

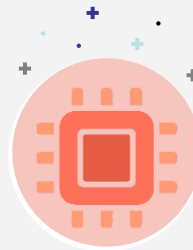


In The Name of God

Faculty of Electrical Engineering
Microprocessor Laboratory



V1 (@2025)



Microprocessor LAB

Lecture 6:

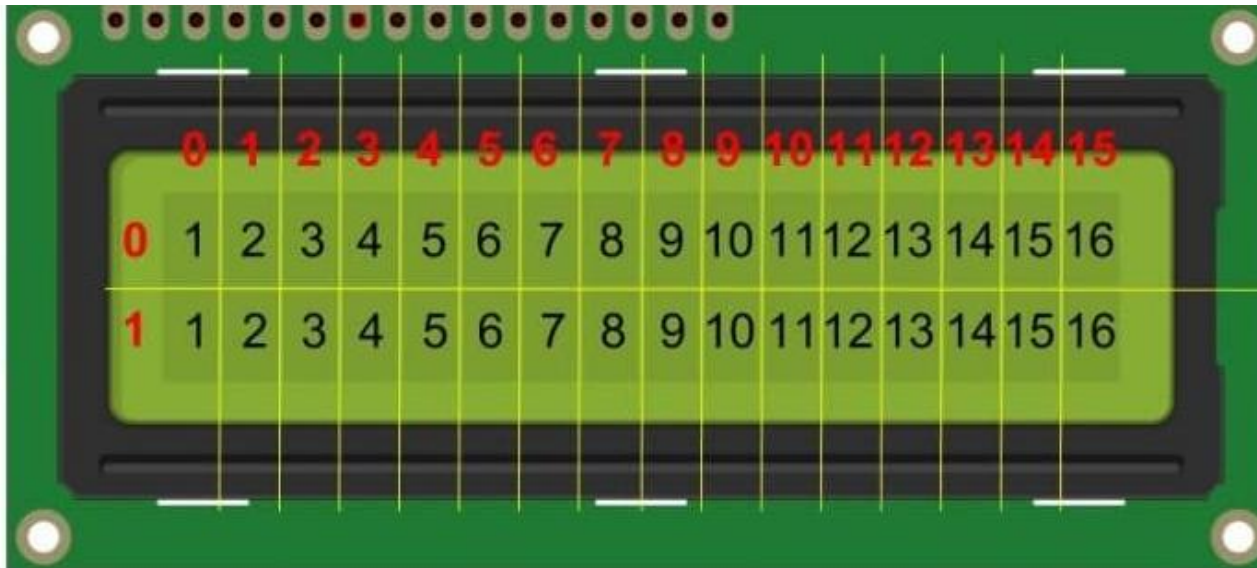
Interfacing 16x2 Char LCD with STM32

By: M.Razeghizadeh

Start now!

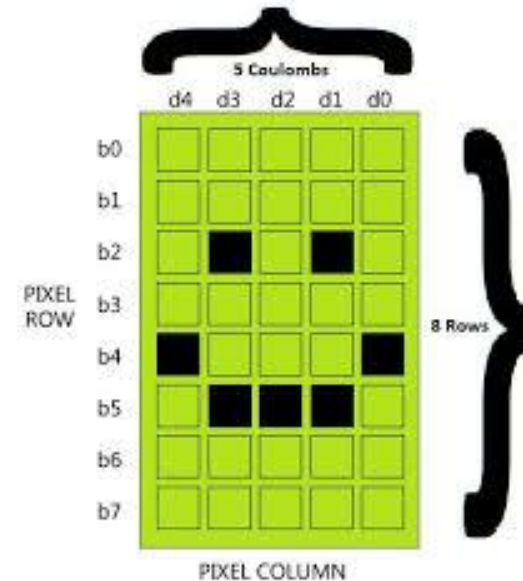
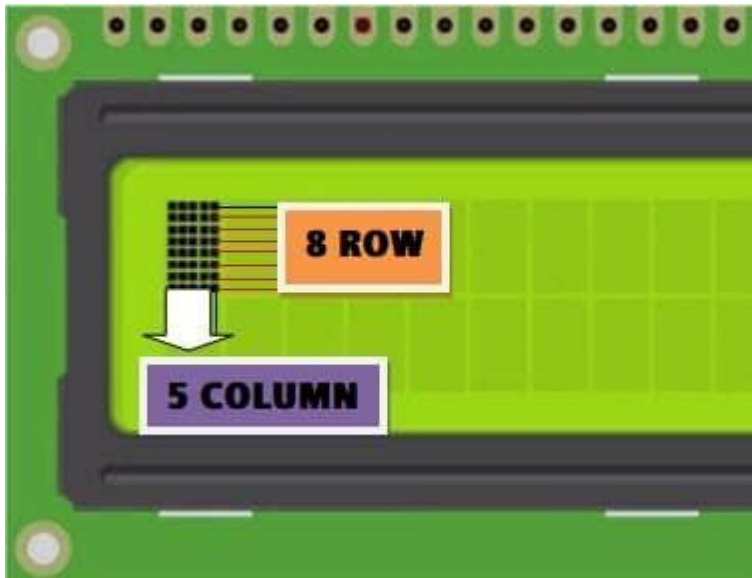
LCD کاراکتری 2×16

این LCD ها فقط برای نمایش متن یا کاراکتر ها ایده آل هستند ، از این رو نام آن «Character LCD» است. این صفحه نمایش دارای نور پس زمینه LED است و می تواند 32 کاراکتر ASCII را در 2 ردیف با 16 حرف در هر ردیف نمایش دهد.



LCD کاراکتری 2×16

اگر به دقت نگاه کنید ، در واقع می توانید مستطیل های کوچک مربوط به هر کاراکتر را بر روی صفحه نمایش و پیکسل های تشکیل دهنده یک کاراکتر را مشاهده کنید. هر یک از این مستطیل ها یک شبکه 5 × 8 پیکسل است.



LCD کاراکتری 2×16

اگرچه LCD های کاراکتری فقط متن را نشان می دهند، اما:

✓ در اندازه‌ها و رنگ‌های مختلف موجود است:
1×16، 4×16، 4×20 و غیره.

