



Maticové LCD moduly

Ing. Richard Lažanský



1 Úvod

LCD maticové displeje jsou všude okolo nás. Setkáváme se s nimi při koupi jízdenky na autobus nebo vlak z automatu, či když parkujeme na placeném parkovišti. Jsou běžnou součástí nejen veřejných telefonních automatů, "manažerských" telefonních přístrojů, ale najdeme je i na obráběcích strojích a tepelných výměnících. S jejich pomocí si vybereme oblíbený nápoj, volíme oblíbené nahrávky z JUKEBOXu atd.

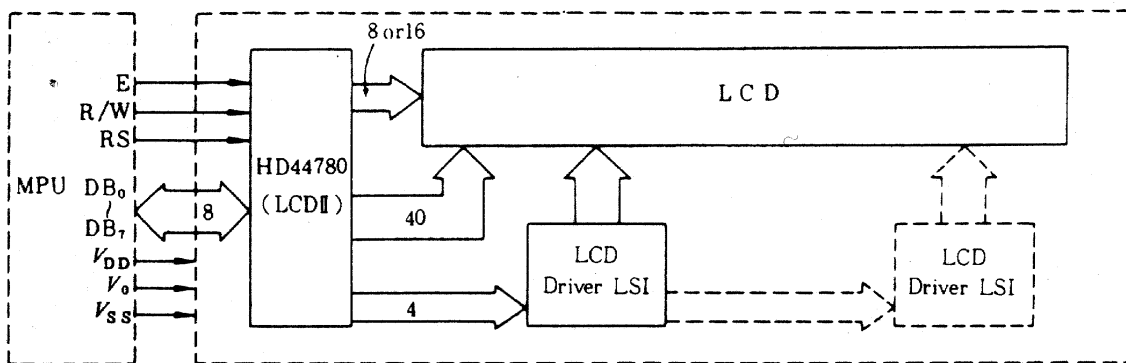
Co je společné pro všechny aplikace těchto inteligentních displejů? Je to potřeba komunikace. Komunikace člověka – uživatele a stroje – programovatelného automatu. Když se

dou dotazů a nejasností okolo displejů. To mě přimělo k napsání tohoto článku.

2 Využití znakových LCD displejů

Každý konstruktér jednou stane před potřebou, aby jeho zařízení informovalo svého uživatele o aktuálním stavu řízeného procesu a možnostech volby dalšího postupu. Pokud to chce vyřešit jednoduše a elegantně, rozhodne se pro použití maticového LC displeje (LCD modulu). Pak je třeba důkladně se seznámit s ovládním LCD, tzn. s jeho řadičem, s nastavením kontrastu a možnostmi podsvětlení displeje pro snadnou čitelnost za šera či ve tmě.

Připojení LCD maticového displeje k nadřazenému zařízení (MPU)



Obr. 1

u nás koncem 80-tých let LCD maticové displeje objevily, považovali je všichni málem za zázrak techniky a jejich ovládní bylo zahaleno až mysticky. Dnes je situace jiná. Maticové displeje jsou použity pro komunikaci s uživatelem téměř každého zařízení, kde je třeba volit jeho funkci. I tak se ještě dnes při práci v technickém oddělení GM Electronic setkávám s řa-

