

目 录

第 1 章 AVR 单片机应用系统基础	(1)
1.1 AVR 单片机应用系统设计基础.....	(1)
1.1.1 AVR 单片机应用系统的结构	(1)
1.1.2 AVR 单片机应用系统设计流程	(2)
1.1.3 AVR 单片机应用系统的硬件设计.....	(3)
1.2 AVR 单片机的类型和型号.....	(4)
1.3 应用实例 —— 一个最小 AVR 单片机应用系统	(9)
1.3.1 复位电路	(9)
1.3.2 振荡电路	(11)
1.3.3 最小 AVR 单片机应用系统的电路.....	(11)
第 2 章 AVR 单片机的内部基础模块	(13)
2.1 AVR 单片机的 I/O 引脚	(13)
2.1.1 I/O 引脚基础	(13)
2.1.2 I/O 引脚的使用方法	(14)
2.1.3 AVR 单片机 I/O 引脚的应用	(14)
2.1.4 AVR 单片机 I/O 引脚的使用要点	(15)
2.2 AVR 单片机内部定时器/计数器.....	(16)
2.2.1 AVR 单片机内部定时器/计数器基础.....	(16)
2.2.2 AVR 单片机定时器/计数器的应用	(17)
2.2.3 定时器/计数器的应用案例——简易频率计	(30)
2.2.4 AVR 单片机定时器/计数器的使用要点.....	(37)
2.3 AVR 单片机外部中断	(37)
2.3.1 外部中断基础	(37)
2.3.2 AVR 单片机外部中断的应用	(39)
2.3.3 AVR 单片机外部中断的使用要点.....	(44)
2.4 AVR 单片机的 WDT 模块	(44)
2.4.1 AVR 单片机 WDT 模块基础	(44)
2.4.2 AVR 单片机 WDT 模块的库函数	(45)
2.4.3 WDT 模块的使用要点	(46)
2.5 AVR 单片机的内部 E ² PROM 模块.....	(46)
2.5.1 AVR 单片机内部 E ² PROM 模块基础.....	(46)
2.5.2 AVR 单片机 E ² PROM 的库函数	(48)
2.5.3 E ² PROM 的使用要点	(49)

第3章 AVR 单片机的内部通信模块	(50)
3.1 AVR 单片机的串口模块	(50)
3.1.1 串口模块的控制寄存器	(50)
3.1.2 串口模块的数据格式	(53)
3.1.3 串口模块的波特率	(54)
3.1.4 串口模块的应用	(55)
3.1.5 AVR 单片机串口模块的使用要点	(67)
3.2 AVR 单片机的 TWI (I ² C) 总线接口模块	(67)
3.2.1 TWI (I ² C) 总线接口基础	(67)
3.2.2 AVR 单片机的 TWI (I ² C) 总线接口寄存器	(70)
3.2.3 AVR 单片机 TWI (I ² C) 总线接口模块的使用方法	(72)
3.2.4 AVR 单片机 TWI (I ² C) 总线接口模块的应用	(73)
3.2.5 AVR 单片机 TWI (I ² C) 总线接口模块的使用要点	(80)
3.3 AVR 单片机的 SPI 总线接口模块	(80)
3.3.1 AVR 单片机的 SPI 总线接口模块基础	(81)
3.3.2 AVR 单片机 SPI 总线接口模块的寄存器	(82)
3.3.3 AVR 单片机 SPI 接口总线模块的工作模式	(84)
3.3.4 AVR 单片机 SPI 接口总线模块的应用	(84)
3.3.5 AVR 单片机 SPI 接口总线模块的使用要点	(90)
第4章 AVR 单片机的内部模拟信号采集模块	(91)
4.1 AVR 单片机的比较器模块	(91)
4.1.1 内置比较器模块基础	(91)
4.1.2 AVR 单片机比较器模块的应用	(93)
4.1.3 比较器模块的应用案例——水库水位监控系统	(99)
4.1.4 AVR 单片机比较器模块的使用要点	(102)
4.2 AVR 单片机的 A/D 模块	(103)
4.2.1 内置 A/D 模块基础	(103)
4.2.2 AVR 单片机 A/D 模块的应用	(110)
4.2.3 AVR 单片机 A/D 模块的使用要点	(124)
第5章 AVR 单片机的电源和看门狗	(125)
5.1 电源模块设计基础	(125)
5.1.1 变压器	(126)
5.1.2 整流桥	(126)
5.1.3 直流电压调理方法	(127)
5.2 直流电源稳压芯片	(127)
5.2.1 直流电源稳压芯片的技术指标	(127)
5.2.2 78/79 系列电源调理芯片	(128)
5.2.3 AS1117 电源调理芯片	(130)