✓ رنگ متن و پس‌زمینه متنوع است: سفید روی آبی، سیاه روی سبز و ...

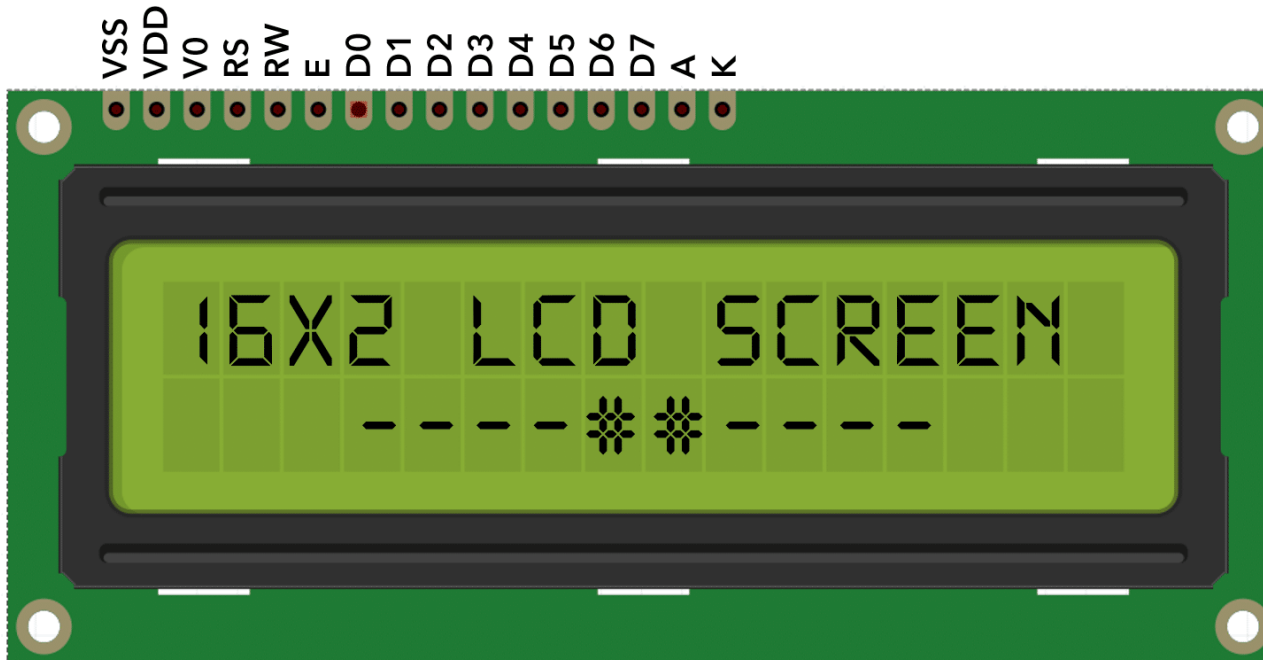
✓ پایه‌ها و پروتکل‌ها مشابه هستند، بنابراین می‌توان مدل‌ها را بدون تغییر در سیم‌کشی یا PCB جایگزین کرد.

✓ ممکن است برای اندازه‌های متفاوت، کد نیاز به تغییرات جزئی داشته باشد.





پایه های LCD کاراکتری 2x16

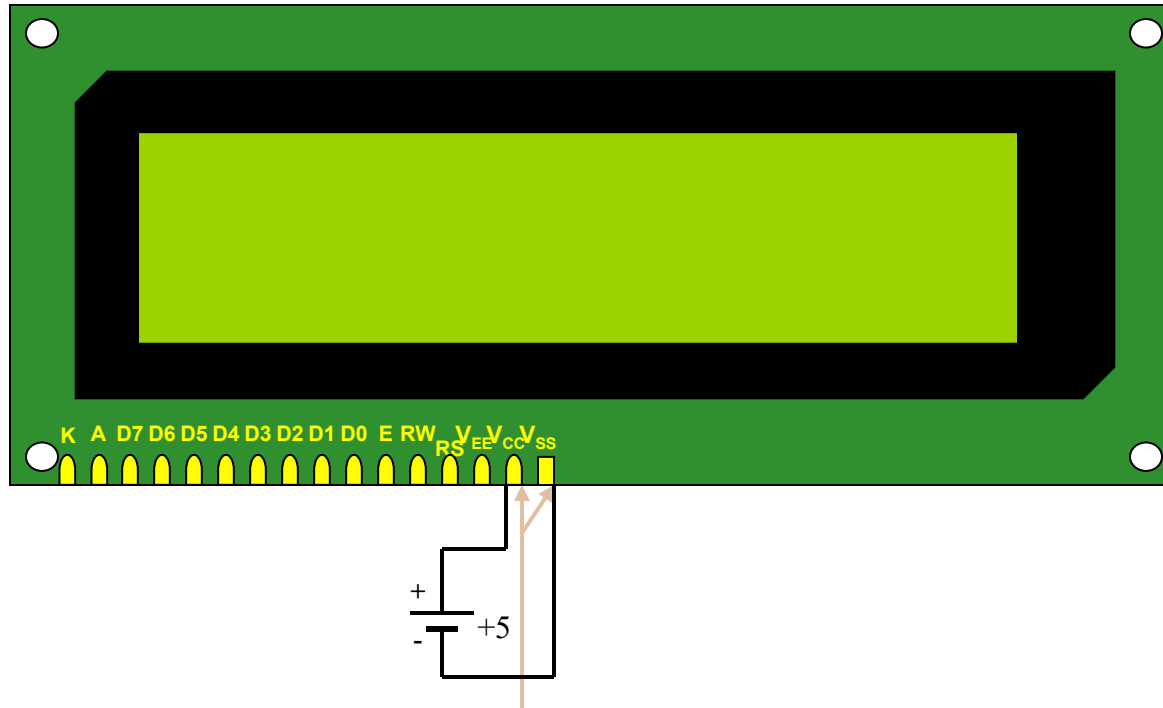


No	Symbol	Function
1	VSS	Ground
2	VDD	5V +
3	V0	Contrast
4	RS	Register
5	RW	Read/Write
6	E	Enable
7	D0	Data bus
8	D1	Data bus
9	D2	Data bus
10	D3	Data bus
11	D4	Data bus
12	D5	Data bus
13	D6	Data bus
14	D7	Data bus
15	A	Anode (5V+)
16	K	Cathode (GND)