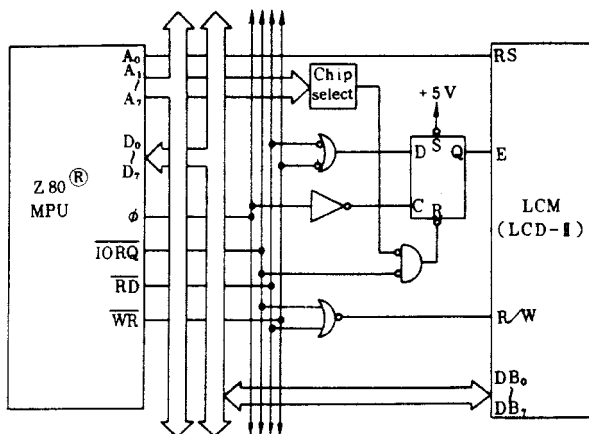
3 Popis displeje

3.1 Řadič HD44780

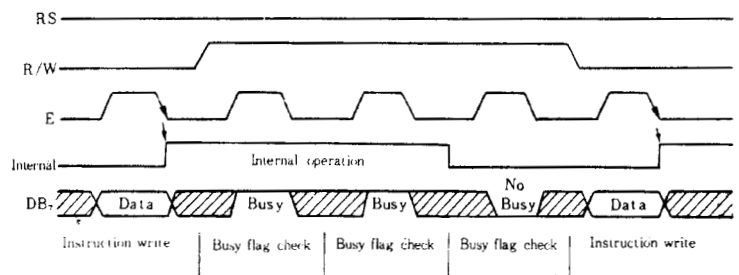
Srdcem maticových LCD displejů je řadič. Řadič je speciální integrovaný obvod, který řídí činnost dalších obvodů, jimž se říká budiče. Ty pak přímo budí jednotlivé segmenty na LCD.

3.1.1 Kompatibilita

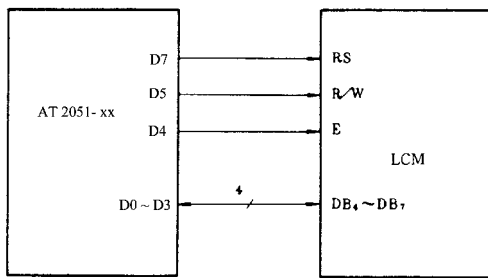
Standardem pro řadiče znakových LCD displejů se stal HD44780 od firmy HITACHI. Proto je prakticky lhostejno od jakého výrobce je vlastní displej. Všichni výrobci používají HD44780 nebo vlastní ekvivalent často integrovaný přímo na



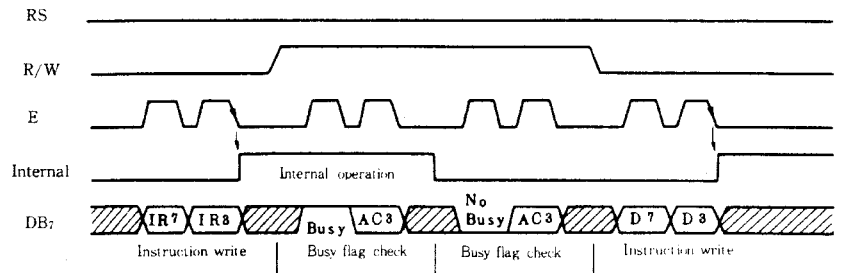
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5

destičce plošného spoje displeje. Navíc je pro dosažení kompatibility stejné i obsazení konektoru (pro odpovídající si displeje), tj. stejné pořadí signálů. To samozřejmě zjednodušuje jak softwarové vybavení zařízení, jež má mít výstup na LC displej, tak i vlastní hardwarové připojení jakéhokoli displeje.

3.1.2 Ovládání

Zařízení komunikuje s řadičem HD44780 přes 8-bitovou obousměrnou datovou sběrnici a řídí činnost LCD pomocí 3 řídicích signálů RS, RW a E. (viz obr. 1).

3.1.3 Popis sběrnice

Datová sběrnice pro připojení řadiče HD44780 může být buď 8-bitová nebo 4-bitová, řadič je ovládán 3 signály RS, RW a E, jejichž funkce je detailně popsána v kapitole 3.1.4. Délka sběrnice se nastavuje při inicializaci displeje (kapitola 3.1.5). Volba 4 nebo 8-bitové sběrnice se řídí strukturou nadřazeného systému a počtem volných I/O linek. V praxi jsou obvyklé dva hlavní typy nadřazených systémů:

1. Mikroprocesor – Z80, M68xx ap.; k dispozici je datová i adresová sběrnice a řídicí signály procesoru. V tomto případě je výhodnější zapojení s 8-bitovou společnou datovou sběrnici. Řídicí signály RS, RW a E je možno generovat hardwarově z řídicích signálů procesoru (viz obr. 2). Průběhy signálů RS, RW, E a sběrnice jsou na obr. 3.

