

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroniky a informačních technologií**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Elektronická časomíra pro požární sport**

## ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2020/2021

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jiří STUDNIČKA**  
Osobní číslo: **E18B0032P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**  
Téma práce: **Elektronická časomíra pro požární sport**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroniky a informačních technologií**

### Zásady pro vypracování

Navrhněte a realizujte časomíru pro požární sport

1. Základní elektronika měří čas a zpracovává data ze senzorů
2. Výsledky se posílají do PC pro další zpracování
3. Aktuální čas se zobrazuje na velkém zobrazovači

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Mikroprocesory a mikropočítače / Jiří Pinker. – 1. vyd. – Praha : BEN – technická literatura, 2004. – 159 s. : il.. – ISBN 80-7300-110-1

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Weissar, Ph.D.**  
Katedra elektroniky a informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **9. října 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2021**

  
**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan



  
**Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Plzni dne 9. října 2020

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na realizaci časomíry pro požární sport. Cílem této práce bylo vytvoření hardwaru a softwaru pro měření a zpracování časů. Základním předpokladem pro vypracování byl prvotní rozbor možných variant řešení, které jsou v práci zmíněné. Navržený systém se skládá ze dvou hlavních částí, měřící jednotky a velkého segmentového displeje. Další částí je přenos naměřených dat do PC a následné zpracování. Snahou bylo vyrobit tento prototyp co nejekonomičtěji a zároveň nejefektivněji s ohledem na dostupné a používané technologie. Výsledný systém měření je poměrně snadno modifikovatelný a proto má širší využití.

## **Klíčová slova**

Elektronická časomíra pro požární sport, Měření času, Segmentový displej, LCD displej, Mikrokontrolér ATmega644PA, Komunikace RS485, Přenos dat, Požární sport

## **Abstract**

This bachelor's thesis is focused on the realization of a stopwatch timer for fire sports. The goal of this work was to create hardware and software for measuring and processing times. The basic prerequisite for the preparation was an initial analysis of possible variants of the solutions mentioned in the thesis. The proposed system consists of two main parts, a measuring unit and a large segment display. Another part is the transfer of measured data to the PC and subsequent processing. The aim was to produce this prototype as economically and efficiently as possible with regard to available and used technologies. The resulting measurement system is quite easily modifiable and therefore has a wider use.

## **Key words**

Electronic stopwatch timer for fire sport, Measuring the time, Segment display, LCD display, Microcontroller ATmega644PA, Communications RS485, Data transfer, Fire sport

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 23.5.2021

Jiří Studnička

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Weissarovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>1 SROVNÁNÍ MOŽNOSTÍ REALIZACE ELEKTRONICKÝCH ČASOMÍR</b> .....	<b>14</b>
1.1 ELEKTRONICKÝ PŘÍPRAVEK A PŘÍSLUŠNÝ PC SOFTWARE.....	14
1.2 ČASOMÍRA Z ČÍSLICOVÝCH OBVODŮ .....	15
1.3 ČASOMÍRA S MIKROKONTROLÉREM.....	16
<b>2 TEORETICKÝ ROZBOR VYUŽITÝCH KOMPONENTŮ A KOMUNIKACÍ</b> .....	<b>18</b>
2.1 MIKROKONTROLÉR ATMEGA 644PA .....	18
2.2 SPI KOMUNIKACE A ISP PROGRAMOVÁNÍ (IN SYSTEM PROGRAMMING) .....	20
2.3 UART (USART) KOMUNIKACE .....	22
2.4 RS485 KOMUNIKACE.....	23
2.5 CCTALK PROTOKOL .....	23
2.6 LCD DISPLEJ HD44780.....	25
2.7 SEGMENTOVÝ DISPLEJ Z LED A PRINCIPY JEHO ŘÍZENÍ .....	25
<b>3 NÁVRH A PRAKTICKÁ REALIZACE MĚŘÍČÍHO SYSTÉMU</b> .....	<b>27</b>
3.1 POPIS A BLOKOVÉ SCHÉMA SYSTÉMU .....	27
3.2 NÁVRH ČASOMĚRNÉ JEDNOTKY .....	28
3.2.1 <i>Návrh zapojení</i> .....	29
3.2.2 <i>Návrh DPS</i> .....	33
3.2.3 <i>Návrh firmwaru</i> .....	34
3.3 NÁVRH ŘÍDÍCÍ JEDNOTKY VELKÉHO LED SEGMENTOVÉHO DISPLEJE .....	35
3.3.1 <i>Návrh zapojení</i> .....	36
3.3.2 <i>Návrh DPS</i> .....	38
3.3.3 <i>Návrh firmwaru</i> .....	38
3.4 NÁVRH ZAPOJENÍ LED SEGMENTOVÉHO DISPLEJE .....	39
3.4.1 <i>Návrh zapojení znaku (zobrazovače) displeje</i> .....	40
3.4.2 <i>Návrh DPS znaku (zobrazovače) displeje</i> .....	41
3.4.3 <i>Konstrukční řešení displeje</i> .....	42
3.5 NÁVRH SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ DAT V PC.....	42
3.5.1 <i>Software</i> .....	42
3.6 MĚŘENÍ NA ZHOTOVENÉM VÝROBKU .....	44
3.6.1 <i>Měření výstupní frekvence</i> .....	44
3.6.2 <i>Měření odběru proudu</i> .....	45
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>47</b>
<b>OBSAH PŘÍLOH</b> .....	<b>1</b>



## Seznam tabulek a obrázků

OBR. 1: SCHÉMA ELEKTRONICKÉHO PŘÍPRAVKU [1].....	15
OBR. 2: SCHÉMA ČASOMÍRY Z ČÍSLICOVÝCH OBVODŮ [2].....	16
OBR. 3: SCHÉMA ČASOMÍRY S MIKROKONTROLÉREM.....	17
OBR. 4: ROZLOŽENÍ PINŮ ATMEGA644PA V DIP POUZDŘE [4].....	20
OBR. 5: BLOKOVÉ SCHÉMA SPI SBĚRNICE [5].....	21
OBR. 6: SCHÉMA PROGRAMÁTORU USBASP [7].....	21
OBR. 7: RÁMEC KOMUNIKACE UART [4].....	22
OBR. 8: TYPICKÉ ZAPOJENÍ RS485 SBĚRNICE V POLODUPLEXNÍM ŘEŠENÍ [14].....	23
OBR. 9: LCD DISPLEJ 4X20 ZNAKŮ S ŘADIČEM HD44780 [21].....	25
OBR. 10: MULTIPLEXNÍ ŘÍZENÍ SE SPOLEČNOU ANODOU [24].....	26
OBR. 11: BLOKOVÉ SCHÉMA CELÉHO SYSTÉMU.....	28
OBR. 12: BLOKOVÉ SCHÉMA ČASOMĚRNÉ JEDNOTKY.....	28
OBR. 13: ZAPOJENÍ MODULU S MAX485 [26].....	30
OBR. 14: ZAPOJENÍ MODULU S FT232RL [27].....	31
OBR. 15: SCHÉMA PROPOJENÍ ČASOMĚRNÉ JEDNOTKY A TERČE.....	32
OBR. 16: DPS ČASOMĚRNÉ JEDNOTKY.....	33
OBR. 17: VÝVOJOVÝ DIAGRAM FIRMWARU ČASOMĚRNÉ JEDNOTKY.....	35
OBR. 18: BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍDÍČÍ JEDNOTKY VELKÉHO LED DISPLEJE.....	35
OBR. 19: SCHÉMA ZAPOJENÍ TRANZISTORU (BUDIČ ANODY).....	37
OBR. 20: DPS ŘÍDÍČÍ JEDNOTKY VELKÉHO SEGMENTOVÉHO DISPLEJE.....	38
OBR. 21: VÝVOJOVÝ DIAGRAM FIRMWARU ŘÍDÍČÍ JEDNOTKY VELKÉHO SEGMENTOVÉHO DISPLEJE.....	39
OBR. 22: BLOKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ VELKÉHO SEGMENTOVÉHO DISPLEJE.....	40
OBR. 23: DPS ZNAKU VELKÉHO SEGMENTOVÉHO DISPLEJE.....	41
OBR. 24: KONSTRUKCE VELKÉHO SEGMENTOVÉHO DISPLEJE.....	42
OBR. 25: VÝVOJOVÝ DIAGRAM SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ DAT.....	43
OBR. 26: ROZHRAŇÍ SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ DAT.....	44
OBR. 27: SCHÉMA ZAPOJENÍ KALIBRAČNÍHO MĚŘENÍ VÝSTUPNÍ FREKVENCE.....	45
TAB. 1: ZÁKLADNÍ PARAMETRY ATMEGA644PA [3].....	19
TAB. 2: DATOVÝ PAKET UPRAVENÉHO PROTOKOLU CCTALK.....	24
TAB. 3: MĚŘÍČÍ MÓDY STÁVAJÍCÍ VERZE FIRMWARU.....	34
TAB. 4: ZMĚŘENÉ HODNOTY ODEBÍRANÉHO PROUDU.....	45