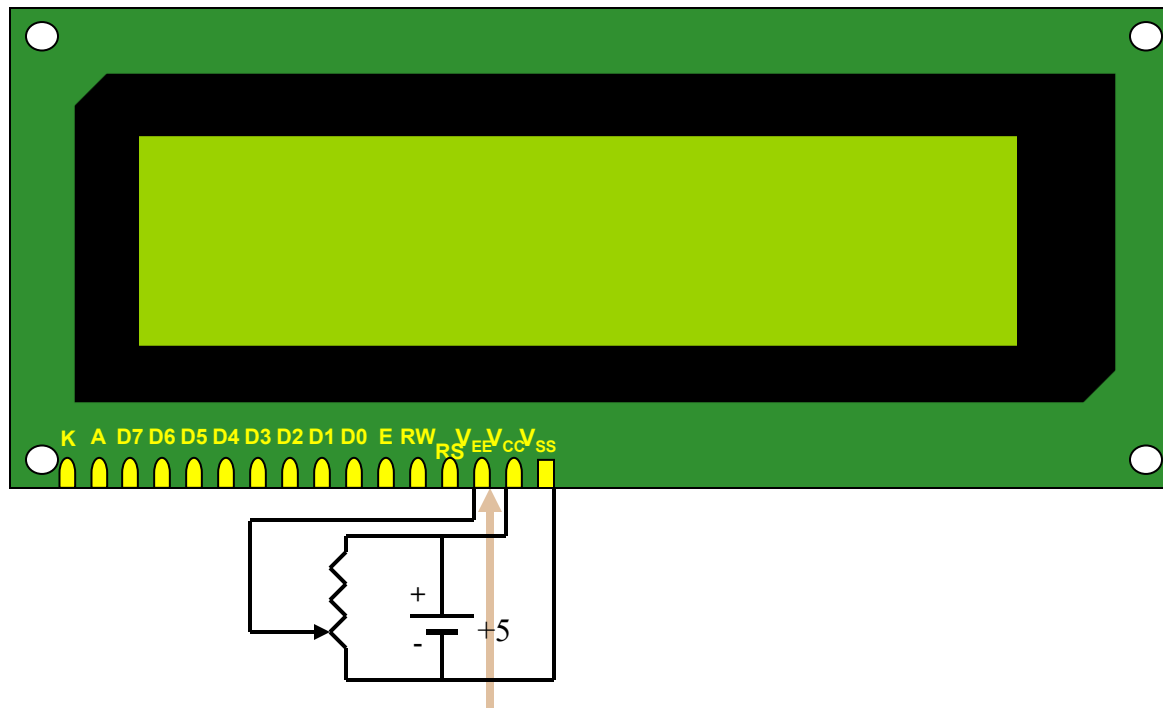
در این بخش با Pinout LCD یا پایه های LCD آشنا خواهیم شد.



پایه های LCD کاراکتری 2x16



- GND یا V_{SS} باید به زمین متصل شود.
- V_{CC} منبع تغذیه LCD است که باید به 5 ولت وصل می کنیم.

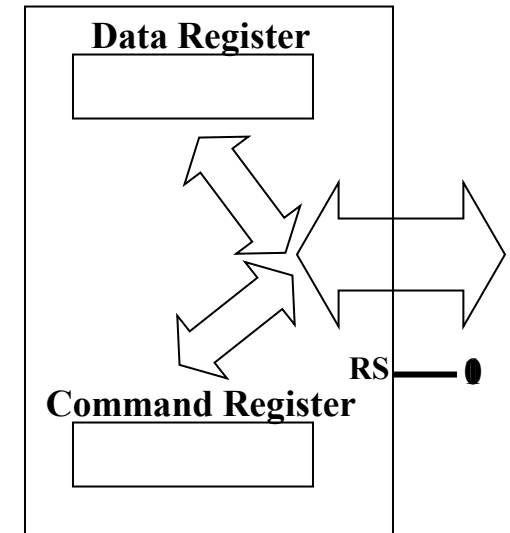
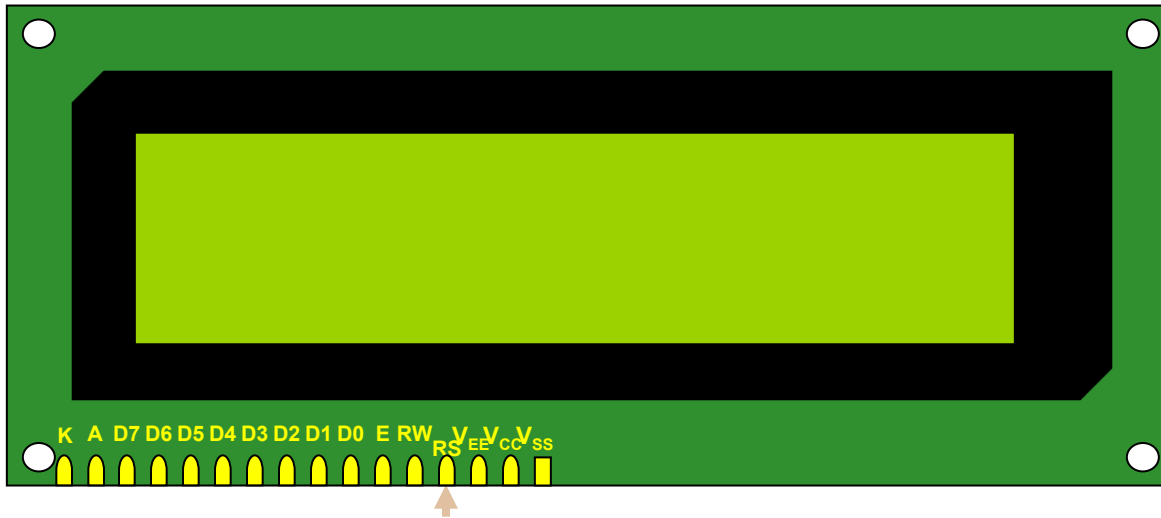


پین V_0 یا V_{EE}

- کنتراست و روشنایی LCD را کنترل می کند. با استفاده از یک تقسیم کننده ولتاژ ساده با پتانسیومتر، می توان تنظیمات دقیق کنتراست را بین 0 تا 5 ولت انجام داد.