5.3	电源保护和监控芯片	(132)
5.3.1	MAX4838~MAX4842 系列电源过压保护芯片	(132)
5.3.2	AAT4610A 电源过流保护芯片	(134)
5.3.3	MAX8215 电源监控芯片	(136)
5.4	AVR 单片机的看门狗应用基础	(139)
5.5	看门狗 MAX813L	(139)
5.5.1	MAX813L 的基础	(139)
5.5.2	MAX813L 的应用电路	(141)
5.5.3	MAX813L 的操作步骤	(142)
5.5.4	MAX813L 的喂狗代码	(142)
5.5.5	MAX813L 的使用要点	(144)
5.6	看门狗 CAT1161	(144)
5.6.1	CAT1161 的基础	(144)
5.6.2	CAT1161 的应用电路	(146)
5.6.3	CAT1161 的操作步骤	(146)
5.6.4	CAT1161 的应用代码	(146)
5.6.5	CAT1161 的使用要点	(148)
第 6 章	AVR 单片机的外部存储器和读卡器	(149)
6.1	AVR 单片机的外部存储器扩展方法	(149)
6.2	外部 RAM 6264	(151)
6.2.1	6264 基础	(151)
6.2.2	6264 的应用电路	(152)
6.2.3	6264 的操作步骤	(152)
6.2.4	6264 的应用	(153)
6.2.5	6264 的使用要点	(153)
6.3	非接触式智能卡扩展	(153)
6.3.1	非接触式智能卡	(153)
6.3.2	Mifare1 射频卡读卡器	(156)
6.3.3	非接触式智能卡读卡器 H6152 的应用电路	(161)
6.3.4	非接触式智能卡读卡器 H6152 的操作步骤	(162)
6.3.5	H6152 读卡器的库函数	(162)
6.3.6	H6152 读卡器的应用案例——非接触门禁	(169)
6.3.7	H6152 读卡器的使用要点	(176)
6.4	U 盘读/写芯片 CH376 扩展	(176)
6.4.1	CH376 基础	(176)
6.4.2	CH376 的应用电路	(183)
6.4.3	CH376 的操作步骤	(185)
6.4.4	CH376 的库函数	(189)

6.4.5	CH376 的应用案例——扩展 U 盘存放 TXT 数据文件	(192)
6.4.6	CH376 的使用要点	(197)
第 7 章	AVR 单片机的 I/O 引脚扩展	(199)
7.1	译码器 74138 应用	(199)
7.1.1	74138 基础	(199)
7.1.2	74138 的应用电路	(200)
7.1.3	74138 的操作步骤	(201)
7.1.4	74138 的应用案例——使用 74138 驱动 LED 轮流点亮	(201)
7.1.5	74138 的使用要点	(204)
7.2	锁存器 74273 扩展	(204)
7.2.1	74273 基础	(204)
7.2.2	74273 的应用电路	(205)
7.2.3	74273 的操作步骤	(205)
7.2.4	74273 的应用案例——使用 74273 实现秒表显示	(206)
7.2.5	74273 的使用要点	(209)
7.3	三态门 74244 扩展	(210)
7.3.1	74244 基础	(210)
7.3.2	74244 的应用电路	(210)
7.3.3	74244 的操作步骤	(211)
7.3.4	74244 的应用案例——使用 74244 扩展拨码开关地址输入	(211)
7.3.5	74244 的使用要点	(214)
7.4	串行移位芯片 74595 扩展	(215)
7.4.1	74595 基础	(215)
7.4.2	74595 的应用电路	(216)
7.4.3	74595 的操作步骤	(216)
7.4.4	74595 的库函数	(216)
7.4.5	74595 的应用案例——用 74595 实现电子抽奖系统	(217)
7.4.6	74595 的使用要点	(225)
7.5	串行输入芯片 74165 扩展	(226)
7.5.1	74165 基础	(226)
7.5.2	74165 的应用电路	(226)
7.5.3	74165 的操作步骤	(227)
7.5.4	74165 的库函数	(227)
7.5.5	74165 的应用案例——74165 和 74595 的联合使用	(228)
7.5.6	75165 的使用要点	(231)
7.6	可编程 I/O 扩展芯片 Intel 8255 扩展	(231)
7.6.1	Intel 8255 基础	(231)
7.6.2	Intel 8255 的应用电路	(234)

