Arquitetura de Computadores

PROF. ISAAC

Display

Tipos de Display

LCD Alfanumérico

LCD Gráfico

OLED

TFT

Display LCD

Tipos de Display LCD Alfanumérico

8x2

8 colunas e 2 linhas

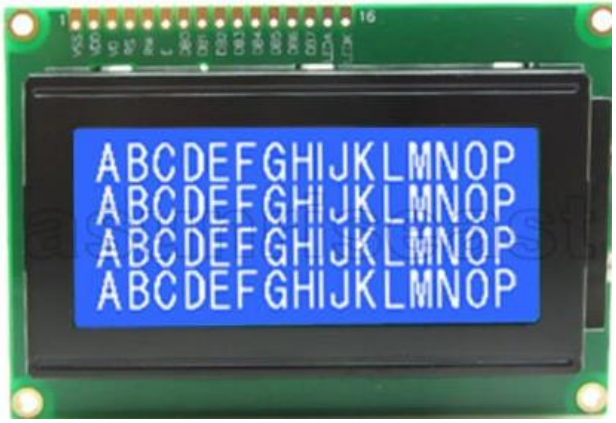
16x2

16 colunas e 2 linhas

16x1

16 colunas e 1 linha

16x4



16 colunas e 4 linhas

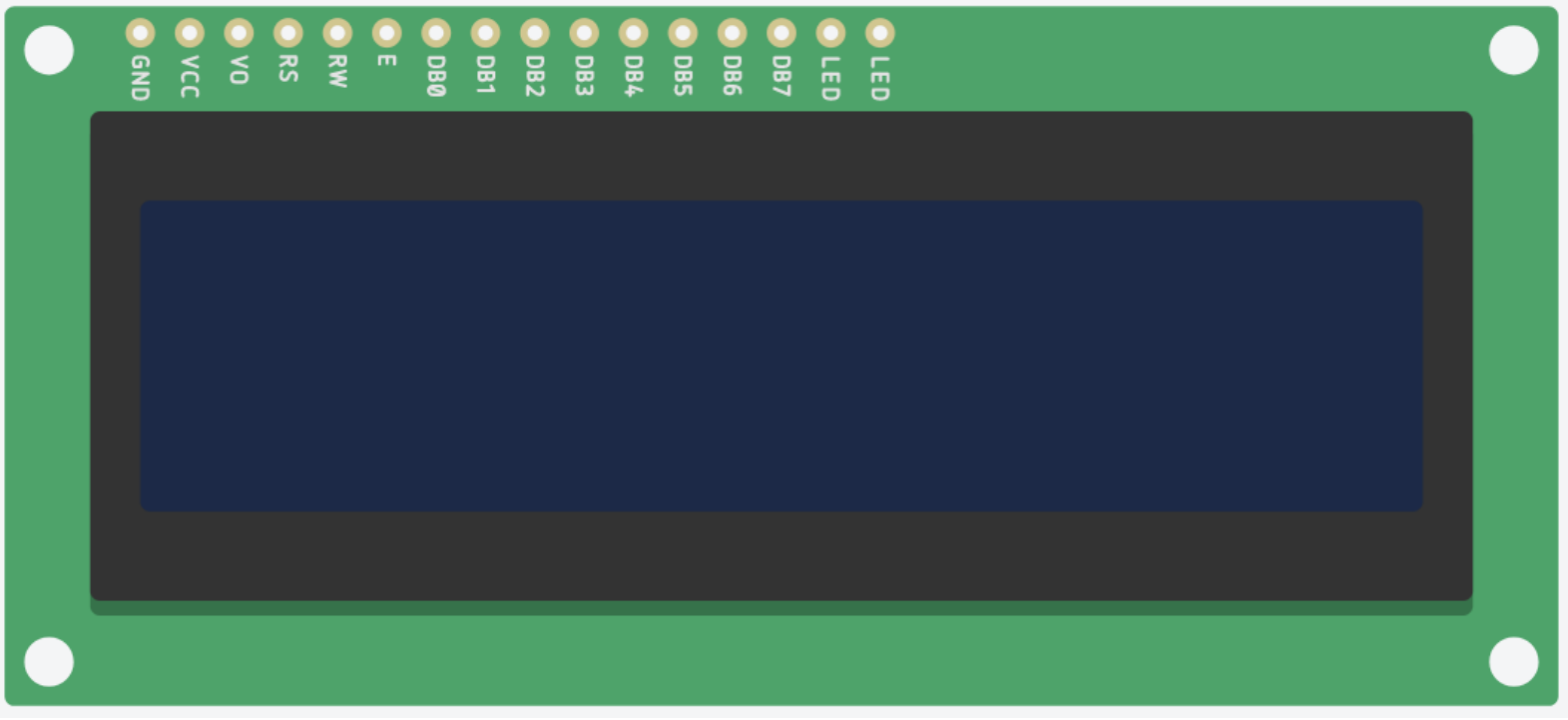
20x4

20 colunas e 4 linhas

CISC - Complex Instruction Set Compute

O Display LCD possui um processador para que os caracteres sejam escritos facilmente apenas enviando o número ASC do caractere que deva aparecer no Display.

