

Sistemas Embarcados I – Laboratório 8: Acionando Displays de LCD

Objetivos: Estudar o acionamento de um Display de Cristal Líquido (LCD), baseado no CI ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*) HD44780, construindo um código assembly para tal.

Introdução:

Displays de LCD alfanuméricos são limitados a mostrar texto monocromático e frequentemente utilizados em copiadoras, máquinas de fax, impressoras a laser, equipamentos de teste industrial, equipamentos de rede, como roteadores e dispositivos de armazenamento. LCDs podem vir com ou sem luz de fundo (*backlights*), podendo esta ser de LED, fluorescentes ou eletroluminescentes. Muitos displays de LCD são baseados no CI controlador HD44780, da Hitachi ou compatível, e são de fácil programação. A Figura 1 mostra algumas configurações típicas. Geralmente, tais displays são capazes de exibir caracteres ASCII, caracteres japoneses, e alguns caracteres especiais. Os tamanhos comuns são 8×1 (uma linha de oito caracteres), 16×2, 20×2 (duas linhas) e 20×4 (4 linhas), podendo chegar a 40 caracteres ou 80 caracteres por linha (essa última através de uma configuração especial). A Hitachi desenvolveu esse ASIC para permitir uma interface simples tanto a um microcontrolador como a um microprocessador de uso geral. O CI HD44780 facilita em muito a tarefa do desenvolvedor pois, além de estabelecer uma interface de comunicação simples, define um conjunto de comandos que permite ao usuário enviar mensagens de texto e fazer pequenas animações como deslocar o texto enviado, escolher o tipo de curso, piscar (ou não) o cursor, por exemplo.

]



Figura 1: Exemplos de LCD.

O circuito montado no laboratório pode ser visto na Figura 2. A pinagem das portas 318H e 319H, conectadas ao LCD está apresentada na Tabela 1. Como se observa, a porta 318H está configurada como saída e é a responsável por disponibilizar tantos os dados (Tabela 2: Caracteres imprimíveis no LCD) como os comandos (Tabela 3). A porta 319H é responsável por implementar uma interface de comunicação síncrona entre o µP e o LCD, com se vê na Carta de temporização da Figura 2. Na carta de temporização, o sinal RS define se o byte na 318H é dado (RS=1) ou comando (RS=0). No nosso caso, e em aplicações típicas, o sinal R/W será mantido no N. L. 0 (operação de escrita - *Write*), sinalizando que iremos escrever comandos no LCD. R/W = 1 indica que se quer ler (*Read*) o status dos registradores do controlador HD44780 (não usaremos essa configuração, vide esquemático da Figura 2). O sinal E funciona como uma linha de clock que define o instante em que os dados/comandos serão transferidos para o LCD. Isto deve ocorrer em toda transição negativa de E (borda de descida), conforme se observa na Figura 2. Os sinais de RS e E são os bits 1 e 0 da porta 319H (saída), respectivamente.

A programação consiste em, primeiramente com RS=0, preparar os comandos na porta 318H e realizar transições negativas em E para cada comando a ser transferido ao LCD. Uma vez definida a configuração do LCD, faz-se RS=1 e começa-se a transferir os dados. O controle do Display resume-se a alternar entre o envio de comandos e dados para a animação desejada. Novamente, uma borda de descida em E indica que um caractere está disponível na porta 318H associada à entrada de dados e comandos (pinos D7-D0 do LCD). Observe que, como todo CI controlador, as restrições de *setup/hold time* dos flip-flops dos registradores de programação do HD44780 precisam ser respeitadas a fim de evitar situações de Metaestabilidade. Este é o motivo da apresentação da Tabela 2 e do uso de funções de atraso no código assembly fornecido. A Tabela 3 mostra o tempo de execução de cada comando, com o qual o LCD ficará na situação “*busy*”.

