

## آزمایش ۳

آزمایشگاه ریزپردازنده  
نیمسال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۰

تهیه کننده: حسین بی طالبی  
H\_bitalebi@sbu.ac.ir

### هدف

هدف از این آزمایش آشنایی با وقفه های خارجی GPIO ها در میکروکنترلر STM32F401 است. ضمناً در این آزمایش با شیوه راه اندازی LCD کاراکتری و Keypad ماتریسی آشنا خواهید شد.

### پیش نیاز و مطالعه

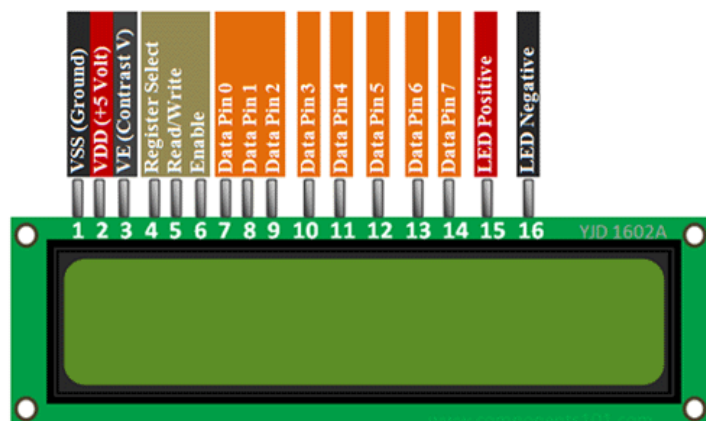
آشنایی با ساختار LCD کاراکتری ۱۶\*۲  
آشنایی با ساختار keypad ماتریسی (فایل راهنمای از [اینجا](#) قابل دسترسی است)  
آشنایی با مفهوم وقفه خارجی

LCD ابزاری برای نمایش اطلاعاتی است که شامل حروف، اعداد و همچنین برخی کاراکترهای گرافیکی میشود. در واقع یک صفحه نمایشگر LCD مانند صفحه ماشین حساب است که همراه با آی سی کنترلر و مدارهای جانبی اش و عموماً با لامپ پشت صفحه (back light) در یک بسته پیش ساخته و در دو نوع کاراکتری و گرافیکی عرضه می شود. در ادامه LCD کاراکتری ۱۶\*۲ را بررسی خواهیم کرد. همانطور که گفته شد LCD دارای یک کنترلر است که با فرستادن اطلاعات به آن، این اطلاعات را در صفحه ای که عموماً به چند سطر و ستون تقسیم شده نمایش میدهد. مثلاً برای نمایش حرف "M" کفایت این حرف را به LCD ارسال کنیم. همچنین میتوان دستوراتی از قبیل پاک کردن صفحه نمایش، جابجایی مکان نما، خاموش و روشن کردن مکان نما و... را به LCD ارسال نمود.

LCD ها از طریق مقدار اطلاعاتی که می توانند در صفحه خود نمایش بدهند انتخاب و خریداری می شوند. انواع معمول آن عبارتند از ۱ یا ۲ یا ۴ سطر و هر سطر شامل ۱۶، ۲۰، ۳۲ و ۴۰ کاراکتر است. مثلاً LCD ۱۶\*۲ دارای ۲ خط و هر خط ۱۶ کاراکتر است. همچنین LCD مورد نظر میتواند همراه با لامپ پشت صفحه (Back light) یا بدون آن انتخاب شود. در تصویر زیر یک نمونه LCD ۱۶\*۲ را مشاهده میکنید.



تقریباً همه LCD های متنی دارای ۱۶ پایه هستند که ۸ خط آن مربوط به فرستادن یا خواندن داده ها یا دستور عمل ها می باشد. پایه های دیگر نیز مربوط به خطوط کنترل و ولتاژهای تغذیه است. لیست کامل پایه ها و عملکرد هر یک از آنها به ترتیب زیر است:



جدول زیر پایه های LCD کاراکتری را به صورت کامل توضیح داده است:

شماره پایه	نماد	کاربرد	اتصال خارجی
۱	V <sub>SS</sub>	زمین (GND)	پایانه منفی منبع تغذیه
۲	V <sub>DD</sub>	V <sub>CC</sub>	ولتاژ تغذیه +۵ ولت
۳	V <sub>EE</sub>	تنظیم کنتراست	به ولتاژ +۵ ولت متصل می شود (برای داشتن کنتراست قابل تنظیم این پایه به پتانسیومتر خارجی وصل می شود.)
۴	RS	انتخاب رجیستر (داده / دستور)	به پین های کنترل کننده میکرو کنترلر وصل می شود وقتی RS=0 رجیستر دستور و هنگامی که RS=1 رجیستر داده انتخاب می شود.
۵	R/W	انتخاب عملیات (خواندن / نوشتن)	به پین های کنترل کننده میکرو کنترلر وصل می شود برای خواندن باید R/W=1 و برای نوشتن مقداری روی رجیستر R/W=0 باشد.
۶	E	فعال سازی LCD	به پین های کنترل کننده میکرو کنترلر وصل می شود. با اعمال یک پالس پایین رونده به این پایه تغییرات مدنظر در LCD اعمال می شوند.
۷ - ۱۰	DB0 – DB3	چهار خط اول گذرگاه داده (این چهار خط در مد چهار بیتی فعال نیستند)	به پین های داده میکرو کنترلر وصل می شود
۱۱ - ۱۴	DB4 – DB7	چهار خط دوم گذرگاه داده (این چهار خط در مد چهار بیتی فعال هستند)	به پین های داده میکرو کنترلر وصل می شود
۱۵	LED+ (Anode)	قطب مثبت پس زمینه	به پایانه +۵ ولت وصل می شود
۱۶	LED- (Cathode)	قطب منفی پس زمینه	به پایانه منفی منبع تغذیه وصل می شود.

باید در نظر داشت که LCD کاراکتری دارای دوسری ثبات (رجیستر) است. یکی برای داده و دیگری برای دستورات. یک کد دستور فرایندی است تا LCD وظیفه ای را که باید انجام دهد مانند، پاک کردن صفحه نمایش، تنظیم محل اشاره گر صفحه و . . . مشخص نماید. یک کد داده که در رجیستر داده ذخیره می شود وظیفه ان را دارد تا داده قابل نمایش را به LCD معرفی نماید.

داده هایی که باید در رجیستر داده قرار گیرند کدهای اسکی مربوط به کاراکترهایی هستند که باید بر روی نمایشگر به نمایش درآیند. جدول زیر کدهای اسکی مربوط به کاراکترهای مختلف را نشان می دهد. توجه شود که داده ها باید به فرمت HEX به نمایشگر ارسال شوند.

### توضیحات تکمیلی:

- پایه ۳: ولتاژ V<sub>EE</sub> ولتاژ کنتراست است که میزان روشنایی کاراکترها را روی LCD تنظیم میکند. به منظور رسیدن به حداکثر روشنایی این پایه را میتوان به زمین متصل کرد.
- پایه ۴: در داخل LCD دونمونه اطلاعات وجود دارد که توسط پایه RS انتخاب میشوند. در صورتیکه RS=1 باشد کاربر می تواند اطلاعاتی را روی LCD بنویسد یا بخواند. اگر RS=0 باشد اطلاعات ورودی به عنوان فرمان مشخص میشود. LCD این اطلاعات را دریافت و فرمان تعریف شده را اجرا میکند.

- پایه ۵: پایه خواندن یا نوشتن است. برای نوشتن روی LCD باید  $R/W=0$  باشد و برای خواندن اطلاعات از LCD باید  $R/W=1$  باشد.
- پایه ۶: فعال کردن (E) است.
- پایه های ۷ تا ۱۴: هشت بیت اطلاعات ارسالی به LCD و یا دریافتی از آن میباشند.
- پایه های ۱۵ و ۱۶: برای لامپ پشت LCD می باشند.