Pinagem Display

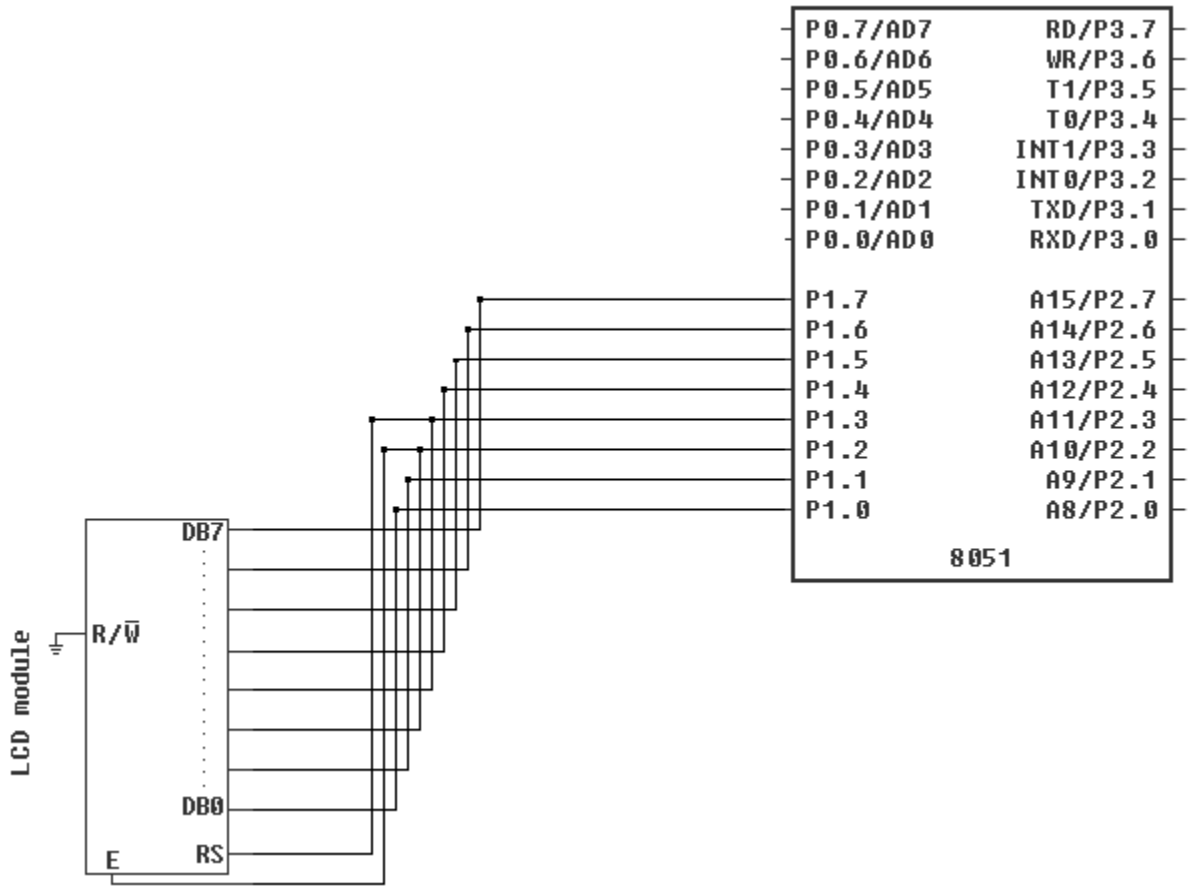


Padrão dos pinos do Display LCD

Pino	Função	Descrição
1	Alimentação	GND
2	Alimentação	VCC ou +5V
3	V0	Tensão para ajuste de contraste
4	RS	1 – Dado, 0 - Instrução
5	R/W	1 – Leitura, 0 - Escrita
6	E	1 ou (1 → 0) – Habilita, 0 - Desabilitado
7	D0 (LSB)	Barramento de Dados
8	D1	
9	D2	
10	D3	
11	D4	
12	D5	
13	D6	
14	D7 (MSB)	
15	A (qdo existir)	Anodo para LED backlight
16	K (qdo existir)	Catodo para LED backlight

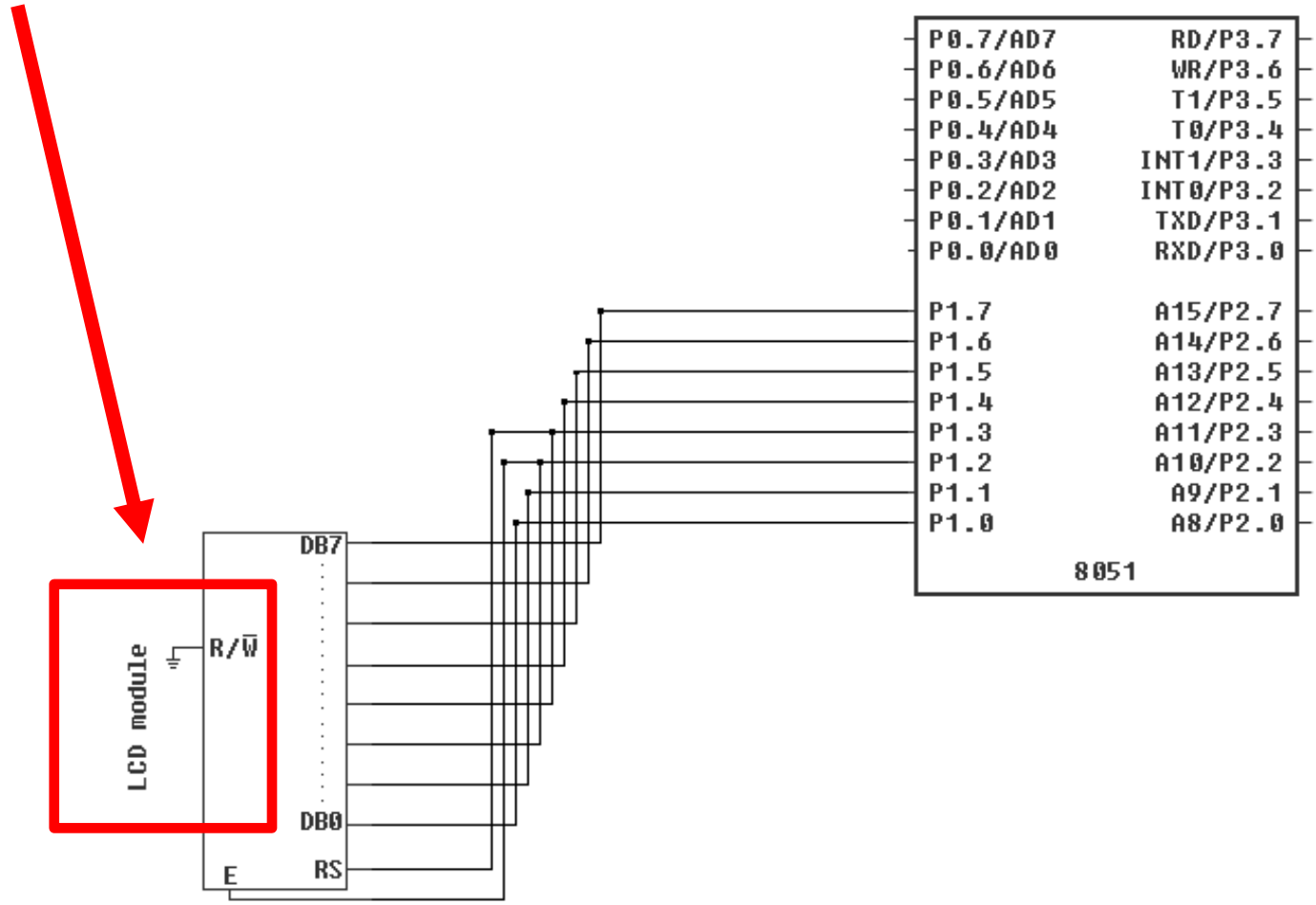
Ligação do Display LCD no 8051 – edisim51

No edisim51 o display possui alguns dos pinos apresentados na Tabela anterior. Esses pinos estão ligados no Port P1.



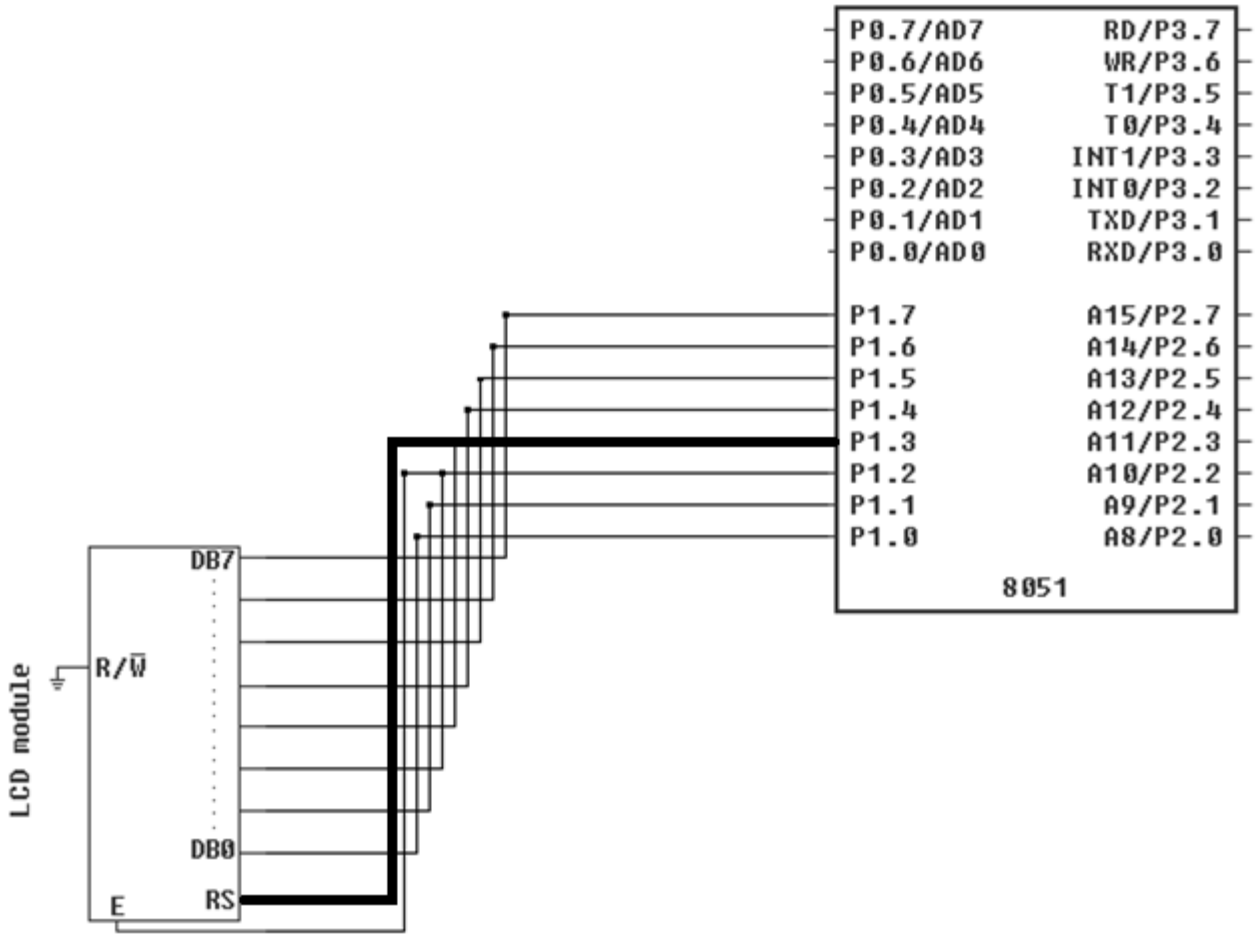
Ligação do Display LCD no 8051 – edisim51

