

## 第七章 AVR 单片机的应用

ATMEL 公司的 AVR 单片机,是增强型 RISC 内载 Flash 的单片机。芯片上的 Flash 存储器附在用户的产品中,可随时编程、再编程,使用的产品设计容易,更新换代方便。AVR 单片机采用增强的 RISC 结构,使其具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令,每 MHz 可实现 1MIPS 的处理能力。AVR 单片机工作电压为 2.7~6.0V,可以实现耗电最优化。AVR 的单片机广泛应用于计算机外部设备,工业实时控制,仪器仪表,通讯设备,家用电器,宇航设备等各个领域。

本书所提供的实用、实验程序均是在 SL-AVR 开发下载实验器上汇编、调试、下载验证通过的,用户可以放心地学习修改、移植,今后我们还将从网上或电子书光盘形式不断向读者、用户提供实用、实验程序的软、硬件资料。

应用实验源程序见文件夹<<SLAVR>>,应用例子\*.ASM,必须编译生成\*.OBJ 文件才可调试,如要修改\*.ASM,必须修改文件属性,去掉\*.ASM 只读文件属性。

### 7.1.0 通用延时子程序

```
;*****AVR 单片机实用程序 *****
;* 标题:通用延时子程序,文件名:DELAY.ASM
;* 版本: 1.0
;* 最后更新日期:2000.09.10
;* 支援 E-mail: gzsl@sl.com.cn
;* 描述
;* 利用寄存器内容减 1 不 0 为转的多级嵌套,只需改变一个寄存器延时常数,
;* 就可改变延时时间
;* 作者: SL. Z
;* 程序适用于有 SRAM 的 AVR 单片机
;*****
.include "8515def.inc" ;器件配置文件,决不可少,不然汇编通不过
.DEF TEMP1 =R20
.DEF CON =R21
.org $0000
    rjmp RESET ;复位
.ORG$0010 ;跳过中断区
RESET: ldi r16,high(RAMEND) ;设 AT90S8515 堆栈 为$025F
    OUT SPH,r16 ;见器件配置文件"8515def.inc "
    ldi r16,low(RAMEND)
    OUT SPL,R16
    ser temp1
    SER CON ;temp1 直接置数$FF, A 口
    out DDRA,temp1 ;方向寄存器设定 A 口为输出
    LDI R16,0X70
LOOP: OUT PORTA,TEMP1
    RCALL DELAY ;调用通用延时子程序
    EOR TEMP1,CON ;异或
```

```

R JMP    LOOP
;注意: 以后程序中的通用延时子程序从略!
delay:   ; 通用延时子程序
        push   r16    ;进栈需 2t
L0:      push   r16    ;进栈需 2t
L1:      push   r16    ;进栈需 2t
L2:      push   r16    ;进栈需 2t
L3:      dec    r16    ; -1 需 1t
        brne   L3     ;不为 0 转,为 0 顺执, 需 1t/2t
        pop    r16    ;出栈 需 2t
        dec    r16    ; -1 需 1t
        brne   L2     ; 不为 0 转,为 0 顺执,需 1t/2t
        pop    r16    ; 出栈需 2t
        dec    r16    ; -1 需 1t
        brne   L1     ; 不为 0 转,为 0 顺执,需 1t/2t
        pop    r16    ; 出栈需 2t
        dec    r16    ; -1 需 1t
        brne   L0     ; 不为 0 转,为 0 顺执,需 1T/2T
        pop    r16    ; 出栈需 2t
        ret     ; 子程序返回需 4t
    
```

一次嵌套循环公式  $T$  机器周期数,  $t$  延时时间, AVR 8MHz 晶振时, 每个机器周期为  $0.125\mu S$

$$T = 7X - 1 + \sum_{i=1}^x (3x - 1) \quad ; t = T * (1 \text{ 个机器周期时间})$$

二次嵌套循环公式

$$T = 7X - 1 + \sum_{i=1}^x (7x - 1) + \sum_{i=1}^x \sum_{i=1}^x (3x - 1)$$

三次嵌套循环公式

$$T = 7X - 1 + \sum_{i=1}^x (7x - 1) + \sum_{i=1}^x \sum_{i=1}^x (7x - 1) + \sum_{i=1}^x \sum_{i=1}^x \sum_{i=1}^x (3x - 1)$$

```

;*****
;* 二次嵌套通用延时程序 *
;* * *
;* if fos=8mhz      time (3.5us-----1s) *
;* dt              time *
;* 22              1ms *
;* 29              2ms *
    
```

```

;*      40          5ms          *
;*      51          10ms         *
;*      65          20ms         *
;*      90          50ms         *
;*     114          100ms        *
;*     144          200ms        *
;*     197          500ms        *
;*     249           1s          *
;*****
delay:  push  dt
del1:   push  dt
del2:   push  dt
del3:   dec   dt
        brne del3
        pop   dt
        dec   dt
        brne del2
        pop   dt
        dec   dt
        brne del1
        pop   dt
        ret
;*****
;*  一次循环通用延时程序          *
;*                                  *
;* if fos=8mhz      time (3.5us-----10ms)  *
;*      dt          time          *
;*      71          1ms           *
;*     101          2ms           *
;*     161          5ms           *
;*     228          10ms          *
;*****
delay:  push  dt
del2:   push  dt
del3:   dec   dt
        brne del3
        pop   dt
        dec   dt
        brne del2
        pop   dt
        ret