## Seznam symbolů a zkratek

A	Signál standardu RS485
B	Signál standardu RS485
C	Programovací jazyk C
C#	Programovací jazyk C Sharp
CCP	Porovnávací periférie (Capture compare periphery)
ccTalk	Sériový protokol
CMOS	Technologie polovodičů (Complementary metal-oxide semiconductor)
COM port	Komunikační port (Communication port)
CRC	Kontrolní součet (Cyclic redundancy check)
CS	Výběr obvodu (Chip select)
CSV	Hodnoty oddělené čárkou (Comma-separated value)
DIP	Pouzdro s dvěma řadami pinů (Dual in-line package)
DPS	Deska plošných spojů
EEPROM	Elektricky mazatelná paměť (Electrically erasable read-only memory)
FLASH	Programovatelná paměť
I2C	Sériová komunikace
ISP	Programování v systému (In-system programming)
JSA	Jazyk symbolických adres
LCD	Displej z tekutých krystalů (Liquid crystal display)
LED dioda	Světelná dioda (Light emitting diode)
MCU	Mikrokontrolér (Microcontroller)
MISO	Signál sběrnice SPI (Master input, Slave output)
MOSI	Signál sběrnice SPI (Master output, Slave input)
PC	Osobní počítač (Personal computer)
PWM	Pulsní šířková modulace (Pulse-width modulation)
RS485	Komunikační standard
SCK	Synchronizovaný hodinový signál (Synchronized clock)
SMD	Zařízení pro povrchovou montáž (Surface-mount device)
SMT	Technologie povrchové montáže (Surface-mount technology)
SPI	Sériové periferní rozhraní (Serial peripheral interface)
SRAM	Statická paměť s náhodným přístupem (Static random-access memory)

THT	Technologie průchozích otvorů (Trough-hole technology)
TTL	Tranzistorová logika (Transistor-transistor logic)
UART	Sériové rozhraní (Universal asynchronous reciver-transmitter)
USB	Univerzální sériová sběrnice (Universal serial bus)
USBasp	USB programátor

## Úvod

Pro svoji bakalářskou práci jsem si vybral elektronickou časomíru pro požární sport. Moje volba byla jednoznačná tím, že jsem již od dětství členem Sboru dobrovolných hasičů a aktivně se věnuji požárnímu sportu. V dnešní době je nutností používat elektronickou časomíru při závodech i při trénincích. Zakoupení továrně vyráběných časomír je poměrně nákladné, nejdražší částí celé časomíry bývá velký zobrazovací displej. Požární sport zahrnuje více než deset disciplín, což vyžaduje velké množství příslušenství k časomíře pro jednotlivé disciplíny. Příkladem takového příslušenství jsou startovací zařízení, kdy lze ke startu použít startovací pistoli, akustickou krabičku nebo startovací tlačítko. Podobně jsou na tom ukončovací periferie, kdy lze používat sklopné terče, nástřikové terče nebo optické brány. Z tohoto důvodu musí být časomíra kompatibilní se všemi dostupnými periferiemi. Časomíra navržená v této práci bude převážně využívána pro tréninky požárního útoku, kde bude jako ukončovací periferie využit již zmíněný sklopný terč. Tento terč obsahuje sklopný válec, který je potřeba srazit proudem vody. Na sklopný válec je přimontovaný magnetický koncový spínač, který fyzicky propojuje terč a časomíru. Problematika jednotlivých periferií bude nastíněna v dalších kapitolách.

Tato bakalářská práce je zaměřena na realizaci elektronické časomíry pro požární sport a velkého segmentového displeje pro zobrazování naměřených výsledků. Celý systém se skládá ze dvou hlavních částí a jedné doplňkové. První hlavní částí je jednotka pro měření času, která snímá vstupní periferie, tedy signály ze startovací pistole či jiného startovacího zařízení. Dále snímá až čtyři signály z koncových spínačů, které ukončují běh časomíry. Jednotka je vybavena malým LCD displejem, který slouží pro nastavení jednotlivých režimů časomíry a zároveň informuje o dosažených výsledcích. Jednotka obsahuje komunikaci RS485 a komunikaci UART. Komunikace RS485 slouží k propojení časoměrné jednotky s velkým segmentovým displejem. Značnou výhodou je možnost připojení teoreticky až 31 displejů. Pro propojení jednotky s počítačem slouží klasická sériová komunikace UART, jejíž rozhraní je připojené k převodníku UART - USB. Druhou hlavní částí je velký 7-segmentový displej, který je multiplexně řízený. S časoměrnou jednotkou komunikuje po již zmíněné komunikaci RS485. Displej je složen z dvanácti znaků, jejich segmenty jsou tvořeny jednotlivými LED diodami. Poslední