Observe que o pino R/W do display está ligado no GND, ou seja, **R/W = 0**, portanto o LCD só pode ser utilizado no modo escrita.



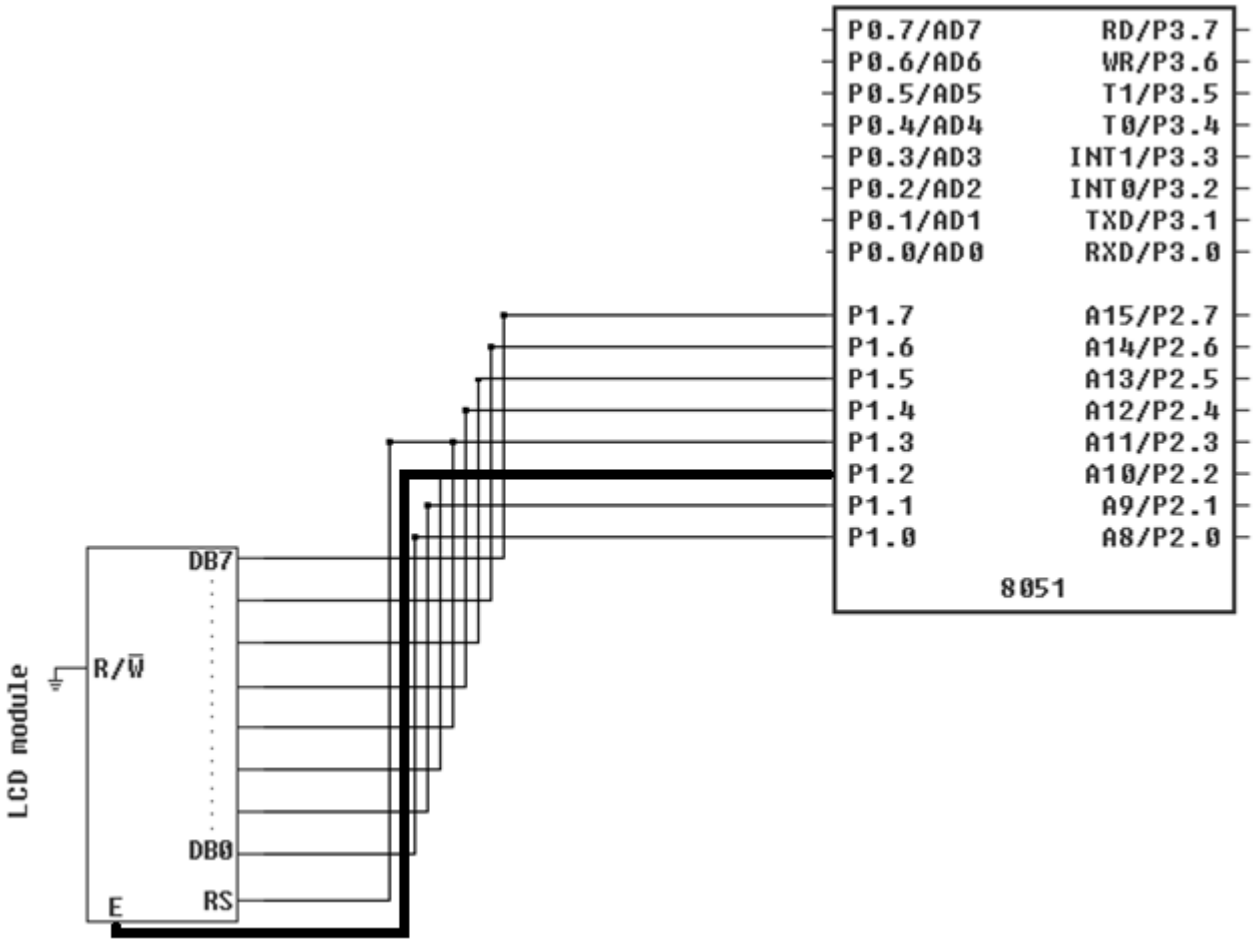
Ligação do Display LCD no 8051 – edisim51

O pino **RS** do display está ligado no port **P1.3**. O pino RS é utilizado para determinar se será enviado dado ou instrução para o display.



Ligação do Display LCD no 8051 – edisim51

O pino **EN** do display está ligado no port **P1.2**. O pino EN é utilizado para habilitar o envio de uma instrução ou dado. No edisim51 usaremos a EN como borda de descida (1 → 0).



Instruções do Display LCD

Instrução	RS	RW	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Operação Executada	Tempo
NOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sem Operação	0
Limpa Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Limpa LCD e retoma cursor para 1a posição	1,65ms
Retorn.Cursor	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	Retorna posição do cursor para a origem (1a. posição da 1a. linha). Mensagens no display não são alteradas.	40µs
Exibição LCD	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Define direção de movimento do cursor(I/D) e deslocamento automático no display (S).	40µs
Controle LCD	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Ativa display (D), liga/desliga cursor (C) e habilita cursor piscante (B).	40µs
Deslocam. Cursor / LCD	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	x	x	Desloca display ou move cursor (S/C), especificando a direção (R/L).	40µs
Modo LCD	0	0	0	0	1	DL	N	F	x	x	Define largura dos dados enviados (DL), número de linhas (N) e fonte de caracter (F).	40µs
End. CGRAM	0	0	0	1	Endereço CGRAM						Define endereço da RAM gráfica (CGRAM). Dado deve ser enviado na sequência.	40µs
Posic. Cursor	0	0	1	Posição do cursor (0-15;)							Define posição do cursor no display. Dado deve ser enviado na sequência.	40µs
Estado LCD	0	1	BF	Posição em uso							Indicador de LCD ocupado (BF) e posição	0
Escrita Dado	1	0	Dado								Escreve dado no display	40µs
Leitura Dado	1	1	Dado								Lê dado do display	40µs

Não implementado

Não implementado

x : Tanto faz

I/D	1	Incrementa
	0	Decrementa
S	1	Deslocamento automático de mensagem
	0	
D	1	Display ativo (exibe)
	0	Display inativo (apagado)
C	1	Cursor ativo (exibe)
	0	Cursor inativo (apagado)
B	1	Cursor em modo piscante
	0	
S/C	1	Desloca mensagem
	0	Move cursor
R/L	1	Deslocamento para a direita
	0	Deslocamento para a esquerda
DL	1	Interface de 8 bits
	0	Interface de 4 bits
N	1	2 linhas
	0	1 linha
F	1	5x10 pixels
	0	5x7 pixels

CGRAM : Character Generator RAM

Endereços de posição do cursor

Os endereços da DDRAM servem para deslocarmos o curso para a posição (linha e coluna) onde será escrito no Display:

Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

Programação

Programação de escrita no Display

Primeiramente, antes de começar a escrever no display, deveremos configura-lo, conforme informações do Datasheet do fabricante.