7.6.3	Intel 8255 的操作步骤	(234)
7.6.4	Intel 8255 的库函数	(235)
7.6.5	Intel 8255 的应用案例——数码管秒表显示	(236)
7.6.6	Intel 8255 的应用案例——扩展行列扫描键盘	(239)
7.6.7	Intel 8255 的应用案例——显示拨码开关状态	(242)
7.6.8	Intel 8255 的使用要点	(246)
第 8 章	AVR 单片机的用户输入通道	(247)
8.1	用户输入通道设计基础	(247)
8.2	独立按键	(247)
8.2.1	独立按键基础	(247)
8.2.2	独立按键的应用电路	(248)
8.2.3	独立按键的操作步骤	(249)
8.2.4	独立按键的应用案例——加减计数	(249)
8.2.5	独立按键的应用案例——跑步机启停/速度控制模块	(253)
8.2.6	独立按键的使用要点	(264)
8.3	拨码开关	(265)
8.3.1	拨码开关基础	(265)
8.3.2	拨码开关的应用电路	(265)
8.3.3	拨码开关的操作步骤	(266)
8.3.4	拨码开关的应用案例——拨码开关指示灯	(266)
8.3.5	拨码开关的使用要点	(269)
8.4	行列扫描键盘	(269)
8.4.1	行列扫描键盘基础	(269)
8.4.2	行列扫描键盘的应用电路	(271)
8.4.3	行列扫描键盘的操作步骤	(271)
8.4.4	行列扫描键盘的库函数	(271)
8.4.5	行列扫描键盘的应用案例——计算器键盘显示	(272)
8.4.6	行列扫描键盘的应用案例——手机拨号模块	(275)
8.4.7	行列扫描键盘的使用要点	(284)
8.5	PS/2 键盘	(284)
8.5.1	PS/2 键盘基础	(284)
8.5.2	PS/2 键盘的应用电路	(287)
8.5.3	PS/2 键盘的操作步骤	(288)
8.5.4	PS/2 键盘的应用案例——串口扫描码输出	(288)
8.5.5	PS/2 键盘的使用要点	(296)
第 9 章	AVR 单片机的显示模块	(297)
9.1	LED 扩展	(297)
9.1.1	LED 基础	(297)

9.1.2	LED 的应用电路	(297)
9.1.3	LED 的操作步骤	(298)
9.1.4	LED 的应用案例——串口驱动 LED	(298)
9.1.5	LED 的应用案例——呼吸灯	(301)
9.1.6	LED 的使用要点	(306)
9.2	单位数码管扩展	(306)
9.2.1	单位数码管基础	(307)
9.2.2	单位数码管的应用电路	(309)
9.2.3	单位数码管的操作步骤	(309)
9.2.4	单位数码管的库函数	(310)
9.2.5	单位数码管的应用案例——串口驱动单位数码管显示	(311)
9.2.6	单位数码管的使用要点	(314)
9.3	多位数码管扩展	(314)
9.3.1	多位数码管基础	(314)
9.3.2	多位数码管的应用电路	(315)
9.3.3	多位数码管的操作步骤	(316)
9.3.4	多位数码管的库函数	(316)
9.3.5	多位数码管的应用案例——串口驱动多位数码管显示	(317)
9.3.6	多位数码管的使用要点	(321)
9.4	数码管驱动芯片 MAX7219 扩展	(321)
9.4.1	MAX7219 基础	(322)
9.4.2	MAX7219 的应用电路	(326)
9.4.3	MAX7219 的操作步骤	(326)
9.4.4	MAX7219 的库函数	(327)
9.4.5	MAX7219 的应用案例——秒表	(328)
9.4.6	MAX7219 的使用要点	(331)
9.5	数码管和键盘驱动芯片 CH452 扩展	(331)
9.5.1	CH452 基础	(331)
9.5.2	CH452 的应用电路	(337)
9.5.3	CH452 的操作步骤	(339)
9.5.4	CH452 的库函数	(340)
9.5.5	CH452 的应用案例——串口数据显示和按键状态返回	(344)
9.5.6	CH452 的使用要点	(348)
9.6	数字字符液晶 1602 扩展	(348)
9.6.1	1602 液晶基础	(348)
9.6.2	1602 液晶的应用电路	(351)
9.6.3	1602 液晶的操作步骤	(352)
9.6.4	1602 液晶的库函数	(352)
9.6.5	1602 的应用案例——数字和字符串显示	(355)

9.6.6	1602 的使用要点	(358)
第 10 章	AVR 单片机的 A/D 和 D/A 芯片	(359)
10.1	AVR 单片机的 A/D 芯片基础	(359)
10.2	12 位并行多通道 A/D 芯片 MAX197 应用	(361)
10.2.1	MAX197 基础	(361)
10.2.2	MAX197 的应用电路	(363)
10.2.3	MAX197 的操作步骤	(364)
10.2.4	MAX197 的库函数	(364)
10.2.5	MAX197 的应用案例——串口输出 MAX197 多通道数据采集	(364)
10.2.6	MAX197 的使用要点	(368)
10.3	12 位串行多通道 A/D 芯片 TLC2543 应用	(368)
10.3.1	TLC2543 基础	(369)
10.3.2	TLC2543 的应用电路	(371)
10.3.3	TLC2543 的操作步骤	(371)
10.3.4	TLC2543 的库函数	(372)
10.3.5	TLC2543 的应用案例——串口输出 TLC2543 的多通道数据采集	(374)
10.3.6	TLC2543 的使用要点	(378)
10.4	AVR 单片机的 D/A 通道基础	(378)
10.5	8 位并行 D/A 通道芯片 DAC0832	(379)
10.5.1	DAC0832 基础	(379)
10.5.2	DAC0832 的应用电路	(380)
10.5.3	DAC0832 的操作步骤	(383)
10.5.4	DAC0832 的库函数	(384)
10.5.5	DAC0832 的应用案例——可控自校准数字电源	(384)
10.5.6	DAC0832 的使用要点	(392)
10.6	串行 D/A 芯片 MAX517	(392)
10.6.1	MAX517 基础	(392)
10.6.2	MAX517 的应用电路	(393)
10.6.3	MAX517 的操作步骤	(394)
10.6.4	MAX517 的库函数	(394)
10.6.5	MAX517 的应用案例——MAX517 输出三角波	(398)
10.6.6	MAX517 的使用要点	(401)
第 11 章	AVR 单片机时钟日历芯片	(403)
11.1	时钟日历芯片设计基础	(403)
11.2	并行接口时钟日历模块 DS12C887 扩展	(403)
11.2.1	DS12C887 基础	(403)
11.2.2	DS12C887 的应用电路	(407)
11.2.3	DS12C887 的操作步骤	(407)