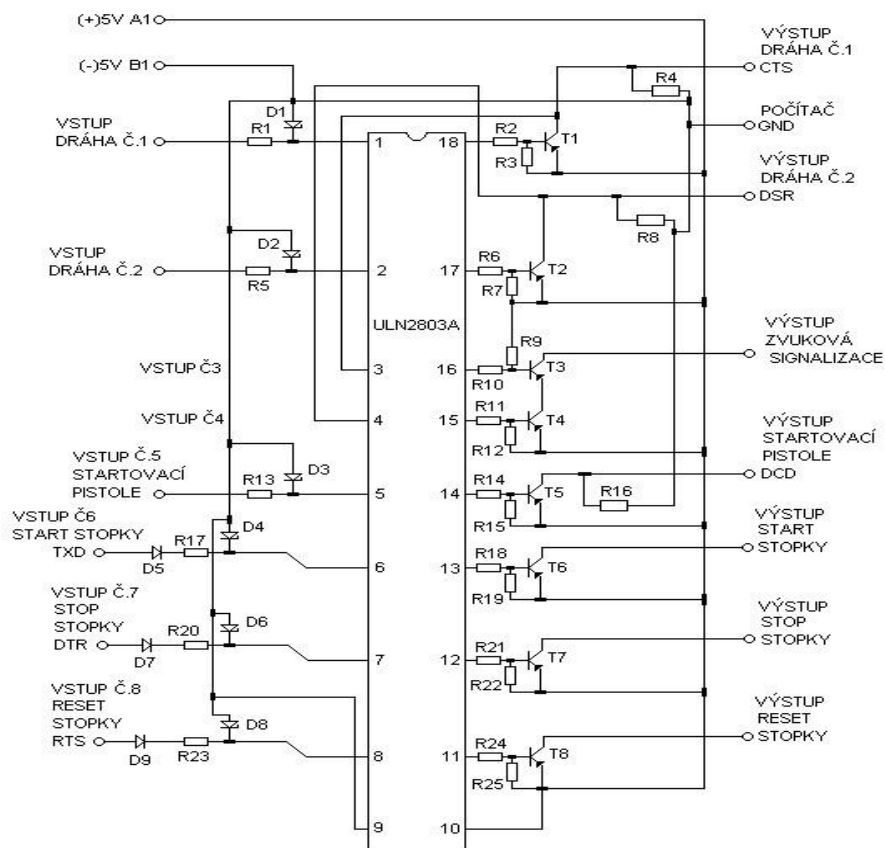
doplňkovou část tvoří software pro vyhodnocování změřených časů. Software zobrazuje měřené časy a konfiguraci časoměrné jednotky, dále ukládá výsledky do přehledných tabulek a provádí vyhodnocení změřených dat. Vyhodnocená data lze ze softwaru exportovat do souboru CSV, který je snadno zpracovatelný komerčně vydávanými softwary.

# 1 Srovnání možností realizace elektronických časomír

Existuje velké množství provedení elektronických časomír. Tento fakt je způsoben samotným rychlým vývojem elektroniky. V následujících podkapitolách jsou uvedeny tři nejčastější konstrukce, ale v praxi se lze setkat s různými jinými konstrukcemi, či různými kombinacemi konstrukcí.

## 1.1 Elektronický přípravek a příslušný PC software

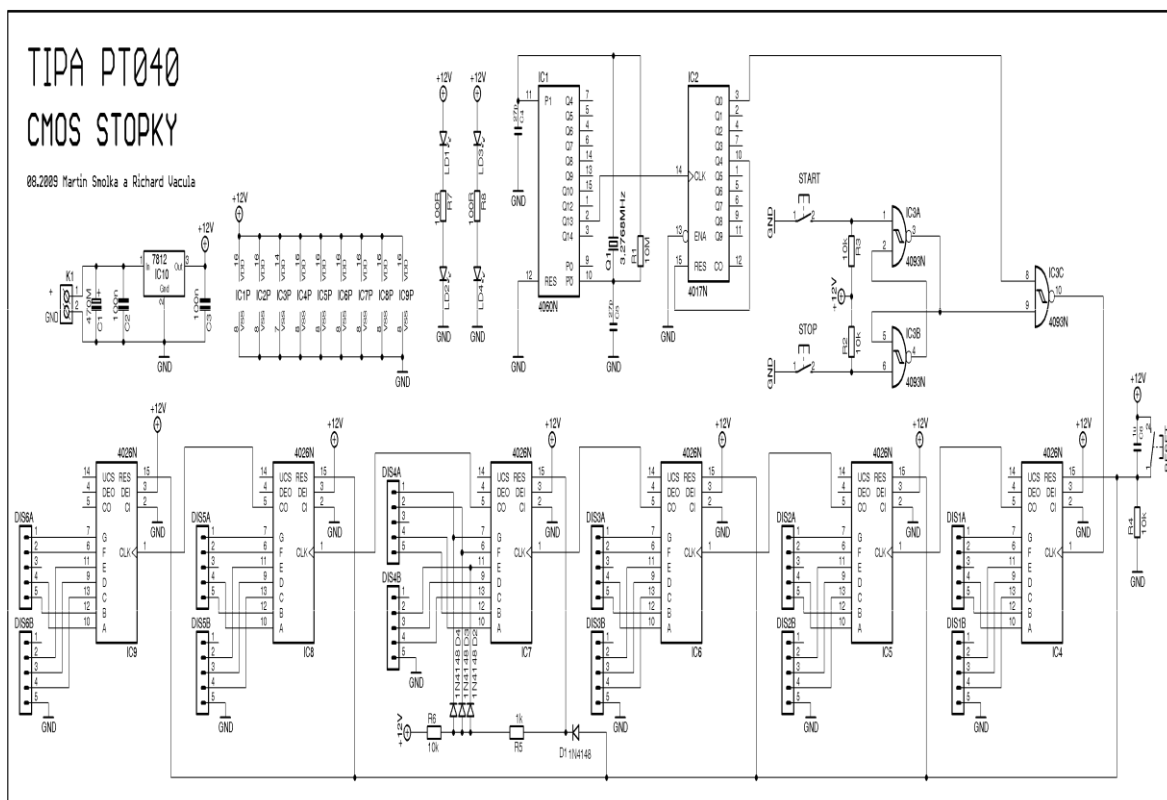
Jedná se o jedno z nejméně finančně náročných řešení. Celý systém se skládá ze dvou hlavních komponentů, z elektronického přípravku a počítačového softwaru. Elektronický přípravek snímá vstupní signály. Tyto signály mohou být vyvolány startovacími zařízeními či koncovými zařízeními. Další činností tohoto převodníku je ovládání výstupních periférií. Tyto periférie mohou být světelné či akustické signalizace, které informují o ukončení měření času. Hlavní funkcí přípravku je převedení vstupních signálů na signály sériové linky, které jsou zpracovány samotným počítačovým softwarem. Samotné měření času je tedy realizováno pomocí příslušného softwaru a přípravek tvoří pouze rozhraní mezi počítačem a ostatními perifériemi. Pro zkonstruování takového řešení jsou potřebné pokročilé znalosti elektrotechniky a zkušenosti s vývojem počítačového softwaru. Značnou nevýhodou je nutnost použití počítače, dále je zde problém, že u měřicího softwaru je poměrně složité, až skoro nemožné, nastavit dostatečně vysokou prioritu, proto ostatní procesy počítače snižují přesnost měření. Dalším problémem může být zacházení se sériovým rozhraním, kdy si špatným zapojením či neopatrnou manipulací můžeme zničit sériový port počítače. V dnešní době většina počítačů sériový port již neobsahuje, proto se jedná o poměrně historické provedení. Následující obrázek ukazuje jedno z mnoha možných řešení.



Obr. 1: Schéma elektronického přípravku [1]

## 1.2 Časomíra z číslicových obvodů

Cenová relace tohoto provedení je nejvyšší ze všech zmíněných řešení. Základem těchto časomír je nejčastěji oscilátor s příslušnými čítači pulzů. Místo oscilátoru lze použít jako zdroj hodin síťovou frekvenci. Oscilátor bývá obvykle tvořen pomocí krystalu, pasivních součástek a příslušného integrovaného obvodu. Taktovací frekvenci oscilátoru dělíme pomocí čítačů na nižší zpracovatelné frekvence. Tyto nižší takty mívají obvykle frekvenci 100 či 1000Hz, periody takovýchto signálů následně odpovídají 10 či 1 ms. Takto vydělené frekvence jsou vhodné pro měření časových úseků, dále jsou načítány dalšími čítači, které již přísluší konkrétním časovým úsekům, například setiny či desetiny sekundy. Tyto zmíněné čítače jsou obvykle vybaveny 7-segmentovými dekodéry, ke kterým jsou připojené jednotlivé znaky displeje. Velikost znaků displeje značně ovlivňuje cenu celkového zařízení. Konstrukci může tvořit poměrně rozsáhlé zapojení, které opět zvyšuje pořizovací náklady. Realizace takovéto časomíry vyžaduje pokročilé znalosti číslicové techniky a elektrotechniky. Naměřené časy nelze posílat do počítače a zde je dále zpracovávat, což je v dnešní době nevýhodné. Při zvolení kvalitního oscilátoru je přesnost časomíry velmi vysoká.



