

**Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação
Universidade Federal de Goiás**



Laboratório de Microprocessadores e Microcontroladores

Experimento 3: Temporizadores e Display LCD

Alunos: _____ Matrícula: _____

Prof. Dr. José Wilson Lima Nerys

Goiânia, 1º semestre de 2019

SUMÁRIO

1	<i>Temporizadores</i>	3
2	<i>Display LCD</i>	4
3	<i>Atividades do Experimento 3</i>	5
3.1	Parte 1 – Temporizador nos Modos 0 e 1	5
3.1.1	Execução no Simulador do Kit Didático	5
3.1.2	Execução no Kit Real	5
3.2	Parte 2 – Onda Quadrada com Diferentes Períodos usando Temporizador	6
3.2.1	Onda Quadrada com Período de 100 ms	6
3.2.2	Onda Quadrada com Período de 50 ms	6
3.2.3	Onda Quadrada com Período de 1 s	7
3.3	Parte 3 – Contagem Crescente e Decrescente no Display LCD	7
3.3.1	Contagem Crescente	7
3.3.2	Contagem Decrescente	9
3.3.3	Relógio no Display LCD	9

1 Temporizadores

O microcontrolador 8051 padrão tem dois temporizadores/contadores de 16 bits que podem trabalhar em 4 modos distintos, definidos através do registrador **TMOD**. Os bits do nibble superior do registrador **TCON** são usados no controle do temporizador/contador. O diagrama da Fig. 1 auxilia na análise do funcionamento.

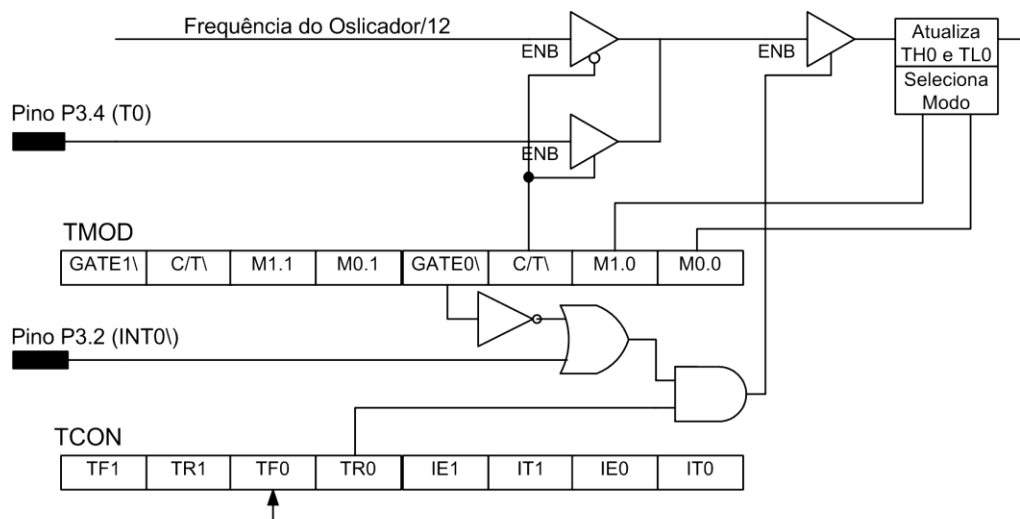


Fig. 1: Diagrama de blocos simplificado do temporizador/contador 0

Finalidade dos bits dos registradores **TMOD** e **TCON**:

C/T - define se o funcionamento é como contador (**C/T** = 1), ou como temporizador (**C/T** = 0). Como temporizador, o clock é interno, vindo do oscilador. A frequência é 1/12 da frequência do cristal oscilador. Como contador, o clock é externo, vindo através de **T0 (P3.4)**.

Gate - define se o sinal de disparo do contador/temporizador vem através de software (**bit TR0**), ou de um sinal externo, através do **pino INT0 (P3.2)**. Se **Gate** = 0, o comando **SETB TR0** dispara o contador/temporizador e **CLR TR0** interrompe. Se **Gate** = 1, há duas possibilidades de disparo: habilita-se o disparo através do comando **SETB TR0** e o disparo do temporizador/contador é feito através do pino **P3.2**, ou habilita-se o disparo através do pino **P3.2** e faz-se o disparo através do comando **SETB TR0**.