2. Mikrokontroler – řada 51, AT89xx, PIC16xx, PIC12xx ap.; k dispozici je pouze omezený počet I/O linek, řídicí signály nejsou k dispozici. Tady se jeví efektivnější použít zapojení podle obr. 4. Pro datovou sběrnici jsou využity spodní 4 bity portu a horní 3 bity lze použít pro řídicí signály. Potřebujeme tedy 7 I/O linek, což je např. kompletně použitá brána P3 u procesoru AT2051 (viz obr. 4). V tomto případě musíme řídicí signály řadiče generovat softwarově, což ale nevádí, neboť pro mikrokontrolery je typické, že část portu je nastavena jako výstup, část jako vstup. To je nutné pro operaci čtení z řadiče HD44780. Pokud nepotřebujeme z HD44780 číst a testovat bit BF, pak můžeme vstup RW = 0 nastavit napevno. Teď už potřebujeme jen 6 linek I/O a můžeme použít i 8-nožičkový PIC12xx, který má pochopitelně jen 6 linek I/O (viz obr. 6).

Samozřejmě, že 8-bitové slovo je v případě použití 4-bitové sběrnice přenášeno do řadiče HD44780 nadvakrát, nejprve vyšší polovina (DB7...DB4) a pak nižší (DB3...DB0). Průběhy signálů RS, RW, E a sběrnice jsou na obr. 5.

Nyní se tedy seznámíme s obsazením konektoru displeje a s přesným významem jednotlivých signálů. Podotýkám ještě jednou: toto pořadí signálů je shodné pro různé výrobce. Důvodem je kompatibilita.

3.1.4 Instrukce řadiče HD44780

Na obr. 9. je blokové schéma řadiče HD44780. Z něj je vidět, že instrukční registr (IR) a datový registr řadiče (DR) mohou být přímo řízeny přes datovou sběrnici (DB) nadřazeným procesorem (MPU). Před zahájením interní operace je řídicí informace ze sběrnice uložena do těchto registrů. To umožňuje řadiči HD44780 spolupracovat s různými typy MPU. Interní ope-

race je determinovaná daty z MPU včetně řídicích signálů RS, RW. Signál E časuje okamžik přenosu dat mezi DB a řadičem.

V tab. 2 jsou přehledně popsány všechny instrukce pro řadič HD44780. Jak je z této tabulky vidět, slouží sběrnice k předávání instrukcí do řadiče, k zápisu dat do vnitřní paměti DD či CG a ke čtení dat z DD či CG. Navíc umožňuje i čtení aktuálně nastavené adresy a příznaku BF.

3.1.5 Inicializace

3.1.5.1 Vnitřní reset

Obvod HD44780 je vybaven vnitřními resetovacími obvody, které automaticky řadič zresetují po náběhu napájecího napětí. Při inicializaci jsou provedeny následující instrukce:

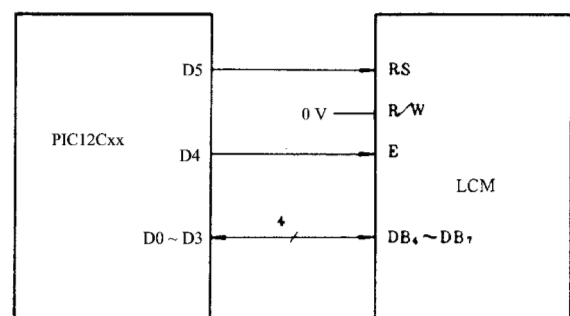
- 1) smazání displeje
- 2) nastavení funkce:
 - sběrnice = 8 bitů (DL = 1), počet řádek = 1 (N = 0), font = 5 × 7 bodů (F = 0)
- 3) nastavení displeje: vypnutí displeje (D = 0), vypnutí kurzoru (C = 0), vypnutí blikání (B = 0)
- 4) nastavení módu (režimu) displeje: inkrementace (ID = 1), vypnutí posunu displeje (S = 0).