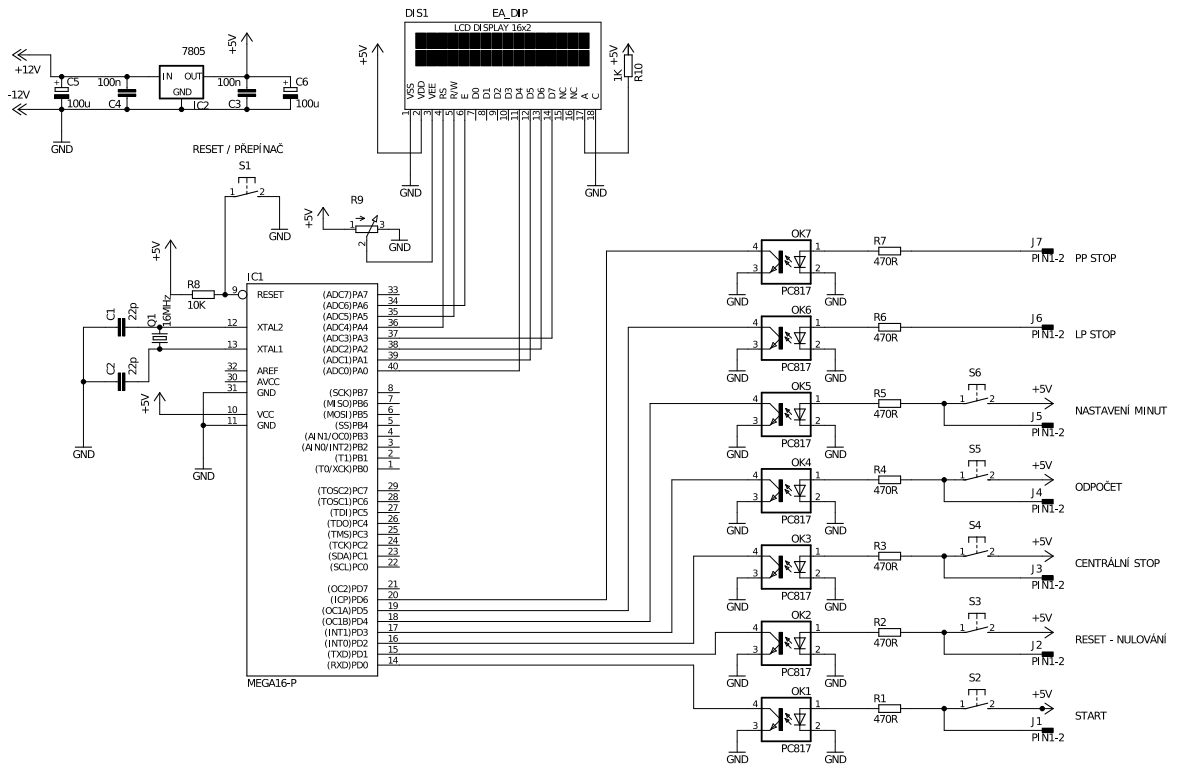
Obr. 2: Schéma časomíry z číslicových obvodů [2]

### 1.3 Časomíra s mikrokontrolérem

Jedná se o středně finančně náročné řešení. Základním prvkem této časomíry je libovolný mikrokontrolér (dále jen "MCU"). MCU nejčastěji využívá krystal, doplněný o kondenzátory, jako zdroj taktovací frekvence. Frekvence bývá dělena vnitřními obvody MCU na nižší frekvence, které jsou vhodnější pro měření časových úseků. Pro přesné měření časů se využívá vnitřních čítačů MCU, které po určitém časovém úseku provádí přerušování, při kterém dochází k inkrementaci nejmenších časových jednotek. Vstupní část obvodu tvoří nejčastěji optočleny, které plní hned několik funkcí najednou, galvanicky oddělují MCU od vstupních periférií a zároveň má funkci vysokofrekvenčního filtru. Značnou výhodou je, že jako výstupní periférie MCU můžeme využít celou řadu displejů, klasické LCD, dotykové LCD či segmentové. I u tohoto řešení časomíry má výběr displeje zásadní vliv na finanční náročnost celého systému. Dále je zde velká výhoda, že naměřené časy můžeme posílat pomocí sériové linky či USB do počítače a zde data následně zpracovávat. Díky dalším komunikačním rozhraním MCU lze naměřené časy přenášet i do velkých displejů vzdálených několik desítek či stovek metrů od časoměrné jednotky. Při dobře sestaveném firmwaru MCU je přesnost měření velmi vysoká, srovnatelná s řešením z číslicových obvodů. Výsledné elektronické schéma časomíry s MCU je poměrně



jednoduché. Na základně těchto výhod lze vytvořit univerzální modulární časoměrný systém. Z těchto důvodů byl tento systém zvolen pro tuto bakalářskou práci.



Obr. 3: Schéma časomíry s mikrokontrolérem

## 2 Teoretický rozbor využitých komponentů a komunikací

V této části budou teoreticky rozebrány jednotlivé komponenty a technologické postupy, které byly využity pro návrh a konstrukci celého systému. Z elektronické části se jedná o mikrokontrolér, komunikační sběrnice, protokoly, displeje a problematiku vstupních periférií.

### 2.1 Mikrokontrolér ATmega 644PA

Vzhledem k typu vybrané konstrukce pro tuto bakalářskou práci je potřeba důrazně zvážit výběr vhodného mikrokontroléru, jelikož tvoří nejdůležitější část celého systému. Od jeho výběru se odvíjí technické možnosti systému, výběr okolních kompatibilních obvodů a způsob programování. Vzhledem k velkému množství výrobců, kteří se zabývají mikrokontroléry lze vybírat z velkého spektra, dle technických požadavků na čip pro danou konstrukci a s ohledem na zkušenosti konstruktéra. Samotní výrobci následně nabízejí několik typů rodin mikrokontrolerů, které se zaměřují na specifikovanější aplikace. Díky těmto rodinám může konstruktér snadněji vybrat čip pro svoji specifickou aplikaci.

Pro tuto práci byl zvolen mikrokontrolér ATmega644PA od firmy Microchip. Vzhledem k zvolené konstrukci byly na mikrokontrolér kladeny nároky, velký počet vstupně - výstupních pinů (alespoň 28 využitelných), větší počet pinů s možností externího přerušení, dostatečně velká paměť FLASH pro rozsáhlejší firmwary, možnost ISP programování, dostupnost THT pouzdra a dvě hardwarové sběrnice UART. Zvolený mikrokontrolér je v této práci využit jako hlavní prvek časoměrné jednotky, který měří čas, snímá signály z periférií, odesílá čas po komunikaci do velkého displeje a zasílá data do počítače k dalšímu zpracování. Dále je využit ve velkém 7-segmentovém displeji pro příjem času z časoměrné jednotky a pro řízení multiplexování jednotlivých znaků displeje.

