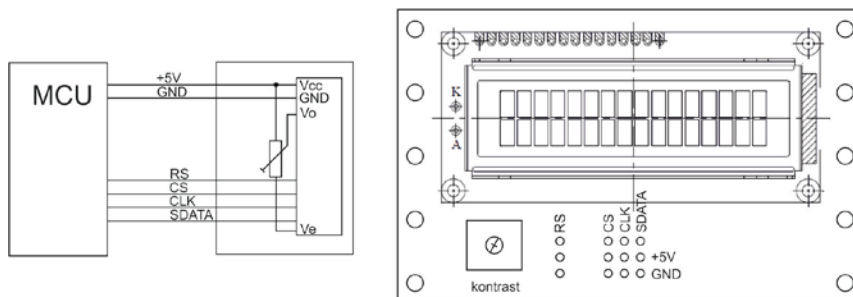
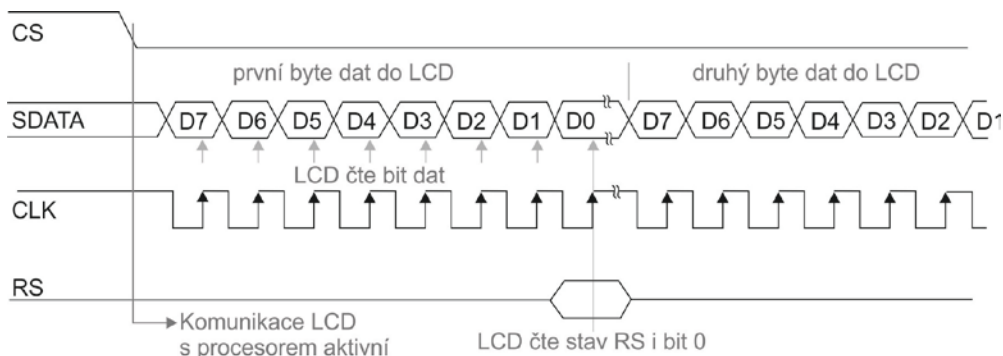


Komunikace modulu s procesorem – SPI protokol

Propojení dvouřádkového LCD zobrazovače se sběrnici SPI k procesoru (dále již jen MCU microcontroller unit) a rozložení pinů na HSES LCD modulu.

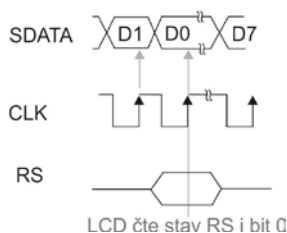


Komunikace mezi MCU a zobrazovačem s připojením přes sběrnici SPI (dále již jen LCD SPI) je pouze jednostranná, z MCU do LCD SPI. Podívejme se nyní na protokol, kterým MCU komunikuje s LCD SPI.



Dokud je vstup modulu CS v H, je modul od SPI sběrnice odpojený a nezjímá jej tedy CLK ani SDATA (signál CS říká, že pro komunikaci MCU s LCD SPI není tento modul vybrán) a sběrnice (SDATA, CLK a RS) může být využívána jinými zařízeními, například druhým LCD SPI.