11.2.4	DS12C887 的库函数	(408)
11.2.5	应用案例——DS12C887 的时钟信息读取	(410)
11.2.6	DS12C887 的使用要点	(413)
11.3	I ² C 接口时钟日历芯片 PCF8563 扩展	(413)
11.3.1	PCF8563 基础	(413)
11.3.2	PCF8563 的应用电路	(416)
11.3.3	PCF8563 的操作步骤	(417)
11.3.4	PCF8563 的库函数	(417)
11.3.5	应用案例——PCF8563 的时钟初始化和读取	(424)
11.3.6	应用实例——使用 PCF8563 报警	(428)
11.3.7	应用案例——PCF8563 输出秒脉冲信号	(429)
11.3.8	PCF8563 的使用要点	(430)
11.4	SPI 接口时钟日历芯片 DS1302 扩展	(430)
11.4.1	DS1302 基础	(430)
11.4.2	DS1302 的应用电路	(432)
11.4.3	DS1302 的操作步骤	(433)
11.4.4	DS1302 的库函数	(433)
11.4.5	应用案例——商场灯光节能控制系统	(436)
11.4.6	DS1302 的使用要点	(441)
第 12 章	AVR 单片机的温度/湿度和压力传感器	(442)
12.1	温度传感器 DS18B20 扩展	(442)
12.1.1	DS18B20 基础	(442)
12.1.2	DS18B20 的应用电路	(447)
12.1.3	DS18B20 的操作步骤	(448)
12.1.4	DS18B20 的库函数	(448)
12.1.5	DS18B20 的应用案例——数字温度计	(451)
12.1.6	DS18B20 的使用要点	(455)
12.2	温度传感器 DS1621 扩展	(455)
12.2.1	DS1621 基础	(455)
12.2.2	DS1621 的应用电路	(457)
12.2.3	DS1621 的操作步骤	(457)
12.2.4	DS1621 的库函数	(458)
12.2.5	DS1621 的应用案例——DS1621 温度测量	(463)
12.2.6	DS1621 的使用要点	(467)
12.3	温度/湿度传感器 SHT75 扩展	(467)
12.3.1	SHT75 基础	(467)
12.3.2	SHT75 的应用电路	(469)
12.3.3	SHT75 的操作步骤	(470)

12.3.4	SHT75 的库函数	(470)
12.3.5	SHT75 的应用案例——温度/湿度测量	(476)
12.3.6	SHT75 的使用要点	(483)
12.4	压力传感器 MPX4115 扩展	(483)
12.4.1	MPX4115 基础	(483)
12.4.2	MPX4115 的应用电路	(483)
12.4.3	MPX4115 的操作步骤	(484)
12.4.4	MPX4115 的应用案例——压力监测报警	(484)
12.4.5	MPX4115 的使用要点	(488)
第 13 章	AVR 单片机的定位模块	(489)
13.1	定位模块设计基础	(489)
13.1.1	GPS 模块基础	(489)
13.1.2	数字罗盘基础	(489)
13.1.3	NMEA-1083 规范	(490)
13.2	GPS 模块 GARMIN 25LP	(493)
13.2.1	GPS 模块 GARMIN 25LP 基础	(493)
13.2.2	GPS 模块 GARMIN 25LP 的应用电路	(496)
13.2.3	GPS 模块 GARMIN 25LP 的操作步骤	(496)
13.2.4	GARMIN 25LP 模块的应用案例——GPS 信息读取	(497)
13.2.5	GARMIN 25LP 的使用要点	(501)
13.3	数字罗盘 HMR3000	(501)
13.3.1	数字罗盘 HMR3000 基础	(501)
13.3.2	数字罗盘 HMR3000 的应用电路	(504)
13.3.3	数字罗盘 HMR3000 的操作步骤	(504)
13.3.4	HMR3000 模块的应用案例——罗盘信息读取	(504)
13.3.5	HMR3000 的使用要点	(508)
第 14 章	AVR 单片机的语音和打印模块	(509)
14.1	AVR 单片机的语音和打印模块设计概述	(509)
14.2	蜂鸣器	(509)
14.2.1	蜂鸣器基础	(509)
14.2.2	蜂鸣器的应用电路	(510)
14.2.3	蜂鸣器的操作步骤	(510)
14.2.4	蜂鸣器的库函数	(511)
14.2.5	蜂鸣器的应用案例——按键提示音	(512)
14.2.6	蜂鸣器的应用案例——简易电子琴	(515)
14.2.7	蜂鸣器的使用要点	(523)
14.3	语音芯片 ISD2560 扩展	(523)
14.3.1	语音芯片 ISD2560 基础	(523)

