

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKACNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

# PŘÍDAVNÝ VÝSTUP NA TEXTOVÝ DISPLEJ PRO KONZOLOVÉ APLIKACE BĚŽÍCÍ NA OSOBNÍCH POČÍTAČÍCH S OPERAČNÍM SYSTEMEM WINDOWS

AUXILIARY OUTPUT TO TEXT-BASED DISPLAY FOR CONSOLE APPLICATIONS RUNNING  
AT PERSONAL COMPUTERS WITH WINDOWS OPERATING SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MGR. PETR SVOBODA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. JIŘÍ SCHIMMEL, PH.D.

BRNO 2008

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Teleinformatika**

**Student:** Svoboda Petr, Mgr.  
**Ročník:** 3

**ID:** 74567  
**Akademický rok:** 2007/08

## NÁZEV TÉMATU:

### **Přídavný výstup na textový displej pro konzolové aplikace běžící na osobních počítačích s operačním systémem Windows**

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte kompaktní modul s jednočipovým mikroprocesorem a grafickým LCD displejem pro zobrazení textových informací přenášených z osobního počítače pomocí univerzálního sériového rozhraní a řídicí software pro tento modul. Modul bude umožňovat napájení z rozhraní USB, zapínání podsvětlení displeje, uložení textů do vyrovnávací paměti a jejich prohlížení pomocí kurzorových kláves. Pro ověření funkce modulu použijte některý volně dostupný program, např. hyperterminál, nebo realizujte jednoduchý program pro platformu 32-bit Windows.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Matoušek, D. Práce s inteligentními displeji LCD. Ben, technická literatura, Praha, 2006., ISBN 80-7300-121-7
- [2] Váňa, V. Mikrokontroléry Atmel AVR, popis procesorů a instrukční soubor. Ben, technická literatura, Praha, 2003. ISBN 80-7300-083-0
- [3] Matoušek, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR, 2. vydání. Ben, technická literatura, Praha, 2006. ISBN 80-7300-209-4.
- [4] Gook, M. Hardwarová rozhraní, průvodce programátora. Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1019-2

**Termín zadání:** 11.2.2008

**Termín odevzdání:** 4.6.2008

**Vedoucí projektu:** Ing. Jiří Schimmel, Ph.D.

  
**prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.**  
předseda oborové rady



#### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

# LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

## 1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Mgr.Petr Svoboda  
Bytem: Mendlovo náměstí 7, 603 00, Brno – Staré Brno  
Narozen/a (datum a místo): 15.10.1968, Brno

(dále jen „autor“)

a

## 2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
se sídlem Údolní 244/53, 602 00, Brno  
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:  
prof. Ing. Kamil Vrba, CSc.  
(dále jen „nabyvatel“)

### Čl. 1

#### Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):
- disertační práce
  - diplomová práce
  - bakalářská práce
  - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako .....
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP:	Přídavný výstup na textový displej pro konzolové aplikace běžící na osobních počítačích s operačním systémem Windows
Vedoucí/ školitel VŠKP:	Ing. Jiří Schimmel, PhD.
Ústav:	Ústav telekomunikací
Datum obhajoby VŠKP:	

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v\*:

- tištěné formě – počet exemplářů 1
- elektronické formě – počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

\* hodící se zaškrtněte

## **Článek 2**

### **Udělení licenčního oprávnění**

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
  - ihned po uzavření této smlouvy
  - 1 rok po uzavření této smlouvy
  - 3 roky po uzavření této smlouvy
  - 5 let po uzavření této smlouvy
  - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

## **Článek 3**

### **Závěrečná ustanovení**

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: .....

.....  
Nabyvatel

.....  
Autor

## **Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací kompaktního modulu s jednočipovým mikrokontrolérem a grafickým LCD displejem, který plní funkci alternativního zobrazovacího zařízení pro počítačové embedded systémy, kde není nutné nebo vhodné použít grafickou kartu a VGA či jiný displej s vysokým rozlišením. Realizovaný modul přijímá data textového výstupu libovolné aplikace z osobního počítače pomocí univerzálního sériového rozhraní nebo sériového portu RS232. Přijatá data následně zobrazí na grafickém LCD displeji a uchová do dočasné paměti mikrokontroléru. Modul může být napájen z rozhraní USB nebo ze zdroje počítače.

## **Klíčová slova:**

LCD, ovládání LCD, řídicí mikroprocesor, řízení LCD po USB, terminálový výstup.

## **Anotace - anglicky**

This Bachelor's thesis deals with a design and realization of compact module with a single-chip microcontroller and graphics LCD display as alternative display equipment for embedded computer, in which a video card and VGA or another high resolution display is not necessary or acceptable. The realized module receives data from text output of any application running on personal computer via universal serial bus or RS232 interface. Then the received data are displayed in the LCD and saved into temporary memory of the microcontroller. The module can be supplied using USB interface or power supply of the computer.

## **Klíčová slova – anglicky**

LCD, LCD control, control microprocessor, LCD control using USB, Terminal Output.

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Přídavný výstup na textový displej pro konzolové aplikace běžící na osobních počítačích s operačním systémem Windows“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení §152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne .....

.....

podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Schimmelovi, Ph.D. za trpělivost, vstřícný přístup a cenné rady a při vypracovávání bakalářské práce.

Také děkuji celé své rodině předně své paní, již patří největší zásluha a dík za umožnění vytvoření nejen této práce, ale i absolvování studia samotného.

## Přehled zkratk

ASCII	American Standard Code for Information Interchange (Americký standardní kód pro výměnu informací)
AVR	Advanced Virtual RISC (označení pro rodinu 8-bitových RISC mikroprocesorů)
CCFL	Cold Cathode Fluorescent Lamp (fluorescenční zdroje světla se studenou katodou)
CG RAM	Character Generator RAM (znakový generátor RAM)
CR/LF	Carriage Return/Line Feed („návrat vozíku/posun o řádek“, posun kurzoru na začátek následujícího řádku)
DIL	Dual In Line (pouzdro s vývody ve 2 řadách upevňované skrze desku plošných spojů)
DIL28	Dual In Line 28 (pouzdro DIL se 24 vývody)
DPS	Deska plošných spojů
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (též E <sup>2</sup> PROM, elektricky mazatelná semipermanentní paměť typu ROM-RAM)
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory (ultrafialovým zářením mazatelná semipermanentní paměť typu ROM-RAM)
FIFO	First In, First Out (též roura, abstraktní datový typ Fronta: „První dovnitř, první ven“)
FLASH	Elektricky programovatelná semipermanentní paměť typu RAM
FPGA	Field-Programmable Gate Array (programovatelné pole logických prvků)
FSTN	Film Super Twisted Nematic (typ monochromatického pasivního maticového LCD)
FTDI	Future Technology Devices International Ltd. (výrobce integrovaných obvodů)
I2C	Inter-Integrated Circuit (multi-masterová počítačová sériová sběrnice)
IDLE	Stav procesoru, kdy není vykonáván žádný program
ISP	In-System Programming (schopnost programování již nainstalovaných logických zařízení a mikrokontrolérů)
JTAG	Joint Test Action Group (standard dle normy IEEE 1149.1)
LCD	Liquid crystal display (Displej z tekutých krystalů)
LED	light-emitting diode (Elektroluminiscenční dioda)
MIPS	Million instructions per second (jednotka udávající počet milionů vykonaných instrukcí za sekundu)
NE2000	Produktová řada síťových karet firmy Novel do sběrnice ISA
OEM	Original Equipment Manufacturer (obchodní termín pro obchodníka, který prodává pod svou značkou jen pro něj vyrobený výrobek)
PID	Product ID (identifikace USB zařízení)
PWM	Pulse-width modulation (pulzně šířková modulace)
RAM	Random-Access Memory (paměť s náhodným přístupem)
RISC	Reduced Instruction Set Computer (procesor s redukovanou instrukční sadou)
RS232	Recommended Standard 232 (počítačový sériový port)
SPI	Serial Peripheral Interface Bus (sériové synchronní datové rozhraní)
SRAM	Static Random Access Memory (musí být napájeny, používají bistabilní klopny obvod)



SSOP	Shrink small-outline package (typ pouzdra integrovaných obvodů pro povrchovou montáž)
STN	Super Twisted Nematic (typ monochromatického pasivního maticového LCD)
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol (transportní protokol na IP síťové vrstvě)
TFT	Thin-Film Transistors (typ aktivního maticového LCD)
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (Asynchronní sériové rozhraní)
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter (Synchronní a asynchronní sériové rozhraní)
USB	Universal Serial Bus (univerzální sériová sběrnice)
VID	Vendor ID (identifikace výrobce USB zařízení)

# Obsah

Obsah .....	1
1 Úvod.....	3
2 LCD displeje .....	4
2.1 LCD displeje obecně.....	4
2.2 Grafické LCD s rozlišením 128 x 64 bodů .....	6
2.3 Grafické LCD s rozlišením od 128 x 64 do 240 x 128 bodů .....	7
2.4 Výběr vhodného LCD displeje.....	7
3 Posouzení a výběr mikrokontroléru .....	10
3.1 Stručná charakteristika osmibitových mikrokontrolérů AVR firmy Atmel....	10
3.2 Mikrokontrolér ATmega32 .....	11
4 Návrh komunikace .....	15
4.1 Převodník rozhraní RS232-USB .....	16
5 Programování mikrokontroléru.....	18
6 Funkční kód mikrokontroléru .....	19
6.1 Vývojové prostředí.....	19
6.2 Popis zdrojového kódu.....	20
7 Napájení .....	22
8 Mechanická konstrukce.....	23
9 Závěr .....	25
10 Seznam použité literatury.....	26
11 Seznam příloh.....	28

## Seznam obrázků

Obr. 1 Řízení kontrastu .....	9
Obr. 2 Mechanické rozměry grafického displeje .....	9
Obr. 3 Přehled řad mikrokontrolérů firmy Atmel .....	10
Obr. 4 Popis vývodů ATmega32 .....	12
Obr. 5 Blokové schéma možné komunikace PC s LCD .....	15
Obr. 6 Zapojení vývodů FT232R v pouzdře SSOP .....	17
Obr. 7 Vývojový diagramového kódu pro mikrokontrolér .....	19
Obr. 8 Čelní pohled na modul přídatného výstupu .....	23
Obr. 9 Pohled na distanční sloupky a propojení tlačítkového DPS .....	24
Obr. 10 Pohled na stranu spojů modulu .....	24

## Seznam tabulek

Tab. 1 Popis vývodů LCD modulu MG2406F .....	8
--	---

# 1 Úvod

Úkolem bakalářské práce je navázání na předchozí semestrální práci zabývající se návrhem přídatného výstupu na LCD displej k osobním počítačům s operačními systémy MS Windows ovládaného z konzolové aplikace. Případná hodnota bakalářské práce pak spočívá zejména ve fyzické realizaci předmětného díla. Úvodní teoretické kapitoly po drobných úpravách byly převzaty ze semestrální práce s ohledem na zapracování konkrétních požadavků. Nastíněné obecné varianty řešení byly proto vypuštěny jako nesouvisející přímo se zadáním. Celá práce je rozdělena na jednotlivé části seznámení a návrhu realizace. Nejdříve je provedena orientace mezi dostupnými grafickými LCD displeji (Liquid Crystal Display – Displej z tekutých krystalů), způsobem jejich řízení, atd. Na základě posouzení jejich parametrů a vlastností, je pak vybrán vhodný typ LCD displeje. Na jeho základě je provedena volba nejvhodnějšího jednočipového mikrokontroléru. Ten je posuzován jak z hlediska dostatečnosti vzhledem výsledné aplikaci, tak vzhledem k jednoduchosti a celkové úspoře místa i nákladů. Návrh zapojení, vykreslení schématu a návrh desky plošných spojů předchází závěrečnému vytvoření softwarového kódu otevřeného pro případný další vývoj. Součástí úlohy je také výběr a nastudování odpovídajícího vývojového prostředí v závislosti na mikrokontroléru a vývoj předmětné aplikace v něm, orientace ve výběru vhodného dodavatele (výrobce) desky plošných spojů, osazení a oživení předmětného díla.