O edsim51 emula o Display LCD 16x2 da HITACHI.

O Datasheet esta disponível no link:

https://www.edsim51.com/8051simulator/HD44780.pdf

Subrotina de inicialização do display no edsim51

```
; initialise the display
; see instruction set for details
lcd_init:

    CLR RS      ; clear RS - indicates that instructions are being sent to the module

; function set
    CLR P1.7        ; |
    CLR P1.6        ; |
    SETB P1.5       ; |
    CLR P1.4        ; | high nibble set

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E

    CALL delay      ; wait for BF to clear
                    ; function set sent for first time - tells module to go into 4-bit mode
; Why is function set high nibble sent twice? See 4-bit operation on pages 39 and 42 of HD4478Ø.pdf.

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E
                    ; same function set high nibble sent a second time

    SETB P1.7       ; low nibble set (only P1.7 needed to be changed)

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E
                ; function set low nibble sent
    CALL delay      ; wait for BF to clear
```

subrotina de inicialização do display no edsim51

```
; entry mode set
; set to increment with no shift
    CLR P1.7        ; |
    CLR P1.6        ; |
    CLR P1.5        ; |
    CLR P1.4        ; | high nibble set

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E

    SETB P1.6       ; |
    SETB P1.5       ; |low nibble set

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E

    CALL delay      ; wait for BF to clear


; display on/off control
; the display is turned on, the cursor is turned on and blinking is turned on
    CLR P1.7        ; |
    CLR P1.6        ; |
    CLR P1.5        ; |
    CLR P1.4        ; | high nibble set

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E

    SETB P1.7       ; |
    SETB P1.6       ; |
    SETB P1.5       ; |
    SETB P1.4       ; | low nibble set

    SETB EN     ; |
    CLR EN      ; | negative edge on E

    CALL delay      ; wait for BF to clear
    RET
```

Programação de escrita no Display

Depois de configurado conforme datasheet do fabricante já podemos escrever no display.

O código a seguir apresenta uma subrotina para escrever um caractere no display.

Subrotina que escreve um caractere no Display

Instrução	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Escrita no Display	1	Dado							

```
sendCharacter :
        SETB RS          ; set RS - indicates that data is being sent to module
        MOV C, ACC.7     ; |
        MOV P1.7, C      ; |
        MOV C, ACC.6     ; |
        MOV P1.6, C      ; |
        MOV C, ACC.5     ; |
        MOV P1.5, C      ; |
        MOV C, ACC.4     ; |
        MOV P1.4, C      ; | high nibble set

        SETB EN          ; |
        CLR EN           ; | negative edge on E

        MOV C, ACC.3     ; |
        MOV P1.7, C      ; |
        MOV C, ACC.2     ; |
        MOV P1.6, C      ; |
        MOV C, ACC.1     ; |
        MOV P1.5, C      ; |
        MOV C, ACC.0     ; |
        MOV P1.4, C      ; | low nibble set

        SETB EN          ; |
        CLR EN           ; | negative edge on E

        CALL delay       ; wait for BF to clear
        RET
```

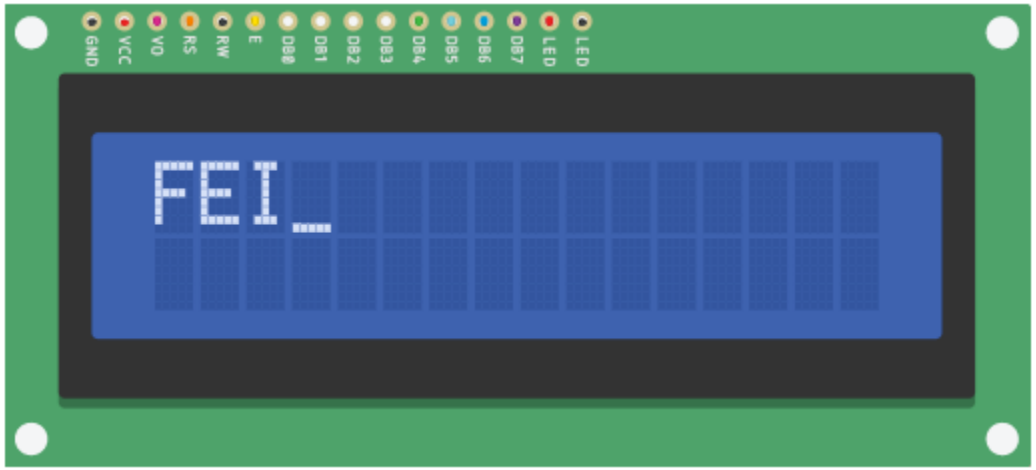
Programação de escrita no Display

Agora no programa principal devemos chamar a subrotina de inicialização e após a inicialização escrever no display.

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   acall lcd_init
   MOV A, #'F'
   CALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'E'
   CALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'I'
   CALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   JMP $
```

Programação de escrita no Display

Observe que o texto foi escrito no display a partir da primeira linha na primeira coluna, isso devido a posição de inicialização do cursor.



Posicionar o cursor

Programação de escrita no Display

Agora escreveremos uma subrotina que posiciona o cursor em qualquer linha e coluna do display.

Subrotina que posiciona o cursor no Display

Instrução	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Posiciona o Cursor	0	1	Posição do Cursor						

```
posicionaCursor :
        CLR RS          ; clear RS - indicates that instruction is being sent to module
        SETB P1.7       ; |
        MOV C, ACC.6    ; |
        MOV P1.6, C     ; |
        MOV C, ACC.5    ; |
        MOV P1.5, C     ; |
        MOV C, ACC.4    ; |
        MOV P1.4, C     ; | high nibble set

        SETB EN         ; |
        CLR EN          ; | negative edge on E

        MOV C, ACC.3    ; |
        MOV P1.7, C     ; |
        MOV C, ACC.2    ; |
        MOV P1.6, C     ; |
        MOV C, ACC.1    ; |
        MOV P1.5, C     ; |
        MOV C, ACC.0    ; |
        MOV P1.4, C     ; | low nibble set