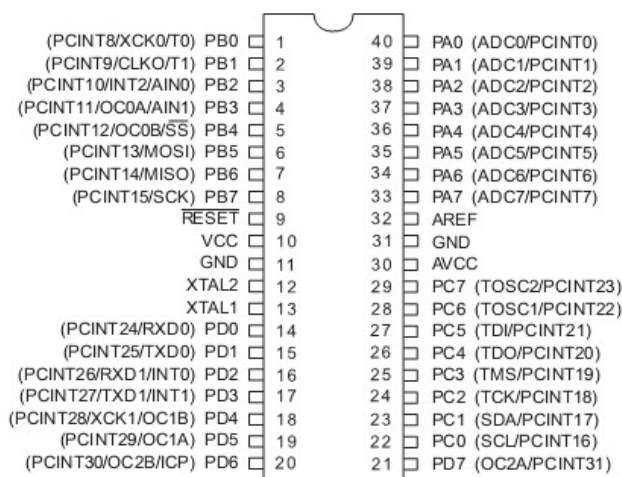
Mikrokontrolér ATmega644PA je vysoce výkonný osmibitový mikrokontrolér s nízkým příkonem a je zhotoven technologií CMOS. Čip je tvořen harvardskou architekturou a obsahuje 32 pracovních registrů pro běžné operace, následujících 64 registrů slouží pro nastavování periférií, zbytek tvoří SRAM, která slouží pro uchování dat při provozu. Dále mikrokontrolér obsahuje čtyři porty po 8 pinech, tedy máme k dispozici

až 32 programovatelných pinů, z nichž každý může být využit jako vstup či výstup. Celkový počet pinů v pouzdře DIP je 40. Piny mají navíc implementované alternativní funkce, které slouží pro práci s ostatními vnitřními periferiemi mikrokontroléru. Každý z těchto pinů můžeme zatížit proudem až 40mA. Čip má poměrně velký rozsah napájení a to od 1,8 do 5,5V. Je vybaven 64kB FLASH pamětí pro firmware, operační paměť SRAM činí 4096B a EEPROM pro dlouhodobý záznam má 2048B. Mikrokontrolér je vybaven třemi čítači - časovači, které běží nezávisle na jádře procesoru. Dále je vybaven několika komunikačními rozhraními z nichž nejdůležitější pro tuto práci jsou rozhraní SPI a rozhraní UART, které obsahuje dvakrát. [3] [4]

Firma Microchip poskytuje pro programování AVR a SAM bezplatné Microchip studio, které je vybaveno programovacím editorem, kompilátorem a debuggerem. Samotný čip se nechá programovat pomocí jazyka C nebo jazyka symbolických adres JSA. Vzhledem k rozsahu kódu a snazšímu vývoji byl zvolen jazyk C. [3]

Tab. 1: Základní parametry ATmega644PA [3]

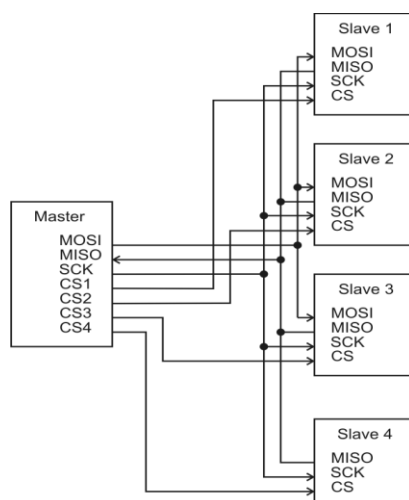
<b>Parametry</b>	<b>Hodnoty</b>
<i>Typ programové paměti</i>	<i>Flash</i>
<i>Velikost paměti programu (kB)</i>	<i>64</i>
<i>Max. rychlost CPU (MIPS)</i>	<i>20</i>
<i>SRAM (B)</i>	<i>4096</i>
<i>EEPROM (B)</i>	<i>2048</i>
<i>Komunikační periferie</i>	<i>2-UART, 3-SPI, 1-I2C</i>
<i>Porovnávací / PWM periferie</i>	<i>1CCP, 6PWM</i>
<i>Časovače</i>	<i>2x8bit, 1x16bit</i>
<i>Pracovní teplota (°C)</i>	<i>-40 - 85</i>
<i>Pracovní napětí (V)</i>	<i>1,8 - 5,5</i>



Obr. 4: Rozložení pinů ATmega644PA v DIP pouzdře [4]

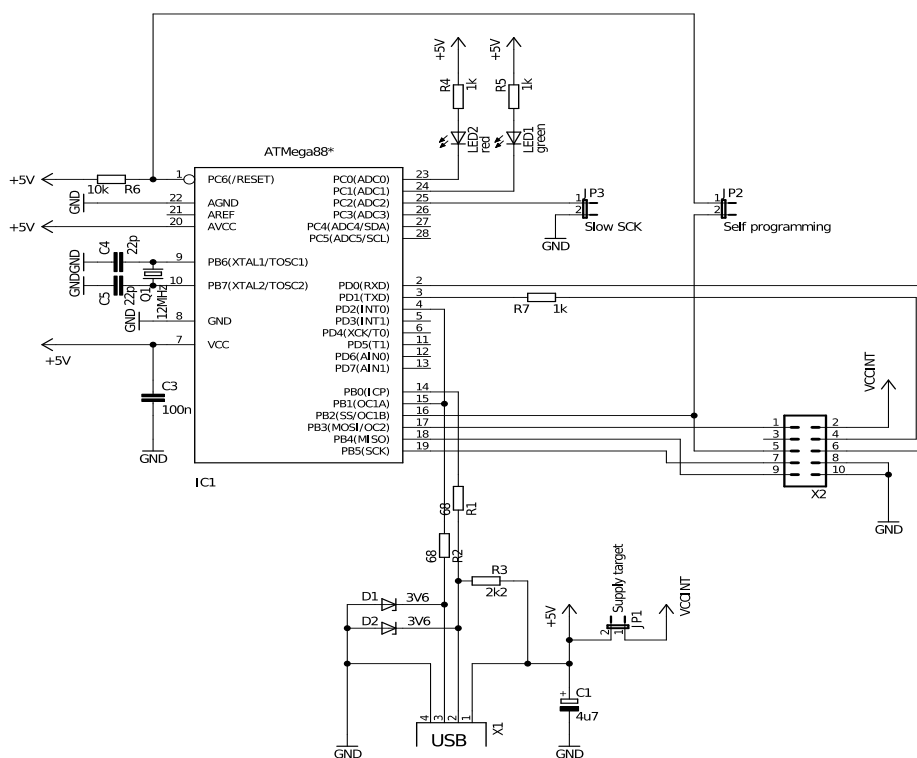
## 2.2 SPI komunikace a ISP programování (In system programming)

SPI je sériové periferní rozhraní. Principiálně se jedná o velmi jednoduchou sběrnici, která slouží pro připojování okolních periférií k mikrokontrolérům, nebo může tvořit komunikaci mezi dvěma či více mikrokontroléry. Některé mikrokontroléry využívají SPI pro programování vnitřní paměti FLASH, příkladem je i čip ATmega644PA, který byl popsán v minulé podkapitole. Komunikace přenáší data oběma směry, proto lze říci, že je duplexní. Sběrnice je tvořena jedním zařízením master a jedním, či více zařízením slave. Ke komunikaci jsou využity minimálně čtyři vodiče. Pro fyzický přenos dat se využívají vodiče MOSI (Master Out, Slave in), MISO (Master In, Slave Out). Vodič SCK slouží jako zdroj synchronizačního hodinového signálu pro posun datových bitů mezi zařízeními na sběrnici. Komunikace je tedy synchronní, proto lze dosahovat poměrně vysokých přenosových rychlostí. Poslední vodič sběrnice je CS (Chip select), kterým zařízení master vybírá příslušné zařízení slave, se kterým chce komunikovat. Vzhledem ke konstrukci sběrnice musí mít sběrnice shodný počet CS vodičů s počtem zařízení slave. V případě velkého množství zařízení na sběrnici, bude potřeba velkého množství výběrových vodičů, což může být pro určité aplikace značně limitující. U mikrokontroléru ATmega644PA lze nastavit maximální frekvenci hodinového signálu až na frekvenci 10MHz při využití krystalu s frekvencí 20MHz. Lze tedy teoreticky přenášet data s rychlostí až 10Mb/s. V této práci je SPI využito pro ISP programování FLASH paměti, která obsahuje firmware. [4] [5] [6]