## ASCII Table

Dec	Hex	Oct	Char	Dec	Hex	Oct	Char	Dec	Hex	Oct	Char	Dec	Hex	Oct	Char
0	0	0		32	20	40	[space]	64	40	100	@	96	60	140	`
1	1	1		33	21	41	!	65	41	101	A	97	61	141	a
2	2	2		34	22	42	"	66	42	102	B	98	62	142	b
3	3	3		35	23	43	#	67	43	103	C	99	63	143	c
4	4	4		36	24	44	\$	68	44	104	D	100	64	144	d
5	5	5		37	25	45	%	69	45	105	E	101	65	145	e
6	6	6		38	26	46	&	70	46	106	F	102	66	146	f
7	7	7		39	27	47	'	71	47	107	G	103	67	147	g
8	8	10		40	28	50	(	72	48	110	H	104	68	150	h
9	9	11		41	29	51	)	73	49	111	I	105	69	151	i
10	A	12		42	2A	52	*	74	4A	112	J	106	6A	152	j
11	B	13		43	2B	53	+	75	4B	113	K	107	6B	153	k
12	C	14		44	2C	54	,	76	4C	114	L	108	6C	154	l
13	D	15		45	2D	55	-	77	4D	115	M	109	6D	155	m
14	E	16		46	2E	56	.	78	4E	116	N	110	6E	156	n
15	F	17		47	2F	57	/	79	4F	117	O	111	6F	157	o
16	10	20		48	30	60	0	80	50	120	P	112	70	160	p
17	11	21		49	31	61	1	81	51	121	Q	113	71	161	q
18	12	22		50	32	62	2	82	52	122	R	114	72	162	r
19	13	23		51	33	63	3	83	53	123	S	115	73	163	s
20	14	24		52	34	64	4	84	54	124	T	116	74	164	t
21	15	25		53	35	65	5	85	55	125	U	117	75	165	u
22	16	26		54	36	66	6	86	56	126	V	118	76	166	v
23	17	27		55	37	67	7	87	57	127	W	119	77	167	w
24	18	30		56	38	70	8	88	58	130	X	120	78	170	x
25	19	31		57	39	71	9	89	59	131	Y	121	79	171	y
26	1A	32		58	3A	72	:	90	5A	132	Z	122	7A	172	z
27	1B	33		59	3B	73	;	91	5B	133	[	123	7B	173	{
28	1C	34		60	3C	74	<	92	5C	134	\	124	7C	174	
29	1D	35		61	3D	75	=	93	5D	135	]	125	7D	175	}
30	1E	36		62	3E	76	>	94	5E	136	^	126	7E	176	~
31	1F	37		63	3F	77	?	95	5F	137	_	127	7F	177	

هنگامی که بخواهیم به LCD دستور خاصی را ارسال کنیم باید کد HEX مربوط به آن دستور را بر روی گذرگاه داده قرار دهیم. در جدول زیر دستورالعمل های مهم و پرکاربرد LCD آمده است.

ردیف	دستور	معادل هگزادسیمال
۱	نمایش در یک سطر با آرایه های ۵×۷ در مد هشت بیتی	0x30
۲	نمایش در دو سطر با آرایه های ۵×۷ در مد هشت بیتی	0x38
۳	نمایش در یک سطر با آرایه های ۵×۷ در مد چهار بیتی	0x20
۴	نمایش در دو سطر با آرایه های ۵×۷ در مد چهار بیتی	0x28
۵	مد ورود داده ها	0x06
۶	خاموش کردن نشانگر و نمایشگر بدون پاک شدن محتویات RAM	0x08
۷	روشن کردن نشانگر و نمایشگر	0x0E
۸	روشن کردن نمایشگر بدون روشن کردن نشانگر	0x0C
۹	نمایش اطلاعات با نشانگر چشمک زن	0x0F
۱۰	شیفت دادن همه اطلاعات در حال نمایش به سمت چپ	0x18
۱۱	شیفت دادن همه اطلاعات در حال نمایش به سمت راست	0x1C
۱۲	انتقال نشانگر به سمت چپ به مقدار یک کاراکتر	0x10
۱۳	انتقال نشانگر به سمت راست به مقدار یک کاراکتر	0x14
۱۴	پاک کردن کامل نمایشگر به همراه محتویات RAM	0x01
۱۵	انتقال نشانگر به اولین مکان از اولین خط	0x80
۱۶	انتقال نشانگر به اولین مکان از دومین خط	0xC0

در مد ۸ بیتی پین های ۷ تا ۱۴ ال سی دی به ۸ پین ورودی/خروجی میکرو متصل می شود. در مد ۴ بیتی پین های شماره ۱۱ تا ۱۴ از ال سی دی به میکرو کنترلر باید متصل شود. برای شروع کار با ال سی دی لازم است که ابتدا راه اندازی اولیه انجام شود و سپس داده یا دستور مورد نظر برای رجیسترهای مربوطه ارسال گردد.