        SETB EN         ; |
        CLR EN          ; | negative edge on E

        CALL delay      ; wait for BF to clear
        RET
```

Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

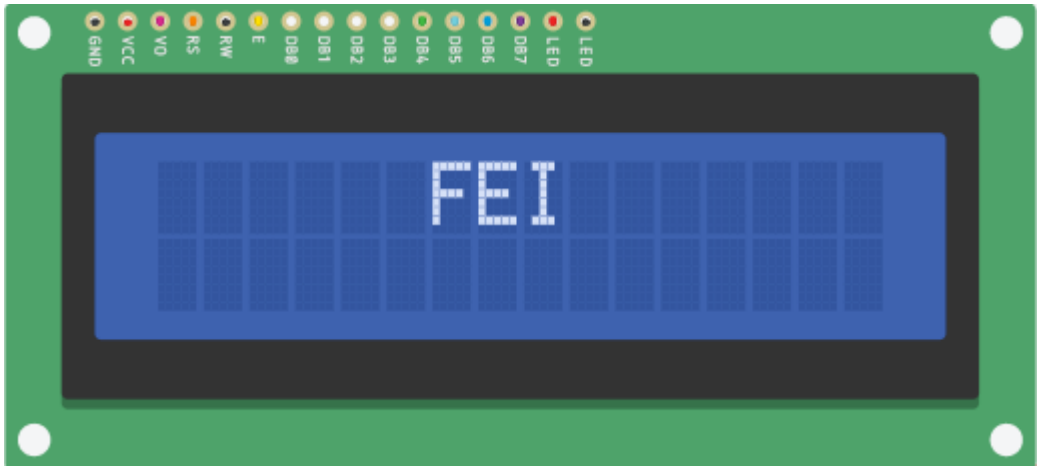
Programação de escrita no Display

Escrevendo no meio do display

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   acall lcd_init
   mov A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; Posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, #'F'
   CALL sendCharacter         ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'E'
   CALL sendCharacter         ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'I'
   CALL sendCharacter         ; send data in A to LCD module
   JMP $
```

Programação de escrita no Display

Observe que o texto agora foi escrito no display a partir da 7° coluna da primeira linha, isso devido ao posicionamento do cursor.



Subrotinas que limpam e retornam o cursor

Subrotina que limpa o display

Instrução	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Limpa Display	0	0	0	0	0	0	0	0	1

```
;Limpa todo o display e retorna o cursor para primeira posição
clearDisplay :
        CLR RS          ; clear RS - indicates that instruction is being sent to module
        CLR P1.7                ; |
        CLR P1.6                ; |
        CLR P1.5                ; |
        CLR P1.4                ; | high nibble set

        SETB EN                 ; |
        CLR EN                  ; | negative edge on E

        CLR P1.7                ; |
        CLR P1.6                ; |
        CLR P1.5                ; |
        SETB P1.4               ; | low nibble set

        SETB EN                 ; |
        CLR EN                  ; | negative edge on E

        CALL delay              ; wait for BF to clear
        RET
```

Subrotina que retorna o cursor

Instrução	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Retorna Cursor	0	0	0	0	0	0	0	1	1

```
;Retorna o cursor para primeira posição sem limpar o display
retornaCursor :
        CLR RS          ; clear RS - indicates that instruction is being sent to module
        CLR P1.7        ; |
        CLR P1.6        ; |
        CLR P1.5        ; |
        CLR P1.4        ; | high nibble set

        SETB EN         ; |
        CLR EN          ; | negative edge on E

        CLR P1.7        ; |
        CLR P1.6        ; |
        SETB P1.5       ; |
        SETB P1.4       ; | low nibble set

        SETB EN         ; |
        CLR EN          ; | negative edge on E

        CALL delay      ; wait for BF to clear
        RET
```

Programação de escrita no Display

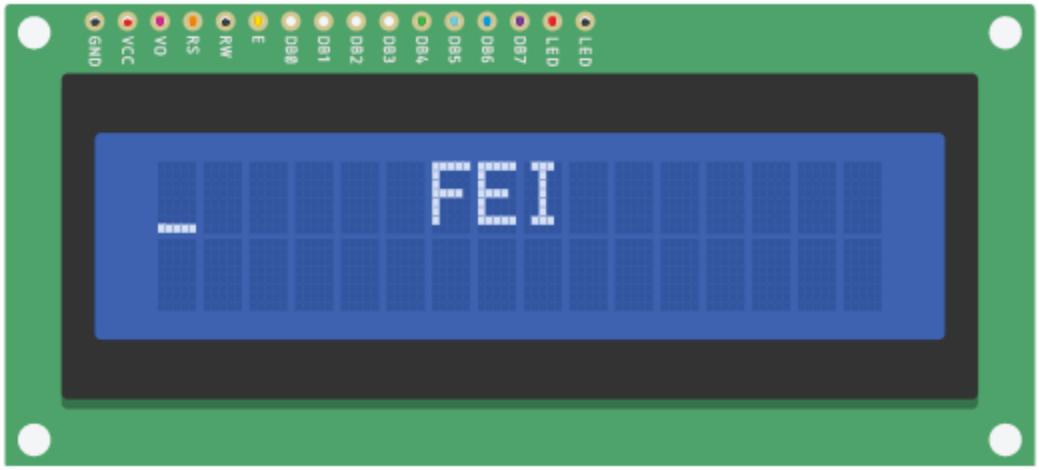
Escrevendo no meio do display e retornando o cursor

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   acall lcd_init
   mov A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; Posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, #'F'
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'E'
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #'I'
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Programação de escrita no Display

Observe que o texto agora foi escrito no display a partir da 7° coluna da primeira linha, e o cursor está na primeira posição.

Isso significa que a escrita começará na posição que o cursor está.



Caracteres de escrita no Display

No display LCD cada caractere é representado por um número, onde a maioria dos caracteres são a mesma numeração da tabela ASCII.

Padrão de Caracteres do Display

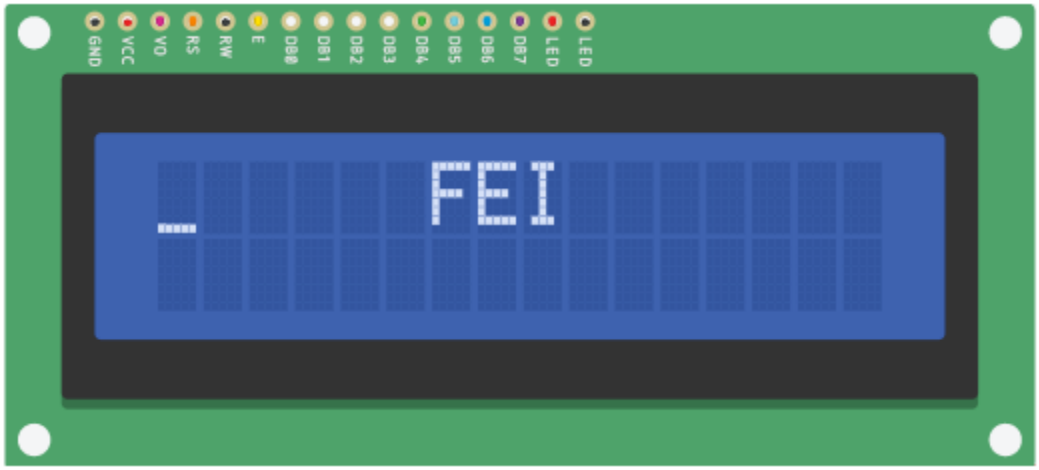
Programação de escrita no Display (número em HEX)

Escrevendo no meio do display e retornando o cursor

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   acall lcd_init
   mov A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; Posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, #46h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #45h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, #49h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Programação de escrita no Display

Observe que o texto que foi escrito no display.



Exemplo 01

Exemplo 1

Escreva uma rotina que faça o 8051 escrever no Display LCD o número que está no registrador R5.

(usar um intervalo de 0 até 99).

Observação: Use as sub-rotinas **lcd_init, sendCharacter, posicionaCursor, clearDisplay**.