## 2 LCD displeje

Vynález LCD displejů tkví v objevu tekutých krystalů. Počátky se datují do poloviny 19. století a připisují se vědcům Virchow, Mettenheimer a Valentin v souvislosti s pozorováním nervového vlákna ve vodě. Tekutými krystaly bývá nazývána organická látka, vyskytující se v jakési mezifázi (mezi pevným a kapalným skupenstvím), přičemž její molekuly se nazývají mesogeny. Ty jsou většinou dlouhé, úzké a elektricky neutrální, ale tvoří dipól (jedna část molekuly má kladný náboj a druhá část záporný). Odlišná fáze mezi pevným a kapalným stavem byla pojmenována kapalnou krystalickou fází (liquid crystalline phases) nebo také mesofází (mesophases) a má vlastnosti kapalné i pevné fáze. Přestože je tekutá jako kapalina, má optické a elektromagnetické vlastnosti jako pevná látka. Elektrickým polem orientovatelné uspořádání krystalů (díky dipólům) vytváří změnu polarizace procházejícího světla. To je pak technicky zajištěno pomocí dvou na okrajích zatavených skleněných destiček nanesenými množstvím vrstev a technologických úprav, jak pro správnou polarizaci procházejícího světla, tak i pro uspořádání krystalů do sloupců, řad či obrazců.

### 2.1 LCD displeje obecně

LCD displeje obecně můžeme dělit dle mnoha parametrů, mezi ty nejvýznamnější patří:

- způsob zobrazování (textové a grafické),
- velikost (počet zobrazených znaků, rozlišení),
- technologie výroby (STN, FSTN),
- způsob podsvícení (LED, CCFL výbojka),
- užitý řadič,
- rozsah pracovních teplotních rozsahů,
- černobílé, barevné.

Kategorie malých LCD displejů je osazena komunikačními řadiči. Tyto řadiče bývají většinou navrženy tak, aby mohly být přímo připojeny na datovou osmibitovou sběrnici mikrokontroléru.

Textové se nejběžněji vyrábí jako jedno- a víceřádkové s různou délkou (16x1, 16x2, 16x3, 16x4, ...). Bývají osazovány řadiči Hitachi HD44780 [16]. Kromě napájecích vývodů a podsvětlení se nejčastěji zapojují čtyři datové (db4-db7), řídicí příkaz/data RS, synchronizační S a stavový čtení/zápis RW. Příkladem může být textový LCD displej od firmy Powertip 1602-L [17]. Textové LCD displeje této kategorie se pohybují v cenové relaci od cca 150,- Kč vč. DPH.

Textové LCD jsou zpravidla vyrobeny levnější technologií STN (Super Twisted Nematic) [1].

Naproti tomu modernější technologie FSTN (Film Super Twisted Nematic) [1] nabízí mnohem větší kontrast (při mírně vyšších nákladech). Tento přehled je omezen na černobílé zobrazení, kde je téměř černý nebo temně modrofialový bod umístěn na bílém podsvíceném podkladu.

Podsvícení může být se žlutozelenými diodami LED. Výhodou je jednoduché napájení a regulovatelný jas. Nevýhodou naopak vysoký odběr, menší jas podsvícení a menší kontrast zobrazení. Tyto nevýhody lze potlačit s užitím vysoce svítivých bílých LED. Životnost podsvícení s LED je cca 100.000 hodin.

Nejvyššího jasu podsvícení a kontrastu se dosáhne použitím CCFL výbojky (Cold Cathode Fluorescent Lamp - fluorescenční zdroje světla se studenou katodou), která svítí zářivě bíle. Nezbytností je použití napěťového invertoru. Právě kombinací FSTN technologie a CCFL podsvícení lze dosáhnout nejkontrastnějšího zobrazení. Životnost podsvícení je asi 20.000 hodin.

Posledním méně používaným způsobem podsvícení je elektroluminescenční folie, která pro svou funkci vyžaduje rovněž napěťový inverter. Nevýhodou je poměrně malá životnost a navíc jas neustále klesá – po 3 až 5 tisících provozních hodinách asi na polovinu.

Užité řadiče se v zásadě vztahují k typu, velikosti či rozlišení displeje. Ty nejběžnější jsou zmíněny právě u jednotlivých typů.

Výrobní standardy ustálily odolnost součástek ve dvou teplotních kategoriích a to komerční (cca 0 až 50 °C) a průmyslovou (-20 až 70 °C). Při nižších teplotách se LCD displeje zpomalují až zcela zamrzou (příkladem může být kalkulačka či mobilní telefon v tašce v zimním období), čímž se většinou nezničí. Naopak při vyšších teplotách klesá displejům kontrast až postupně zčernají.

Stále rozšířenější jsou grafické LCD displeje, které v aplikacích pomalu vytlačují textové. Jejich rozlišení se pohybuje v rozsahu od 97 x 32 bodů až po VGA 640 x 480. Většinou neobsahují znakovou sadu, která se pak musí externě vytvořit a nadefinovat. Displeje mají vlastní paměť pro uložení znakové sady a zejména pro zobrazované informace. Ty jsou v zásadě prezentované jako bity, jejichž hodnota je odvislá od informace viditelnosti. Jak bylo již zmíněno, jejich rozlišení (i velikost) je přímo svázána s integrovaným řadičem pro jeho ovládání, a proto je i z technického hlediska nepřínosnější se držet tohoto rozdělení. Z důvodů ekonomiky údajně existují i displeje bez řadičů, ale ty jsem v žádné tuzemské nabídce nenalezl. Celkem vzato běžně dostupná nabídka obecně grafických LCD displejů není nijak široká a v zásadě se omezuje na rozlišení 128 x 64, 128 x 128, 240 x 64 příp. 240 x 128 bodů. Vyšší rozlišení dokáže adresovat jen řadič od firmy Epson a OKI od 320 x 240 bodů a vyšší. Jeho ovládání je podobné řadiči Toshiba, který je popsán podrobněji níže. Z důvodu malé dostupnosti na tuzemském trhu a omezeného rozsahu této práce se těmito řadiči dále nezabývám. S ohledem na cenu jsou displeje s těmito řadiči předurčeny spíše komerční sféře.

## **2.2 Grafické LCD s rozlišením 128 x 64 bodů**

Používají nejčastěji řadič firmy (již standardu) Samsung K108 (K107, K0108, SB0108,...). Sběrnice je paralelní osmibitová. Podobně jako u textových LCD jsou nutné ještě vývody E synchronizace, rozlišovač zasílání dat/příkazu RS a stavový RW pro určení čtení/zápisu. Navíc jsou adresovací CS1 a CS2 pro adresaci prostorů (viz dále) a nepovinný RST reset.

Zobrazovací prostor je rozdělen na 64 x 64 bodové prostory (ty se pak dělí na 8 stránek po 64B), tedy v našem případě na 2 a každý má svůj vlastní řadič. S výjimkou adresovacích jsou všechny vývody integrovaných řadičů spojeny paralelně. Logickou 1 na vývodu CS.. se adresují instrukce/data dané oblasti. Touto technikou by bylo možné ovládat libovolně velký displej, ovšem za cenu mnoha drahocenných portů mikrokontroléru. Jako běžné řešení při zapojení s úsporným mikrokontrolérem na paměť jen s jedním LCD je možno znakovou sadu uložit do externí EEPROM.

Grafické LCD displeje této kategorie se pohybují v cenách 500,- až 2000,-Kč vč. DPH.

## 2.3 Grafické LCD s rozlišením od 128 x 64 do 240 x 128 bodů

Bývají osazovány paměti typu RAM až do velikosti 64 kB za účelem ukládání zobrazovaných dat na displeji. Paměť je rozdělena na tři části a to textovou, grafickou a CG RAM (Character Generator – znakový generátor). Tyto grafické LCD používají opět velmi běžný a v této kategorii standardizovaný řadič Toshiba T6963C, který disponuje vlastním znakovým generátorem, a proto je možné jej používat i v textovém režimu. K dispozici jsou fonty velikosti 8x8 nebo 7x5 bodů (Vývod FS = font select). Data/texty se ukládají v textové části RAM. Případné vlastní znaky (bitmapově generované) se ukládají do části CG RAM. Textová a grafická paměťové část se může zobrazovat ve vzájemných logických modech OR, AND nebo EXOR, což právě umožňuje zobrazení (prolínání) grafiky s textem. Při výběru je ovšem nutné hlídat velikost integrované paměti ve vztahu k potřebě dané aplikace. Právě logikou prolínání částí pamětí vyniká inteligence tohoto řadiče. Stejně tak ji využívají řadiče EPSON a OKI LCD displejů vyšších rozlišení zmíněných výše.

Před vlastním ovládním řadiče T6963C je jej nutné nejdříve *inicializovat* a to tak, že po zapnutí napájení se provede RESET alespoň 2  $\mu$ s, a pak se do řadiče zapíše inicializační řetězec. V něm se vyhradzují velikosti pro jednotlivé části paměti: textová, grafická, CG, dále se vybere font pro textovou oblast a nastaví mód zobrazování displeje (výlučný, prolínání atd.). Po inicializaci řadiče se provede vlastní naplnění paměti displeje zobrazovanými daty a následně se tato data zobrazí. Pro aktualizaci zobrazení stačí pouze změnit danou část paměti odpovídající tomuto zobrazení.

Grafické LCD displeje této kategorie se pohybují v cenách 1000,- až 4000,- Kč vč. DPH.

## 2.4 Výběr vhodného LCD displeje

Na základě výše uvedeného porovnání jsem pro danou aplikaci jednoznačně zvolil grafický LCD displej s řadičem T6963C. Inteligence řadiče předčila i v případě modifikace bez znakového generátoru za úlitbu ceně součástky. Vyšší rozlišení a rozměry displeje vzhledem k dané aplikaci jsou neopodstatněné vzhledem k neúměrným finančním nárokům. Dalším důvodem pro je, že má v podstatě stejné



ovládání jako řadiče vyšších rozlišení. Z tohoto důvodu je řešení bez velkých úprav v podstatě kompatibilní.

Z dostupné nabídky jsem vybral model **MG24064F-SGL** firmy Everbouquet co. [10] s rozlišením 240 x 64 bodu, LED podsvětlení, šedé pozadí a s řadičem T6963C kompatibilním. Bohužel se mi kromě níže uvedené tabulky popisu vývodů a mechanických rozměrů nepodařilo obstarat více informací a nedostatek dokumentace se tak stal jeho největší slabostí.