M1 e **M0** - define o modo de operação do contador/temporizador, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Modos de operação dos temporizadores

M1	M0	Modo de Operação
0	0	Modo 0 - Contador/Temporizador de 13 bits com divisor de frequência de até 32 vezes (32 x 255). Pode contar de 0 a 8.191 (0000 a 1FFF).
0	1	Modo 1: Contador/Temporizador de 16 bits (pode contar até 65535)
1	0	Modo 2: 2 contadores/temporizadores de 8 bits com recarga automática
1	1	Modo 3: 2 contadores/temporizadores independentes de 8 bits (Modo 3 fica inativo para Contador/Temporizador 1)

TR - dispara o temporizador/contador quando **Gate** = 0. Habilita o disparo externo ou dispara o temporizador/contador quando **Gate** = 1.

TF - flag que é setada por hardware a cada final de contagem do temporizador/contador. Se a interrupção do temporizador/contador estiver habilitada, desvia para o endereço de atendimento da interrupção (endereço 0BH para o temporizador/contador zero e 1BH para o 1).

2 Display LCD

O display de cristal líquido (LCD) é muito utilizado em aplicações com microcontroladores. Apresenta-se aqui o display LCD de 2 linhas x 16 colunas, cuja pinagem é mostrada na Fig. 2. O número de linhas e colunas é uma informação enviada na forma de comando para o LCD, numa rotina de inicialização necessária a cada vez que o LCD vai ser usado. Outras informações necessárias são: se o cursor vai ficar piscando, se a mensagem vai rolar para a esquerda ou para a direita, ou não vai rolar, se serão usados 4 ou 8 bits para os dados etc. A Tabela 2 mostra os sinais de controle para escrita e leitura do LCD. A Tabela 3 mostra as instruções mais comuns utilizadas no uso do LCD.

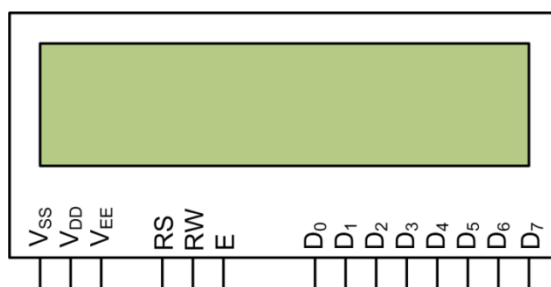


Fig. 2: Display LCD de 2 linhas por 16 colunas

Tabela 2: Habilitação do display LCD

E	RW	RS	Operação
0	×	×	Display desabilitado
1	0	0	Escrita de Instrução no LCD
1	0	1	Escrita de Dados no LCD
1	1	0	Leitura de Instrução do LCD
1	1	1	Leitura de Dados do LCD

Tabela 3: instruções mais comuns utilizadas para o display LCD

DESCRIÇÃO	MODO	RS	R/W	Código (Hexa)
Display	Liga (sem cursor)	0	0	0C
	Desliga	0	0	0A/08
Limpa Display com Home cursor		0	0	01
Controle do Cursor	Liga	0	0	0E
	Desliga	0	0	0C
	Desloca para Esquerda	0	0	10
	Desloca para Direita	0	0	14
	Cursor Home	0	0	02
	Cursor Piscante	0	0	0D
	Cursor com Alternância	0	0	0F
Sentido de deslocamento do cursor ao entrar com caractere	Para a esquerda	0	0	04
	Para a direita	0	0	06
Deslocamento da mensagem ao entrar com caractere	Para a esquerda	0	0	07
	Para a direita	0	0	05
Deslocamento da mensagem sem entrada de caractere	Para a esquerda	0	0	18
	Para a direita	0	0	1C
Endereço da primeira posição	Primeira linha	0	0	80
	Segunda linha	0	0	C0

A Tabela 4 mostra o endereço em decimal de cada posição do LCD de 16 colunas x 2 linhas.