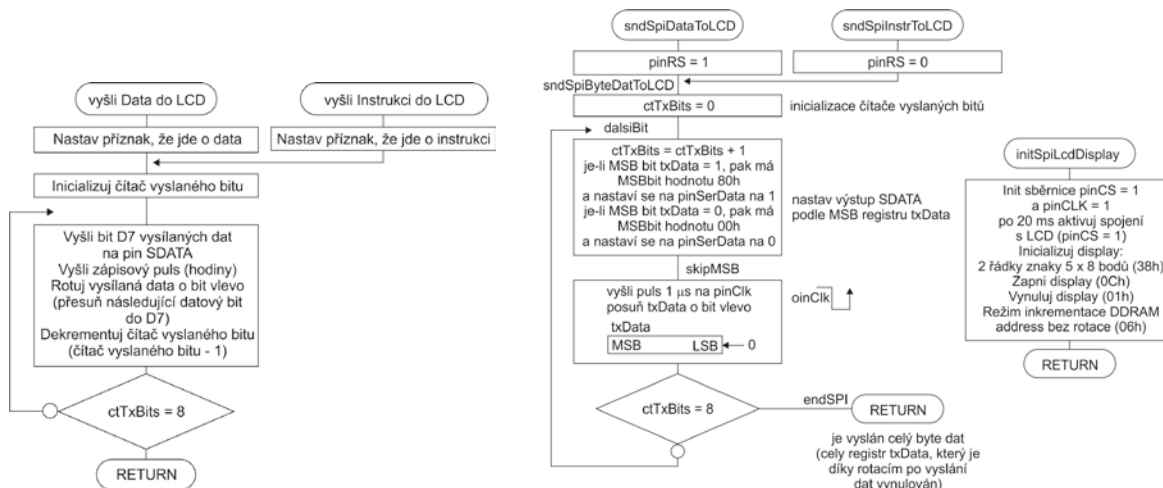
K jejímu připojení dojde. Přejde-li signál CS (chip select – výběr modulu) na vstupu modulu do L, modul se připraví na příjem dat a sleduje stav vstupu CLK (clock - hodiny).



MCU (Master – pán) řídí přenos dat do modulu – vysílá signál CS, CLK i data do modulu LCD SPI, který je v této chvíli Slave (otrok). Master vystaví na SDATA bit dat a tato data potvrdí přechodem signálu CLK do L a pak opět do H (vyšle impuls, který říká, že má slave bit dat připravený na vstupu SDATA může je tedy přečíst). Náš LCD SPI modul sleduje stav svého vstupu CLK. Jakmile tento vstup přejde z L do H (náběžná hrana CLK pulsu) modul přečte bit dat ze vstupu SDATA. Takto postupně přečte D7 až D0. V okamžiku kdy čte D0 (osmý bit) současně přečte stav vstupu RS (situace je nakreslena na obrázku). Říkáme, že tato sekvence realizuje zápis osmi bitů dat a stavu RS do modulu.

Pokud vyšleme do modulu osm bitů dat s RS = 0, do modulu zapisujeme instrukce. Pokud vyšleme osm bitů dat s RS=1, modul tato data chápe jako data k zobrazení (zápis dat do DDRAM), nebo zápis uživatelem definovaného znaku (zápis do SDRAM modulu). Pin RS můžeme před vysláním dat bez problémů nastavit na požadovanou úroveň a nemusíme čekat až před vysláním bitu dat D0. Modul si je přečte až s bitem D0.

Nyní už známe, jak se data zapisují do modulu, a můžeme napsat podprogram, který vyšle osm bitů dat (instrukci, nebo data) z MCU do LCD SPI i ten, který inicializuje LCD SPI modul. Může pracovat například takto.



Zdroj: LCD_SPI_dispTST

Nyní už umíme vysílat data do modulu a je třeba se posunout k tomu, abychom se naučili modul správně ovládat. Věnujme se tedy nyní konkrétní práci s modulem.

! POZOR – Po připojení LCD SPI k napájecímu napětí 5 V probíhá inicializace LCD SPI a komunikace s ním může začít nejdříve za 15 ms od okamžiku, kdy napájecí napětí dosáhne úrovně nejméně 4.5 V !

Po HW inicializaci, která proběhne automaticky po zapnutí napájení modulu LCD SPI a trvá, jak již bylo řečeno 15 ms, je nutné modul inicializovat a konfigurovat tak, že do něj zapíšeme inicializační sekvenci z MCU.

Pomocí inicializační sekvence nastavujeme požadovaným způsobem funkci modulu, zapneme jej, vynulujeme datovou část displaye, aby nezobrazoval žádný znak a resetoval čítač adresy DDRAM a nastavíme režim jeho činnosti. Pak už je možné s modulem bez problémů pracovat a zobrazovat co potřebujeme.

Abychom mohli s modulem pracovat, je třeba podrobně znát popis instrukcí, které modul umí. Čas pod jménem instrukce je minimální čas, který je třeba, aby se instrukce provedla. Po tuto dobu nelze vysílat do modulu žádný další příkaz.