Pozor, tento inicializační proces proběhne úspěšně, pokud doba náběhu V_{DD} z 0,2 V na 4,5 V je rozsahu 0,1 ms až 10 ms, pokles V_{DD} pod 0,2 V je vždy delší než 1 ms. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, interní reset nefunguje správně. Příznak BF = 1 dokud není inicializace ukončena. Inicializace trvá přibližně 10 ms po náběhu V_{DD} na 4,5 V.

3.1.5.2 Programový reset

Pokud náběh napájení neuspokojuje podmínky pro správný vnitřní reset je doporučen reset programový podle následujících instrukcí. (Viz tab. 3)

Tuto sekvenci vřele doporučuji provést hned na počátku programu, který má maticový znakový displej ovládat. Ušetří to pozdější potíže s komunikací při pomalejším náběhu napájecího napětí.



Obr. 6

pin:	signál:	funkce pinu:	popis
1	V _{SS}	zemní potenciál	0V(GND)
2	V _{DD}	napájení řadiče	+5V (+4,5V ... +5,5V)
3	V _O	řízení kontrastu	napětí mezi 0V ... +5V
4	RS	Register Select	výběr registru instrukcí RS=0 / dat RS=1
5	RW	Read/Write	nastavení čtení RW=1 / zápisu RW=0
6	E	Enable	signál povolení přenosu (sestupná hrana)
7	DB0	datová sběrnice bit 0	
8	DB1	datová sběrnice bit 1	
9	DB2	datová sběrnice bit 2	
10	DB3	datová sběrnice bit 3	
11	DB4	datová sběrnice bit 4	
12	DB5	datová sběrnice bit 5	
13	DB6	datová sběrnice bit 6	
14	DB7	datová sběrnice bit 7	
15	LED(+)	podsvětlení +	(+4,5V ... +5,5V), může být V _{DD}
16	LED(-)	podsvětlení -	(0V, může být V _{SS})

Tab. 1

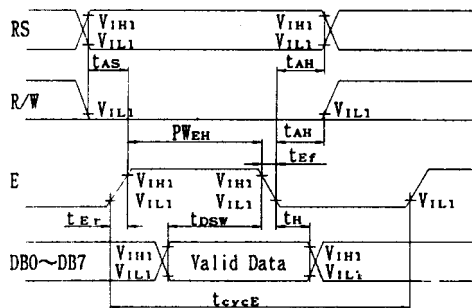
Signál RS slouží k rozlišení zda do řadiče HD44780 zapisujeme řídicí instrukci (RS = 0) či data (RS = 1).

Signál RW přepíná čtení (pro RW = 1) a zápis (pro RW = 0).

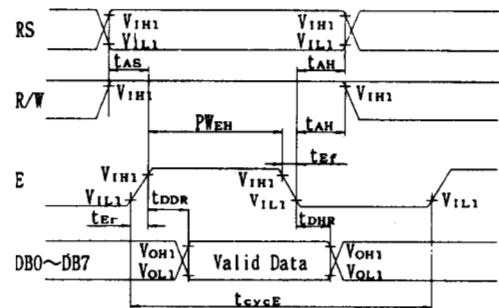
Sestupná hrana signálu E provede přesun dat do HD44780.

Piny 15 a 16 jsou obsazeny jen na displejích s podsvětlením, na displejích bez něj nejsou někdy vyvedeny.