Tabela 4: Endereços em decimal do display LCD de 2 linhas x 16 colunas

Colunas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Linha 1	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
Linha 2	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207

3 Atividades do Experimento 3

As atividades deste experimento estão previstas para serem executadas no Simulador Digital e, na sequência, no Kit Real. O programa de cada tarefa deve ser **digitado** e **compilado** no simulador **MCU8051** e **executados** no Simulador do Kit Didático do microcontrolador 8051 e no Kit Real.

3.1 Parte 1 – Temporizador nos Modos 0 e 1

3.1.1 Execução no Simulador do Kit Didático

No programa da Tabela 5 o **TEMPORIZADOR 0** é configurado para operar nos **MODOS 0** (13 bits) e o **TEMPORIZADOR 1**, no modo 1 (16 bits). As interrupções estão habilitadas, e são usadas para complementar os pinos P1.0 (para o Modo 0) e P1.7 (para o Modo 1), gerando, assim, uma onda quadrada com meio período correspondente ao tempo de cada contagem completa do temporizador.

Tabela 4: Geração de onda quadrada nos modos 0 e 1

Rótulo	Instrução	Rótulo	Instrução
	ORG 00H		ORG 30H
	LJMP INICIO	INICIO:	MOV SP,#2FH
			MOV IE,#8AH; IE = 1000 1010
	ORG 0BH		MOV TMOD,#10H
	CPL P1.0		SETB TR0
	RETI		SETB TR1
			SJMP \$
	ORG 1BH		
	CPL P1.7		END
	RETI		

Visualize a onda quadrada nos Pinos P1.0 e P1.7 usando o osciloscópio digital do Proteus. Meça os períodos das ondas para os modos 0 e 1 do temporizador e anote na Tabela 5.

Tabela 5: Período da onda quadrada nos modos 0 e 1

Grandeza	Simulador		Kit Real	
	Modo 0 (Pino P1.0)	Modo 1 (Pino P1.7)	Modo 0 (Pino P1.0)	Modo 1 (Pino P1.7)
Período da onda quadrada				
Frequência da onda quadrada				

Obs.: Frequência do cristal oscilador: 11,0592MHz

3.1.2 Execução no Kit Real

Grave o programa da Tabela 4 no microcontrolador da família 8051 e registre na Tabela 5 o período e a frequência das ondas resultantes. Responda às questões a seguir.

Questão 1 – Qual é a função da instrução MOV IE,#8AH no programa?

Questão 2 – Qual é a função da instrução MOV TMOD,#10H no programa?

3.2 Parte 2 – Onda Quadrada com Diferentes Períodos usando Temporizador

3.2.1 Onda Quadrada com Período de 100 ms

O programa da Tabela 6 usa o temporizador zero para gerar uma onda quadrada com período de 100 ms no pino P1.0, com interrupção. O cristal oscilador é de 11,0592 MHz. Simule o programa no **Simulador do Kit Didático** e execute no **Kit Real**.

Tabela 6: Geração de onda quadrada no modo 1 do temporizador zero

Rótulo	Mnemônico	Rótulo	Mnemônico
	ORG 00H		ORG 30H
	LJMP INICIO	INICIO:	MOV SP, #2FH
			MOV IE, #82H
	ORG 0BH		MOV TMOD, #01H
	MOV TH0, #HIGH(19455)		MOV TH0, #HIGH(19455)
	MOV TL0, #LOW(19455)		MOV TL0, #LOW(19455)
	CPL P1.0		SETB TR0
	RETI		SJMP \$
			END

Anote na Tabela 7 o valor do período da onda quadrada resultante da execução do programa da Tabela 6.