Clear display

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Clear Display Nulování displaye 0.76 ms
0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Vymaže display (do celé DDRAM zapíše kód 20h - mezera) a nastaví ukazatel DDRAM adresy (AC – address counter) na 00h – do výchozí polohy první znak prvního řádku. Vrátí kurzor do výchozího stavu (první znak vlevo prvního řádku). Nastaví mód displaye na inkrementaci.

Return home

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Return Home Návrat kurzoru 0.76 ms
0	0	0	0	0	0	0	1	x	

Vrátí kurzor na první znak prvního řádku a nastaví čítač adresy DDRAM 00h (následující zápis dat do displaye zapíše znak do DDRAM na adresu 00h a znak se objeví jako první znak na prvním řádku vlevo). Obsah DDRAM (zobrazovací paměti instrukce nemění).

Entry mode set

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Entry Mode Set Nastavení módu 18.5 μ s
0	0	0	0	0	0	1	I	S	

Nastavuje směr pohybu kurzoru a displaye.

I = 1 – inkrementace (zvýšení) adresy DDRAM o 1 a posuv kurzoru/blikání o znak vpravo

I = 0 – dekrementace (snížení) adresy DDRAM o 1 a posuv kurzoru/blikání o znak vlevo

CGRAM pracuje stejně jako DDRAM když do ní zapisujeme.

S = 1 – po zápisu dat do DDRAM dojde k posuvu celého displaye ve směru, který je nastaven bitem I tohoto registru.

S = 0 – posun displaye po zápisu do DDRAM je zakázán

S	I	Popis
1	1	Posun displaye vlevo
1	0	Posun displaye vpravo

Display ON/OFF

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Display ON/OFF Zapnutí/vypnutí displaye 18.5 μ s
0	0	0	0	0	1	D	C	B	

D = 1 – Zapni display

D = 0 – Vypni display (Data v DDRAM zůstávají zachována)

C = 1 – Zapni zobrazování kurzoru

C = 0 – Skrytí kurzoru

B = 1 – Zapnuto blikání kurzoru

B = 0 – Blikání kurzoru vypnuto

Cursor or Display Shift

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Cursor or Display Shift Posun kurzoru nebo displaye 18.5 μ s
0	0	0	0	1	D	R	X	X	

Posuň kurzor nebo display bez zápisu dat do DDRAM. Instrukce je využívána pro korekci (oparvu/změnu) textu. Ve dvouřádkovém režimu zobrazování se kurzor posune na druhý řádek po čtyřicátém znaku prvního řádku.

D	R	Operace
0	0	Posuň kurzor vlevo, čítač adresy sniž o 1
0	1	Posuň kurzor vpravo, čítač adresy zvyš o 1
1	0	Posuň display i s kurzorem vlevo
1	1	Posuň display i s kurzorem vpravo

Function set

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Function Set Nastavení funkce 18.5 μ s
0	0	0	1	1	N	F	X	X	

N = 0 – Jednořádkový režim displaye

N = 1 – Dvouřádkový režim displaye

F = 0 – Formát znaků 5 x 8 bodů

F = 1 – Formát znaků 5 x 11 bodů

N	F	Počet řádků	Formát znaku
0	0	1	5 x 8
0	1	1	5 x 11
1	x	2	5 x 8

Set CGRAM Address

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Set CGRAM Address Nastavení adresy CGRAM 18.5 μ s
0	0	1	C	G	R	A	M	A	

Do AC je nastavena adresa CGRAM. Registry CGRAM jsou přístupny pro zápis z MCU.

Set DDRAM Address

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Set DDRAM Address Nastavení adresy DDRAM 18.5 μ s
0	1	D	D	R	A	M	A	D	

Ulož adresu DDRAM do AC.

Tato instrukce nastavuje adresu do AC DDRAM a zpřístupňuje DDRAM pro zápis z MCU. V jednořádkovém režimu je rozsah adres 00h až 4fh. V dvouřádkovém režimu je rozsah adres prvního řádku 00h až 27h, a pro druhý řádek pak 40h až 67h.