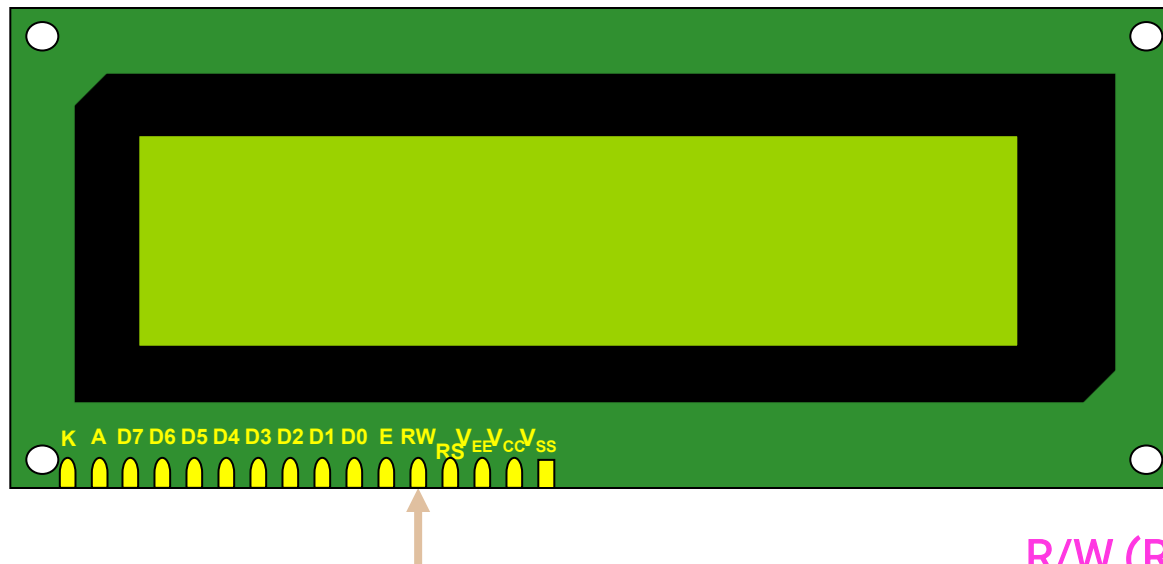


پایه های LCD کاراکتری 2x16



پین RS (Register Select)

- **وظیفه:** RS تعیین می‌کند که داده‌ای که میکروکنترلر به LCD می‌فرستد، دستور (Command) است یا داده (Data).
- **عملکرد:**
 - اگر $RS = 0$ < داده ارسالی، دستور است و به Command Register می‌رود. دستور شامل کارهایی مثل پاک کردن صفحه، رفتن به سطر بعدی یا تنظیم حالت نمایش است.
 - اگر $RS = 1$ < داده ارسالی، متن یا کاراکتر است و به Data Register می‌رود. یعنی چیزی که روی LCD نمایش داده می‌شود.



پین R/W (Read/Write)

- **وظیفه:** تعیین می‌کند که میکروکنترلر داده‌ای به LCD می‌فرستد (Write) یا داده‌ای از LCD می‌خواند (Read).
- **عملکرد:**
 - اگر $R/W = 0$ میکروکنترلر داده می‌نویسد و اطلاعات به LCD ارسال می‌شود.
 - اگر $R/W = 1$ میکروکنترلر داده می‌خواند و اطلاعات از LCD دریافت می‌شود.
- به زبان ساده: این پین مثل یک جهت‌نما است که مشخص می‌کند جریان داده‌ها به LCD است یا برعکس.



پایه های LCD کاراکتری 2x16



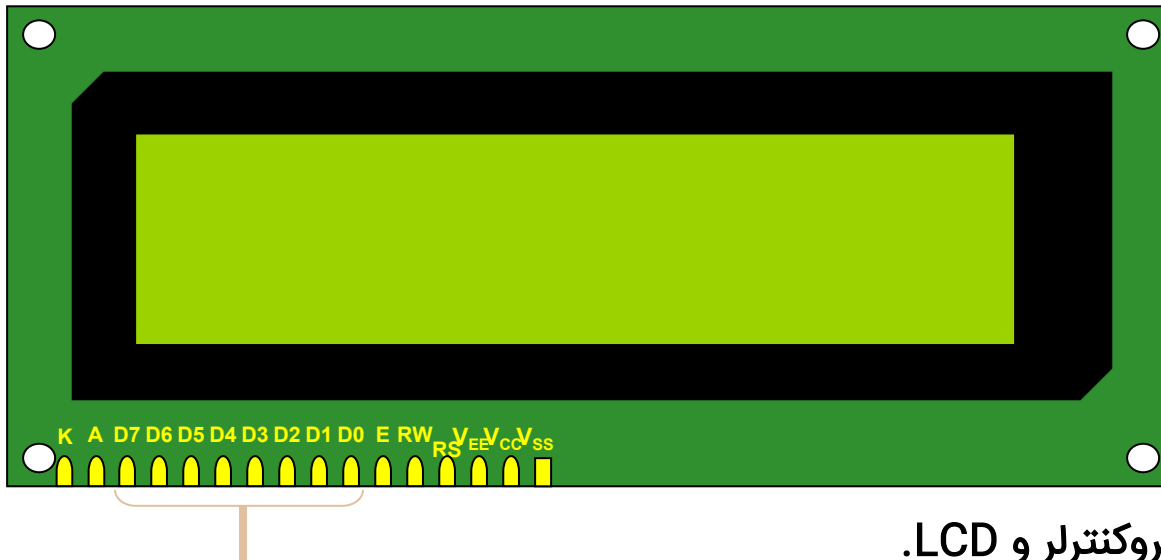
پین (Enable) E

- **وظیفه:** فعال کردن LCD برای خواندن یا نوشتن داده. بدون پالس روی این پایه، LCD داده‌ای را نمی‌پذیرد یا ارسال نمی‌کند.
- **عملکرد هنگام نوشتن (Write):**
 - ابتدا $R/W = 0$ می‌شود تا LCD بداند داده نوشته می‌شود.
 - داده به پایه‌های داده (D0 تا D7) اعمال می‌شود.
 - سپس یک پالس از High به Low روی پایه E داده می‌شود تا LCD داده را ثبت کند.
- **عملکرد هنگام خواندن (Read):**
 - ابتدا $R/W = 1$ می‌شود تا LCD بداند داده باید خوانده شود.
 - سپس یک پالس از Low به High روی پایه E اعمال می‌شود.
 - LCD داده را روی پایه‌های داده (D0 تا D7) قرار می‌دهد.