Obr. 5: Blokové schéma SPI sběrnice [5]

ISP programování využívá pro svoji činnost právě SPI komunikaci. Značnou výhodou je možnost programovat čip přímo v zařízení, například v DPS či nepájivém poli. Tento způsob značně šetří čas při vývoji a ladění firmwaru. ISP programování je jeden z nejjednodušších a zároveň ekonomicky výhodným principem sériového programování mikrokontrolerů. V této práci je využit jednoduchý programátor USBasp, jehož pořizovací cena se pohybuje okolo sto korun. Existuje možnost si programátor vyrobit, jelikož celý projekt programátoru je opensource.



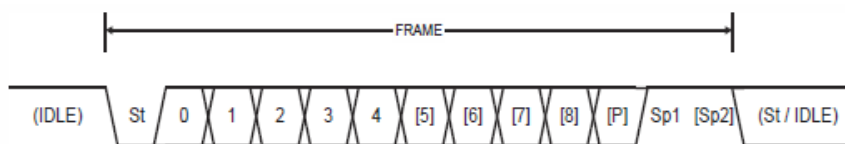
Obr. 6: Schéma programátoru USBasp [7]

## 2.3 UART (USART) komunikace

UART (USART) je univerzální asynchronní a synchronní sériová komunikace. Je součástí většiny dostupných mikrokontrolerů v dnešní době. Rozhraní může pracovat v synchronním i asynchronním režimu, od této volby se odvíjí hardwarové požadavky a technické specifikace. Sběrnice je plně duplexní, data mohou být přenášeny oběma směry zároveň. Častěji bývá linka využívána v asynchronním režimu, v němž není třeba sběrnici synchronizovat hodinami. Tímto faktorem lze ušetřit jeden fyzický vodič na úkor přenosové rychlosti. Tato konfigurace je výhodná pro aplikace, kde není třeba vysokých přenosových rychlostí, u mikrokontrolerů ATmega644PA je maximální rychlost až 2,5Mb/s (obecně závisí na dané hardwarové konfiguraci). Při asynchronním přenosu musí mít řadiče sériové komunikace dobrou šumovou imunitu, aby nedocházelo vlivem šumu k omylným vyvoláním přenosu. [8]

Rozhraní UART využívá pro přenos dat posuvné registry, které přesouvají data mezi zařízeními. Datové rámce této komunikace mohou mít 5 až 9 datových bitů. Dále je rámec doplněn o startovací bit, paritní bity a stopovací bity. Konfigurace jednotlivých bitů závisí na dané aplikaci. Datový rámec vypadá následovně [4]:

- *startovací bit* - zahájení přenosu, slouží pro synchronizaci zařízení
- *datové bity* - 5 až 9 datových bitů pro danou informaci, posílány vzestupně
- *paritní bit* - slouží ke kontrole přenášených dat
- *stopovací bity* - až 2 bity pro ukončení přenosu na lince



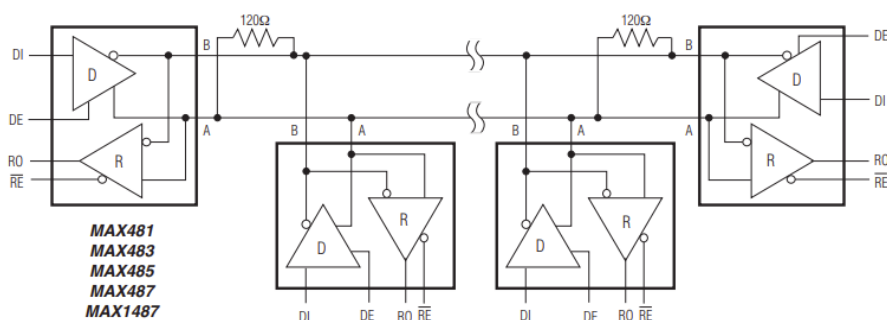
Obr. 7: Rámec komunikace UART [4]

Rozhraní UART je v této práci využito pro přenos dat do počítače a do velkého segmentového displeje. Veškeré signály této komunikace jsou uvažovány proti společné zemi. Vzhledem k faktu, že mikrokontroléry mívají UART založený na napěťových úrovních TTL či CMOS logiky (CMOS vstupní úrovně, log. 0 = 0 - 1,5V, log. 1 = 3,5 - 5V), tak není vhodné ho používat pro přenos dat na větší vzdálenosti (desítky či stovky metrů). Z tohoto důvodu je potřeba vybrat vhodný standard pro přenosy na větší vzdálenosti. Pro přenos dat do počítače byl zvolen převodník z UART (CMOS logika) na

USB rozhraní, které je dostupné na všech počítačích. Pro přenos dat na velký segmentový displej byl zvolen převodník z UART (CMOS logika) na rozhraní RS485, které je schopné pracovat v těžkých průmyslových prostředích, a proto se hodí pro tuto aplikaci. Zmíněné rozhraní RS485 bude popsáno v následující podkapitole. Převodníky a jejich zapojení budou detailněji popsány v kapitolách praktické realizace. [9] [10] [11]

## 2.4 RS485 komunikace

RS485 je průmyslové rozhraní pro sériovou linku. Toto rozhraní obvykle vytváří sériovou sběrnici, která umožňuje větvení a přenos dat až do vzdálenosti 1600m. Obvykle lze na takovou sběrnici připojit až 32 zařízení, tento faktor může být ovlivněn použitým kabelem, typem budičů RS485, či cílovou aplikací. Pro přenos dat stačí pouze dva vodiče, které bývají označeny jako A a B. Přenos je pak poloduplexní. Sběrnice nevyužívá žádnou modulaci, ale diferenciální kódování, které potlačuje rušení. Pro přenos je doporučen kabel s krouceným párem, který opět snižuje vlivy okolního rušivého okolí. Napěťové úrovně signálů linky jsou diferenciální, jsou vztaženy mezi vodiči A a B, nejsou tedy uvažovány proti společné zemi. Příslušná logická hodnota je detekována, jestliže rozdíl mezi A a B je alespoň 200mV. Toto rozhraní definuje pouze fyzickou vrstvu, a proto je třeba ho doplnit vhodným přenosovým protokolem, který řídí přenos dat. Podrobné zapojení budičů sběrnice bude popsáno v kapitolách praktické realizace. [12] [13] [14]



Obr. 8: Typické zapojení RS485 sběrnice v poloduplexním řešení [14]