Exemplo 1

Solução:

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #73
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena.
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 1

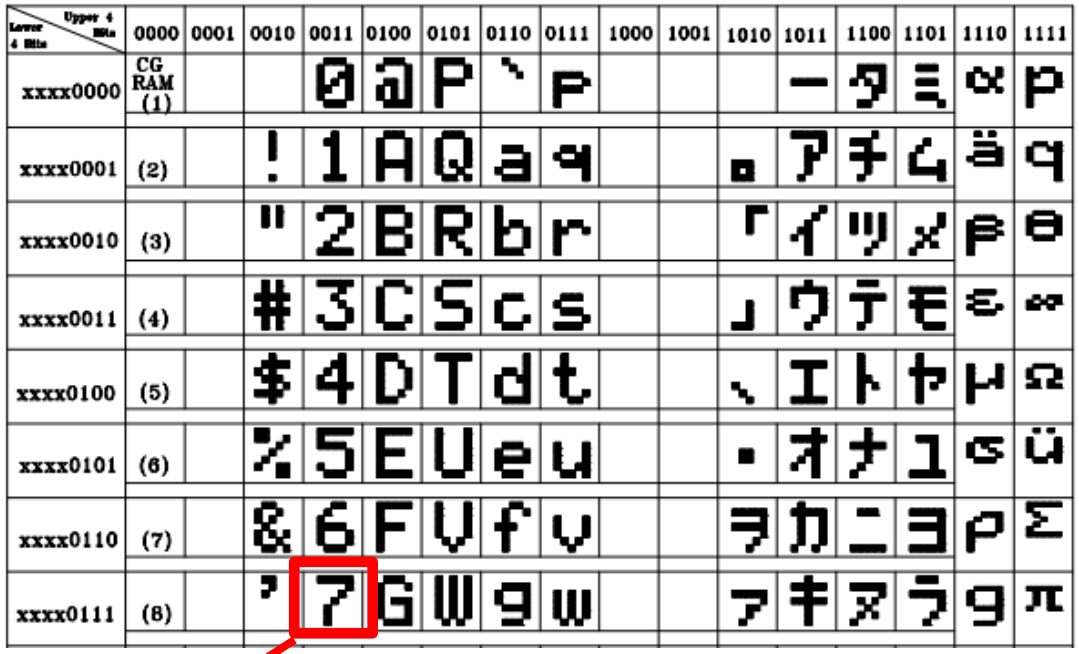
Solução: Divisão ⇒ A / B → Resultado: A ⇐ quociente, B ⇐ resto.

Divisão → 73/10 → Resultado: A=7 e B=3

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #73
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena.
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 1

Divisão → 73/10 → Resultado: **A=7** e B=3



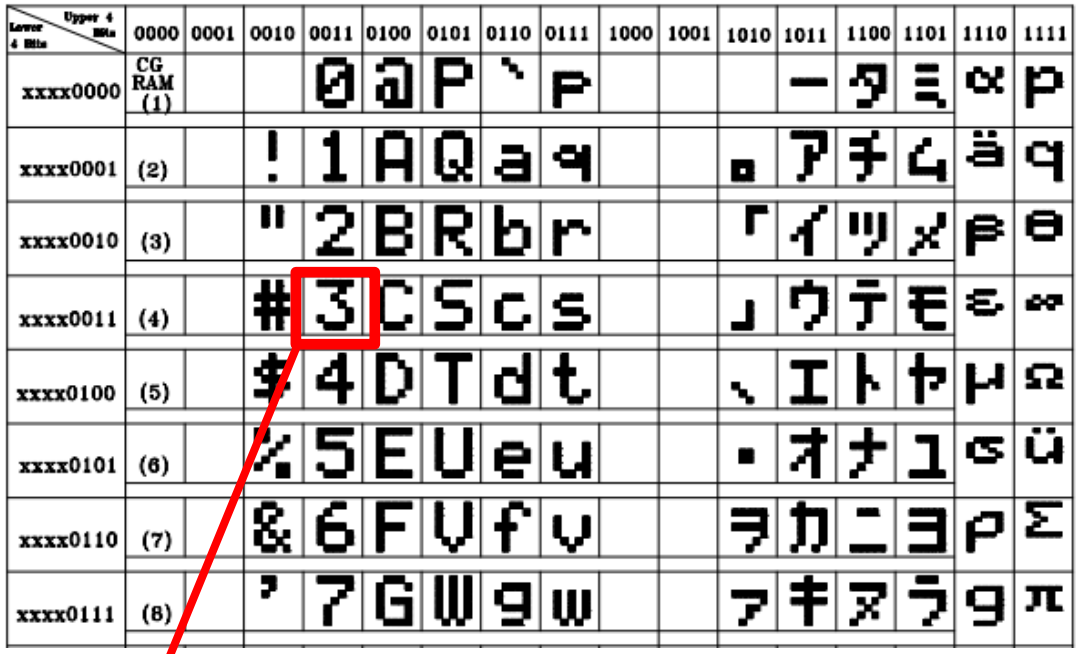
Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)			0	@	P	`	p				ー	タ	ミ	α	p
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	ム	ä	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ	ß	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	∞
xxxx0100	(5)		$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ヤ	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ	σ	ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			ァ	キ	ヌ	ラ	g	π

Solução:

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #73
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena.
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 1

Divisão → 73/10 → Resultado: A=7 e **B=3**



Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)			0	@	P	`	p				ー	タ	ミ	α	p
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	ム	ä	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ	ß	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	∞
xxxx0100	(5)		$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ヤ	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ	σ	ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			ァ	キ	ヌ	ラ	g	π

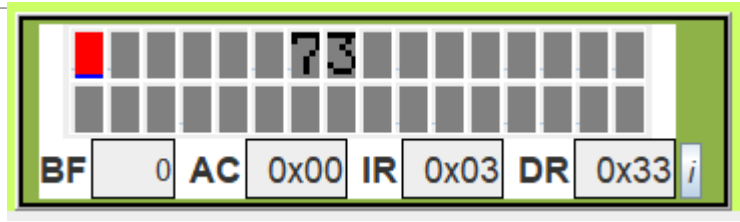
Solução:

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #73
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena.
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 1

Solução:

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #73
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena.
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```



Exemplo 2

Escreva uma rotina que faça o 8051 escrever no Display LCD o número que está no registrador R5.

(usar um intervalo de 0 até 255).

Observação: Use as sub-rotinas **lcd_init, sendCharacter, posicionaCursor, clearDisplay**.

Exemplo 2

Solução:

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #173
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #100
   DIV AB                     ; divide por 100 para extrair a centena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 2

Solução:

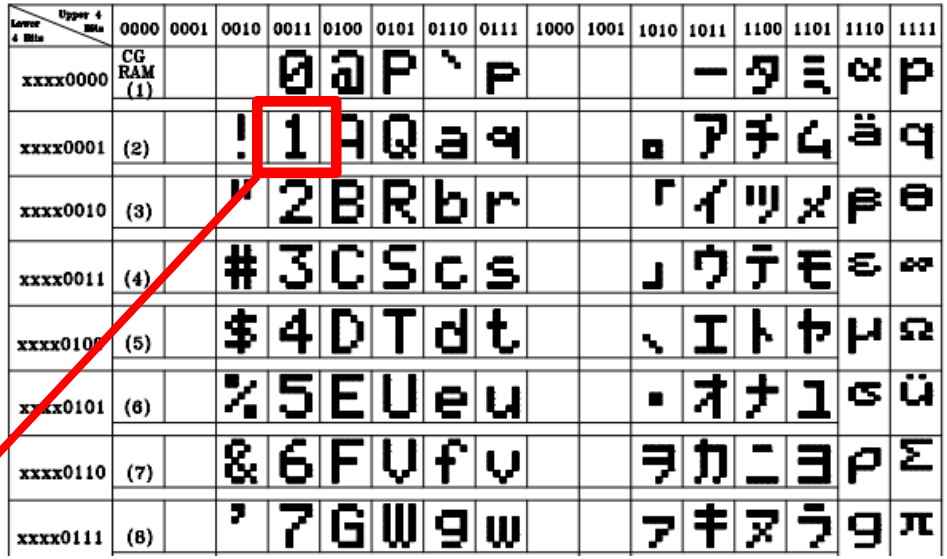
Divisão $\Rightarrow$ A / B $\rightarrow$ Resultado: A $\Leftarrow$ quociente, B $\Leftarrow$ resto.