```

三次嵌套通用延时程序,在 8MHz 晶振下测试数据,H 为十六进制,D 为十进制  
通用延时子程序时间常数所对应的延时周期数及时间见下表

H	D	T 周期数	t	H	D	T 周期数	t
1	1	28	3.50 $\mu$ s	21	33	219556	27444.5 ms
2	2	76	9.50 $\mu$ s	22	34	244756	30.5945
3	3	166	20.75	23	35	272062	34.00775
4	4	316	39.50	24	36	301588	37.6985
5	5	547	68.38	25	37	333451	41.68138
6	6	883	110.38	26	38	367771	45.97138
7	7	1351	168.88	27	39	404671	50.58388 ms
8	8	1981	247.63	28	40	444277	55.53463
9	9	2806	350.75	29	41	486718	60.83975
A	10	3862	482.75	2A	42	532126	66.51575
B	11	5200	0.65 ms	2B	43	580636	72.5795
C	12	6800	0.85 ms	2C	44	632386	79.04825
D	13	8800	1.10 ms	2D	45	687517	85.93963
E	14	11221	1.4	2E	46	746173	93.27163
F	15	14077	1.76	2F	47	808501	101.0626 ms
10	16	17443	2.18 ms	30	48	874651	109.3314
11	17	21376	2.67	31	49	944776	118.097
12	18	25936	3.24 ms	32	50	1019032	127.379
13	19	31186	3.90	33	51	1097578	137.1973
14	20	37192	4.65	34	52	1180576	147.572
15	21	44023	5.50 ms	35	53	1268191	158.5239
16	22	51751	6.47	36	54	1360591	170.0739
17	23	60451	7.56	37	55	1457947	182.2434
18	24	70201	8.78	38	56	1560433	195.0541 ms
19	25	81082	10.14 ms	39	57	1668226	208.5283
1A	26	93178	11.65	3A	58	1781506	222.6883
1B	27	106576	13.32	3B	59	1900456	237.557
1C	28	121366	15.17	3C	60	2025262	253.1578 ms
1D	29	137641	17.21	3D	61	2156113	269.5141
1E	30	155497	19.44	3E	62	2293201	286.6501
1F	31	175033	21.88	3F	63	2436721	304.5901 ms
20	32	196351	24.54	40	64	2586871	323.36

H	D	T 周期数	t(秒)	H	D	T 周期数	t(秒)
41	65	2743852	0.3429815	61	97	12733880	1.591735
42	66	2907868	0.3634835	62	98	13248680	1.656085
43	67	3079126	0.3848908	63	99	13778930	1.722366
44	68	3257836	0.4072295	64	100	14324930	1.790617
45	69	3444211	0.4305264	65	101	14887000	1.860875
46	70	3638467	0.4548084	66	102	15465450	1.933181
47	71	3840823	0.4801029	67	103	16060590	2.007574 S
48	72	4051501	0.5064376 S	68	104	16672740	2.084093
49	73	4270726	0.5338408	69	105	17302220	2.162778
4A	74	4498726	0.5623408	6A	106	17949360	2.24367
4B	75	4735732	0.5919665	6B	107	18614480	2.326809
4C	76	4981978	0.6227473	6C	108	19297910	2.412238
4D	77	5237701	0.6547126	6D	109	19999980	2.499998
4E	78	5503141	0.6878926	6E	110	20721040	2.59013
4F	79	5778541	0.7223176	6F	111	21461410	2.682677
50	80	6064147	0.7580184	70	112	22221450	2.777682
51	81	6360208	0.795026	71	113	23001500	2.875187
52	82	6666976	0.833372	72	114	23801900	2.975237
53	83	6984706	0.8730882	73	115	24623000	3.077875 S
54	84	7313656	0.914207	74	116	25465170	3.183146
55	85	7654087	0.9567609	75	117	26328750	3.291094
56	86	8006263	1.00078 S	76	118	27214110	3.401764
57	87	8370451	1.04631	77	119	28121610	3.515202
58	88	8746921	1.09337	78	120	29051620	3.631452
59	89	9135946	1.141993	79	121	30004500	3.750562
5A	90	9537802	1.192225	7A	122	30980630	3.872578
5B	91	9952768	1.244096	7B	123	31980380	3.997547 S
5C	92	10381130	1.297641	7C	124	33004130	4.125516
5D	93	10823160	1.352895	7D	125	34052260	4.256532
5E	94	11279160	1.409895	7E	126	35125150	4.390644
5F	95	11749420	1.468677	7F	127	36223200	4.5279
60	96	12234220	1.52928	80	128	37346790	4.668349