**Tab. 1** Popis vývodů LCD modulu MG24064F (převzato z [10]).

Číslo pinu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Symbol	V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>O</sub>	C/D	RD	WR	DB0	DB1	DB2	DB3
Číslo pinu	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Symbol	DB4	DB5	DB6	DB7	CE	RES	V <sub>EE</sub>	LC	LED(-)	LED(+)

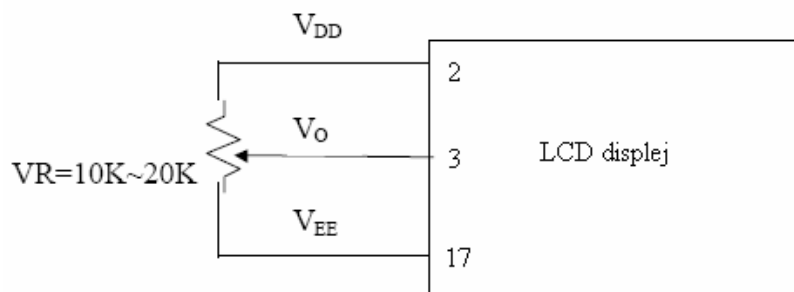
Z obecně známých zkratk význam a funkce jednotlivých vývodů je asi následující:

V <sub>SS</sub>	...	Napájení (Power Supply)(V <sub>SS</sub> = 0) ~ 0V
V <sub>DD</sub>	...	Napájení (Power Supply) (V <sub>DD</sub> > V <sub>SS</sub> ) ~ 5V
V <sub>O</sub>	...	Operační napětí pro LCD (proměnné)
C/D	...	C/D = „H“: přenos příkazu C/D = „L“: přenos dat (směry jsou určovány stavem na vývodu WR)
RD	...	RD=“L“: Čtení z LCD (dat/příkazu)
WR	...	WR=“L“: Zápis do LCD (dat/příkazu)
DB0-DB7	...	Datová sběrnice (Data bus), DB0=MSB, DB7=LSB
CE	...	CE=“L“: LCD je připravený (Chip enable)
RES	...	Reset řadiče (celého LCD)
V <sub>EE</sub>	...	napájení pro řízení LCD (může být proměnné)
LC	...	řízení podsvícení (LED control)

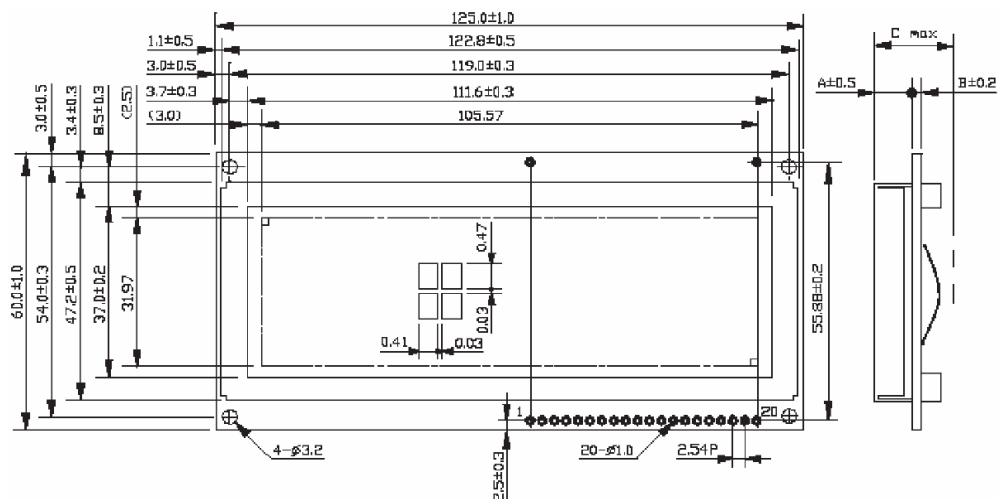
„L“ = logická 0, což bude napěťově odpovídat 0V či spojení na V<sub>SS</sub>.

„H“ = logická 1, což bude napěťově odpovídat 5V či spojení na V<sub>DD</sub>.

Z návrhu vyplývá, že v řízení LCD má stav „H“ obecně význam blokace.



**Obr. 1** Řízení kontrastu.



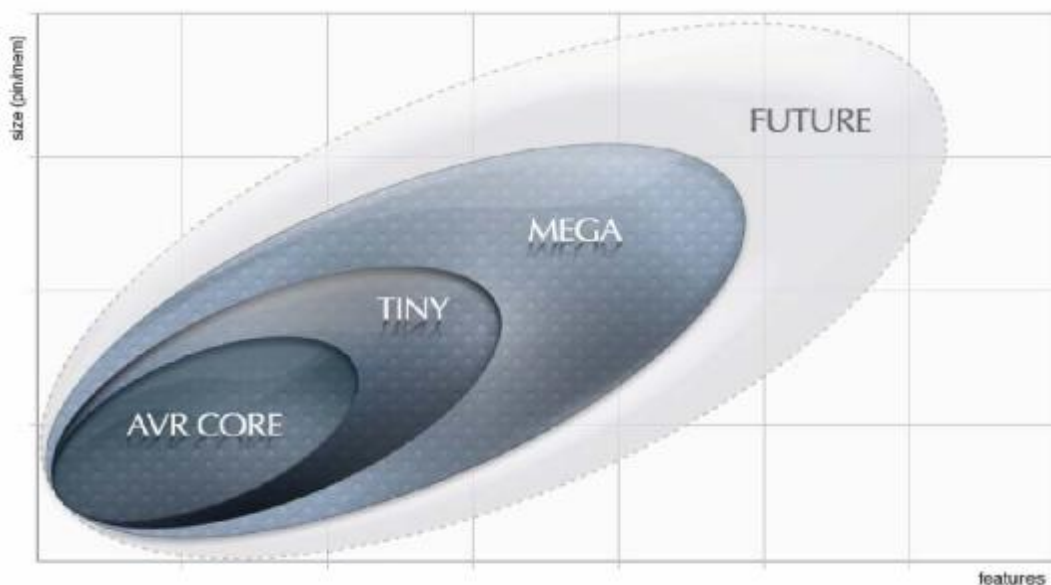
**Obr. 2** Mechanické rozměry grafického displeje. (převzato z [10]).

Technické parametry displeje MG24064F [12]:

Rozlišení:	240 x 64 bodů
Rozměry modulu (š,v,h):	125.0 * 60.0 * 10.0 mm
Viditelná plocha (š,v):	111.6 * 37.0 mm
Velikost bodu (š, v):	0.41 * 0.47 mm
Rozteč bodů (š, v):	0.44 * 0.50 mm
Napájení:	+5V
Hmotnost:	70g
Řadič:	integrovaný SAP1024B (T6963C kompatibilní) pro maticové STN LCD s 1kB ROM (127 fontů o velikosti 8x8 bodů), dalších 256 definovatelných v externí RAM.

### 3 Posouzení a výběr mikrokontroléru

Mezi zavedené výrobce mikrokontrolérů patří na prvním místě osmibitové rodiny 8051 od Intelu a podobně i rodiny 6805 a 68HC11 od Motoroly. V posledních letech je velmi populární PIC rodina od firmy Microchip a AVR rodina od firmy Atmel. Mezi posledními dvěma jsem zvolil mikrokontrolér firmy Atmel a to jak na doporučení, tak z hlediska dostupných nástrojů, knižní podpory, ale také z hlediska nejsnadnějšího seznámení a používání mikrokontroléru v praxi pro začátečníka vůbec. Firma Atmel nabízí podobně jako její konkurenti nepřeborné množství mikrokontrolérů se zaměřením na všemožné aplikace. Již běžně se i mezi mikrokontroléry užívá architektura RISC (Reduced Instruction Set Computer – počítač s redukovanou instrukční sadou) spojená s jednocyklovými instrukcemi, vyšší taktovací frekvencí, tedy s vyšším pracovním výkonem stejně jako efektivní optimalizací překladu. Firma Atmel je známa svými produkty jako je programovatelná logika, paměti typu EPROM, EEPROM a FLASH a především také FLASH mikroprocesory založené na Intelovské rodině mikroprocesorů 8051. Základní orientaci mezi mikrokontroléry firmy Atmel přináší následující obrázek.



Obr. 3 Přehled řad mikrokontrolérů firmy Atmel (převzato z [18]).

#### 3.1 Stručná charakteristika osmibitových mikrokontrolérů AVR firmy Atmel

Osmibitové mikrokontroléry firmy Atmel mají obecně vysoký výkon, nízkou spotřebu, širokou instrukční řadu, integrované paměti různých velikostí a vysokou

integraci vůbec. Jsou postaveny na čistě RISC architektuře a instrukce jsou jednocyklové – tedy mají výkon 20 MIPS při taktovacím kmitočtu 20 MHz, architektura procesorů je harvardská (spočívá v odděleném paměťovém prostoru pro data a pro program), mají k dispozici 32 všeobecných osmibitových registrů. Napájení dle typu je v rozmezí 1,8 až 5,5 V, dále mají dva úsporné režimy (Idle Mode a Power Down Mode), stejně jako různě rychlé náběhy (nastartování, probuzení). Taktování je možné řídit softwarově. Adresování paměti je lineární, přímé a nepřímé. V jednom pouzdře jsou kromě vlastního jádra též integrovány paměti SRAM, Flash a EEPROM a to až do velikosti 256 kB. Některá pouzdra čítají až 100 vývodů, přičemž piny bran mají více funkcí. Neocenitelnou pomůckou pro snadný a rychlý vývoj je technologie programování a ladění v cílovém systému In-System Programming (ISP) a In-System Debugging (a In-System Verification pomocí JTag). Výrobce nabízí kompletní vývojové a ladící prostředí zdarma. Většina všech instrukcí je 16bitových, instrukční sada má až 118 instrukcí. Všechny mikrokontroléry jsou vybaveny alespoň jedním osmibitovým časovačem/čítačem, Watchdogem, ochranným mechanismem proti nelegálnímu kopírování softwaru (fuse bity – pojistky), možností využití vnitřního a vnějšího přerušení, analogovým komparátorem. Některé mikrokontroléry mají navíc jeden 16bitový čítač, jedno sériové UART rozhraní (+USART), jeden až tři pulsně šířkové modulátory (PWM), 6- (8-) kanálový 10bitový A/D převodník.

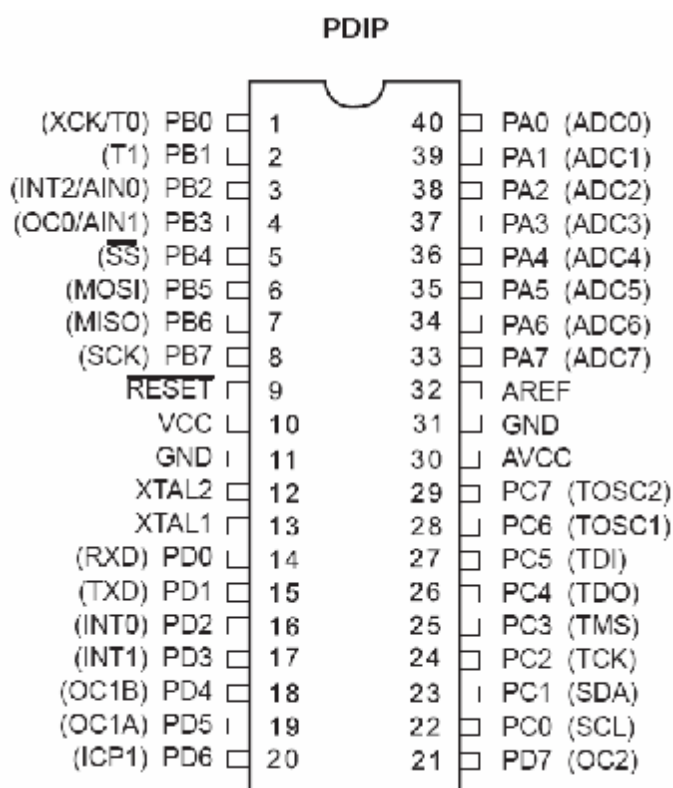
AVR čipy se vyrábějí Coloradu Springs a Rousset/Sudfrankreich a to 0,8 μm CMOS technologií (stejně jako i Flash a EEPROM pamětí).