Write data to RAM

RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
1	D	A	T	A	W	R	I	T	Write Data to RAM Ulož data do RAM 18.5 μ s

Zapisuje data do DDRAM a CGRAM v závislosti na tom, která paměť je zpřístupněna a jejíž adresa je nastavena pomocí instrukcí Set DDRAM Address, nebo Set CGRAM Address.

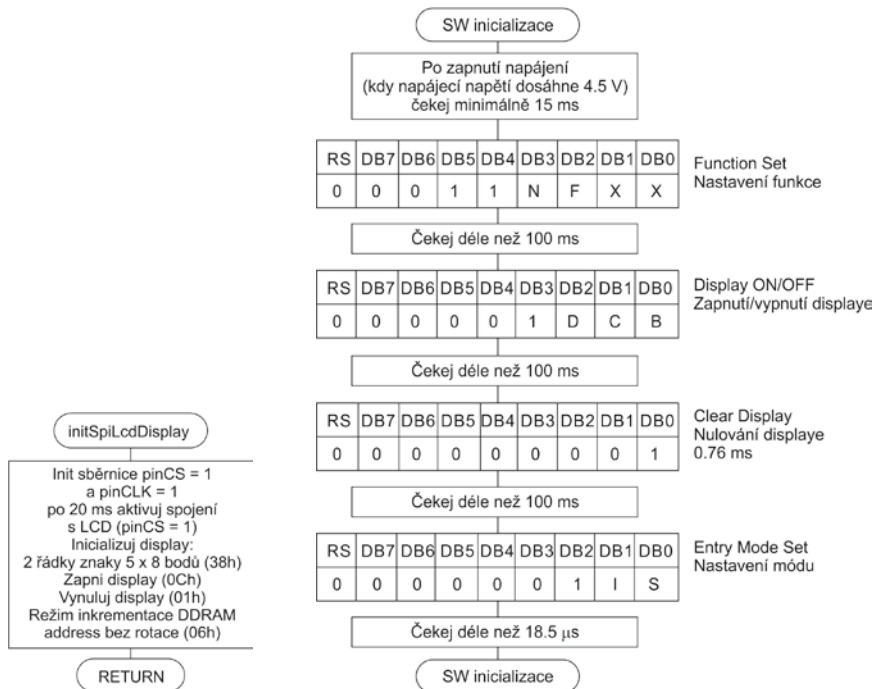
Po zápisu dat může být AC příslušné RAM automaticky inkrementován/dekrementován o 1 v závislosti na nastaveném módu instrukcí Entry Mode Set.

Již známe formát instrukcí i dat, kterým modul rozumí. Nyní se podíváme na konkrétní příklady, které nás naučí s modulem pracovat.

Příklad inicializace modulu

Dříve, než začneme s modulem pracovat, musíme provést jeho inicializaci.

Příklad inicializační sekvence, která nastaví modul, podle našich představ, je na následujícím obrázku.



Zdroj: LCD_SPI_dispTST

Organizace DDRAM a zobrazení znaků

Je-li modul v jednořádkovém režimu, tedy instrukce mode má parametr $N = 0$, pak je organizace DDRAM následující

	Pozice (digity)												
	1	2	3	4	5	6	78	79	80				
DDRAM addr	00	01	02	03	04	05	4D	4E	4F			

Zobrazování na modulu 16 znaků 2 řádky následující

	Zobrazené pozice (digity)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM addr	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
Shift vlevo	Zobrazené pozice (digity)															
DDRAM addr	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10
Shift vpravo	Zobrazené pozice (digity)															
DDRAM addr	4F	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E

Na prvním řádku je režim zobrazování bez shiftu.

Na druhém se shiftem vlevo a na třetím se shiftem vpravo po zápisu znaku do DDRAM. Není-li povolen shift, pak se stále zobrazuje stejná část DDRAM, jak je uvedeno na prvním řádku.