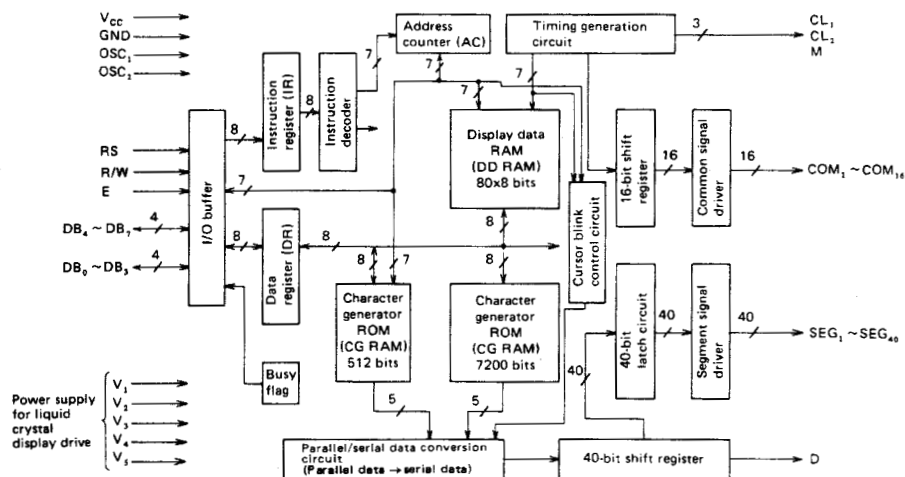
Ať už tedy použijeme pro připojení 4 nebo 8-bitovou sběrnici, musí průběhy signálů RS, RW a E odpovídat při zápisu obr. 7 a při čtení obr. 8. Co je podstatné na tomto obrázku? Dodržet dobu cyklu $t_{\text{cycE}} > 1\ 000\ \text{ns}$ a předtím dat před sestupnou hranou ENABLE pulzu $t_{\text{DSW}} > 195\ \text{ns}$ a při čtení navíc pamatovat na to, že platná data jsou na sběrnici až za čas $t_{\text{DDR}} > 320\ \text{ns}$ po náběžné hraně ENABLE pulzu.



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9

instrukce	řídící bity a kód instrukce RS RW 7 6 5 4 3 2 1 0	popis	doba provedení instrukce při fint=250kHz
vymaž displej	0 0 0 0 0 0 0 0 1	vymaže celá displej a nastaví adresu DD RAM na 0	1,64ms
návrat	0 0 0 0 0 0 0 1 *	nastaví adresu DD RAM na 0, obsah beze změny, posune displej do původní pozice	1,64ms
nastavení módu vstupu dat	0 0 0 0 0 0 1 ID S	nastavení pohybu kurzoru bit ID nastavení posuvu displeje bit S	40us
nastavení módu displeje	0 0 0 0 0 1 D C B	zapnutí / vypnutí displeje bit D zapnutí / vypnutí kurzoru bit C blikání znaku na kurzoru bit B	40us
posuv kurzoru nebo displeje	0 0 0 0 0 1 SC RL **	posun kurzoru či displeje bit SC směr posuvu bit RL	40us
funkce displeje	0 0 0 0 1 DL N F **	nastavení 4/8bit sběrnice bit DL nastavení počtu řádek bit N nastavení fontu znaků bit F	40us
nastavení adresy CG RAM	0 0 0 1 A A A A A A	nastavení adresy CG RAM (6 bitů)	40us
nastavení adresy DD RAM	0 0 1 A A A A A A A	nastavení adresy DD RAM (7 bitů)	40us
čtení adresy a bitu BF	0 1 BF A A A A A A A	BF=1 indikuje probíhající instrukci (BF a 7 bitů adresy)	
zápis dat do CG nebo do DD RAM	1 0 D D D D D D D D	zápis dat ze sběrnice do CG RAM nebo DD RAM	40us
čtení dat z CG nebo z DD RAM	1 1 D D D D D D D D	čtení dat z paměti CG RAM nebo z DD RAM	40us