## **3.2 Mikrokontrolér ATmega32**

Předmětná aplikace vyžaduje jen málo z toho, co vše mikrokontroléry firmy Atmel nabízejí. Proto jsem v prvotní fázi zvolil základní typ ATmega32 a to v pouzdře DIL. Tento mikrokontrolér má naprosto dostatečný počet vstupně výstupních bran (a pinů) pro připojení grafického LCD, dále obsahuje integrovaný komunikační brána UART, samozřejmostí je i rozhraní ISP, vyhovující kapacita paměti a v podstatě nadbytečný výkon. Pro naprosté vyhovění požadavku na maximální úsporu místa, součástek a nákladů finálního výrobku pak na základě zkušeností je možné vybrat jednodušší typ mikrokontroléru (např. ATtiny), případně i provedení pro povrchovou montáž.

Nejdůležitějšími parametry mikrokontroléru ATmega32:

- Osmibitový mikrokontrolér RISC architektury se sadou 131 instrukcí (většinou jednocyklové) a 32x osmibitovými všeobecnými registry, taktovatelný do 16 MHz, interně, externě, 6 úsporných módů, napájení 4,5 až 5,5 V.
- 32kB Flash paměť (10 000 přepisovatelných cyklů), 1024 B EEPROM (100 000 přepisovatelných cyklů), 2 kB SRAM, programovatelné pojistky (fuse).
- Programování ISP nebo pomocí rozhraní JTAG s možnostmi ladění).
- Periférie: 2 osmibitové + 1 16bitový čítač/časovač, 4 kanály pro pulsní šířkovou modulaci, osmikanálový 10bitový AD převodník, analogový komparátor, 2 sériové brány UART, 32x programovatelných V/V vývodů (4 osmibitové brány).



**Obr. 4** Popis vývodů ATmega32 (převzato z [8]).

Ke své činnosti potřebuje mikrokontrolér ATmega v zásadě jen napájení (pin 10 a 11), volitelně při požadavku taktovatelnosti nad 8 MHz nebo přesnosti vyšší nad 1,5% buď externí rezonátor (krystal + 2x kondenzátory 15 pF na piny 12 a 13) nebo externí zdroj hodinového signálu (třeba jiný mikrokontrolér pro synchronizovatelnost na pin 13). Reset mikrokontroléru (pin 9) je možno nechat na ISP programátoru nebo je též možné vyvést tlačítko na zem.

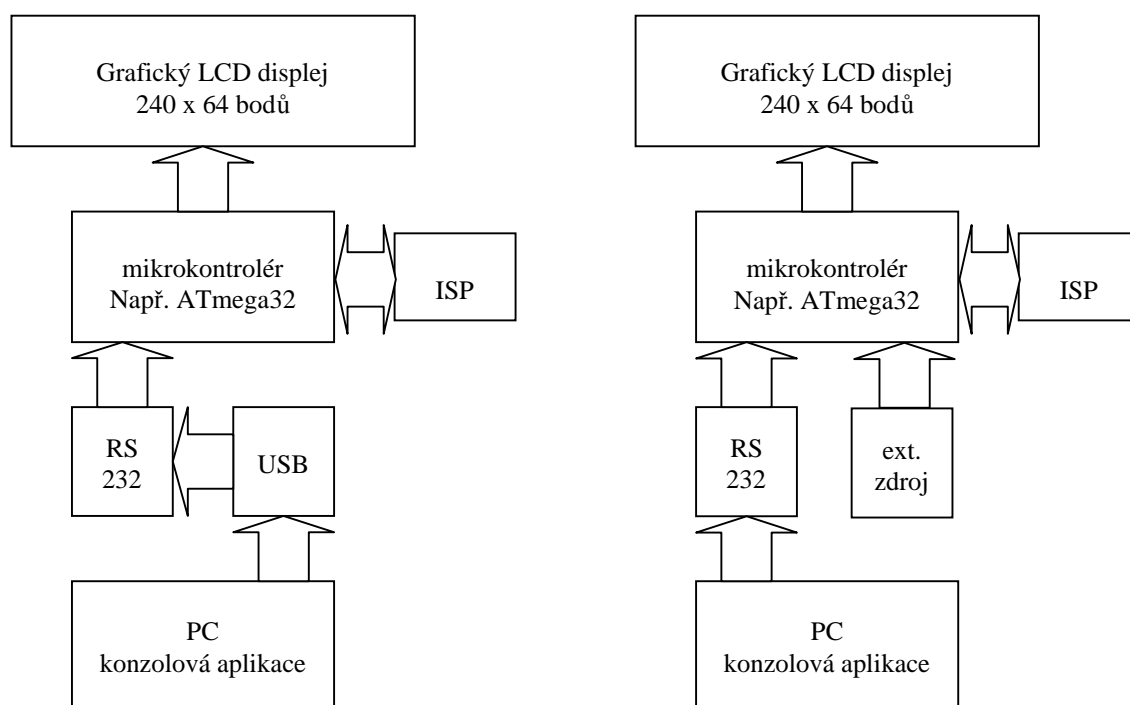
Popis vývodů mikrokontroléru ATmega32:

VCC, GND	napájení, uzemnění
RESET	Vstup reset
XTAL1	vstup k interním hodinám (a k invertujícímu zesilovači oscilátoru)
XTAL2	výstup z invertujícího zesilovače oscilátoru
Port A (PA7..PA0)	8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port A
ADC0..7	AD převodník
AVCC	napájení pro AD převodník (na portu A)
AREF	referenční napětí pro AD převodník (na portu A)
Port B (PB7..PB0)	8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port B
SCK	hodinový signál kanálu ISP
MISO	Master In/Slave Out kanálu ISP
MOSI	Master Out/Slave In kanálu ISP
SS	Slave Select kanálu ISP
AIN1	záporný vstup analogového komparátoru
OC0	Output Compare čítače/časovače 0
AIN0	kladný vstup analogového komparátoru
INT2	vstup vnějšího přerušení 2
T1	hodinový vstup čítače/časovače 1
T0	hodinový vstup čítače/časovače 0
Port C (PC7..PC0)	8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port C
TOSC2	časovač oscilátoru pin 2
TOSC1	časovač oscilátoru pin 1
TDI	vstupní data JTAG rozhraní
TDO	výstupní data JTAG rozhraní
TMS	výběr módu JTAG rozhraní
TCK	hodinový signál JTAG rozhraní
SDA	datový signál TWI (I <sup>2</sup> C) rozhraní
SCL	hodinový signál TWI (I <sup>2</sup> C) rozhraní
Port D (PD7..PD0)	8-bitový obousměrný vstupně/výstupní port D
OC2	Output Compare čítače/časovače 0
ICP1	Input Capture čítače/časovače 1
OC1A	Output Compare čítače/časovače 1 (kanál A)
OC1B	Output Compare čítače/časovače 1 (kanál B)
INT1	vstup vnějšího přerušení 1

INT0	vstup vnějšího přerušení 0
TXD	přenos/výstup pro USART
RXD	čtení/vstup pro USART

## 4 Návrh komunikace

Základními pilíři aplikace jsou mikrokontrolér a displej. Vlastní programování je nejnadhěji realizováno přes sériové rozhraní ISP. Komunikaci osobního počítače a displeje pak zajistí mikrokontrolér a to na straně LCD přímo a na straně PC pomocí integrované brány UART nebo navíc UART – USB převodník. Převodník mezi rozhraním RS232 a USB může zajišťovat čip FTDI (nebo celý modul, viz dále). Toto řešení má jednu nespornou výhodu, spočívající v bezproblémovém zajištění napájecího zdroje pro mikrokontrolér a LCD (převodníku samozřejmě také). V případě zapojení výlučně pomocí rozhraní RS232 se sice ušetří několik součástí (převodník), ale vyvstane nutnost zajištění stabilizovaného zdroje pro LCD a mikrokontrolér. Ten lze zajistit přímo ze zdroje PC (v případě interního provedení aplikace do PC), nebo je nutné doplnit stabilizátor napětí s příslušnými vyhlazovacími kondenzátory (příp. i diodami) a přiloženým odpovídajícím adaptérem (v případě externího stand-alone řešení).



**Obr. 5** Blokové schéma možné komunikace PC s LCD



## 4.1 Převodník rozhraní RS232-USB

V řešení problematiky RS232-USB převodníku firma FTDI (Future Technology Devices International Ltd.) nabízí velmi snadná zapojení. Jeden z neznámějších čipů této kategorie je FT232BM [13].

Vlastnosti čipu FTDI FT232BM:

- datové vstupy/výstupy 3,0 až 5 V - CMOS kompatibilní,
- **napájení** modulu ze sběrnice USB nebo externí,
- přenosová rychlost až 1 Mbs - sběrnice RS232, až 3 Mbs - sběrnice RS485,
- možnost plně hardwarového řízení toku dat,
- vyrovnávací paměť pro příjem 384 byte,
- vyrovnávací paměť pro vysílání 128 byte,
- podpora řízení převodníku úrovní RS485,
- integrovaný frekvenční násobič 6 MHz - 48 MHz,
- protokol USB 1.1, USB 2.0 kompatibilní,
- podpora OEM aplikací (VID a PID produktu uloženo v paměti EEPROM,
- signál PWREN# určený k řízení tranzistoru MOSFET s P-kanálem u aplikací s odběrem proudu z USB nad 100 mA (max. 500 mA),
- možnost hardwarové optimalizace toku dat pomocí změny signálu CTS, DSR, DCD nebo RI (více informací v aplikační poznámce č.4),
- možnost využití volné kapacity v EEPROM (64x16 bitů volné kapacity),
- zdarma ovladače pro WIN 98/2K/ME/XP/CE, Mac OS8/OS9/OS X a Linux
- modul je určen pro zasunutí do patice DIL28 nebo pro montáž do DPS.

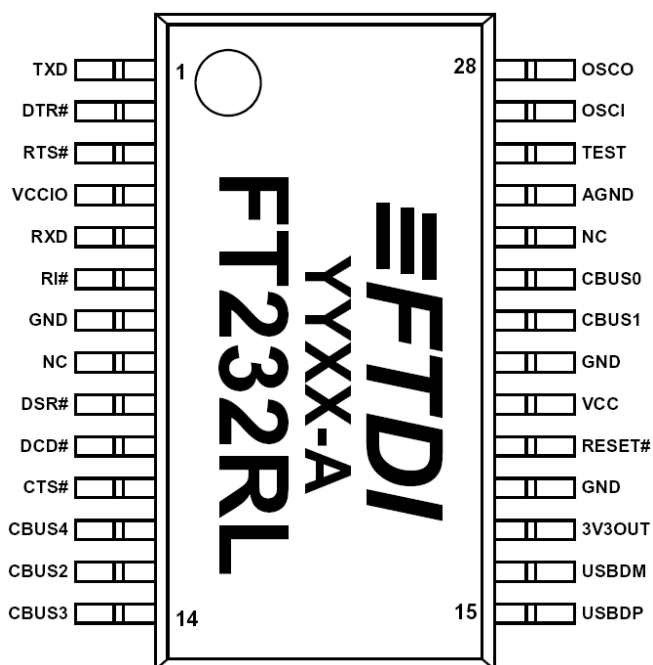
Čip FT232BM však potřebuje ke své činnosti další obvody a to zejména krystal (event. rezonátor) a případně i EEPROM. Řešení se nabízí v kompaktních modulech (třeba na standardní patici DIL). Příkladem je UMS2 firmy Asix [5].

