器、慢速上升电源

使用外部低频晶振时的启动时间选择：

熔丝位		从掉电模式 开始的启动时间	从复位开始的附加 延时(Vcc=5.0V)	推荐使用场合
CKSEL 3..0	SUT 1..0			
1001	00	1K CK	4.1ms	快速上升电源或BOD方式 ¹
1001	01	1K CK	65ms	慢速上升电源
1001	10	32K CK	65ms	要求振荡频率稳定的场合
1001	11	保留		

注：1、这个选项只能用于启动时晶振频率稳定、不是很重要的应用场合。

2、使用 32.768K 手表晶振作为 MCU 的时钟源。此时 CKSEL 应当编程为 1001；

3、CKOPT=0 时，选择使用内部和 XTAL1/XTAL2 相连的电容，没有必要再外接电容；内部电容为 36pF。

使用外部 RC 振荡器时的模式配置

熔丝位 (CKSEL3..0)	工作频率范围 (MHz)
0101	0.9
0110	0.9-3.0
0111	3.0-8.0
1000	8.0-12.0

注意：1、频率的估算公式是： $f=1/(3RC)$

2、电容 C 至少为 22pF。

3、当 CKOPT=0 (编程) 时，可以使用片内 XTAL1 和 GND 之间的 36pF 电容，此时不需要外接电容 C。

使用外部 RC 振荡器时的启动时间选择

熔丝位 (SUT 1..0)	从掉电模式 开始的启动时间	从复位开始的附加延 时 (Vcc=5.0V)	推荐使用场合
00	18 CK	-	BOD 方式
01	18 CK	4.1ms	快速上升电源
10	18 CK	65ms	慢速上升电源
11	6 CK	4.1ms	快速上升电源或 BOD 方式

使用内部 RC 振荡器的不同工作模式

熔丝位 (CKSEL3..1)	工作频率范围 (MHz)
0001 ¹	1.0
0010	2.0
0011	4.0
0100	8.0

注：1、芯片出厂设置状态

被校准的内部 RC 振荡器提供固定的 1/2/4/8MHZ 的时钟，这些工作频率是在 5V，25 下校准的。CKSEL 熔丝按下表编程可以选择内部 RC 时钟，此时将不需要外部元件，而使用这些时钟选项时，CKOPT 应当是未编程的，即 CKOPT=1。

当 MCU 完成复位后，硬件将自动地装载校准值到 OSCCAL 寄存器中，从而完成对内部 RC 振荡器的频率校准。

使用内部 RC 振荡器时的启动时间选择

熔丝位 (SUT 1..0)	从掉电模式 开始的启动时间	从复位开始的附加延时 (Vcc=5.0V)	推荐使用场合
00	6 CK	-	BOD 方式
01	6 CK	4.1ms	快速上升电源
10 ¹	6 CK	65ms	慢速上升电源

11	保留
----	----

注：1、芯片出厂设置

外部时钟源 :当 CKSEL 编程为 0000 时 ,使用外部时钟源作为系统时钟 ,外部时钟信号从 XTAL1 输入。如果 CKOPT=0 (编程) , 则 XTAL1 和 GND 之间的片内 36pF 电容被使用。

使用外部时钟源时的启动时间选择

熔丝位 (SUT 1..0)	从掉电模式 开始的启动时间	从复位开始的附加 延时(Vcc=5.0V)	推荐使用场合
00	6 CK	-	BOD 方式
01	6 CK	4.1ms	快速上升电源
10	6 CK	65ms	慢速上升电源
11	保留		

注意：为保证 MCU 稳定工作，不能突然改变外部时钟的频率，当频率突然变化超过 2%时，将导致 MCU 工作异常。建议在 MCU 处于复位状态时，改变外部时钟的频率。

5 . 系统时钟选择与启动延时配置一览表

系 统 时 钟 源	启 动 延 时	熔 丝 状 态 配 置
外部时钟	6 CK + 0 ms	CKSEL=0000 SUT=00
外部时钟	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0000 SUT=01
外部时钟	6 CK + 65 ms	CKSEL=0000 SUT=10
内部 RC 振荡 1MHZ	6 CK + 0 ms	CKSEL=0001 SUT=00
内部 RC 振荡 1MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0001 SUT=01
内部 RC 振荡 1MHZ (默认)	6 CK + 65 ms	CKSEL=0001 SUT=10
内部 RC 振荡 2MHZ	6 CK + 0 ms	CKSEL=0010 SUT=00
内部 RC 振荡 2MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0010 SUT=01
内部 RC 振荡 2MHZ	6 CK + 65 ms	CKSEL=0010 SUT=10
内部 RC 振荡 4MHZ	6 CK + 0 ms	CKSEL=0011 SUT=00
内部 RC 振荡 4MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0011 SUT=01
内部 RC 振荡 4MHZ	6 CK + 65 ms	CKSEL=0011 SUT=10
内部 RC 振荡 8MHZ	6 CK + 0 ms	CKSEL=0100 SUT=00
内部 RC 振荡 8MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0100 SUT=01
内部 RC 振荡 8MHZ	6 CK + 65 ms	CKSEL=0100 SUT=10
外部 RC 振荡 0.9MHZ	18 CK + 0 ms	CKSEL=0101 SUT=00
外部 RC 振荡 0.9MHZ	18 CK + 4.1 ms	CKSEL=0101 SUT=01
外部 RC 振荡 0.9MHZ	18 CK + 65 ms	CKSEL=0101 SUT=10
外部 RC 振荡 0.9MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0101 SUT=11
外部 RC 振荡 0.9-3.0MHZ	18 CK + 0 ms	CKSEL=0110 SUT=00
外部 RC 振荡 0.9-3.0MHZ	18 CK + 4.1 ms	CKSEL=0110 SUT=01
外部 RC 振荡 0.9-3.0MHZ	18 CK + 65 ms	CKSEL=0110 SUT=10
外部 RC 振荡 0.9-3.0MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0110 SUT=11
外部 RC 振荡 3.0-8.0MHZ	18 CK + 0 ms	CKSEL=0111 SUT=00