14.3.2	语音芯片 ISD2560 的应用电路	(526)
14.3.3	语音芯片 ISD2560 的操作步骤	(526)
14.3.4	ISD2560 的应用案例——ISD2560 的录放操作	(528)
14.3.5	ISD2560 的使用要点	(531)
14.4	TTS 语音芯片 OSY6618 扩展	(531)
14.4.1	TTS 语音芯片 OSY6618 基础	(532)
14.4.2	TTS 语音芯片 OSY6618 的应用电路	(536)
14.4.3	TTS 语音芯片 OSY6618 的操作步骤	(539)
14.4.4	OSY6618 的应用案例——OSY6618 的语音播放	(539)
14.4.5	TTS 语音芯片 OSY6618 的使用要点	(542)
14.5	GP16 微型打印机扩展	(542)
14.5.1	GP16 微型打印机基础	(542)
14.5.2	GP16 微型打印机的应用电路	(545)
14.5.3	GP16 微型打印机的操作步骤	(545)
14.5.4	GP16 的应用案例——GP16 打印温度数据	(546)
14.5.5	GP16 微型打印机的使用要点	(549)
第 15 章	AVR 单片机的有线通信模块	(550)
15.1	AVR 单片机的有线通信模块设计概述	(550)
15.2	MAX232 扩展	(550)
15.2.1	MAX232 基础	(550)
15.2.2	MAX232 的应用电路	(552)
15.2.3	MAX232 的操作步骤	(553)
15.2.4	MAX232 的应用案例——AVR 单片机和 PC 通信	(553)
15.2.5	MAX232 的使用要点	(556)
15.3	MAX485 扩展	(556)
15.3.1	MAX485 基础	(557)
15.3.2	MAX485 的应用电路	(558)
15.3.3	MAX485 的操作步骤	(558)
15.3.4	MAX485 的应用案例——AVR 单片机和 PC 进行远程数据交换	(558)
15.3.5	MAX485 的使用要点	(561)
15.4	MAX491 扩展	(562)
15.4.1	MAX491 基础	(562)
15.4.2	MAX491 的应用电路	(563)
15.4.3	MAX491 的操作步骤	(564)
15.4.4	MAX491 的应用案例	(564)
15.4.5	MAX491 的使用要点	(564)
15.5	6N137 高速光电隔离芯片扩展	(565)
15.5.1	6N137 基础	(565)

15.5.2	6N137 的应用电路	(567)
15.5.3	6N137 的操作步骤	(567)
15.5.4	6N137 的应用案例	(567)
15.5.5	6N137 的使用要点	(567)
15.6	CAN 总线通信芯片 SJA1000 扩展	(568)
15.6.1	SJA1000 基础	(568)
15.6.2	SJA1000 的应用电路	(571)
15.6.3	SJA1000 的操作步骤	(571)
15.6.4	SJA1000 的应用案例——串口 CAN 总线桥	(573)
15.6.5	SJA1000 的使用要点	(577)
15.7	USB 通信桥芯片 CP2101 扩展	(578)
15.7.1	CP2101 基础	(578)
15.7.2	CP2101 的应用电路	(582)
15.7.3	CP2101 的操作步骤	(583)
15.7.4	CP2101 的应用案例	(583)
15.7.5	CP2101 的使用要点	(584)
第 16 章	AVR 单片机的无线通信模块	(585)
16.1	AVR 单片机的无线通信概述	(585)
16.2	红外收发芯片	(585)
16.2.1	红外收发芯片基础	(585)
16.2.2	红外收发芯片的应用电路	(590)
16.2.3	红外收发芯片的操作步骤	(591)
16.2.4	红外收发芯片的应用案例——按键信息发送	(591)
16.2.5	红外收发芯片的使用要点	(596)
16.3	PTR8000 无线模块	(596)
16.3.1	PTR8000 无线模块基础	(596)
16.3.2	PTR8000 无线模块的应用电路	(600)
16.3.3	PTR8000 的操作步骤	(601)
16.3.4	PTR8000 的库函数	(602)
16.3.5	PTR8000 的应用案例——无线串口通信桥	(605)
16.3.6	PTR8000 的使用要点	(610)
第 17 章	AVR 单片机的执行机构	(612)
17.1	AVR 单片机执行机构的设计基础	(612)
17.2	直流电动机	(612)
17.2.1	直流电动机基础	(612)
17.2.2	直流电动机的应用电路	(613)
17.2.3	直流电动机的操作步骤	(615)
17.2.4	直流电动机的应用案例——串口直流电动机控制	(615)