Novinkou v této firmě FTDI je převodník **FT232R** [14]. Na rozdíl od předchozích typů v sobě integruje další součástky, které předchozí typy (např. FT232BM a další, viz výše) potřebovaly „dovybavit“ externě. Konkrétně do čipu byla navíc integrována externí EEPROM, obvod hodin a ochranné rezistory portu USB. Navíc interní hodiny (6, 12, 24 a 48 MHz) mohou být vyvedeny a použity k taktování dalších mikrokontrolérů nebo jiné externí logiky.

Novinky přinášející obvod FT232R:

- Konfigurovatelné I/O piny CBUS.
- **Výstup hodin** pro řízení externích mikrokontrolérů nebo FPGA.
- **Integrovaná 1024 B interní EEPROM.**
- Možnost připojení 5V/3,3V/2,8V/1,8V logiky.
- Integrované USB rezistory.
- **Integrovaný zdroj hodinového signálu** - odpadá nutnost externího krystalu či rezonátoru.
- Napájecí napětí 3,3 až 5,25V.
- USB 2.0 Full Speed kompatibilní.
- Pouzdro SSOP-28 nebo QFN-32.

Převodníky FTDI RS232-USB dokáží obecně mnoho funkcí, ale pro předmětnou aplikaci stačí na jedné straně zapojit rozhraní USB (signály VCC, GND a USBDMC, USBDPC) a na straně druhé rozhraní RS232 (signály TX, RX). Ve vztahu k aplikaci stojí za zmínku ještě to, že čip nabízí efekt připojení datově signalizačních LED. Vlastní EEPROM slouží k uložení VID a PID informací o produktu pro podporu OEM aplikací.



**Obr. 6** Zapojení vývodů FT232R v pouzdře SSOP (převzato z [14]).

## 5 Programování mikrokontroléru

Programování mikrokontroléru můžeme rozdělit v zásadě na dva kroky. Těmi je jednak vývoj vlastního kódu, který mikrokontrolér vykonává a jednak jeho uložení do mikrokontroléru.

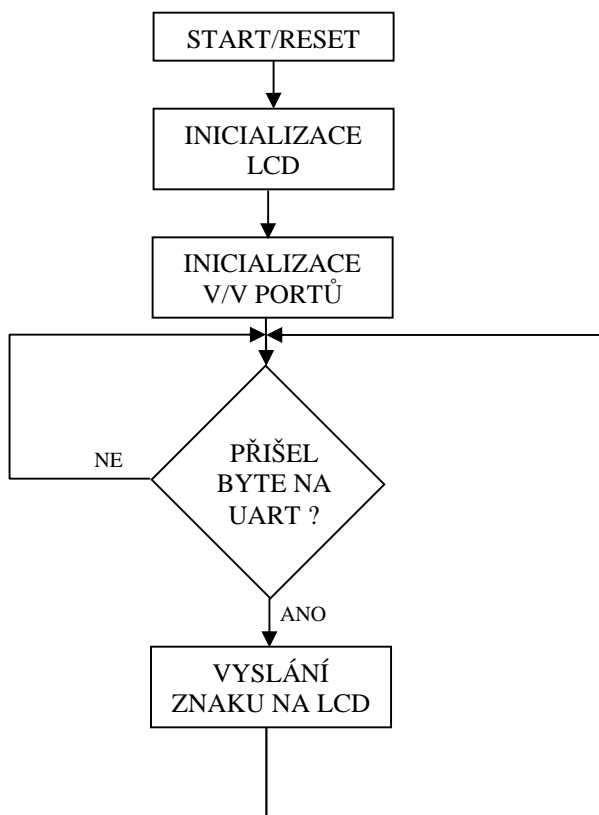
Jak pro vývoj a ladění systému, tak i pro otevřenost systému v případě upgrade vylepšených firmwarů lze s jednoznačnou výhodou použít sériové rozhraní ISP (In System Programming), kterým jsou mikrokontroléry AVR již standardně vybaveny. Toto rozhraní umožňuje bezpečně a spolehlivě zapsat strojový kód do paměti FLASH (event. i EEPROM) mikrokontroléru a to navíc přímo v desce plošných spojů finálního výrobku, bez nutnosti vyjímání a přeprogramování ve specializovaných přípravcích. Sériové rozhraní ISP je přímo připojitelné na rozhraní RS232. Doporučuje se připojení „dovybavit“ omezovacími odpory či ochrannými diodami. Samozřejmě je možné rozhraní ISP rozšířit o převodník RS232-USB a programovat tak přímo přes USB rozhraní. Toto řešení je však pro aktualizaci novějšího strojového kódu neopodstatněné a spíše se využívá v programátorech a ještě častěji v populárních vývojových modulech.

Pro nahrávání strojového kódu do mikrokontroléru existuje celá řada jednoúčelových programů stejně jako bývá tato funkce integrována do vývojových prostředí. Jako velmi oblíbený programátor lze zmínit PonyProg [15], který je k dispozici zdarma na Internetu.

Mezi nejznámější vývojová prostředí pro mikrokontrolér AVR patří AVR Studio, CodeVisionAVR, Bascom-AVR a další. Vývojová prostředí nabývají své síly zejména ve spojení s různými vývojovými moduly, kterých je na trhu opět bezpočet. Další pokročilou funkcí mikrokontrolérů AVR je možnost ladění kódu přímo v mikrokontroléru a to přes integrované rozhraní JTAG.

## 6 Funkční kód mikrokontroléru

Vlastní schéma činnosti mikrokontroléru je v zásadě jednoduché. Po prvotním resetu (startu) se provedou inicializace (definice) a to jak displeje, tak ostatních vstupně-výstupních rozhraní. Součástí displeje mohou být definice speciálních znaků, tak jak to bylo popsáno výše.



Obr. 7 Vývojový diagram programového kódu pro mikrokontrolér

### 6.1 Vývojové prostředí

Jako vývojový nástroj jsem si zvolil vývojové prostředí Bascom firmy MCS Electronics [19]. Důvody, které mne k této volbě vedly byly zejména tyto:

- Kompletní vývojové prostředí včetně integrovaného editoru, simulátoru, ladicího programu a programátoru.
- Demoverze volně dostupná, časově neomezená, omezení spočívá v limitu velikosti zkompilovaného kódu.
- Široká podpora ve formě uživatelského fóra spravovaného vývojářem
- Minimální doba pro zaškolení a používání prostředí a jazyka.

Jazyk Bascom, jak sám název napovídá, vychází filozoficky z široce známého a svou jednoduchostí populárního jazyka Basic. Samozřejmě v dnešní době z původního jazyka Basic (nehledě na nesčetnost různých variant) již mnoho nezůstalo, ale po vzoru MS Visual Basic se velmi připodobnilo jazyku C. Snad jen jednoduchost, strohost a do jisté míry omezenost mu zůstala.

Vlastní interpret jazyka Bascom samozřejmě rozšiřuje paletu dostupných příkazů a funkcí zejména o ty, které se bezprostředně mikrokontrolerů týkají. Jsou jimi například přímá manipulace s bránami a registry. To, co sám nedokáže stejně jako ostatní vývojová prostředí tohoto druhu, umožňuje „dohnat“ vnořením samotného strojového kódu (assembleru). Aby vlastní programování bylo co nejjednodušší a uživatelsky nejprívětivější, umožňuje prostředí jednoduše vkládat knihovny psané jak v jazyce Bascom, tak zejména ve strojovém kódu. Knihovny mají většinou univerzální použití. Typickým příkladem jsou displeje. Jednotlivé knihovny se váží k řadiči, který je na nich integrován (některé jsou bez řadiče, viz kapitola 2). Samotný typ displeje není důležitý, samozřejmě s přihlédnutím na fyzické rozměry, uspořádání vývodů, integrované paměti atd. Knihovna „glcd.lbx“ je určena pro řadiče Toshiba T6963C, knihovna „ks108.lbx“ pro Samsung, knihovna „glcdSED.lbx“ pro Epson a tak dále. Podobným způsobem je řešen přístup ke čtečkám karet, externí paměti typu I2C, síťovému rozhraní kompatibilnímu s typem ne2000, i k samotnému rozhraní TCP/IP protokolu. Jedná se jen o nejběžnější komponenty nevyžadující speciálních hardwarových konstrukcí. Na druhé straně nic nebrání si s patřičnou znalostí jakoukoli knihovnu vytvořit. Pro modul přídatného výstupu na displej nebylo potřeba žádných speciálních knihoven vyvíjet.

## **6.2 Popis zdrojového kódu**

Na začátku každého programu bývají kromě příkazů překladače také definice připojeného hardwaru a samozřejmě deklarace proměnných, procedur a funkcí. V našem případě se jedná zejména o typ procesoru, nastavenou rychlost oscilátoru a fyzické připojení datových a řídicích portů.

Samostatnou kapitolou by mohl být návrh a řešení datové vyrovnávací paměti pro historii přijatých (zobrazených) znaků.

V zásadě se nabízejí dvě možnosti: inicializace jednorozměrného řetězcového pole, přičemž jednotlivé položky by měly délku odpovídající počtu znaků jednoho řádku. Nevýhodou je pak vždy spotřebovaná paměť třeba i s prázdnými řádky. Výhodou je pak jednoduchost a rychlost implementace takového řešení.

Druhou možností je lineární zápis do paměti, kde by byly jednotlivé řádky odděleny znakem konce řádu (carriage return/line feed, CR/LF), podobně jako je tomu u klasických textových editorů. Toto řešení je jistě elegantnější, ale z časových důvodů jsem nebyl schopen jej zrealizovat. Zůstává tak podnětným návrhem pro další vývoj či pozdější dokončení. Hardwarové provedení samozřejmě umožňuje aktualizaci programového kódu.

Stejně tak zůstává otevřená otázka možné definice speciálních znaků. K tomuto kroku bylo nutné užít příkazy ve strojovém kódu procesoru k zápisu do paměti displeje. Procedura *Symboly()* použita ve zdrojovém kódu (příloha 6) přídatného modulu je názorným příkladem jak si kdykoli „dodefinovat“ další znaky dle vlastních potřeb.

Vlastní tělo programu se skládá z inicializace displeje, zobrazení na krátký okamžik úvodní obrazovky a nekonečné smyčky tak, jak to bylo již naznačeno ve vývojovém diagramu na začátku kapitoly 6. Dále je dobré poznamenat, že případné zobrazení loga pomocí bitové mapy při zapnutí zařízení jsou sice efektní, ale jsou součástí zdrojového kódu a tudíž zabírají paměťový prostor pro vlastní program (v demoverzi prostředí Bascom navíc omezený).

Smyčka programu testuje příjem znaku přes rozhraní UART a logickou hodnotu třech vstupních logických signálů od tlačítek vyvedených na panelu. Na základě těchto zjištěných stavů je pak volán příslušný podprogram, ve kterém se událost obslouží.

Nejsložitějším podprogramem je podprogram pro zobrazení znaků na displeji. V duchu výše uvedené koncepce lze situaci velmi názorně připodobnit ke kalendáři, na němž máme posuvné okénko zobrazující aktuální (někdy i neaktuální) datum. Políčkem je displej ukazující omezený počet řádků v omezené (předem deklarované) vyrovnávací paměti (řetězcovém poli). Vyrovnávací paměť je typu FIFO (First In – First Out), tzn., že data se do ní zapisují od konce tak, jak znaky přicházejí a řádky „přetékají“. Nejvýše položené řádky jsou přepisovány těmi nižšími. Na začátku je vyrovnávací paměť prázdná a tak nedochází k žádné ztrátě dat. Po zaplnění jsou však nejstarší data nenávratně ztracena. Je tu ovšem jedna výjimka, která se odehrává ihned na začátku.