Pro modul v dvouřádkovém režimu činnosti $N = 1$, je organizace DDRAM následující

	Pozice (digity)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	38	39	40		
DDRAM addr	00	01	02	03	04	05	06	07	08	.....	24	25	26	27
DDRAM addr	40	41	42	43	44	45	46	47	48	.....	64	65	66	67

Zobrazování na modulu 16 znaků 2 řádky následující

	Zobrazené pozice (digity)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DDRAM addr	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
DDRAM addr	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F
Shift vlevo	Zobrazené pozice (digity)															
DDRAM addr	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10
DDRAM addr	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50
Shift vpravo	Zobrazené pozice (digity)															
DDRAM addr	27	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E
DDRAM addr	67	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E

Na prvním řádku je režim zobrazování bez shiftu.

Na druhém se shiftem vlevo a na třetím se shiftem vpravo po zápisu znaku do DDRAM. Není-li povolen shift, pak se stále zobrazuje stejná část DDRAM, jak je uvedeno na prvním řádku.

Do DDRAM se zapisují ASCII kódy znaků, které hodláme zobrazit na pozici (adresy DDRAM), kde si přejeme, aby byly tyto znaky zobrazeny. ASCII tabulka znaků ukazuje, jak vypadá znak, který je generován CGROM generátorem znaků. Přehledně ji ukazuje. Adresy sloupců tvoří horní 4 bity kódu znaku a adresy jednotlivých řádků pak dolní 4 bity kódu znaku. První sloupec zobrazuje znaky, které si uživatel může vytvořit sám zápisem do CGRAM.

b7 b3-b0	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111		
CG RAM [00]			0	a	P	^	P						-	9	ε	α	P	
CG RAM [01]			!	1	A	Q	a	9					.	7	チ	△	△	9
CG RAM [02]			"	2	B	R	b	r					「	イ	ツ	×	β	θ
CG RAM [03]			#	3	O	S	c	s					」	ウ	テ	ε	ε	ω
CG RAM [04]			\$	4	O	T	d	t					、	エ	ト	ト	β	α
CG RAM [05]			%	5	E	U	e	u					.	オ	オ	1	ε	U
CG RAM [06]			&	6	F	V	f	v					ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
CG RAM [07]			'	7	G	W	g	w					フ	キ	ヲ	ヲ	9	π
CG RAM [08]			(	8	H	X	h	x					イ	ウ	ホ	リ	リ	Σ
CG RAM [09]			)	9	I	Y	i	y					o	リ	ル	リ	リ	Σ
CG RAM [10]			*	:	J	Z	j	z					エ	コ	ル	リ	リ	Σ
CG RAM [11]			+	;	K	C	k	c					ホ	ウ	エ	ロ	リ	Σ
CG RAM [12]			,	<	L	¥	l	l					ホ	ウ	フ	フ	φ	β
CG RAM [13]			-	=	M	I	m	i					ユ	ズ	リ	リ	リ	Σ
CG RAM [14]			.	>	N	^	n	^					ヨ	セ	ホ	リ	リ	Σ
CG RAM [15]			/	?	O	_	o	_					ウ	ウ	ヲ	リ	リ	Σ

Organizace CGRAM a způsob generování kódu je na následujícím obrázku.

Character Code (DDRAM data)								CGRAM Address				CGRAM Data								Pattern Number		
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X	0	1	1	1	0	Pattern 1
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	1	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	1	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	1	0	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	1	0	1	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	1	1	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0	0	0	0	0	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	X	X	X	1	0	0	0	1	Pattern 8
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0	0	1	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0	1	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	0	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	0	1	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	0	-	-	-	1	0	0	0	1	
-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0	0	0	0	0	

Znaky jsou 5x8 bodů. Kód znaku bity 2/0 korespondují s CGRAM adresou bity 5/3 (3 nity – 8 znaků - sloupe) Bity 2/0 CGRAM adresy adresují jednotlivé řádky znaku, 8. řádek je pozicí kurzoru a je zobrazován jako logický součet s kurzorem. Pozice sloupce znaku – data v CGRAM – bit 4 odpovídá levému bodu znaku, bit 0 odpovídá pravému bodu znaku.

Čítač adresy DDRAM/CGRAM je po zápisu automaticky inkrementována.