Tabela 7: Valor medido para a onda quadrada no pino P1.0

Recarga (TH0/TL0) (decimal)	Simulador		Kit Real	
	Período (ms)	Frequência (kHz)	Período (ms)	Frequência (kHz)
19455				

3.2.2 Onda Quadrada com Período de 50 ms

No caso do item anterior, de uma onda quadrada com período de 100 ms, meio período da onda quadrada corresponde a 50 ms (50.000 μ s). Como o cristal oscilador é de 11,0592 MHz, o período de máquina é 1,085069 μ s (12 / 11,0592). Assim, 50.000 μ s / 1,085069 μ s = 46.080. Ou seja, a recarga do temporizador, para se obter uma onda quadrada com período de 100 ms, é:

$$TH0/TL0 = 65.535 - 46080 = 19455$$

A partir dessa informação, calcule a recarga necessária para gerar uma onda de 50 ms. Execute no simulador digital e no kit real e registre o resultado na Tabela 7, junto com o valor de recarga.

3.2.3 Onda Quadrada com Período de 1 s

A Tabela 8 mostra o programa da Tabela 6. Complete a subrotina do temporizador zero, que deve ser adaptada para gerar uma onda quadrada de 1 s.

O registrador R0, com valor 10 (decimal), deve ser usado para contar o tempo de 500 ms (10 x 50 ms) para o meio período da onda quadrada.

Tabela 8: Onda quadrada de 1 s

Rótulo	Mnemônico	Rótulo	Mnemônico
	ORG 00H		ORG 30H
	LJMP INICIO	INICIO:	MOV SP, #2FH
			MOV IE, #82H
	ORG 0BH		MOV TMOD, #01H
	MOV TH0, #HIGH(19455)		MOV TH0, #HIGH(19455)
	MOV TL0, #LOW(19455)		MOV TL0, #LOW(19455)
			MOV R0, #10
			SETB TR0
			SJMP \$
	RETI		END

Tabela 9: Onda quadrada de 1s

Grandeza	Simulador	Kit Real
Período da onda quadrada		
Frequência da onda quadrada		

3.3 Parte 3 – Contagem Crescente e Decrescente no Display LCD

3.3.1 Contagem Crescente

O programa da Tabela 10 mostra no display LCD uma contagem decimal crescente de **0000** a **9999**. O byte superior da contagem é guardado em R1 e o byte inferior em R0. O display LCD está conectado à porta P0. Os pinos P3.5, P3.6 e P3.7 são pinos de controle do display.

Tabela 10: Contagem no display LCD

	Rótulo	Mnemônico		Rótulo	Mnemônico
1		RS EQU P3.5	74	CONTAGEM:	MOV A, R0
2		RW EQU P3.6	75		ADD A, #01H
3		EN EQU P3.7	76		DA A
4		LCD EQU P0	77		MOV R0, A
5			78		JNC V4
6		ORG 00H	79		
7		LJMP INICIO	80		MOV A, R1
8			81		ADD A, #01H
9		ORG 30H	82		DA A
10	INICIO:	MOV SP, #2FH	83		MOV R1, A
11		MOV R0, #00	84	V4:	NOP
12		MOV R1, #00	85		RET
13		MOV R7, #00H	86		
14		LCALL INICIA	87	DISPLAY:	MOV A, #0F0H
15		LCALL LINHA1	88		ANL A, R1
16		LCALL LINHA2	89		SWAP A
17			90		ORL A, #30H
18	REPETE:	LCALL CONTAGEM	91		LCALL MOSTRA4
19		LCALL DISPLAY	92		
20		LCALL ATRASO	93		