پایه های LCD کاراکتری 2x16



پین های D0 تا D7

- وظیفه: انتقال داده بین میکروکنترلر و LCD.
- عملکرد:
 - وقتی داده یا دستور می نویسیم، میکروکنترلر اطلاعات را روی این پایه ها قرار می دهد تا LCD دریافت کند.
 - وقتی داده می خوانیم، LCD اطلاعات را روی همین پایه ها قرار می دهد تا میکروکنترلر بخواند.
- این ۸ پایه تشکیل دهنده یک باس داده ۸ بیتی هستند. در حالت ۴-بیت، فقط D4 تا D7 استفاده می شوند و داده ها در دو نیمه ارسال می شوند.



پایه های LCD کاراکتری 2×16

۱. حالت ۸ بیت (All 8 Data Pins: D0–D7)

فرض کنیم می‌خواهیم کاراکتر 'A' را نمایش دهیم.

✓ کد ASCII : $A = 0100\ 0001$

✓ پایه‌ها روی LCD به این شکل تنظیم می‌شوند:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	1	0	0	0	0	0	1

مراحل:

(1) $RS = 1$ (داده است)

(2) $R/W = 0$ (نوشتن)

(3) $D0-D7 = 0100\ 0001$

(4) پالس Enable < داده ثبت می‌شود.



2. حالت ۴ بیت (High Nibble + Low Nibble: D4–D7)

در حالت ۴ بیت، داده‌ها در دو نیمه ارسال می‌شوند: ابتدا ۴ بیت بالا (High nibble)، سپس ۴ بیت پایین (Low nibble). برای کاراکتر A (0100 0001) :

High nibble = 0100 < D4–D7 روی 0100 تنظیم می‌شود، پالس Enable تحریک می‌شود.

Low nibble = 0001 < D4–D7 روی 0001 تنظیم می‌شود، پالس Enable تحریک می‌شود.

پس هر بار فقط ۴ بیت روی D4–D7 قرار می‌گیرند و LCD بعد از هر پالس Enable، آن ۴ بیت را ثبت می‌کند. دو پالس پشت سر هم کل بایت ۸ بیتی را کامل ارسال می‌کند.



جدول کدهای ASCII

ASCII control characters

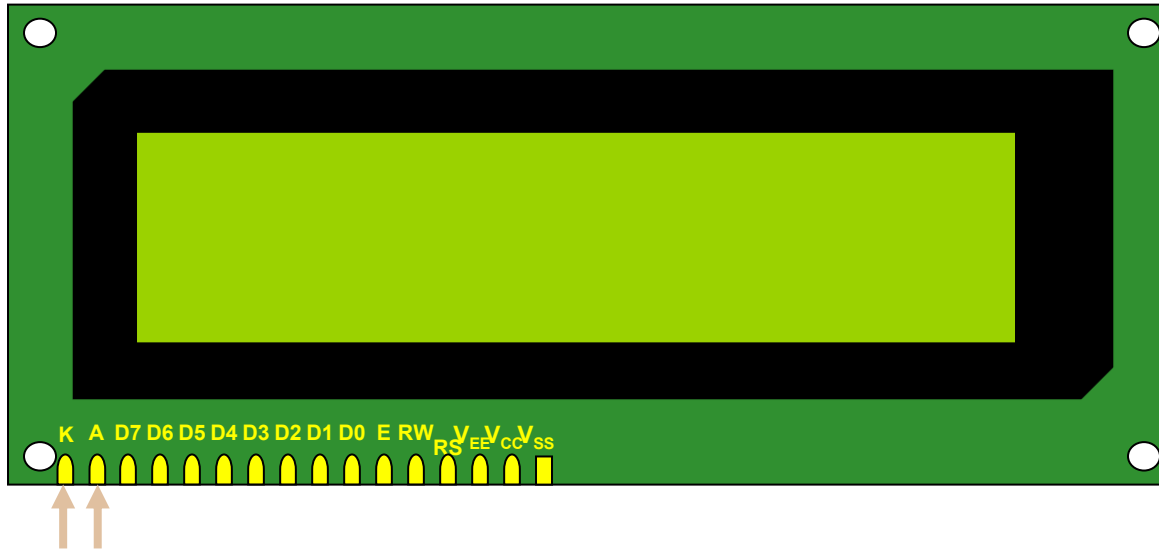
00	NULL	(Null character)
01	SOH	(Start of Header)
02	STX	(Start of Text)
03	ETX	(End of Text)
04	EOT	(End of Trans.)
05	ENQ	(Enquiry)
06	ACK	(Acknowledgement)
07	BEL	(Bell)
08	BS	(Backspace)
09	HT	(Horizontal Tab)
10	LF	(Line feed)
11	VT	(Vertical Tab)
12	FF	(Form feed)
13	CR	(Carriage return)
14	SO	(Shift Out)
15	SI	(Shift In)
16	DLE	(Data link escape)
17	DC1	(Device control 1)
18	DC2	(Device control 2)
19	DC3	(Device control 3)
20	DC4	(Device control 4)
21	NAK	(Negative acknowl.)
22	SYN	(Synchronous idle)
23	ETB	(End of trans. block)
24	CAN	(Cancel)
25	EM	(End of medium)
26	SUB	(Substitute)
27	ESC	(Escape)
28	FS	(File separator)
29	GS	(Group separator)
30	RS	(Record separator)
31	US	(Unit separator)
127	DEL	(Delete)