Tarefas:

a) estudar e entender o código fornecido;

b) modificá-lo para escrever, na segunda linha, os nomes dos integrantes do grupo, definidos em um vetor, assim como “Sistemas Embarcados 1” deve estar em um vetor. Em ambos os casos faça um *loop* que envie caracter a caracter, carregando-os do respectivo vetor, finalizados por “\$”;

c) para implementações compactas é possível economizar o número de bits por porta utilizado pelo display, enviando dados/comandos de 4 bits (nibble) ao invés de 8 bits (dados), o que deve ser feito nessa tarefa. Para isto, usa-se os 4 bits de D7 a D4, sendo esse um dos motivo de se colocar resistores de *pull-up*, uma vez que os bits D3 a D0 não serão mais usados.

Em cada tarefa, não se esqueça de permitir o acionamento da luz de fundo (*backlight led*), ligando (teclando L) e desligando (teclando D) o MOSFET N, acionado pelo BJT BC547. Esse LED exige de 60 a 90mA para um brilho razoável. O BC547 interfacea TTL com IRF640, sendo seu $R_{DS(ON)} < 0,4\Omega$.

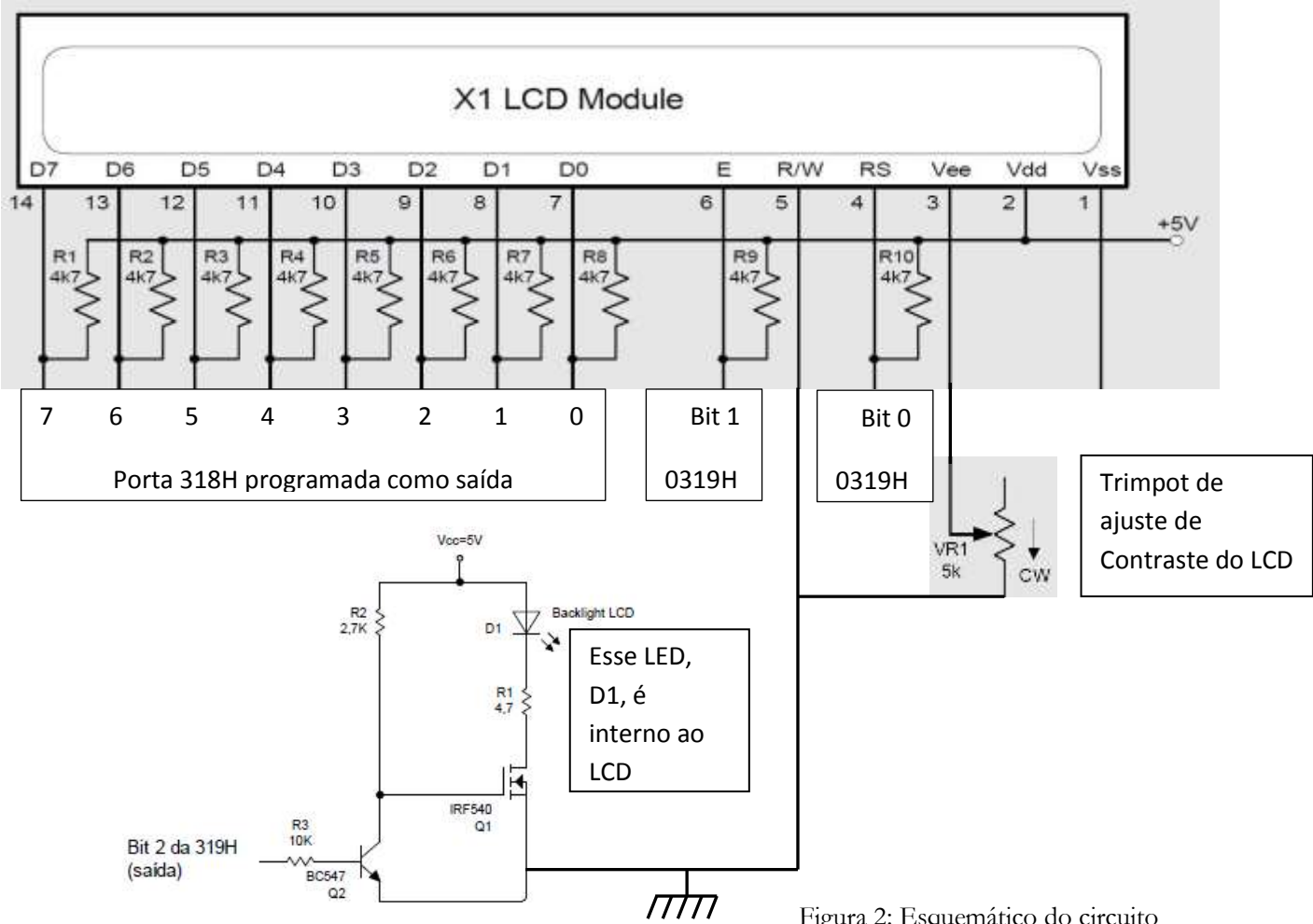


Figura 2: Esquemático do circuito

Tabela 1: Pinos de conexão das portas 318H e 319H com o LCD.

Bit	Porta	Sentido	Função	Pino LCD	Pino DB-25	Observação
0	318H	IN/OUT	D0	7	13	Com resistor de <i>Pull-up</i>
1	318H	IN/OUT	D1	8	12	Com resistor de <i>Pull-up</i>
2	318H	IN/OUT	D2	9	11	Com resistor de <i>Pull-up</i>
3	318H	IN/OUT	D3	10	10	Com resistor de <i>Pull-up</i>