Tab. 2

vysvětlivky:

CG RAM je paměť znakového generátoru (tedy paměť fontů),
 DD RAM je paměť displeje, z ní jsou dle příslušné mapy zobrazeny příslušné adresy
 ID=1 po zápisu na určitou adresu v DD RAM (nebo i GG RAM) je ukazatel adresy inkrementován
 ID=0 po zápisu na určitou adresu v DD RAM (nebo i GG RAM) je ukazatel adresy dekrementován
 S=1 nastaví posun celého displeje po zapsání (směr posuvu je určen bitem ID)
 S=0 nastaví posun kurzoru po zapsání (směr posuvu je určen bitem ID)
 SC=1 posunutí displeje (bez zápisu)
 SC=0 posunutí kurzoru (bez zápisu)
 RL=1 nastavení směru posuvu doprava
 RL=0 nastavení směru posuvu doleva
 DL=1 nastavení datové sběrnice na 8-bitů (tj. DB7,.....,DB0)
 DL=0 nastavení datové sběrnice na 4-bity (tj. DB7,.....,DB4)
 F=1 nastaví výběr znaků z fontu 5x10 bodů
 F=0 nastaví výběr znaků z fontu 5x7 bodů, u většiny běžných displejů
 N=1 nastavení počtu řádek na 2 nebo 4
 N=0 nastavení počtu řádek na 1

Pozor: tady bych chtěl podotknout, že některé jednořádkové displeje, např.: SHARP LM16155, TIANMA TM161A nebo EVERBOUQUET MC1601A je třeba nastavit jako 2-řádkové a znaky na pozicích 9 až 16 adresovat podle mapy obsazení zobrazovaných adres pro daný displej. Po interním RESETU je N=0!

BF=1 je příznak probíhajícího provádění vnitřní instrukce, v této době nesmíme na řadiči posílat další instrukce zápisu nebo dojde k chybě a displej je třeba resetovat

na řadiči je možno posílat další instrukci

Pozor: testování provádíme podle obr.:3, urychlí to zápis na displej

* nastavení bitu nerozhoduje (tzn. funkce se shodná pro 0 i 1)

fint je frekvence vnitřního oscilátoru řadiče, bývá nastavena na fint=250kHz, tomu odpovídá čas provedení instrukce.

3.1.6 Zápis na displej

Po inicializaci displeje můžeme začít s vlastním zápisem na displej. Nejprve zvolíme režim, ve kterém budeme data vkládat funkcí "mód vstupu", zapneme displej funkcí "mód displeje". Pak nastavíme adresu DD RAM podle mapy přiřazení na první pozici, kam budeme psát. Nyní už zapíšeme první znak, adresa DD RAM se automaticky inkrementuje nebo dekrementuje podle nastavení bitu ID a můžeme zapsat další znak. Řadič HD44780 má celkem 80 adres DD RAM, jejich zobrazení na LCD je popsáno konkrétní mapou přiřazení náležící ke konkrétnímu displeji.

3.1.7 Znaková sada

Znaková sada (font) je uložena ve znakovém generátoru. Je to vlastně paměť, která má dvě části. Větší část CG je typu ROM; má velikost 7 200 bitů a obsahuje napevno nastavené znaky abecedy Latin a japonské abecedy – celkem 248 znaků. Meší část CG je typu RWM; má 512 bitů a je do ní možno uložit 8 vlastních znaků.

Celý znakový generátor má tedy 256 pozic, které jsou jednoznačně reprezentovány svojí osmibitovou adresou v CG RAM. Důležitá vlastnost CG RAM je, že adresa znaku Latin odpovídá jeho ASCII kódu. To ulehčí práci při zápisu na displej, protože každý ASCII znak je interpretován jako jeho pozice v CG RAM.