ASCII printable characters

32	space	64	@	96	`
33	!	65	A	97	a
34	"	66	B	98	b
35	#	67	C	99	c
36	\$	68	D	100	d
37	%	69	E	101	e
38	&	70	F	102	f
39	'	71	G	103	g
40	(	72	H	104	h
41	)	73	I	105	i
42	*	74	J	106	j
43	+	75	K	107	k
44	,	76	L	108	l
45	-	77	M	109	m
46	.	78	N	110	n
47	/	79	O	111	o
48	0	80	P	112	p
49	1	81	Q	113	q
50	2	82	R	114	r
51	3	83	S	115	s
52	4	84	T	116	t
53	5	85	U	117	u
54	6	86	V	118	v
55	7	87	W	119	w
56	8	88	X	120	x
57	9	89	Y	121	y
58	:	90	Z	122	z
59	;	91	[	123	{
60	<	92	\	124	
61	=	93	]	125	}
62	>	94	^	126	~
63	?	95	_		

Extended ASCII characters

128	Ç	160	á	192	Ł	224	Ó
129	ü	161	í	193	ł	225	ô
130	é	162	ó	194	Ł	226	õ
131	â	163	ú	195	ł	227	ö
132	ä	164	ñ	196	—	228	ø
133	à	165	Ñ	197	+	229	õ
134	á	166	ª	198	ä	230	µ
135	ç	167	º	199	Ã	231	þ
136	ê	168	¿	200	Ł	232	ß
137	ë	169	®	201	ƒ	233	ù
138	è	170	¬	202	ƒ	234	û
139	ï	171	½	203	ƒ	235	ü
140	ì	172	¼	204	ƒ	236	ý
141	í	173	;	205	=	237	ÿ
142	Ä	174	«	206	ƒ	238	—
143	Å	175	»	207	□	239	ˆ
144	É	176	⋮	208	ð	240	≡
145	æ	177	⋮	209	Ð	241	±
146	Æ	178	⋮	210	Ê	242	—
147	ô	179		211	Ê	243	¾
148	ö	180	¬	212	Ê	244	¶
149	ò	181	À	213	ı	245	§
150	ú	182	Â	214	í	246	÷
151	ù	183	À	215	î	247	ˆ
152	ÿ	184	©	216	ï	248	ˆ
153	Ö	185	ƒ	217	ı	249	ˆ
154	Ü	186	ƒ	218	ı	250	ˆ
155	ø	187	ƒ	219	ı	251	ˆ
156	£	188	ƒ	220	ı	252	ˆ
157	Ø	189	¢	221	ı	253	ˆ
158	×	190	¥	222	ı	254	■
159	f	191	¬	223	ı	255	nbs

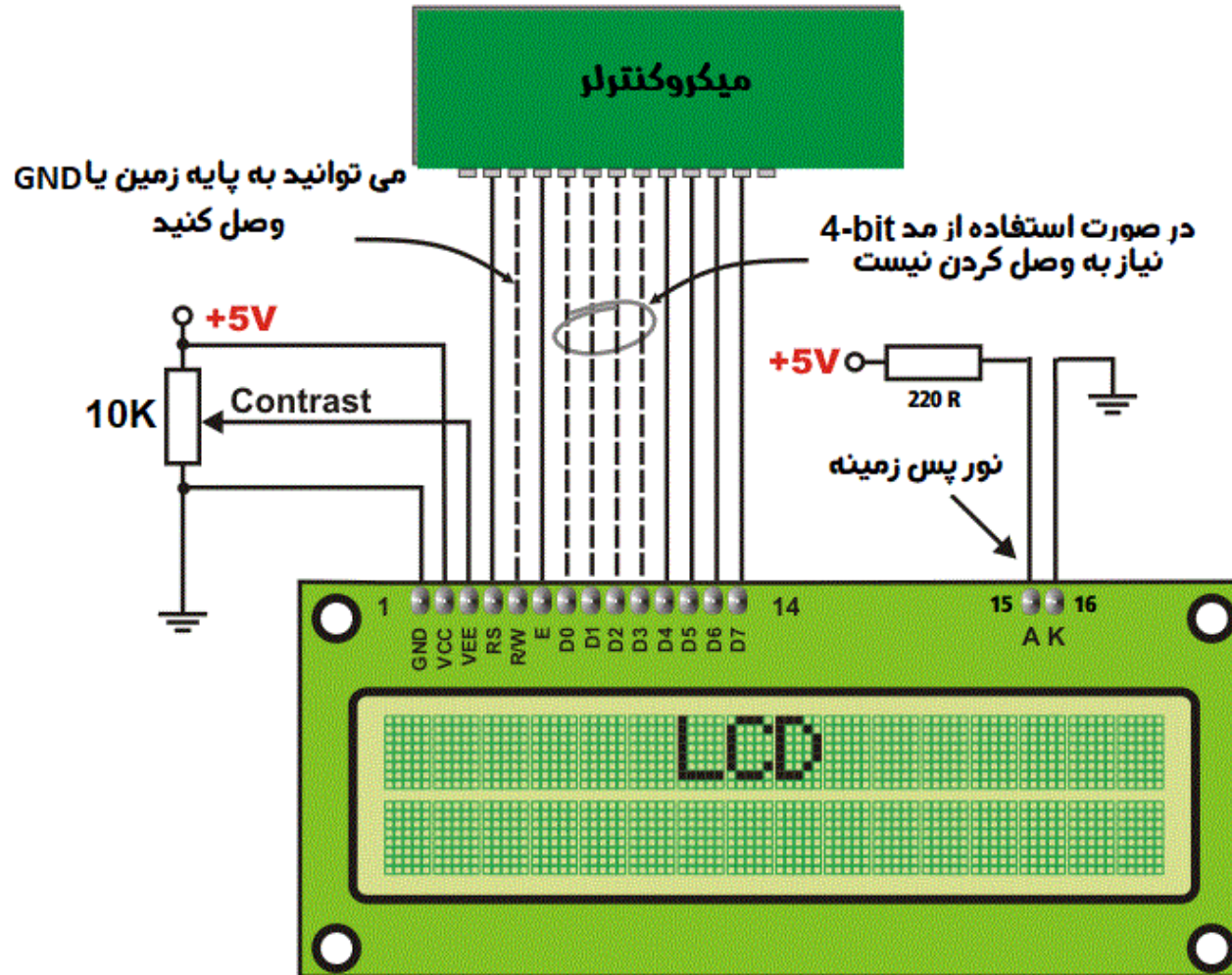


پین های A و K

- در LCD های کاراکتری، پین های A و K به این صورت هستند:
- A (Anode): پایه مثبت نور پس زمینه (Backlight).
- K (Cathode): پایه منفی نور پس زمینه.
- وظیفه: کنترل روشن یا خاموش بودن LED های پشت LCD برای نوردهی صفحه. با اعمال ولتاژ مناسب بین A و K، نور پس زمینه روشن می شود و نمایشگر راحت تر دیده می شود، مخصوصاً در محیط های تاریک.