4	318H	IN/OUT	D4	11	7	Com resistor de <i>Pull-up</i>
5	318H	IN/OUT	D5	12	8	Com resistor de <i>Pull-up</i>
6	318H	IN/OUT	D6	13	20	Com resistor de <i>Pull-up</i>
7	318H	IN/OUT	D7	14	9	Com resistor de <i>Pull-up</i>
0	319H	OUT	RS - Modo Dado/Controle	4	18	Com resistor de <i>Pull-up</i>
1	319H	OUT	<i>Enable</i>	6	17	Com resistor de <i>Pull-up</i>
2	319H	OUT	Luz de fundo LCD (<i>Backlight</i>)	Pinos A-K	5	base do BJT BC547

Tabela 2: Caracteres imprimíveis no LCD (armazenados na CGRAM do LCD)

Upper 4 bits Lower 4 bits	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0 0000	CG RAM (1)			0	a	P	`	P				—	9	≡	ε	p
1 0001	CG RAM (2)		!	1	A	Q	a	9			•	7	7	4	ä	q
2 0010	CG RAM (3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	×	ƒ	θ
3 0011	CG RAM (4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	E	ε	ω
4 0100	CG RAM (5)		\$	4	D	T	d	t			、	工	ト	ト	μ	Ω
5 0101	CG RAM (6)		%	5	E	U	e	u			•	オ	ナ	1	ε	0
6 0110	CG RAM (7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
7 0111	CG RAM (8)		'	7	G	W	g	w			7	†	ヌ	ウ	g	π
8 1000	CG RAM (1)		(	8	H	X	h	x			イ	ウ	ネ	リ	γ	×
9 1001	CG RAM (2)		)	9	I	Y	i	y			ウ	7	リ	ル	ˆ	y
A 1010	CG RAM (3)		*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ン	レ	j	≠
B 1011	CG RAM (4)		+	:	K	[	k	<			★	サ	ヒ	ロ	*	π
C 1100	CG RAM (5)		,	<	L	¥	l	l			ホ	シ	フ	ワ	φ	π
D 1101	CG RAM (6)		—	=	M	]	m	}			ユ	ズ	へ	コ	±	÷
E 1110	CG RAM (7)		•	>	N	^	n	+			ヨ	セ	ホ	°	π	
F 1111	CG RAM (8)		/	?	O	_	o	+			ッ	リ	マ	°	ö	■