## 2.5 ccTalk protokol

Jedná se o univerzální sériový protokol, který je hojně využíván pro peněžní transakce. Využití nachází například u detektorů měn, telefonních automatů, prodejních automatů a u spousty dalších peněžních zařízení. Protokol byl vyvinut firmou Money Controls. Zmíněný protokol je otevřený a lze k němu najít plnohodnotnou dokumentaci. Protokol lze snadno implementovat na jakoukoliv sériovou sběrnici, tedy protokol nijak nedefinuje fyzickou

vrstvu sběrnice. V této práci je využit s rozhraním RS485, které propojuje časoměrnou jednotku s velkým segmentovým displejem. Dále v této práci je využita značně zjednodušená verze zmíněného protokolu, jelikož pro řízení displeje stačí pouze pár základních operací. [15]

Zjednodušená verze tohoto protokolu vychází ze stávající oficiální dokumentace ccTalk protokolu a z knihovny, která je dostupná na odkazu [17]. Principy protokolu jsou přejaty ze zmíněných zdrojů, ale jednotlivé funkce jsou upraveny a značně zjednodušeny pro použití v této práci. Na celé sběrnici je jedno zařízení master (časoměrná jednotka) a ostatní jsou nastavena jako slave (segmentový displej). Sběrnice je použita v poloduplexním rozložení. Master řídí celou komunikaci. V nečinném stavu zařízení slave odposlouchávají linku. Zařízení master vysílá jako první byte adresu slave, pro který je určena příslušná zpráva. V momentě, kdy slave zachytí svoji adresu na sběrnici, povolí přijímání dalších bytů. Druhý byte udává celkový počet bytů, které daná zpráva obsahuje. Příslušné zařízení slave počítá přijaté byty a sčítá dekadické hodnoty přijatých bytů. Pokud počet přijatých bytů odpovídá hodnotě z druhého bytu a zároveň součet dekadických hodnot (CRC) jednotlivých bytů, který se přetypuje na osmibitové číslo odpovídá nulové hodnotě, tak zpráva byla přijata v pořádku. Dále může zařízení slave poslat do zařízení master zprávu s informací, zda byla zpráva správně přijata. Následně je zpráva zpracována v příslušném zařízení slave. Zařízení slave může vysílat na vyžádání mastera, tato funkcionality, ale není potřebná v této práci. Protokol využívá přenosovou rychlost 19,2kb/s. Datový paket upraveného protokolu je uveden v následující tabulce. [15] [16]

Tab. 2: Datový paket upraveného protokolu ccTalk

<b>Pozice bytu</b>	<b>Význam bytu</b>
0.	Adresa příjemce
1.	Počet datových bytů zprávy
2.	Adresa odesílatele
3. - 6.	Čas horního řádku
7. - 10.	Čas dolního řádku
11.	Zobrazení desetinné čárky
12.	Doplňující údaj horního řádku
13.	Doplňující údaj dolního řádku
14.	Kontrolní součet (CRC)



## 2.6 LCD displej HD44780

Jedná se o univerzální displej, který je složen z tekutých krystalů (LCD). Tento displej je vybaven řadičem HD44780, který obsahuje předdefinovanou znakovou sadu, která usnadňuje zobrazování znaků na displeji. Díky této sadě není třeba rozsvěcovat jednotlivé pixely zvláště, ale stačí řadiči poslat příslušný znak a řadič ho rozsvítí v již předdefinované matici 5x8 pixelů. Displej je vybaven osmi datovými piny, čtyřmi řídicími piny, dvěma piny pro podsvícení a dvěma napájecími piny. Displej lze propojit s mikrokontrolérem třemi základními způsoby, osmibitovou sběrnicí, čtyřbitovou sběrnicí nebo pomocí I2C řadiče. V této práci je využita čtyřbitová sběrnice, která rozděljuje zasílané zprávy na dvě čtveřice bitů, tedy tvoří sérioparalelní sběrnici. Podrobné zapojení je uvedeno v kapitolách praktické realizace. Pro tuto práci byla vybrána verze displeje se čtyřmi řádky a dvaceti sloupci. Pro ovládání displeje byla zvolena již hotová knihovna dostupná ze zdroje [20], jejíž autor je Peter Fleury. [18] [19]

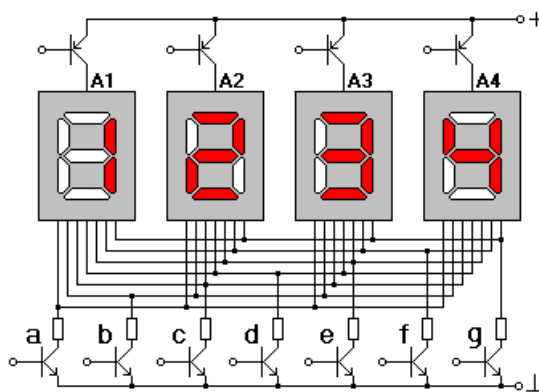


Obr. 9: LCD displej 4x20 znaků s řadičem HD44780 [21]

## 2.7 Segmentový displej z LED a principy jeho řízení

Existuje široké spektrum provedení segmentových displejů. Displeje se liší počtem segmentů, počtem zobrazovaných znaků, typem zobrazovacích led diod, způsobem zapojení, způsobem řízení displeje a dalšími parametry. V této práci je využit 7-segmentový displej s desetinnou tečkou, tedy 8 dostupných segmentů. Pro zobrazení čísel a základních znaků je tento typ optimální. Při využití většího počtu segmentů roste konstrukční složitost a cena celkového displeje. Jednotlivé segmenty každé číslice jsou tvořeny sérioparalelním zapojením LED diod s vhodně navrženými předřadnými rezistory. Pro zapojení displeje byl zvolen způsob zapojení se společnou anodou. Tedy celý znak displeje má spojené všechny anody do jednoho vodiče, každé katodě připadá jeden vodič. Detailní zapojení displeje je uvedeno v kapitolách praktické realizace.

Důležitým faktorem je vhodný výběr řízení displeje. Řízení displeje má vliv na celkovou konstrukci displeje a ovlivňuje celou řadu dalších faktorů. Existují tři základní způsoby řízení segmentových displejů. Přímé řízení vyžaduje vysoké množství ovládacích pinů, a proto je pro praktické účely téměř nepoužitelné. Dalším způsobem je statické řízení, displej má obvykle společnou anodu a jednotlivé katody jsou řízeny pomocí příslušných řadičů (posuvné registry, specializované obvody) v závislosti na synchronizačních hodinách. Výhodou tohoto řízení je, že displej má vysoký jas a řídicí kontrolér nemusí provádět řízení cyklicky, jelikož jednotlivé znaky mají paměť. Mezi nevýhody patří vysoký odběr proudu, složitější hardwarové vybavení a vyšší cena celkového řešení displeje. Posledním způsobem řízení je dynamické (multiplexní) řízení. Displej má obvykle společné anody pro jednotlivé znaky displeje. Anody jsou obvykle ovládány pomocí tranzistorů, jejich počet je shodný s počtem znaků displeje. Katody tvoří společnou sběrnici pro celý displej. Počet katod odpovídá počtu jednotlivých segmentů. Ovládací člen vždy sepne příslušnou anodu dané číslice a katody odpovídající zobrazovanému znaku. Následně vypne příslušnou anodu, zapne anodu další číslice a zároveň i příslušné katody. Tento proces aplikuje cyklicky na všechny znaky displeje. V daném okamžiku tedy svítí pouze jeden znak displeje. Pokud je obnovovací frekvence displeje přibližně 50Hz a více, displej tvoří dojem, že svítí kontinuálně. Výhodou tohoto řízení jsou nižší hardwarové nároky, nižší proudová spotřeba displeje. Nevýhodou může být nutnost cyklického řízení displeje (znaky nemají paměť). Střední hodnota proudu číslicí klesá s narůstajícím počtem řízených znaků a zároveň klesá i celkový jas displeje. Impulsní proudy jedním znakem mohou dosahovat značných hodnot. Tyto faktory je třeba zohlednit při návrhu displeje. V této práci byl zvolen právě tento způsob řízení, jelikož výsledný proudový odběr je malý a zmíněné nevýhody nejsou limitující pro tuto aplikaci. Bližší informace ohledně řízení jsou uvedeny v kapitolách praktické realizace. [22] [23]