17.2.5	直流电动机的使用要点	(619)
17.3	步进电动机扩展	(619)
17.3.1	步进电动机基础	(619)
17.3.2	步进电动机的应用电路	(622)
17.3.3	步进电动机的操作步骤	(624)
17.3.4	步进电动机的应用案例——串口步进电动机控制	(624)
17.3.5	步进电动机的应用案例——键盘控制步进电动机	(629)
17.3.6	步进电动机的使用要点	(634)
17.4	继电器扩展	(634)
17.4.1	继电器基础	(635)
17.4.2	继电器的应用电路	(635)
17.4.3	继电器的操作步骤	(636)
17.4.4	继电器的应用案例——串口控制继电器的闭合和断开	(636)
17.4.5	继电器的使用要点	(640)

第 1 章 AVR 单片机应用系统基础

AVR 单片机应用系统是一个用于实现某种目的，以 AVR 单片机为核心的软件和硬件综合体，常应用于各种工业控制或者普通民用系统，例如，矿山气体浓度采集，宾馆门禁系统，汽车总线等。本章将详细介绍 AVR 单片机应用系统的设计流程和要点，介绍 AVR 单片机的常见型号和特点及其内核结构、指令系统等基础知识，并且展示一个最小 AVR 单片机应用系统的组成。

1.1 AVR 单片机应用系统设计基础

AVR 单片机应用系统设计是一个包括需求分析、硬件设计、软件设计的综合过程。

1.1.1 AVR 单片机应用系统的结构

一个完整的 AVR 单片机应用系统的结构如图 1.1 所示，由 AVR 单片机内核、AVR 单片机的内部资源、AVR 单片机扩展的外部资源及 AVR 单片机上运行的用户软件组成。



图 1.1 AVR 单片机应用系统结构

- AVR 单片机内核：这是 AVR 单片机的核心部分，包括时钟产生模块、ALU 运算模块、通用寄存器等。
- AVR 单片机的内部资源：AVR 单片机内部自带了一些诸如定时器/计数器、外部中断、串行通信模块的资源，可以完成部分核心功能。
- AVR 单片机扩展的外部资源：由于 AVR 单片机的通用性较强，所以其集成的内部资源有限，当应用系统需要完成一些特殊功能时，例如，测量温度、湿度等，则需要外扩一些外部资源（器件），这些外部资源（器件）和 AVR 单片机内核、AVR 单片机的内部资源一起构成了 AVR 单片机应用系统的硬件资源，是 AVR 单片机应用系统的基础。
- AVR 单片机上运行的用户软件：设计者根据应用系统的具体功能所编写的应用代码，它是 AVR 单片机应用系统的“大脑”，这些应用代码可以用 C 语言编写，也可以用汇编语言编写，在最终执行时都要被编译器转换为机器语言。

1.1.2 AVR 单片机应用系统设计流程

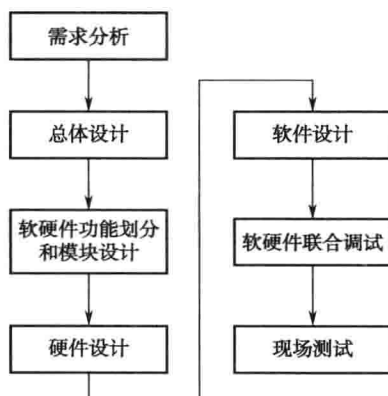


图 1.2 AVR 单片机应用系统开发流程

AVR 单片机应用系统的开发流程如图 1.2 所示。

1) 需求分析：这是 AVR 单片机应用系统开发流程中最重要的一环，是 AVR 单片机应用系统的设计基础，设计者需要和用户仔细交流，完整记录该应用系统需要完成的所有工作，从中抽象出系统的需求并且和用户反复回溯后确认。这一步的难度在于如何规范用户的需求，因为用户的需求有可能是随时变更的，设计者既要尽量满足用户的所有需求，又要学会对用户的“非合理需求”做到断然拒绝。

2) 总体设计：在这个步骤中设计者要从需求出发对系统进行总体规划，并且选择好应用系统需要使用的具体 AVR 单片机型号，因为随着单片机技术的发展，市面上出现相当多内核相同而内部集成资源和运行频率不同的 AVR 单片机，可以根据需求的不同来选择合适的型号，以减少应用系统设计的复杂度、体积和成本。

3) 软硬件功能划分和模块设计：AVR 单片机系统的一些功能既可以由软件实现，也可以由硬件实现。前者的优点是降低硬件成本，增加系统运行可靠性，缺点是可能导致软件设计复杂度增加，系统反应时间延长；后者的优点是系统反应速度快，软件设计简单，缺点是硬件成本上升，系统运行可靠性下降。模块设计是在划分完软硬件功能之后按照需求和选择好的处理器对系统进行模块化的工作。