Divisão → **173/100** → Resultado: A=1 e B=73

```
org 0000h
   LJMP START

org 0030h
START:
   MOV R5, #173
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor     ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #100
   DIV AB                    ; divide por 100 para extrair a centena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   MOV B, #10
   DIV AB                    ; divide por 10 para extrair a dezena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 2

Divisão → 173/100 → Resultado: **A=1** e B=73



Solução:

```
org 0000h
    LJMP START

org 0030h
START:
    MOV R5, #173
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
    MOV A, R5
    MOV B, #100
    DIV AB                     ; divide por 100 para extrair a centena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    MOV B, #10
    DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    ACALL retornaCursor
    JMP $
```

Exemplo 2

Solução:

Divisão $\Rightarrow$ A / B $\rightarrow$ Resultado: A $\Leftarrow$ quociente, B $\Leftarrow$ resto.

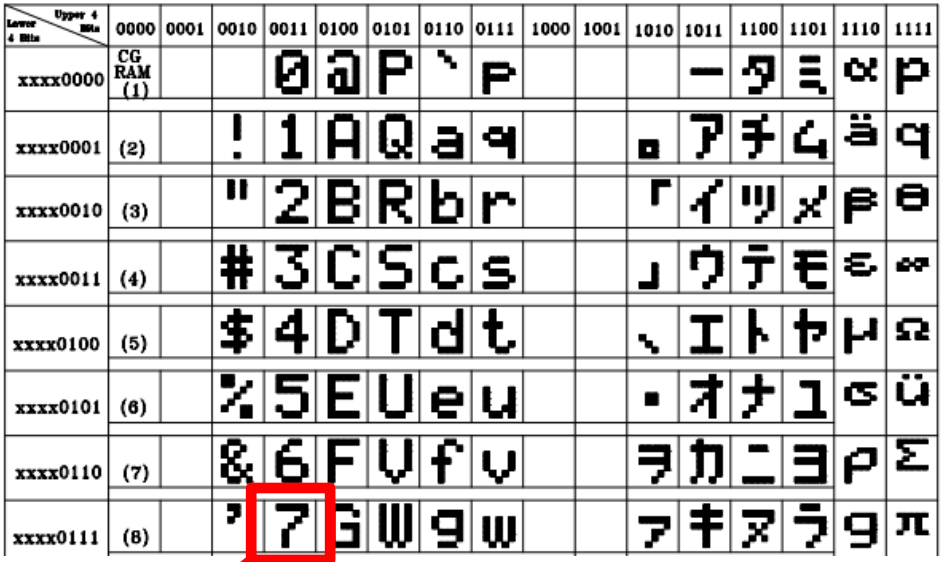
```
org 0000h
   LJMP START
```

Divisão → **73/10** → Resultado: A=7 e B=3

```
org 0030h
START:
   MOV R5, #173
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
   MOV A, R5
   MOV B, #100
   DIV AB                     ; divide por 100 para extrair a centena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   MOV B, #10
   DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   MOV A, B
   ADD A, #30h
   ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
   ACALL retornaCursor
   JMP $
```

Exemplo 2

Divisão → 73/10 → Resultado: **A=7** e B=3



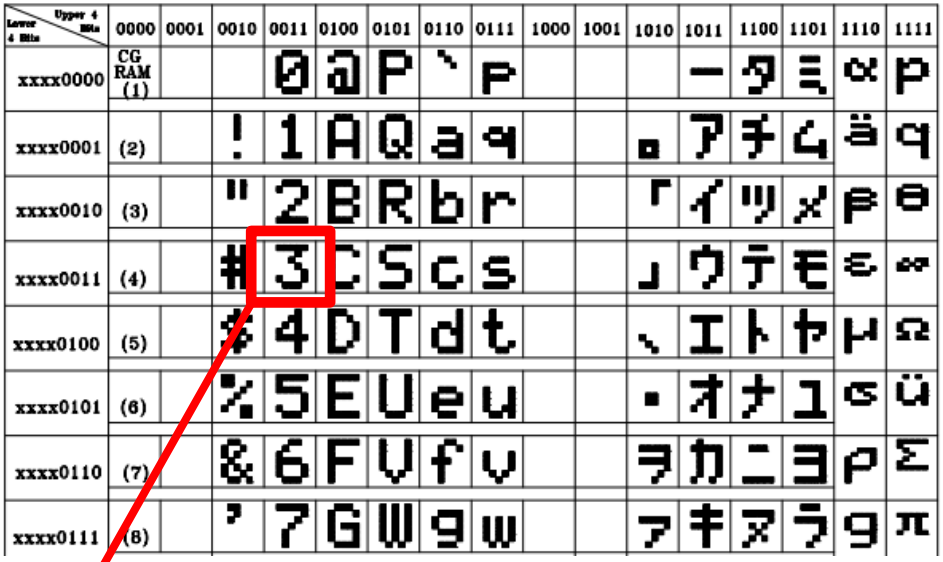
Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)			0	@	P	`	p				ー	タ	ミ	α	p
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	ム	ä	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ	ß	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	∞
xxxx0100	(5)		$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ヤ	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ	σ	ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			ァ	キ	ヌ	ラ	g	π

Solução:

```
org 0000h
    LJMP START

org 0030h
START:
    MOV R5, #173
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
    MOV A, R5
    MOV B, #100
    DIV AB                     ; divide por 100 para extrair a centena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    MOV B, #10
    DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    ACALL retornaCursor
    JMP $
```

Exemplo 2

Divisão → 73/10 → Resultado: A=7 e **B=3**



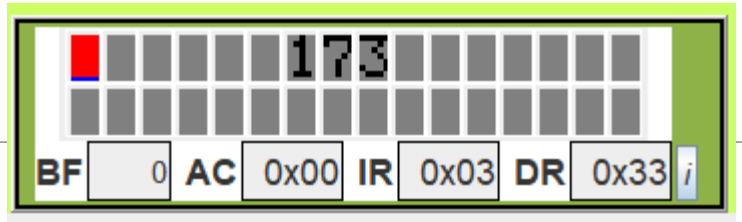
Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)			0	@	P	`	p				ー	タ	ミ	α	p
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	ム	ä	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	メ	ß	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	∞
xxxx0100	(5)		$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	ヤ	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	ユ	σ	ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w			ァ	キ	ヌ	ラ	g	π

Solução:

```
org 0000h
    LJMP START

org 0030h
START:
    MOV R5, #173
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor      ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
    MOV A, R5
    MOV B, #100
    DIV AB                     ; divide por 100 para extrair a centena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    MOV B, #10
    DIV AB                     ; divide por 10 para extrair a dezena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter        ; send data in A to LCD module
    ACALL retornaCursor
    JMP $
```

Exemplo 2

Solução:




```
org 0000h
    LJMP START

org 0030h
START:
    MOV R5, #173
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor     ; posiciona o cursor na coluna 06 da primeira linha
    MOV A, R5
    MOV B, #100
    DIV AB                    ; divide por 100 para extrair a centena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    MOV B, #10
    DIV AB                    ; divide por 10 para extrair a dezena
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
    MOV A, B
    ADD A, #30h
    ACALL sendCharacter       ; send data in A to LCD module
    ACALL retornaCursor
    JMP $
```

Exemplo 3

Escreva uma rotina que faça o 8051 escrever no Display LCD a palavra FEI centralizada na primeira linha e a palavra Display LCD centralizada na segunda linha.

Observação: Use as sub-rotinas **lcd_init, sendCharacter, posicionaCursor, clearDisplay**.

Exemplo 3

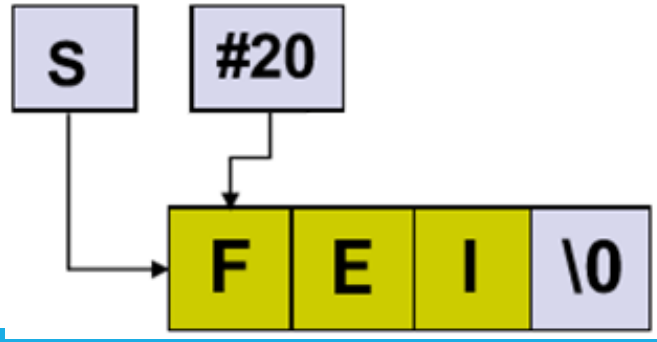
Solução:

Podemos escreve na memória de dados duas String:

FEI e **Display LCD**

Onde em uma string você tem um endereço inicial e um terminador, nesse caso usamos o **null**.

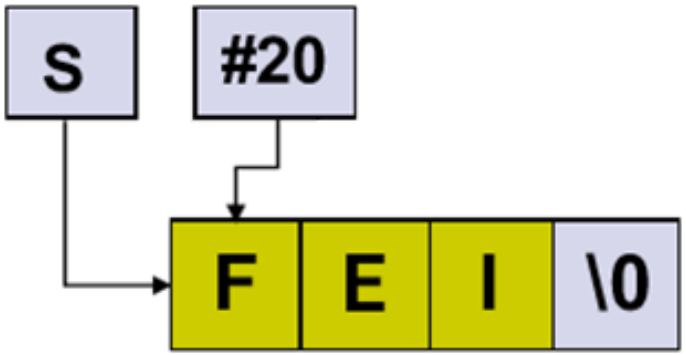
O caractere nulo ou carácter nulo (null character) ou terminador nulo é um caractere da tabela ASCII e do conjunto de caracteres Unicode cujo valor é **0** (zero)



Exemplo 3

Solução:

Abaixo temos a String FEI escrita na memória.




```
; put data in RAM
   MOV  20H, #'F'          ;endereço inicial da String FEI
   MOV  21H, #'E'
   MOV  22H, #'I'
   MOV  23H, #0            ;Marca null no fim da String
```

Exemplo 3

Solução:

Podemos escreve na memória de dados as duas Strings: FEI e Display LCD

```
; put data in RAM
    MOV 20H, #’F’     ;endereço inicial da String FEI
    MOV 21H, #'E'
    MOV 22H, #'I'
    MOV 23H, #0       ;Marca null no fim da String
```

```
; put data in RAM
    MOV 40H, #'D' ;endereço inicial da String Display LCD
    MOV 41H, #'i'
    MOV 42H, #'s'
    MOV 43H, #'p'
    MOV 44H, #'l'
    MOV 45H, #'a'
    MOV 46H, #'y'
    MOV 47H, #' '
    MOV 48H, #'L'
    MOV 49H, #'C'
    MOV 4AH, #'D'
    MOV 4BH, #0   ;Marca null no fim da String
```

Exemplo 3

Solução:

Agora criaremos uma subrotina para escrever a String no LCD.

```
escreveString:
   MOV R1, A            ; Começa a escrita no endereço de memória apresentado em A
   ; Inicia a escrita da String no Display LCD
loop:
   MOV A, @R1           ; move data pointed to by R1 to A
   JZ finish            ; if A is 0, then end of data has been reached - jump out of loop
   ACALL sendCharacter          ; send data in A to LCD module
   INC R1               ; point to next piece of data
   JMP loop             ; repeat
finish:
   RET
```

Exemplo 3

Solução:

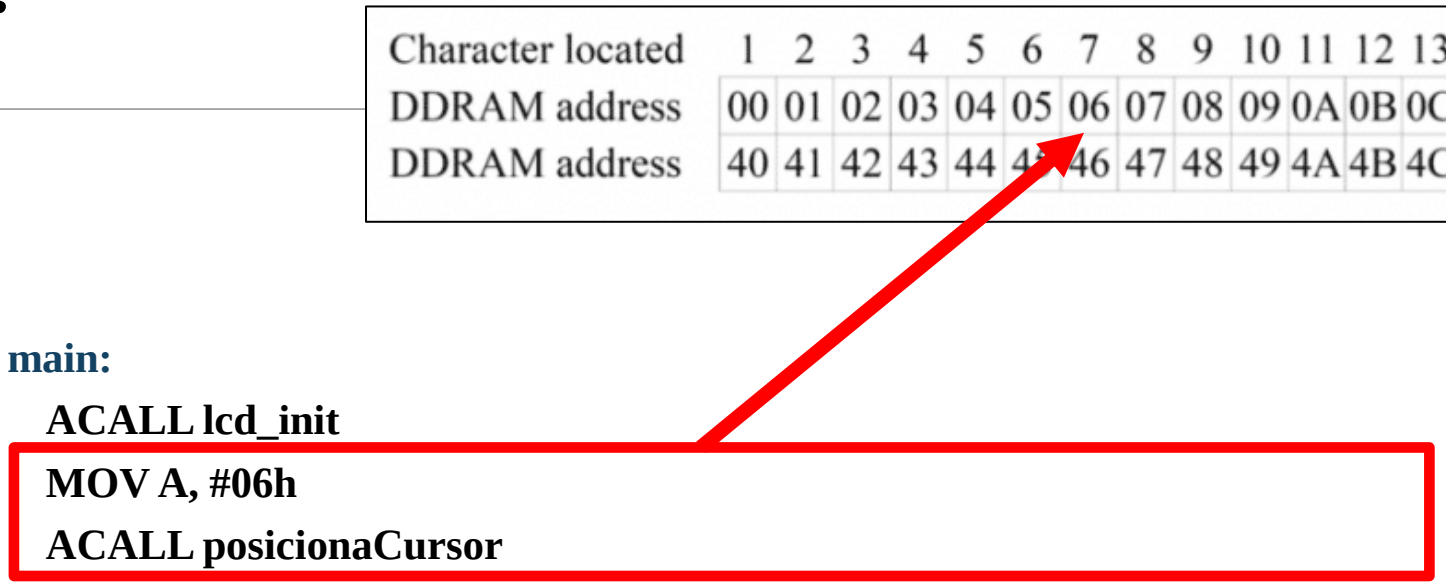
Agora no main usaremos as sub-rotinas para escrever as Strings no LCD.

```
main:
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #20h          ;endereço inicial de memória da String FEI
    ACALL escreveString
    MOV A, #42h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #40h          ;endereço inicial de memória da String Display LCD
    ACALL escreveString
    JMP $
```

Exemplo 3

Solução:

Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F



```
main:
   ACALL lcd_init
   MOV A, #06h
   ACALL posicionaCursor
   MOV A, #20h          ;endereço inicial de memória da String FEI
   ACALL escreveString
   MOV A, #42h
   ACALL posicionaCursor
   MOV A, #40h          ;endereço inicial de memória da String Display LCD
   ACALL escreveString
   JMP $
```

Exemplo 3

Solução:

Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

```
main:
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #20h          ;endereço inicial de memória da String FEI
    ACALL escreveString
    MOV A, #42h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #40h          ;endereço inicial de memória da String Display LCD
    ACALL escreveString
    JMP $
```

Exemplo 3

Solução:

```
main:
    ACALL lcd_init
    MOV A, #06h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #20h          ;endereço inicial de memória da String FEI
    ACALL escreveString
    MOV A, #42h
    ACALL posicionaCursor
    MOV A, #40h          ;endereço inicial de memória da String Display LCD
    ACALL escreveString
    JMP $
```

Bibliografia

ZELENOVSKY, R.; MENDONÇA, A. Microcontroladores Programação e Projeto com a Família 8051. MZ Editora, RJ, 2005.

Gimenez, Salvador P. Microcontroladores 8051 - Teoria e Prática, Editora Érica, 2010.