Bylo by možné v duchu uvedené filozofie vypisovat přicházející znaky vždy jen na posledním řádku displeje, ale bylo by to poněkud neestetické. Proto je jednorázově řešena výjimka prvního zaplnění obrazovky displeje.

Obsloužení přijetí znaku CR, tj. znaku s ASCII kódem  $13_{\text{dec}}$ , je vykonáno samostatnou procedurou, která sice opět zavolá zobrazení, v tomto případě prázdného znaku, ale s dopředu změněnými parametry. A to tak, aby se dosáhlo posunu řádku a zároveň posunu ve zmiňované vyrovnávací paměti.

Události vyvolané stisknutím tlačítka (šipka nahoru a dolu) vyvolají posun „okna“ v řetězcovém poli. Dále je nutné zajistit sledování aktuální pozice „okna“ a při příjmu znaků jeho případného návratu na posledních osm indexů pole (tj. počet řádků na displeji).

Tlačítko podsvícení displeje krátkým stiskem podsvícení zapne nebo vypne a to v závislosti na předchozím stavu. Dále je tlačítko podsvícení displeje navíc vybavené funkcí podsvícení jen po dobu držení a to v případě delšího jak 1,5 sekundy. Podobných kombinací by bylo možné vymyslet bezpočet a mohou tak být návrhem pro další rozvoj. Nejčastější bývá „mobilové“ posvícení na určitý čas, případně násobky časů rovnající se počtům stisků či nějaké převodní funkci a tak dále.

Všechna tlačítka jsou programově vybavena časovým zpožděním kvůli zákmitům.

## 7 Napájení

Jediným požadavkem na napájecí zdroj je stabilizované stejnosměrné napětí 5 V s maximálním odběrem do 100mA. Této podmínky, jak již bylo uvedeno výše, lze nejnadhěji dosáhnout využitím USB připojení. Při pokrytí plné proudové zátěže včetně případného podsvícení displeje celkový odběr nedosahuje povolených maximálních 500 mA připadajících na jedno USB zařízení. V případě nemožnosti takovéto varianty se nabízí připojení na vnitřní impulsní zdroj počítače a jeho výstup +5 V. Rozhraní RS232 totiž potřebným zdrojem nedisponuje. Na vstupních napájecích svorkách jsou použity dva vyhlazovací kondenzátory (4,7 $\mu$ F/16V a 100nF/50V).

## 8 Mechanická konstrukce

Mechanická konstrukce se odvíjí od zamýšleného použití, jímž je interní provedení. Výsledná deska plošných spojů by neměla být větší než vlastní grafický displej (eventuelně rozšířený o upevňovací body). Ten by měl být umístěný na desku ze strany spojů. Připojení by měly zajišťovat konektorové kolíky s roztečí 2,54 mm. Deska plošných spojů by měla být navíc rozšířena o tři tlačítka (šipka nahoru a dolů a podsvícení displeje).

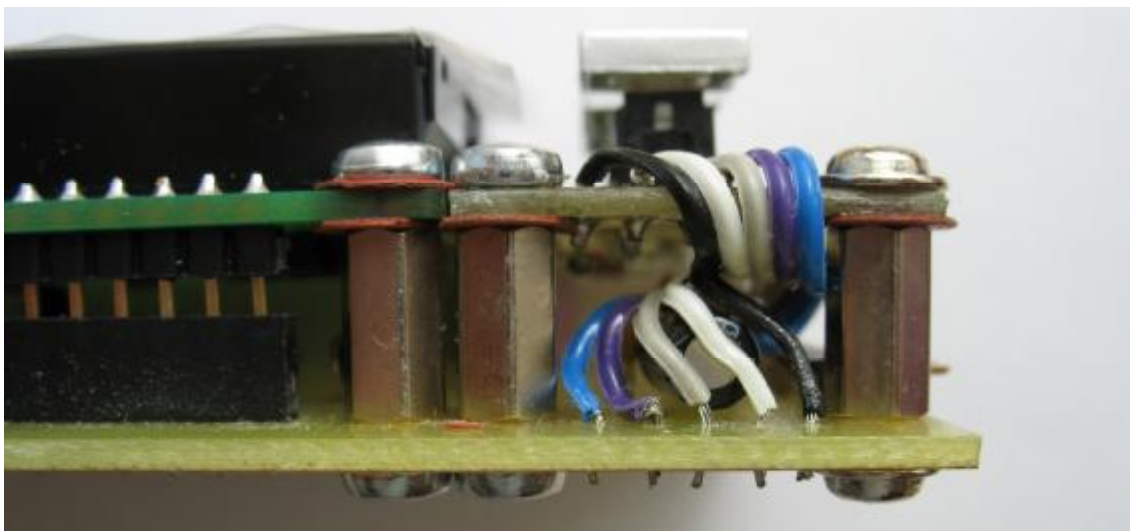


**Obr. 8** Čelní pohled na modul přídavného výstupu.

Interní provedení zásadně zjednodušilo celou realizaci návrhu a následně i fyzického provedení desky plošných spojů. Ta tvoří nosnou konstrukci celého zařízení, grafický displej mu v pevnosti navíc vypomáhá. Jedinou nedodrženou podmínkou bylo nepatrné odchýlení se od rozměru. Z důvodu ceny a malého počtu nutných součástí a do jisté míry i zbytečnosti se celý návrh podařilo zrealizovat na jednostrannou desku plošných spojů s výjimkou několika málo propojek. Vývody grafického displeje však jsou nešťastně umístěny velmi blízko okraje, což s dostupnou technologií výroby desky plošných spojů (bez zmíněného rozšíření) nebylo možné dodržet. Proto byl rozměr o 5 mm zvětšen, aby tak byl vytvořen prostor pro nutné spoje. Vzhledem k výšce tlačítek a potřebě zalícování s vlastním displejem nebylo možné umístit tlačítka přímo na hlavní desku plošného spoje. Proto bylo nutné vytvořit další malou desku plošných spojů pro montáž tlačítek, která je rovněž připevněna pomocí distančních sloupků požadované délky na zalícování. Toto řešení má výhodu v dodatečné změně výšky tlačítek a to prostou výměnou distančních sloupků jiných rozměrů. Posledním



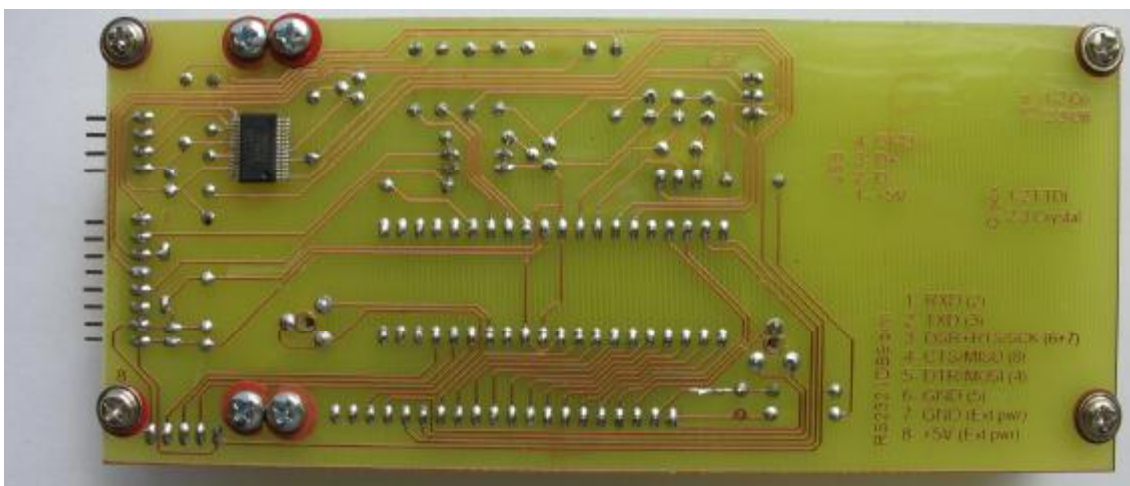
problémem bylo jeho propojení s hlavní nosnou deskou plošných spojů tak, aby deska s tlačítky nemusela být oboustranná. Jako nejvhodnější se ukázalo připojení delším plochým kabelem s licnou, aby byl servisně manipulovatelný a nedocházelo k poškození.



**Obr. 9** Pohled na distanční sloupky a propojení tlačítkového DPS.

Pro testovací účely byly vyrobeny pomocné kabely zakončené na jednom konci klasickými konektory Cannon DB9 pro rozhraní RS232 a druhý kabel konektorem USB typu A. Na druhé konce byly nakrimpovány jednořadé PC konektory (vidlice) s roztečí 2,54 mm. Dále byl vyroben kabel pro interní připojení do osobního počítače za pomoci ploché licny po vzoru připojování čelních panelů k základní desce osobního počítače.

Po osazení, oživení a definitivním vyzkoušením byly desky plošných spojů chemicky očištěny a proti oxidaci zalakovány.



**Obr. 10** Pohled na stranu spojů modulu.

## 9 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat přídatný výstup na grafický displej pro osobní počítače tak, jak bylo uvedeno v úvodu. Ke splnění tohoto cíle bylo třeba nastudovat několik samostatných problematik.

Nejdříve bylo nutné seznámení se s problematikou LCD displejů a na základě toho pak teprve zvolit vhodný typ. Pro tento účel jsem vybral grafický LCD displej s rozlišením 240 x 64 bodů s řadičem typu T6963C. Hlavními důvody byla zejména inteligence řadiče, jeho dostupnost na trhu a do jisté míry i přijatelná cena.

Další částí byl výběr vhodného mikrokontroléru. V ní jsem se musel nejdříve zorientovat mezi předními výrobci mikrokontrolérů a následně pak i v portfoliu produktů, které vybraný výrobce nabízí. Hlavními hledisky byla vhodnost, dostatečný výkon, ale i příznivá cena. S výběrem mikrokontroléru ATmega32 se pak úzce vázalo řešení zadaného rozhraní s osobním počítačem.

Po konečném rozhodnutí výběru součástek a zapojení následovala volba vhodného vývojového prostředí. V jazyce Bascom jsem provedl vývoj a odladění zdrojového kódu mikrokontroléru.

Vlastní návrh a zejména realizace zapojení vychází z klasických postupů. Umožňuje používat jak rozhraní RS232 tak i USB. Vzhledem k tomu, že jde o displej grafický, přináší nové možnosti nad rámec zadání. A konečně připravenost ve formě vyvedeného ISP rozhraní předurčuje případnou aktualizaci programového kódu mikrokontroléru, čímž umožní přídatnému výstupu dodatečné rozšiřování o nové funkce zobrazování.