4) 硬件设计：这是 AVR 单片机应用系统设计的基础，包括具体硬件芯片选择、地址和接口规划、电路图设计和制作、元器件焊接等，硬件设计决定了单片机系统设计的成败，如果硬件设计出了问题，基本上就需要重新设计、浪费时间和大量的资金。

5) 软件设计：这是单片机系统设计的灵魂，单片机系统是在软件控制下工作的，一个良好的软件可以达到很好的效率，规避系统运行中的风险。单片机的软件设计和普通的 PC 软件设计



有很多共同点，但是也有区别，具体来说时时效性和可靠性要求高于 PC 软件。

6) 软硬件联合调试：这是单片机设计的整合过程，在这个过程中要让软件在单片机系统上运行起来，控制硬件进行相应的工作，用于测试硬件设计和软件设计是否达到了预先的设计目标。

7) 现场测试：AVR 单片机系统有其具体的使用场合，这些实际使用场合和开发环境往往有所差异，比如说供电电压、空气湿度、温度、静电干扰等，所以当单片机系统完成了软硬件联合调试之后需要将单片机系统放置于其具体使用环境中进行进一步测试，以消除可能由于环境差异带来的不稳定乃至完全不能正常工作的错误。

1.1.3 AVR 单片机应用系统的硬件设计

硬件设计是 AVR 单片机应用系统的设计基础，这个过程直接决定了设计的成败，硬件设计的流程如图 1.3 所示。

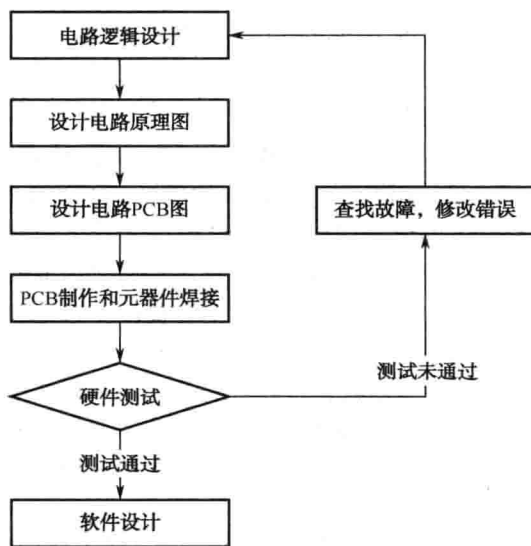


图 1.3 AVR 单片机应用系统硬件设计流程

1) 电路逻辑设计：根据选择的具体 AVR 单片机型号和需要扩展的外部器件进行硬件逻辑上的设计，包括电气连接、地址分配等。

2) 设计电路原理图：利用电路图相关设计软件设计 AVR 单片机应用系统的电路原理图，为下一步 PCB 图设计做准备。

3) 设计电路 PCB 图：在电路原理图设计的基础上进行 AVR 单片机应用系统的 PCB 图设计，这是 AVR 单片机系统硬件设计最关键的步骤，不仅要求电气物理逻辑连接正确，在设计期间还需要遵循一些设计技巧和规则。

4) PCB 制作和元器件焊接：PCB 制作是指将 PCB 图制作成电路板实体的过程，一般在电路板厂中完成，元器件焊接是指在电路板制作完成之后将对应的元器件用焊锡固定到电路板上并且使其电气物理连接到一起的过程。

5) 硬件测试：在电路板制作并且焊接完成之后对硬件部分进行测试，确定有没有逻辑或者



电气上的错误，如果有则需要返回第一个步骤进行修改。

6) 软件设计：在硬件测试通过之后即可以开始进行 AVR 单片机系统的软件开发，让软硬件配合实现系统的设计目标。

1.2 AVR 单片机的类型和型号

AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司发布的增强型内置 Flash 的 RISC(Reduced Instruction Set CPU) 精简指令集高速 8 位单片机，和其他 8 位单片机相比，它主要具有如下特点：

- 采用哈佛结构，具备 1MIPS /MHz 的高速运行处理能力。
- 支持超功能精简指令集，具有 32 个通用工作寄存器，避免了如 8051 等单片机采用单个 ACC 进行处理造成的瓶颈现象。
- 内置快速存取寄存器组、有单周期指令系统，大大优化了目标代码的大小、执行效率高。
- I/O 口驱动能力大，作为输出时可输出 40mA 的大电流，作为输入时可设置为三态高阻抗输入或带上拉电阻输入，具备 10~20mA 灌电流的能力。
- 片内集成了多种频率的 RC 振荡器，具有上电自动复位、看门狗、启动延时等功能，使得外围电路更加简单，系统更加稳定可靠。
- 片内资源丰富，通常集成了 E²PROM, PWM, RTC, SPI, UART, TWI, ISP, AD, Analog Comparator, WDT 等功能，减少了外围器件的数量，可以有效地实现“单片”系统。
- 支持 ISP 和 IAP 功能，方便下载程序，支持 JTAG 的片上调试。