21		LCALL ATRASO	94		MOV A,#0FH
22		LCALL ATRASO	95		ANL A,R1
23		SJMP REPETE	96		ORL A,#30H
24			97		LCALL TEXTO_WR
25	INICIA:	MOV A,#38H	98		
26		LCALL INSTR_WR	99		MOV A,#0F0H
27		MOV A,#38H	100		ANL A,R0
28		LCALL INSTR_WR	101		SWAP A
29		MOV A,#0EH	102		ORL A,#30H
30		LCALL INSTR_WR	103		LCALL TEXTO_WR
31		MOV A,#06H	104		
32		LCALL INSTR_WR	105		MOV A,#0FH
33		MOV A,#01H	106		ANL A,R0
34		LCALL INSTR_WR	107		ORL A,#30H
35		RET	108		LCALL TEXTO_WR
36			109		RET
37	LINHA1:	MOV A,R7	110		
38		MOV DPTR,#MSG1	111	MOSTRA4:	PUSH ACC
39		MOVC A,@A+DPTR	112		MOV A,#202
40		CJNE A,#0FFH,V1	113		LCALL INSTR_WR
41		RET	114		POP ACC
42	V1:	LCALL TEXTO_WR	115		LCALL TEXTO_WR
43		INC R7	116		RET
44		SJMP LINHA1	117		
45			118	ATRASO_LCD:	MOV R4,#10
46	LINHA2:	MOV A,#192	119	V6:	MOV R5,#80
47		LCALL INSTR_WR	120		DJNZ R5,\$
48		MOV R7,#00H	121		DJNZ R4,V6
49	V3:	MOV A,R7	122		RET
50		MOV DPTR,#MSG2	123		
51		MOVC A,@A+DPTR	124	ATRASO:	MOV R4,#50
52		CJNE A,#0FFH,V2	126	V5:	MOV R5,#250
53		RET	127		DJNZ R5,\$
54			128		DJNZ R4,V5
55	V2:	LCALL TEXTO_WR	129		RET
56		INC R7	130		
57		SJMP V3	131	MSG1: DB 'MICROCONTROLADOR', 0FFH	
58			132		
59	INSTR_WR:	SETB EN	133	MSG2: DB 'CONTAGEM: ', 0FFH	
60		CLR RW	134		
61		CLR RS	135	FIM:	NOP
62		MOV LCD, A	136		END
63		CLR EN	137		
64		LCALL ATRASO_LCD	138		
65		RET			
66					
67	TEXTO_WR:	SETB EN			
68		CLR RW			
69		SETB RS			
70		MOV LCD, A			
71		CLR EN			
72		LCALL ATRASO_LCD			
73		RET			

Após a inicialização do LCD, através das sub-rotinas INICIA, LINHA1 e LINHA2, o processamento pula para a rotina principal do programa, trecho da linha 18 à linha 23. A partir desse trecho todas as outras sub-rotinas são chamadas.

Execute o programa no simulador do kit didático e no kit real e responda às questões.

Questão 1: Qual é a função das sub-rotinas INSTR_WR (linhas 59 a 65) e TEXTO_WR (linhas 67 a 73)?

Questão 2: Como funciona a sub-rotina CONTAGEM, das linhas 74 a 85?

Questão 3: Como funciona a sub-rotina DISPLAY, das linhas 87 a 109.

3.3.2 Contagem Decrescente

A Tabela 11 mostra a sub-rotina contagem, usada na contagem crescente no display LCD. Modifique essa sub-rotina de modo a resultar em uma contagem decrescente de 9999 a 0000. Verifique o resultado apenas no simulador do kit didático.

Tabela 11: Sub-rotinas para as contagens crescente e decrescente no display LCD

	; CONTAGEM DE 0000 A 9999		; CONTAGEM DE 9999 A 0000
CONTAGEM:	MOV A,R0	CONTAGEM:	
	ADD A,#01H		
	DA A		
	MOV R0,A		
	JNC V4		
	MOV A,R1		
	ADD A,#01H		
	DA A		
	MOV R1,A		
V4:	NOP		
	RET		

3.3.3 Relógio no Display LCD

A Tabela 12 é uma adaptação do programa da Tabela 10. Ao invés de uma contagem comum, o programa mostra uma contagem de horas, minutos e segundos.