高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南(上)

外部 RC 振荡 3.0-8.0MHZ	18 CK + 4.1 ms	CKSEL=0111 SUT=01
外部 RC 振荡 3.0-8.0MHZ	18 CK + 65 ms	CKSEL=0111 SUT=10
外部 RC 振荡 3.0-8.0MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=0111 SUT=11
外部 RC 振荡 8.0-12.0MHZ	18 CK + 0 ms	CKSEL=1000 SUT=00
外部 RC 振荡 8.0-12.0MHZ	18 CK + 4.1 ms	CKSEL=1000 SUT=01
外部 RC 振荡 8.0-12.0MHZ	18 CK + 65 ms	CKSEL=1000 SUT=10
外部 RC 振荡 8.0-12.0MHZ	6 CK + 4.1 ms	CKSEL=1000 SUT=11
低频晶振(32.768KHZ)	1K CK + 4.1 ms	CKSEL=1001 SUT=00
低频晶振(32.768KHZ)	1K CK + 65 ms	CKSEL=1001 SUT=01
低频晶振(32.768KHZ)	32K CK + 65 ms	CKSEL=1001 SUT=10
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	258 CK + 4.1 ms	CKSEL=1010 SUT=00
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	258 CK + 65 ms	CKSEL=1010 SUT=01
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	1K CK + 0 ms	CKSEL=1010 SUT=10
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	1K CK + 4.1 ms	CKSEL=1010 SUT=11
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	1K CK + 65 ms	CKSEL=1011 SUT=00
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	16K CK + 0 ms	CKSEL=1011 SUT=01
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	16K CK + 4.1ms	CKSEL=1011 SUT=10
低频石英/陶瓷振荡器(0.4-0.9MHZ)	16K CK + 65ms	CKSEL=1011 SUT=11
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	258 CK + 4.1 ms	CKSEL=1100 SUT=00
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	258 CK + 65 ms	CKSEL=1100 SUT=01
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	1K CK + 0 ms	CKSEL=1100 SUT=10
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	1K CK + 4.1 ms	CKSEL=1100 SUT=11
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	1K CK + 65 ms	CKSEL=1101 SUT=00
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	16K CK + 0 ms	CKSEL=1101 SUT=01
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	16K CK + 4.1ms	CKSEL=1101 SUT=10
中频石英/陶瓷振荡器(0.9-3.0MHZ)	16K CK + 65ms	CKSEL=1101 SUT=11
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	258 CK + 4.1 ms	CKSEL=1110 SUT=00
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	258 CK + 65 ms	CKSEL=1110 SUT=01
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	1K CK + 0 ms	CKSEL=1110 SUT=10
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	1K CK + 4.1 ms	CKSEL=1110 SUT=11
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	1K CK + 65 ms	CKSEL=1111 SUT=00
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	16K CK + 0 ms	CKSEL=1111 SUT=01
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	16K CK + 4.1ms	CKSEL=1111 SUT=10
高频石英/陶瓷振荡器(3.0-8.0MHZ)	16K CK + 65ms	CKSEL=1111 SUT=11

注：在选择不同系统时钟源时，熔丝位 CKOPT 的状态有不同的意义，请查看每一种时钟源配置时，对 CKOPTD 的定义。

附录 B 本书主要参考资料和网站

- 1 Atmel Corp. “ ATmega128 Data Book ” . <http://www.atmel.com>
- 2 Atmel Corp. “ AVR Applaction Notes ” . <http://www.atmel.com>
- 3 马潮,詹卫前.《ATmega8 原理及应用手册》.北京:清华大学出版社,2003.3
- 4 周俊杰.《嵌入式 C 编程与 Atmel AVR》.北京:清华大学出版社,2003.9
- 5 沈文,Eagle lee.《AVR 单片机 C 语言开发入门指导》.北京:清华大学出版社,2003.5
- 6 张克彦.《AVR 单片机实用程序设计》.北京:航空航天大学出版社,2004.2
- 7 Atmel Corp. “ AVR Studio USER MANUAL ” . <http://www.atmel.com>
- 8 ImageCraft Creations Inc. “ ICCAVR USER MANUAL ” . <http://www.imagecraft.com>
- 9 HP InfoTech S.R.L. “ CVAVR USER MANUAL ” . <http://www.hpinfotech.ro>
- 10 MCS Electronics. “ BASCOM-AVR USER MANUAL ” . <http://www.mcselec.com>
- 11 AVR 论坛. <http://www.avrfreaks.net>
- 12 广州双龙公司. <http://www.sl.com.cn>