随着单片机技术的发展，AVR 系列单片机目前已经拥有了以 8 位的 meagAVR (ATmega) 系列、8 位/16 位的 XMEAG 系列、8 位的 tinyAVR (ATTiny) 系列和 32 位的 AVR UC3 系列这四个大种类，上百种具体的处理器型号，广泛应用于电池管理、汽车、通信、工业等场合。

这些处理器体现出了高性能、高功效和设计灵活的特性，在其中使用最为广泛的两大系列是 ATTiny 和 ATmega，前者以体积小、成本低著称，常见型号和内部资源说明如表 1.1 所示；而后者以片上集成度高，功能强大闻名，常见型号和内部资源说明如表 1.2 所示。

表 1.1 ATTiny 系列单片机的常见型号和内部资源

型 号	引脚数	工作 频率 /MHz	外部 中断	SPI	TWI	UART	ADC	比较器	内存大小 /KB	E ² PROM	计数器	PWM 通道	实时 时钟
ATtiny10	6	12	4		0	0	4	1	0.03	0	1	2	No
ATtiny13	8	20	6		0	0	4	1	0.06	64	1	2	No
ATtiny13A	8	20	6		0	0	4	1	0.06	64	1	2	No
ATtiny1634	20	12	18		1	2	12		1	256	2	4	Yes
ATtiny167	20	16	16	2	1	1	11	1	0.5	512	2	9	Yes
ATtiny20	14	12	12	1	1	0	8	1	0.12	0	2	3	No
ATtiny2313	20	20	18	2	1	1		1	0.12	128	2	4	No
ATtiny2313A	20	20	18	2	1	1		1	0.12	128	2	4	No
ATtiny24	14	20	12	1	1	0	8	1	0.12	128	2	4	No

续表

型 号	引脚数	工作频率 /MHz	外部中断	SPI	I ² C	UART	ADC	比较器	内存大小 /KB	E ² PROM	计数器	PWM 通道	实时时钟
ATtiny24A	14	20	12	1	1	0	8	1	0.12	128	2	4	No
ATtiny25	8	20	6	1	1	0	4	1	0.12	128	2	6	No
ATtiny26	20	16	11	1	1	0	11	1	0.12	128	2	4	No
ATtiny261	20	20	16	1	1	0	11	1	0.12	128	2	6	No
ATtiny261A	20	20	16	1	1	0	11	1	0.12	128	2	6	No
ATtiny28L	28	4	10		0	0		1	0.03	0	1	0	No
ATtiny4	6	12	4		0	0		1	0.03	0	1	2	No
ATtiny40	20	12	18	1	1	0	12	1	0.25	0	2	2	No
ATtiny4313	20	20	18	2	1	1		1	0.25	256	2	4	No
ATtiny43U	20	8	16	1	1	0	4	1	0.25	64	2	4	No
ATtiny44	14	20	12	1	1	0	8	1	0.25	256	2	4	No
ATtiny44A	14	20	12	1	1	0	8	1	0.25	256	2	4	No
ATtiny45	8	20	6	1	1	0	4	1	0.25	256	2	6	No
ATtiny461	20	20	16	1	1	0	11	1	0.25	256	2	6	No
ATtiny461A	20	20	16	1	1	0	11	1	0.25	256	2	6	No
ATtiny48	32	12	28	1	1	0	8	1	0.25	64	2	2	No
ATtiny5	6	12	4		0	0	4	1	0.03	0	1	2	No
ATtiny828	32	20	28	1	1	1	28	1	0.5	256	2	4	Yes
ATtiny84	14	20	12	1	1	0	8	1	0.5	512	2	4	No
ATtiny84A	14	20	12	1	1	0	8	1	0.5	512	2	4	No
ATtiny85	8	20	6	1	1	0	4	1	0.5	512	2	6	No
ATtiny861	20	20	16	1	1	0	11	1	0.5	512	2	6	No
ATtiny861A	20	20	16	1	1	0	11	1	0.5	512	2	6	No
ATtiny87	20	16	16	2	1	1	11	1	0.5	512	2	9	Yes
ATtiny88	32	12	28	1	1	0	8	1	0.5	64	2	2	No
ATtiny9	6	12	4		0	0		1	0.03	0	1	2	No

表 1.2 ATmega 系列单片机的常见型号和内部资源

型 号	引脚数	工作频率 /MHz	外部中断	SPI	I ² C	UART	ADC	比较器	内存大小 /KB	E ² PROM	计数器	实时时钟
AT90CAN128	64	16	8	1	1	2	8	1	4	4096	4	Yes
AT90CAN32	64	16	8	1	1	2	8	1	2	1024	4	Yes
AT90CAN64	64	16	8	1	1	2	8	1	4	2048	4	Yes
AT90PWM1	24	16	4	1	0	0	8	2	0.5	512	4	No