## دستور کار

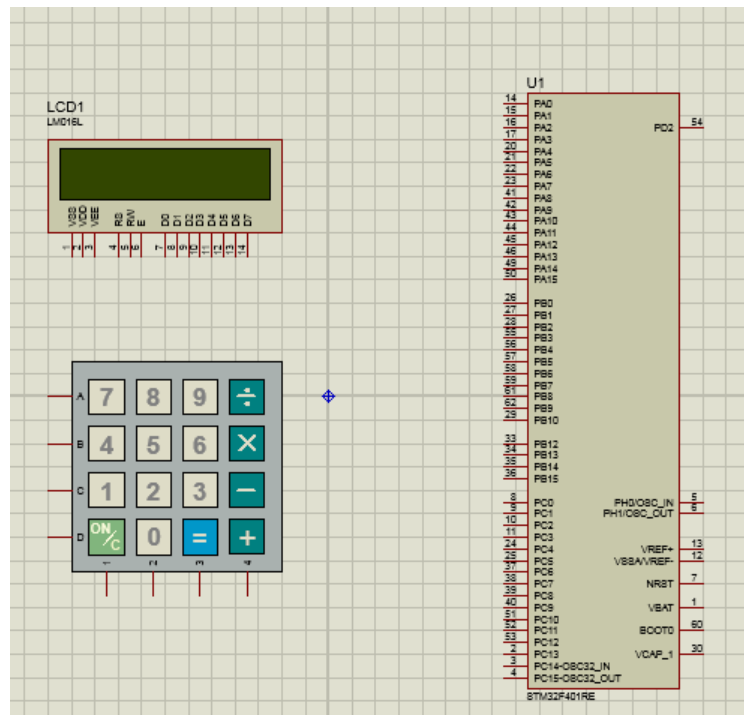
۱- آزمایش ۲ را این بار با وقفه های خارجی پیاده سازی کنید. در این بخش بجای پیاده سازی توابع سرکشی می بایست از سرویس روتین های رسیدگی کننده به وقفه استفاده شود.

۲- سیستم از سه بخش تشکیل شده است:

- میکروکنترلر STM32F401RE
- LCD کاراکتری ۱۶\*۲ (LM016L) در پروتئوس
- Keypad ماتریسی ۴\*۴

هدف از این آزمایش طراحی یک ماشین حساب ساده است. سیستم باید به گونه ای طراحی شود تا اعداد و دستور محاسباتی از keypad دریافت گردد. و نتیجه حاصل از دستور محاسباتی بر روی نمایشگر به نمایش در آید. در هر مرحله، رقم وارد شده از هر عدد، باید بر روی صفحه نمایش نشان داده شود. (مشابه با ماشین حساب حالت استاندارد ویندوز).

شکل زیر المان های مورد نیاز برای اجرای این آزمایش را نشان می دهد.



#### ملاحظات:

- تنها اعداد صحیح قابل پذیرش است.
- هر تغییر وضعیت در هر سطر یا ستون از keypad باید با استفاده از وقفه خارجی شناسایی گردد. و در سرویس روتین مربوط به آن وقفه تصمیمات لازم اتخاذ شود.
- استفاده از روش سرکشی مجاز نمی باشد.
- تنها از توابع CMSIS استفاده شود. استفاده از توابع HAL مجاز نمی باشد.
- برای عملکرد بهتر keypad بهتر است پایه های آن به صورت Push-Pull در نظر گرفته شود.
- به منظور سادگی سورس فایل راه اندازی LCD کاراکتری به همراه دستور کار ارائه می گردد.

#### موارد تحویل داندنی

- سورس کد تمام بخش های ذکر شده را به صورت کامل تحویل دهید. برای خوانایی بیشتر حتما می بایست بخش های مختلف کد کامنت گذاری شود.
- پروژه ساخته شده در Proteus را می بایست تحویل دهید.
- گزارشی کامل و واضح از بخش های مختلف انجام شده در طی اجرای دستور کار تحویل شود. اگر در بخشی قطعه کدی توضیح داده می شود حتما کپی آن بخش از کد در گزارش آورده شود.
- شماره پین ها و پورت های بکار گرفته شده به همراه نوع تنظیماتی که برای آن لحاظ شده است در گزارش بیان شود.

#### نکات حائز اهمیت

- آزمایش های ریز پردازنده به صورت گروه های دو نفره انجام داده شده و تحویل می شوند.
- نکته مهم این است تمامی افراد گروه باید به همه جوانب و جزئیات آزمایش ها مسلط باشند که این نکته توسط مدرسین هنگام تحویل به دقت بررسی خواهد شد.
- هر گروه باید به صورت مجزا آزمایش را انجام دهد و کپی نتایج آزمایش گروه های دیگر تخلف است.
- به منظور ایجاد شرایط یکسان برای تمامی گروه ها و فاصله داشتن زمان آپلود و تحویل، به هنگام تحویل، اعضای گروه، در همان زمان پاسخ آزمایش خود را از درس افزار دانلود کرده و روی سیستم خود تحویل می دهند.

موفق باشید