3.1.8 Vlastní znaky

Při psaní zpráv je často pro srozumitelnost nutno použít znaků s diakritikou nebo speciálních symbolů. K tomu slouží 8 znaků definovaných uživatelem. Jejich umístění v CG RAM je na začátku adresového prostoru na pozicích 0 až 8. Uživatelský znak definujeme zápisem příslušných dat do jeho paměťového prostoru. Tvorbu vlastního znaku a souvislost mezi kódem znaku, adresou znaku v CG RAM a daty v CG RAM nejlépe popisuje tab. 4.

Z tabulky je vidět, že znaku s kódem 0 (nula) zapsanému do DD RAM odpovídá ve znakovém generátoru adresa 0. Jsou to horní 3 bity adresy CG, spodní 3 bity adresují jednotlivá slova znaku. Každé slovo reprezentuje jeden řádek znaku, kde

8-bitová sběrnice	4-bitová sběrnice	popis funkce a poznámky
	náběh napájecího napětí	
	čekání >15ms	
RS RW 7 6 5 4 3 2 1 0 0 0 0 0 1 1 * * * *	RS RW 7 6 5 4 0 0 0 0 1 1	BF nelze testovat nastaveno 8-bit. sběrnice
	čekání >4.1ms	
RS RW 7 6 5 4 3 2 1 0 0 0 0 0 1 1 * * * *	RS RW 7 6 5 4 0 0 0 0 1 1	nastaveno 8-bit. sběrnice
	čekání >100us	
RS RW 7 6 5 4 3 2 1 0 0 0 0 0 1 1 * * * *	RS RW 7 6 5 4 0 0 0 0 1 1	BF nelze testovat nastaveno 8-bit. sběrnice
		po provedení následující instrukce už lze testovat bit BF
RS RW 7 6 5 4 3 2 1 0 0 0 0 0 1 1 N F * *	RS RW 7 6 5 4 0 0 0 0 1 0 0 0 N F * *	nastavení délky sběrnice počtu řádek a fontu
0 0 0 0 0 0 1 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0	vypnutí displeje
0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1	zapnutí displeje
0 0 0 0 0 0 0 1 I D S	0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 I D S	nastavení módu vstupu dat
	konec inicializace	

Tab. 3

je 0, tam displej nesvítí, kde je 1 tam příslušný bod svítí. Font 5x7 bodů má 7řádek a ještě jeden kurzorový řádek takže celý znak je definován v 8 řádcích a tomu odpovídá 8byťů. Protože v řádku je 5 bodů, je platných jen 5 nižších bitů. Na LCD displeji pak tento znak představuje "á". Obdobně můžeme nadefinovat dalších 7 znaků na adresách 1 až 7. Obvykle nastavíme inkrementaci adresy ID = 1, nejnižší adresu příslušného znaku v CG RAM a pak postupně zapíšeme všech 8 byte. Česká abeceda však oplývá znaky s diakritikou a tak to nestačí. Pokud nepotřebujeme zobrazit všechny tyto znaky na LCD současně, vypomůžeme si dynamickým definováním znaků dle potřeby. Pokud však daný znak předdefinujeme, změní se samozřejmě na všech pozicích displeje, kde je zobrazen.

3.2 Velikost displeje

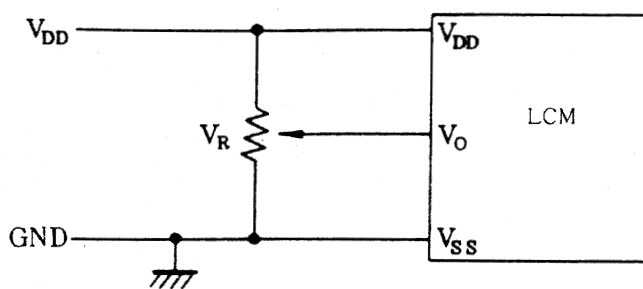
Velikost displeje volíme dle délky zpráv či složitosti menu, které potřebujeme zobrazit. Typické velikosti displejů jsou 16 x 1, 16 x 2, 16 x 4, 20 x 2, 20 x 4, 40 x 2 řádky s jedním řadičem a 40 x 4 se dvěma řadiči HD44780. Obvyklá velikost znaku je 5,56 x 2,95 mm včetně kurzoru, případně dvojnásobná - 9,66 x 4,84 mm (např.: MC1602J-SYx, od Everbouquet).