H	D	T 周期数	t(秒)	H	D	T 周期数	t(秒)
81	129	38496320	4.812039	A1	161	91483580	11.43545
82	130	39672170	4.959022	A2	162	93729070	11.71613
83	131	40874760	5.109345	A3	163	96015650	12.00196
84	132	42104480	5.26306	A4	164	98343790	12.29297
85	133	43361730	5.420217	A5	165	10071400	12.58925
86	134	44646930	5.580866	A6	166	10312680	12.89085
87	135	45960490	5.745061	A7	167	10558280	13.19784
88	136	47302810	5.912851	A8	168	10808230	13.51028
89	137	48674330	6.084291	A9	169	11062590	13.82824
8A	138	50075450	6.259431	AA	170	11321410	14.15177
8B	139	51506600	6.438324	AB	171	11584760	14.48094
8C	140	52968200	6.621025	AC	172	11852660	14.81583
8D	141	54460690	6.807587	AD	173	12125190	15.15649
8E	142	55984500	6.998063	AE	174	12402390	15.50299
8F	143	57540060	7.192507	AF	175	12684320	15.8554
90	144	59127810	7.390976	B0	176	12971020	16.21378
91	145	60748190	7.593524	B1	177	13262560	16.5782
92	146	62401650	7.800206	B2	178	13558980	16.94873
93	147	64088620	8.011078	B3	179	13860350	17.32543
94	148	65809580	8.226197	B4	180	14166710	17.70838
95	149	67564950	8.445619	B5	181	14478120	18.09765
96	150	69355210	8.669401	B6	182	14794632	18.49329
97	151	71180800	8.8976	B7	183	15116312	18.89539
98	152	73042200	9.130275	B8	184	15443208	19.30401
99	153	74939860	9.367483	B9	185	15775376	19.71922
9A	154	76874260	9.609283	BA	186	16112872	20.14109
9B	155	78845870	9.855734	BB	187	16455760	20.5697
9C	156	80855160	10.1069	BC	188	16804088	21.00511
9D	157	82902600	10.36283	BD	189	17157912	21.44739
9E	158	84988680	10.62358	BE	190	17517296	21.89662
9F	159	87113880	10.88923	BF	191	17882296	22.35287
A0	160	89278690	11.15984	C0	192	18252976	22.81622

H	D	T 周期数	t(秒)	H	D	T 周期数	t(秒)0
C1	193	18629384	23.28673	E1	225	34067096	42.58387
C2	194	19011584	23.76448	E2	226	34667464	43.33433
C3	195	19399632	24.24954	E3	227	35275736	44.09467
C4	196	19793592	24.74199	E4	228	35891968	44.86496
C5	197	20193528	25.24191	E5	229	36516248	45.64531
C6	198	20599488	25.74936	E6	230	37148632	46.43579
C7	199	21011536	26.26442	E7	231	37789200	47.2365
C8	200	21429736	26.78717	E8	232	38438008	48.04751
C9	201	21854144	27.31768	E9	233	39095136	48.86892
CA	202	22284832	27.85604	EA	234	39760656	49.70082
CB	203	22721848	28.40231	EB	235	40434640	50.5433
CC	204	23165264	28.95658	EC	236	41117152	51.39644
CD	205	23615136	29.51892	ED	237	41808272	52.26034
CE	206	24071536	30.08942	EE	238	42508056	53.13507
CF	207	24534512	30.66814	EF	239	43216600	54.02075
D0	208	25004136	31.25517	F0	240	43933960	54.91745
D1	209	25480464	31.85058	F1	241	44660216	55.82527
D2	210	25963568	32.45446	F2	242	45395440	56.7443
D3	211	26453512	33.06689	F3	243	46139704	57.67463
D4	212	26950360	33.68795	F4	244	46893072	58.61634
D5	213	27454168	34.31771	F5	245	47655640	59.56955
D6	214	27965008	34.95626	F6	246	48427464	60.53433
D7	215	28482944	35.60368	F7	247	49208624	61.51078
D8	216	29008040	36.26005	F8	248	49999200	62.499
D9	217	29540360	36.92545	F9	249	50799264	63.49908
DA	218	30079976	37.59997	FA	250	51608888	64.51111
DB	219	30626952	38.28369	FB	251	52428152	65.53519
DC	220	31181352	38.97669	FC	252	53257136	66.57142
DD	221	31743248	39.67906	FD	253	54095904	67.61988
DE	222	32312704	40.39088	FE	254	54944544	68.68068
DF	223	32889776	41.11222	FF	255	55803128	69.75391
E0	224	33474552	41.84319	00	256	56671736	70.83967
				\$00 为延时最长, 因为\$00-1=\$FF			