جمع بندی پایه های LCD کاراکتری 2x16





ماژول صفحه نمایش LCD کاراکتری شامل سه بلوک حافظه است:

CGROM.1

DDRAM.2

CGRAM.3



- ✓ حافظه غیر فرار که فونت‌ها یا کاراکترهای پیش‌تعریف شده LCD را ذخیره می‌کند.
- ✓ داده‌های CGROM قابل تغییر نیستند.
- ✓ وقتی می‌خواهیم کاراکتر 'A' را نمایش دهیم، LCD از CGROM می‌داند کدام پیکسل‌ها روشن شوند.
- ✓ معمولاً CGROM شامل ۲۵۶ کاراکتر است:
- ✓ کاراکترهای ۰-۱۲۷ < کاراکترهای استاندارد ASCII
- ✓ کاراکترهای ۱۲۸-۲۵۵ < بسته به LCD: ژاپنی، European یا Cyrillic
- ✓ نکته: نیمه دوم جدول کاراکترها می‌تواند برای زبان‌ها و نمادهای مختلف متفاوت باشد.



نمونه حافظه CGROM در LCD کاراکتری

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				-	タ	ミ	α	p	
xxxx0001	(2)			!	1	A	Q	a	q			。	ア	チ	△	ä	q
xxxx0010	(3)			"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011	(4)			#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	モ	ε	ω
xxxx0100	(5)			\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	†	μ	Ω
xxxx0101	(6)			%	5	E	U	e	u			・	オ	ナ	1	℃	Ü
xxxx0110	(7)			&	6	F	V	f	v			ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)			'	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ	g	π
xxxx1000	(1)			(	8	H	X	h	x			ィ	ク	ネ	リ	フ	×
xxxx1001	(2)			)	9	I	Y	i	y			ウ	ケ	ノ	ル	´	γ
xxxx1010	(3)			*	:	J	Z	j	z			エ	コ	ハ	レ	j	〒
xxxx1011	(4)			+	;	K	[	k	<			オ	サ	ヒ	ロ	*	⌘
xxxx1100	(5)			,	<	L	¥	l	¥			カ	シ	フ	ワ	¢	⌘
xxxx1101	(6)			-	=	M	]	m	}			ユ	ズ	ハ	ン	も	÷
xxxx1110	(7)			.	>	N	^	n	→			ヨ	セ	ホ	°	ñ	
xxxx1111	(8)			/	?	O	_	o	+			ッ	ソ	マ	°	ö	■



- وظیفه: ذخیره کاراکترهایی که روی صفحه LCD نمایش داده می‌شوند.
- ظرفیت: ۸۰ کاراکتر برای تمام LCDهای استاندارد (HD44780)
- تعداد آدرس‌ها: ۱۲۸ آدرس، ولی فقط ۸۰ مکان قابل استفاده برای نمایش وجود دارد.
- تفاوت سایز LCD:

مثال: LCD 16×2 < ۳۲ کاراکتر قابل نمایش

- LCD 16×4 یا 2×20 < تعداد متفاوت، ولی DDRAM همان ۸۰ کاراکتر است
- کار با کاراکترهای خارج از صفحه: می‌توان با Shift کردن صفحه کاراکترها را نمایش داد.
 - نکته: هنگام روشن شدن LCD، آدرس‌های ابتدایی DDRAM روی صفحه نمایش داده می‌شوند.



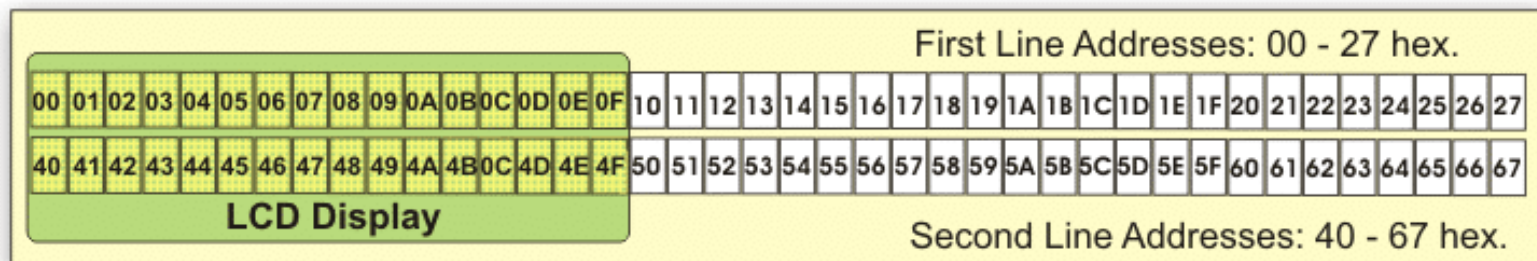
16 Characters x 2 Lines

01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F

در حقیقت ، می توان تصور نمود که آدرس های دیگری که روی صفحه نمایش 2×16 نمایش داده نمی شوند ، به شرح زیر هستند.