## 10 Seznam použité literatury

- [1] Matoušek, D. *Práce s inteligentními displeji LCD*. Ben, technická literatura, Praha, 2006., ISBN 80-7300-121-7
- [2] Váňa, V. *Mikrokontroléry Atmel AVR, popis procesorů a instrukční soubor*. Ben, technická literatura, Praha, 2003. ISBN 80-7300-083-0
- [3] Matoušek, D. *Práce s mikrokontroléry Atmel AVR, 2. vydání*. Ben, technická literatura, Praha, 2006. ISBN 80-7300-209-4.
- [4] Gook, M. *Hardwarová rozhraní, průvodce programátora*. Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1019-2
- [5] Aplikační listy USB modulu UMS2, ASIX s.r.o. [on-line], 2005. Dostupné na www: [http://www.asix.cz/download/usb/ums2/ums2\\_cz.pdf](http://www.asix.cz/download/usb/ums2/ums2_cz.pdf)
- [6] Internetové stránky HW.CZ [on-line]. [cit. 17.5.2007]. Dostupné na www: <http://hw.cz/Firemni-clanky/Elatec/ART309-Graficke-LCD-displeje-a-jejichrizeni.html>
- [7] Internetové stránky elektronika.kvalitne.cz [on-line]. Ovládání grafických LCD modulů s řadičem KS0108 (S6B0108). Dostupné na www: <http://elektronika.kvalitne.cz/ATMEL/necoteorie/LCDmatKS0108.html>
- [8] Aplikační listy Atmel Corporation, Inc. [on-line]. Dostupné na www: [http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family\\_id=607](http://www.atmel.com/dyn/products/datasheets.asp?family_id=607)
- [9] Aplikační listy obvodu MAXIM660, Maxim Integrated Products. [on-line], 1996 Dostupné na www: <http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX660.pdf>
- [10] Aplikační listy displeje MG24064F-SYL, Everbouquet co. [on-line]. Dostupné na www: <http://www.everbouquet.com.tw/>
- [11] Vývojové prostředí Bascom AVR, MCS Electronics [on-line]. Dostupné na www: <http://www.mcselec.com/>
- [12] Aplikační listy řadiče SAP1024B, Avant Electronics co. [on-line], SAP1024B Dot Matrix STN LCD Controller with 1024-byte Font ROM. Dostupné na www: [http://www.avantsemi.com.tw/lcd\\_controller/datasheets/SAP1024B\\_V6\\_Sep\\_29\\_2005.pdf](http://www.avantsemi.com.tw/lcd_controller/datasheets/SAP1024B_V6_Sep_29_2005.pdf)
- [13] Aplikační listy obvodu FT232BM, FTDI inc. [Online]. Dostupné na www: [http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS\\_FT232BM.pdf](http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DS_FT232BM.pdf)
- [14] Aplikační listy obvodu FT232R, FTDI inc. [on-line]. Dostupné na www: <http://www.ftdichip.com/Products/FT232R.htm>

- [15] Oficiální stránky projektu PonyProg, Claudio Lanconelli [on-line]. Dostupné na  
www: <http://www.lancos.com/prog.html>
- [16] Aplikační listy obvodu HD44780, Hitachi inc. [on-line], Dostupné na www:  
<http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [17] Aplikační listy LCD modulu 1602-L, Powertip co. [on-line], Dostupné na www:  
<http://www.powertip.cz/product/pc1602-1.htm>
- [18] Přehled osmibitových AVR mikrokontrolérů, Atmel inc. [on-line], Dostupné na  
www: <http://www.atmel.com/products/avr/>
- [19] Domovská stránka firmy MCS Electronics, Dostupné na www:  
<http://www.mcselec.com/>

# 11 Seznam příloh

Příloha 1: Schéma zapojení - mikrokontrolér

Příloha 2: Schéma zapojení – tlačítka

Příloha 3: Deska plošných spojů - mikrokontrolér

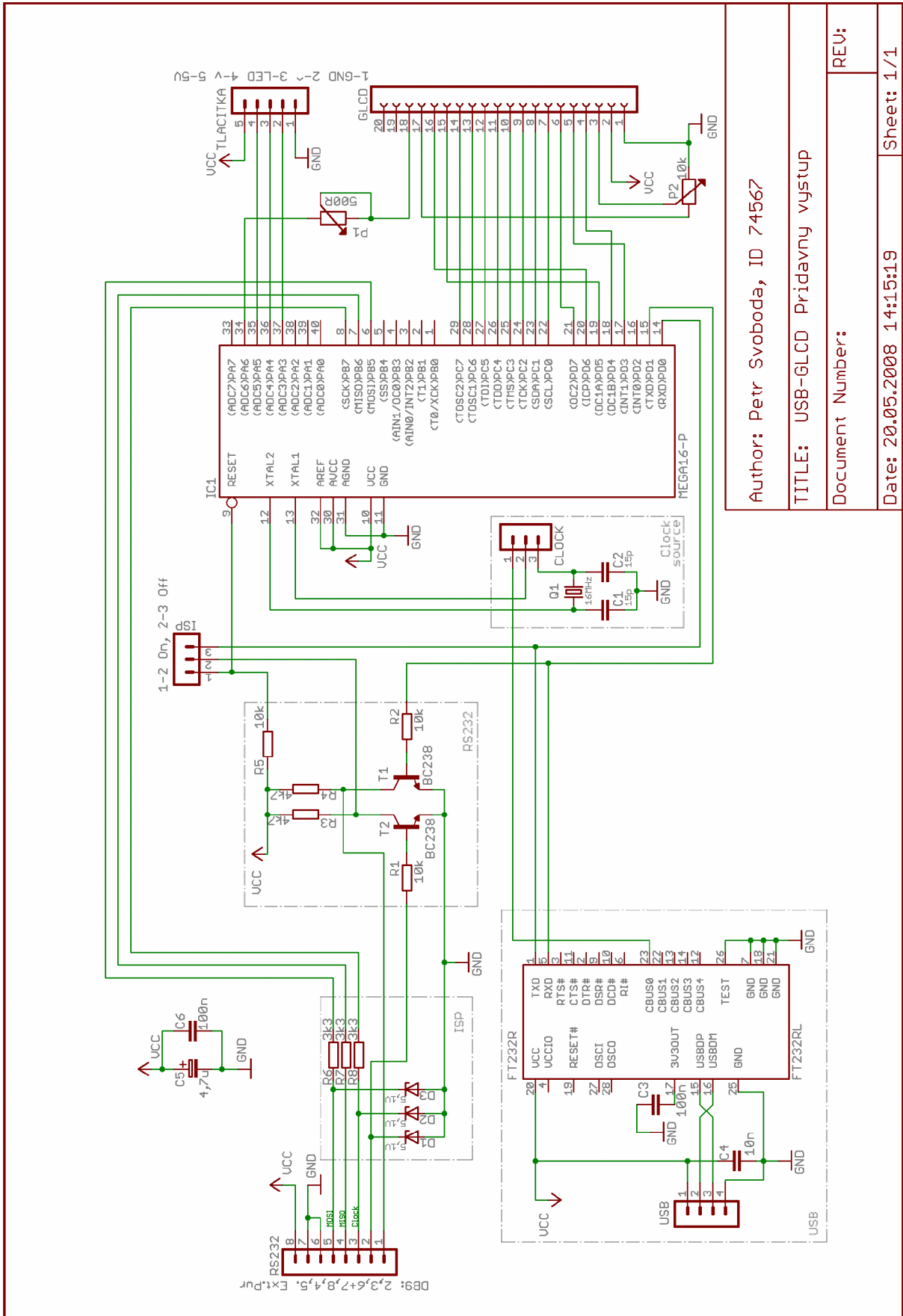
Příloha 4: Deska plošných spojů – tlačítka

Příloha 5: Rozmístění součástek s mikrokontrolérem

Příloha 6: Zdrojový kód pro mikrokontrolér ATmega32

Příloha 7: Seznam použitých součástek

# Příloha 1: Schéma zapojení - mikrokontrolér



Author: Petr Svoboda, ID 74567

TITLE: USB-GLCD Pridavny vystup

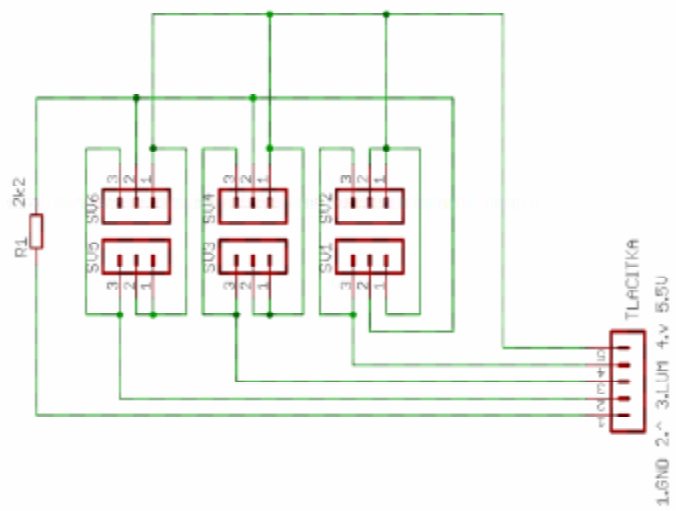
Document Number:

REV:

Date: 20.05.2008 14:15:19

Sheet: 1/1

## Příloha 2: Schéma zapojení - tlačítka



TITLE: Buttons

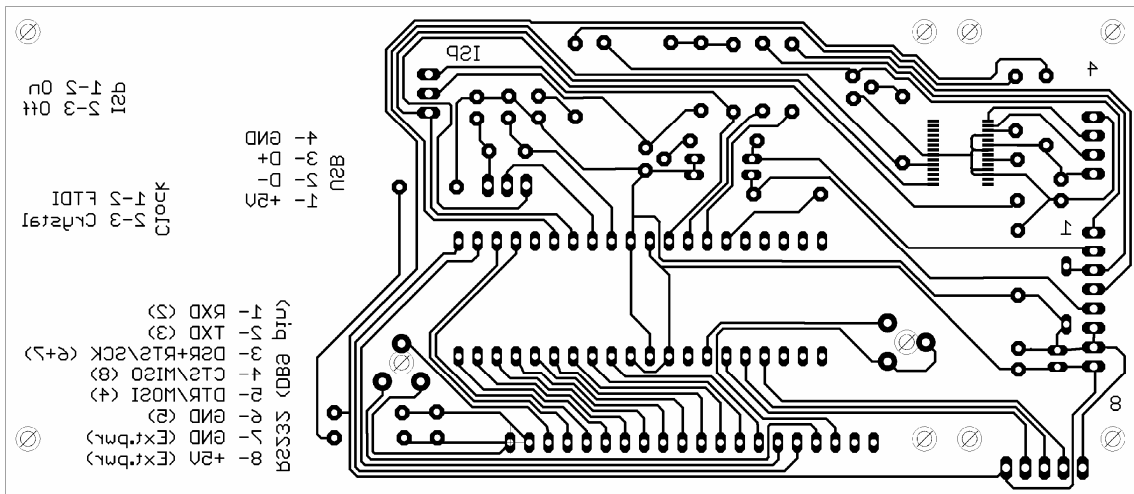
Document Number:

REV:

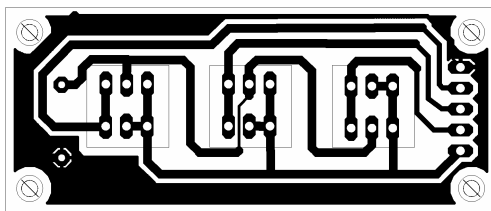
Date: 23.03.2008 15:23:08

Sheet: 1/1

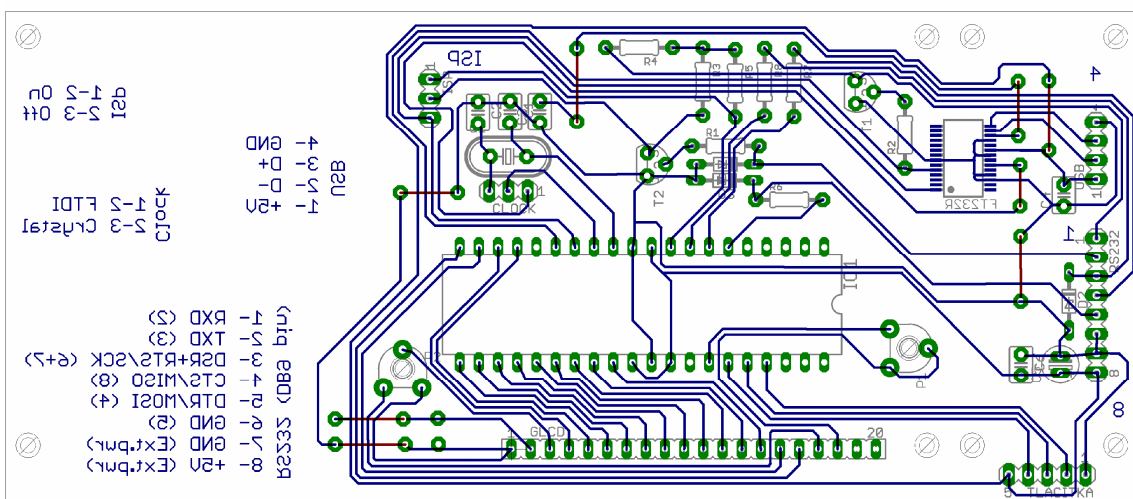
### Příloha 3: Deska plošných spojů - mikrokontrolér



### Příloha 4: Deska plošných spojů - tlačítka



### Příloha 5: Rozmístění součástek s mikrokontrolérem





## Příloha 6: Zdrojový kód pro mikrokontrolér ATmega32

```
-----  
,Jmeno : RS-GLCD.bas  
,copyright : © Petr Svoboda  
,Popis : T6963C a graficky displej 240 * 64  
,micro : ATmega32  
-----  
$hwstack = 32  
$swstack = 10  
$framesize = 40  
$crystal = 8000000  
$regfile = „m32def.dat“  
  
$baud = 19200  
Config Com1 = 19200 , Synchron = 0 , Parity = None , Stopbits = 1 , Databits = 8 , Clockpol = 0  
  
$lib „gld.lbx“  
Config Graphlcd = 240 * 64 , Dataport = Portc , Controlport = Portd , Ce = 5 , Cd = 4 , _  
Wr = 7 , Rd = 3 , Reset = 6 , Fs = 2 , Mode = 6  
 ,mode=8 udava 240/8=30 sloupcu, mode=6 dava 240/6 = 40 sloupcu atd.  
  
Const Velikostbufferu = 46  
Const Stisknuto = 1  
Const Rozepnuto = 0  
  
Declare Sub Symboly()  
Declare Sub Led()  
Declare Sub Zobrazznak()  
Declare Sub Enter()  
Declare Sub Podsvitit()  
Declare Sub Posunnahoru()  
Declare Sub Posundolu()  
  
Call Symboly  
  
Dim Znak As Byte , Sloupec As Byte , Radek As Byte  
Dim Netisknout As Bit  
Dim Texty(velikostbufferu) As String * 40  
Dim Celkertextu As Byte , Tlacitko As Bit , Sviti As Bit , Bit1 As Bit  
Dim I As Byte , Tmp1 As Byte , Tmp2 As Byte , Tmp3 As Byte , Posun As Bit , pomocne  
Sloupec = 1 : Radek = 1 : Sviti = 0 : Celkertextu = 1  
  
Config Porta.4 = Input : Porta.4 = 0 : Tlpodsviceni Alias Pina.4 ,Podsviceni  
Config Porta.3 = Input : Porta.3 = 0 : Tlnahoru Alias Pina.3 ,Sipka nahoru  
Config Porta.5 = Input : Porta.5 = 0 : Tldolu Alias Pina.5 ,Sipka dolu  
Config Porta.6 = Output : Porta.6 = 0 : Podsviceni Alias Porta.6  
  
 ,===== Konec deklaraci, hlavni program =====  
  
Cls ,Vycisti textovy a graficky displej (CLS TEXT, CLS GRAPH)  
Cursor Off  
Showpic 0 , 0 , Uvodnilogo  
Locate 1 , 8 : Lcd „VYSOKE“  
Locate 2 , 8 : Lcd „UCENI“  
Locate 3 , 8 : Lcd „TECHNICKE“  
Locate 4 , 8 : Lcd „V BRNE“  
Locate 1 , 26 : Lcd „FAKULTA“  
Locate 2 , 26 : Lcd „ELEKTROTECHNIKY“  
Locate 3 , 26 : Lcd „A KOMUNIKACNICH“  
Locate 4 , 26 : Lcd „TECHNOLOGII“  
  
Cls : Locate 1 , 1 : Cursor On Blink  
Do  
 Znak = Inkey()  
 Select Case Znak  
 Case 32 To 127 : Zobrazznak ,Normalni znak  
 Case 160 : Zobrazznak ,Symbol  
 Case 13 : Enter ,Enter  
 End Select  
 If Tlnahoru = Stisknuto Then  
 Call Posunnahoru  
 End If  
 If Tldolu = Stisknuto Then
```

```

        Call Posundolu
    End If
    If Tlpodsviceni = Stisknuto Then
        Call Podsvitit
    End If
Loop
End

,=====
,===== Konec hlavniho programu, Vlastni Subrutiny =====
,=====

Sub Zobrazznak()
    If Posun = 1 Then
        Posun = 0
        Cls
        Tmp1 = Velikostbufferu - 8
        For I = 1 To 8
            Incr Tmp1
            Locate I , 1 : Lcd Texty(tmp1)
        Next
        Locate Radek , Sloupec
        Cursor On Blink
    End If
    If Netisknout = 0 Then
        Lcd Chr(znak)
        Texty(velikostbufferu) = Texty(velikostbufferu) + Chr(znak)
    Else
        Netisknout = 0 ,Vyjimka kvuli enteru
    End If
    If Sloupec < 40 Then ,Zapis do radku
        Sloupec = Sloupec + 1
    Else ,Radek dosel, pise na novy radek
        Tmp1 = Velikostbufferu - 1 ,Presune buffer textu o zaznam vys a uvolni tak posledni zaznam
        For I = 1 To Tmp1
            Tmp2 = I + 1
            Texty(i) = Texty(tmp2)
        Next
        Texty(velikostbufferu) = „“
        Sloupec = 1
        If Celkertextu < Velikostbufferu Then ,pocet naplnenych radku
            Incr Celkertextu
        End If
        If Radek < 8 Then , zajisteni nerolovani 1 stranky
            Incr Radek
        Else
            Cls , Prekresli cely display
            Tmp1 = Velikostbufferu - 7
            For I = 1 To 7
                Locate I , 1 : Lcd Texty(tmp1)
                Incr Tmp1
            Next
        End If
    End If
    Locate Radek , Sloupec
End Sub

Sub Enter()
    Netisknout = 1
    Sloupec = 40
    Zobrazznak
End Sub

,Tmp1 udava pro obe rutiny : texty(tmp1) = 1.radek na displeji ,Tmp2 pro obe rutiny je pracovni
Sub Posunnahoru()
    If Celkertextu > 8 Then ,bude funkčni jen je-li aspon 9 radku naplnenych
        If Posun = 0 Then
            Posun = 1
            Cursor Off
            Tmp1 = Velikostbufferu - 8
        End If
        Tmp2 = Velikostbufferu - Celkertextu
        If Tmp1 > 1 And Tmp1 > Tmp2 Then
            Decr Tmp1
            Cls , Prekresli cely display
            For I = 1 To 8
                Tmp2 = Tmp1 + I : Decr Tmp2
            Next
        End If
    End If

```

```

        Locate I , 1 : Lcd Texty(tmp2)
    Next
End If
End If
End Sub

Sub Posundolu()
    If Posun = 1 Then
        Tmp2 = Velikostbufferu - 7
        If Tmp1 < Tmp2 Then
            Incr Tmp1
            Cls
            For I = 1 To 8
                Tmp2 = Tmp1 + I : Decr Tmp2
                Locate I , 1 : Lcd Texty(tmp2)
            Next
        End If
    End If
End Sub

Sub Podsvitit()
    If Sviti = 0 Then
        I = 0
        Set Podsviceni : Set Sviti
        Do
            Waitms 100
            Incr I
        Loop Until Pina.4 = Rozepnuto
        If I > 30 Then
            Toggle Podsviceni : Toggle Sviti
        End If
    Else
        Reset Podsviceni : Reset Sviti
        Do
            Waitms 10
        Loop Until Pina.4 = Rozepnuto
    End If
End Sub

Sub Symboly()
$asm
    ldi r24,&h03 ; CG-RAM Offset regitr
    rcall _GWrite_Data
    clr r24
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&H22
    rcall _GWrite_Cmd

, RAM adresa
    clr r24 ; CG-RAM 1c00H - adresa chr(160)
    ,ldi r24,&h10 ; CG-RAM 1c00H - adresa chr(162)
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&h1c
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&H24
    rcall _GWrite_Cmd

, ----- Smajlik -----
    clr r24
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&Hc0
    rcall _GWrite_Cmd

    clr r24
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&Hc0
    rcall _GWrite_Cmd

    ldi r24,&h14
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&Hc0
    rcall _GWrite_Cmd

    clr r24
    rcall _GWrite_Data
    ldi r24,&Hc0
    rcall _GWrite_Cmd

```

```
ldi r24,&h22
rcall _GWrite_Data
ldi r24,&Hc0
rcall _GWrite_Cmd

ldi r24,&h1c
rcall _GWrite_Data
ldi r24,&Hc0
rcall _GWrite_Cmd

clr r24
rcall _GWrite_Data
ldi r24,&Hc0
rcall _GWrite_Cmd

clr r24
rcall _GWrite_Data
ldi r24,&Hc0
rcall _GWrite_Cmd
$end Asm
End Sub

Uvodnilogo:
$bgf „vut.bgf“
```

## Příloha 7: Seznam použitých součástek

<i>označení</i>	<i>typ</i>	<i>provedení</i>
<i>Rezistory:</i>		
R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub> , R <sub>5</sub>	10k/0,125W	
R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub>	4k7/0,125W	
R <sub>6</sub> , R <sub>7</sub> , R <sub>8</sub>	3k3/0,125W	
<i>Kondenzátory:</i>		
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	15pF	
C <sub>3</sub> , C <sub>6</sub>	100nF	
C <sub>4</sub>	10nF	
C <sub>5</sub>	4,7μF/16V	
<i>Integrované obvody a moduly:</i>		
IO μP	ATmega32PU	DIL40
gLCD	MG2406F-SGL	
FT232R	FT232RL	SSOP
<i>Konektory a kabely:</i>		
2x konektorové kolíky jednořadé 10		rozteč 2,54 mm
2x počítačové	KONPC-SPK-4	(USB)
2x počítačové	KONPC-SPK-6	(RS232)
3x počítačové	KONPC-SPK-2	(RS232)
4x počítačové	KONPC-SPK-1	(USB)
kabely ploché	FBK14	1m
<i>Diody</i>		
D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub>	BZX83V005.1	DO-35
<i>Potenciometry a trimry:</i>		
P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub>	10k	uhlíkový ležatý
<i>Tranzistory:</i>		
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	BC547A	TO-92
<i>Krystaly:</i>		
XTAL	16 MHz	HC-33
<i>Tlačítka:</i>		
Podsvícení	P-PB61413L-301	
Nahoru, Dolu	P-PB61413L-306	