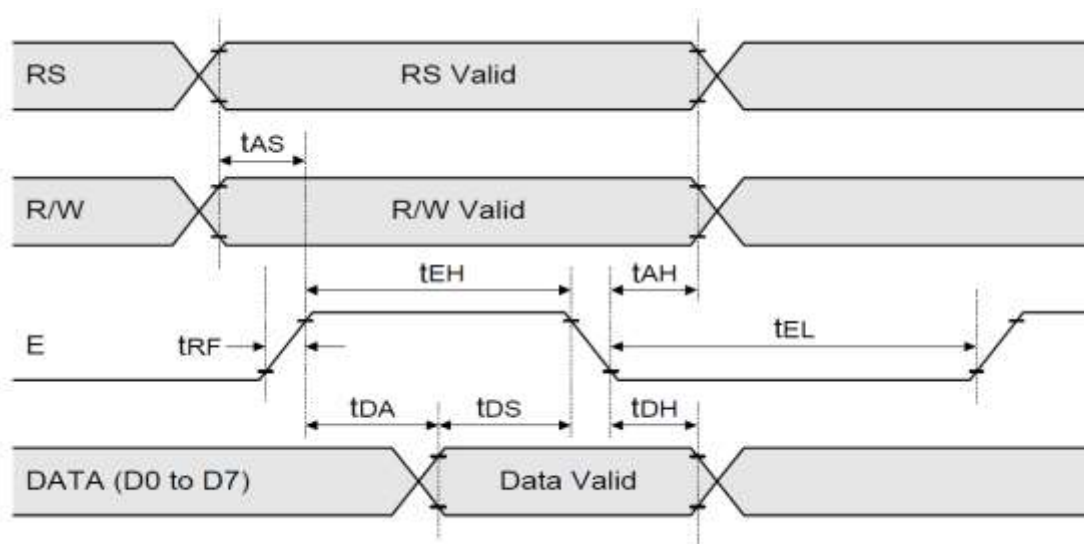


Figura 2: Carta de temporização do LCD

Tabela 2: Parâmetros de Temporização para evitar Metaestabilidade no CI HD44780 (carta Figura 2).

Parameter	Description	Time
tAS	Address set up time	140ns min
tAH	Address hold time	10ns min
tDS	Data set up time	200ns min
tDH	Data hold time	20ns min
tDA	Data access time	320ns min
tEH	Enable high time time	450ns min
tEL	Enable low time	500ns min
tRF	Rise/Fall time	25ns max

Tabela 3: Tempo de execução do CI HD44780 uma vez disparado um comando (nesses intervalos, fica “busy”).

Instruction	Time (Max)
Clear Display	82us to 1.64ms
Display & Cursor Home	40us to 1.64ms
Character Entry Mode	40us
Display On/Off & Cursor	40us
Display/Cursor Shift	40us
Function Set	40us
Set CGRAM Address	40us
Set Display Address	40us
Write Data	40us
Read Data	40us
Read Status	1us

Tabela 3: Descrição dos comandos a serem enviados ao LCD

Instrução	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Descrição	Ciclos de Clock
NOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sem efeito	0
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Limpa o display e seta contador de endereço para zero.	165
Cursor Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Seta contador de endereço para zero, retorna o cursor para a posição original. O conteúdo da DD RAM permanece inalterado.	3
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Seta a direção do movimento do cursor (I/D) e especifica deslocamento automático (S).	3
Display Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Liga e desliga o Display (D), cursor (C) e ativa cursor piscante, (B).	3
Cursor / Display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x	Desloca o display ou move o cursor (S/C) e especifica a direção (R/L).	3
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x	Seta número de bits para comunicação (DL), número de linhas (N) e tamanho da fonte (F).	3
Set CGRAM Address	0	0	0	1	Endereço CGRAM						Seta o endereço da CGRAM. O dado (endereço) é enviado junto.	3
Set DDRAM Address	0	0	1	Endereço DDRAM							Seta o endereço da DDRAM. O dado (endereço) é enviado junto.	3
Busy Flag & Address	0	1	BF	Address Counter (Contador de Endereço)							Flag do Read busy (BF) e contador de endereços.	0
x : Sem Importância	I/D	1	Incrementa					R/L	1	Deslocamento para a direita		
		0							0			
	S	1	Deslocamento automático do display					DL	1	Interface de 8 bits		
		0							0			
	D	1	Display ON (ligado)					N	1	2 linhas		
		0							0			
	C	1	Cursor ON (ligado)					F	1	Caracteres 5x10		
		0							0			
	B	1	Cursor piscando							DDRAM : Display Data RAM		
		0										
	S/C	1	Deslocamento do display							CGRAM : Character Generator RAM		
		0	Movimento do Cursor									