DDRAM Memory





➤ پس از ذخیره کاراکترهای سفارشی در CGRAM،

➤ تفاوت با کاراکترهای معمولی: کاراکترهای CGROM

➤ کاراکترهای سفارشی CGRAM: ۸ کاراکتر اول (کد

(0x07 ȧ 0x00

➤ مثال:

➤ کد 0x41 < نمایش کاراکتر A از CGROM

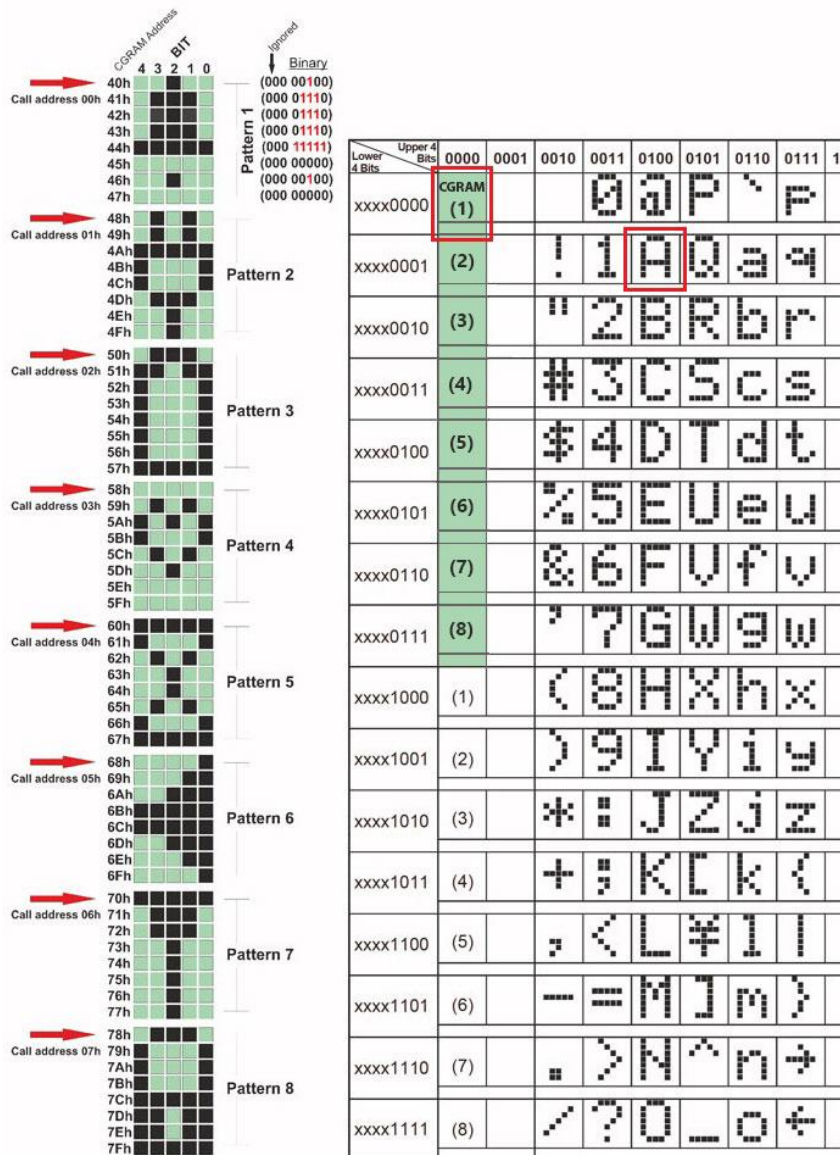
➤ کد 0x00 < نمایش اولین کاراکتر سفارشی از

CGRAM

➤ مفهوم: کاراکترهای سفارشی مانند کاراکترهای دائمی

CGROM فراخوانی می‌شوند، فقط با کدهای

متفاوت





راهنمایی LCD کاراکتری: مد ۴ بیتی و ۸ بیتی

ویژگی	مد ۸ بیتی	مد ۴ بیتی
تعداد سیم داده	۸ سیم (D0-D7)	۴ سیم (D4-D7)
تعداد پایه میکروکنترلر مصرفی	بیشتر	کمتر
سرعت انتقال	سریع تر (یک بار نوشتن = یک بایت)	کندتر (یک بایت = دو مرحله نوشتن)
دستور فعال سازی	0x38	0x28

نکات:

- مد ۸ بیتی برای پروژه‌هایی که سرعت مهم است مناسب است.
- مد ۴ بیتی زمانی کاربرد دارد که می‌خواهیم پایه‌های میکروکنترلر صرفه‌جویی شوند.



دستورالعمل‌ها در LCD کاراکتری

عملکرد فرمان	کد HEX
پاک کردن صفحه نمایش	0X01
بازگشت مکان نما به سطر و ستون صفر و صفر (HOME)	0X02
انتقال مکان نما به چپ	0X04
جابجایی صفحه نمایش به راست	0X05
انتقال مکان نما به راست	0X06
جابجایی صفحه نمایش به چپ	0X07
صفحه نمایش و مکان نما خاموش	0X08
صفحه نمایش خاموش و مکان نما روشن	0X0A
صفحه نمایش روشن و مکان نما خاموش	0X0C
صفحه نمایش روشن و مکان نما روشن	0X0E
صفحه نمایش روشن و مکان نما در حالت چشمک زن	0X0F
جابجایی مکان نما به چپ	0X10
جابجایی مکان نما به راست	0X14
حرکت کل صفحه نمایش به چپ	0X18
سازمان دهی ۸ بیتی و ماتریس ۵×۷	0X38
سازمان دهی ۴ بیتی و ماتریس ۵×۷	0X28
حرکت کل صفحه نمایش به راست	0X10
مکان نما به آغاز خط دوم انتقال می یابد	0XC0

➤ Instruction یا دستورالعمل:

داده‌ای است که LCD را کنترل می‌کند و مشخص می‌کند چه عملی انجام دهد، نه اینکه چه کاراکتری نمایش داده شود.

➤ نحوه ارسال:

➤ با $RS = 0$ و داده روی پایه‌های D0-D7 (یا D4-D7 در مد ۴ بیتی)

➤ کاربردها:

- پاک کردن صفحه (Clear Display)
- بازگشت مکان نما به ابتدای خط (Return Home)
- جابجایی کرسر (Cursor Shift)
- تنظیم حالت نمایش (Display On/Off)
- فعال کردن مد ۴ یا ۸ بیتی (Function Set)



razeghizade@gmail.com

Razeghizade.pudica.ir

CREADITS: This presentation was created by M.Razeghizadeh
Please keep this slide for attribution