3.3 Kontrast

Pro správné nastavení kontrastu LCD je třeba na pinu V_O nastavit napětí mezi 0 V a V_{DD}. K tomu dobře poslouží základní zapojení podle obr. 10. Pokud chceme eliminovat vliv teploty

kód znaku při zápisu	adresa znaku	data v CG RAM
bit 7 6 5 4 3 2 1 0	bit 5 4 3 2 1 0	bit 7 6 5 4 3 2 1 0
- 0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 0 0	*** 0 0 0 0 1
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 0 1	*** 0 0 0 1 0
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 1 0	*** 0 1 1 1 0
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 0 1 1	*** 0 0 0 0 1
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 1 0 0	*** 0 1 1 1 1
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 1 0 1	*** 1 0 0 0 1
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 1 1 0	*** 0 1 1 1 1
0 0 0 0 * 0 0 0	0 0 0 1 1 1	*** 0 0 0 0 0

Tab. 4

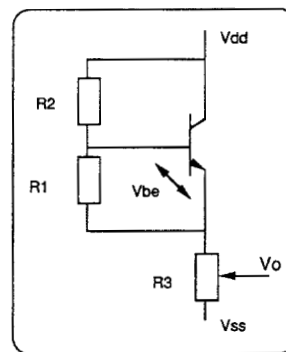


Obr. 10

na nastavení kontrastu LCD, musíme brát v úvahu i teplotní koeficient napětí V_O, který je pro většinu displejů okolo -14 mV/K. V zapojení podle obrázku obr. 11 využijeme teplotního koeficientu k_{be} = -2 mV / K napětí přechodu báze-emitor V_{be} = 0,7 V, potom volíme R₂ = 6 x R₁, pak je na tranzistoru napětí V_{ce} = 4,9 V s teplotním koeficientem právě k_{ce} -14 mV / K. Trimrem R₃ pak jemně nastavíme napětí V_O.

3.4 Podsvětlení

Displej s podsvětlením volíme pro aplikace, kde není vždy zajištěna dostatečná úroveň vnějšího osvětlení. Podsvětlení je provedeno pomocí LED. Má napájení oddělené od řadiče, což umožňuje podsvětlení vypínat při dostatečném osvětlení



Obr. 11

a výrazně tak zmenšit spotřebu displeje. V provedení podsvětlení se mohou vyskytnout menší odchylky u různých výrobců - co se týče spotřeby, napájecího napětí, barvy, ale i rovnoměrnosti podsvitu. Je třeba vycházet z firemní dokumentace k danému displeji.

4 Závěrem

Tento článek má za úkol jen stručně seznámit čtenáře s použitím znakových LC displejů. Ke konkrétní aplikaci některého ze široké nabídky těchto displejů bude konstruktér potřebovat ještě technické údaje k vybranému displeji, mapu zobrazení DD RAM, mechanické rozměry a případně i tabulku znaků znakového generátoru. Pokud si vyberete ze sortimentu firem SHARP, EVERBOUQUET nebo PICVUE, je všechna potřebná dokumentace dostupná v technickém oddělení GM Electronic. Jestliže potřebujete pro sériovou výrobu displej na míru, pracovníci tohoto servisu vám rádi odborně poradí.

5 Literatura

I) HITACHI: Liquid Crystal Character Display Modules, 1987, How to use Hitachi's built-in controller driver HD44780 liquid crystal character display

II) EVERBOUQUET: Liquid Crystal Display Module, 1997