Tabela 12: Relógio mostrado em Display LCD

	Rótulo	Mnemônico		Rótulo	Mnemônico
1		RS EQU P3.5	80		MOV SEG,#00
2		RW EQU P3.6	81		MOV A,MIN
3		EN EQU P3.7	82		ADD A,#01H
4		LCD EQU P0	83		DA A
5			84		MOV MIN,A
6		HORA EQU 10H	85		CJNE A,#60H,V4
7		MIN EQU 11H	86		
8		SEG EQU 12H	87		MOV MIN,#00H
9			88		MOV A,HORA
10		ORG 00H	89		ADD A,#01H
11		LJMP INICIO	90		DA A
12			91		MOV HORA,A
13		ORG 0BH	92		CJNE A,#24H,V4
14		LJMP ATRASO	93		MOV SEG,#00
15			94		MOV MIN,#00
16		ORG 30H	95		MOV HORA,#00
17	INICIO:	MOV SP,#2FH	96	V4:	NOP
18		MOV IE,#82H	97		RET

19		MOV TMOD,#01H	98		
20		MOV TH0,#HIGH(19455)	99	DISPLAY:	MOV A,#196
21		MOV TL0,#LOW(19455)	100		LCALL INSTR_WR
22		MOV SEG,#00	101		
23		MOV MIN,#00	102		MOV A,#0F0H
24		MOV HORA,#00	103		ANL A,HORA
25		MOV R0,#20	104		SWAP A
26		MOV R7,#00H	105		ORL A,#30H
27		LCALL INICIA	106		LCALL TEXTO_WR
28		LCALL LINHA1	107		
29		SETB TR0	108		MOV A,#0FH
30			109		ANL A,HORA
31	REPETE:	LCALL HORARIO	110		ORL A,#30H
32		LCALL DISPLAY	111		LCALL TEXTO_WR
33		JNB F0,\$	112		
34		CLR F0	113		MOV A,#:'
35		SJMP REPETE	114		LCALL TEXTO_WR
36			115		
37	INICIA:	MOV A,#38H	116		MOV A,#0F0H
38		LCALL INSTR_WR	117		ANL A,MIN
39		MOV A,#38H	118		SWAP A
40		LCALL INSTR_WR	119		ORL A,#30H
41		MOV A,#0EH	120		LCALL TEXTO_WR
42		LCALL INSTR_WR	121		
43		MOV A,#06H	122		MOV A,#0FH
44		LCALL INSTR_WR	123		ANL A,MIN
45		MOV A,#01H	124		ORL A,#30H
46		LCALL INSTR_WR	125		LCALL TEXTO_WR
47		RET	126		
48			127		MOV A,#:'
49	LINHA1:	MOV A,R7	128		LCALL TEXTO_WR
50		MOV DPTR,#MSG1	129		
51		MOVC A,@A+DPTR	130		MOV A,#0F0H
52		CJNE A,#0FFH,V1	131		ANL A,SEG
53		RET	132		SWAP A
54	V1:	LCALL TEXTO_WR	133		ORL A,#30H
55		INC R7	134		LCALL TEXTO_WR
56		SJMP LINHA1	135		
57			136		MOV A,#0FH
58	INSTR_WR:	SETB EN	137		ANL A,SEG
59		CLR RW	138		ORL A,#30H
60		CLR RS	139		LCALL TEXTO_WR
61		MOV LCD, A	140		RET
62		CLR EN	141		
63		LCALL ATRASO_LCD	142	ATRASSO_LCD:	MOV R4,#10
64		RET	143	V6:	MOV R5,#80
65			144		DJNZ R5,\$
66	TEXTO_WR:	SETB EN	145		DJNZ R4,V6
67		CLR RW	146		RET
68		SETB RS	147		
69		MOV LCD, A	148	ATRASSO:	MOV TH0,#HIGH(19455)
70		CLR EN	149		MOV TL0,#LOW(19455)
71		LCALL ATRASO_LCD	150		DJNZ R0,V5
72		RET	151		MOV R0,#20
73			152		SETB F0
74	HORARIO:	MOV A,SEG	153	V5:	NOP
75		ADD A,#01H	154		RETI
76		DA A	155		
77		MOV SEG,A	156	MSG1:	DB 'RELOGIO DIGITAL:',0FFH
78		CJNE A,#60H,V4	157		
79			158		END

Questão única: Qual é a finalidade da flag F0 na instrução JNB F0,\$ (linha 33) e na instrução SETB F0 (linha 152)?