Obr. 10: Multiplexní řízení se společnou anodou [24]

## 3 Návrh a praktická realizace měřicího systému

### 3.1 Popis a blokové schéma systému

V základní konfiguraci se systém skládá z osmi částí, napájení, časoměrné jednotky, velkého 7-segmentového led displeje, startovacího zařízení, počítače, rozvodné krabice, levého a pravého terče. Systém je vysoce modulární, proto ho lze vybavit dalšími dvěma terči a měřit až čtyři časy zároveň. Není nezbytně nutné mít systém vybaven všemi částmi, aby bylo možné provádět měření časů.

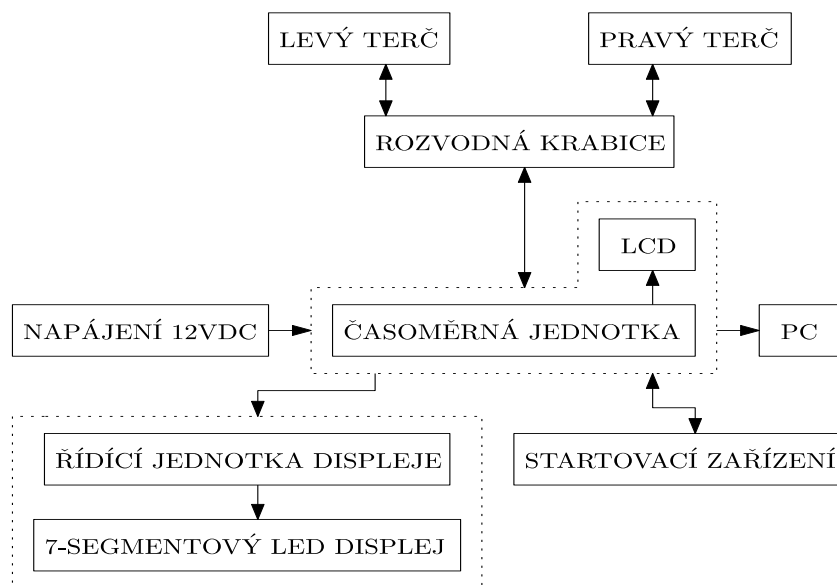
Systém může být napájen síťovým adaptérem, který poskytuje 12V stejnosměrných s minimálním výstupním proudem 1A. Dále je možné pro napájení zvolit 12V akumulátor, který zvládne dodávat požadovaný proud. Respektive lze použít jakýkoliv stejnosměrný zdroj s napětím do 16V, při vyšším napětí se aktivuje přepět'ová ochrana, která způsobí přetavení ochranné pojistky na vstupu časoměrné jednotky.

Časoměrná jednotka provádí samotné měření času, snímá vstupní periferie, zobrazuje naměřené časy a konfigurační nastavení na LCD displeji, posílá změřené časy do PC a na velký 7-segmentový led displej. Jednotka nepotřebuje pro měření času žádnou další periferii kromě napájení, což je velmi pozitivní výhoda pro tréninkové účely. Ovládání jednotky je řešené pomocí jednoho centrálního tlačítka, které je umístěné na panelu krabičky. Pro komunikaci s počítačem je jednotka vybavena rozhraním USB. Naměřená data jsou posílána do velkého displeje pomocí rozhraní RS485. Periferie jsou k jednotce připojené pomocí metalického vedení, které je nejspolehlivější ze všech dostupných možností pro propojení.

Velký 7-segmentový led displej slouží pro zobrazování naměřených časů. Displej obsahuje dvanáct znaků, které tvoří dva řádky. Lze tedy zobrazovat dva časy zároveň. Pro komunikaci je displej vybaven rozhraním RS485. Displej není nezbytný pro měření času.

K časoměrné jednotce lze připojit počítač a pomocí vytvořeného softwaru je možné zaznamenávat naměřené časy do tabulek, či provádět vyhodnocení. Sestavené tabulky lze vyexportovat z softwaru ve formě CSV souboru, které lze dále zpracovávat v jiném softwaru.

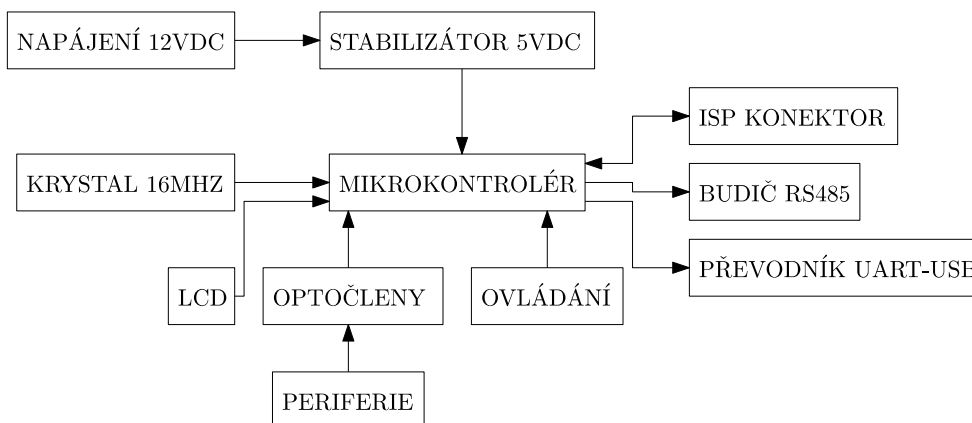
Vstupní periferie jsou tvořeny startovacím zařízením a terči. Jako startovací zařízení lze použít klasickou startovací pistoli se zabudovaným mikrospínačem nebo akustickou krabičku, která reaguje na výstřel pistole. Vzhledem k praktickým zkušenostem je v této práci využita akustická krabička. Návrh této akustické krabičky není součástí této práce. Jako ukončovací periferie lze využít různé terče pro požární sport, či optické brány. Systém je kompatibilní s oběma variantami. Ukončovací periferie opět nejsou součástí této práce.



Obr. 11: Blokové schéma celého systému

### 3.2 Návrh časoměrné jednotky

Zapojení časoměrné jednotky odpovídá následujícímu blokovému schématu. Funkce a ovládání této jednotky byla popsána v minulé kapitole.



Obr. 12: Blokové schéma časoměrné jednotky

### 3.2.1 Návrh zapojení

#### Napájení

Deska časoměrné jednotky je konstruována na napájení stejnosměrným napětím o hodnotě 12V. Maximální přípustné napětí je 16V. Pro napájení lze použít libovolný zdroj, který je schopný dodat proud o hodnotě 1A.

Za napájecím konektorem je umístěná ochranná tavná pojistka, která chrání celý obvod. Dále je obousměrný transil, který chrání obvod před přepětím, maximální přípustné napětí odpovídá hodnotě přibližně 16V. Následující elektrolytické kondenzátory odstraňují vlivy indukčnosti přívodního vedení a vytváří tvrdé napětí 12V. Napájení pro řídicí obvody je tvořeno stabilizátorem LM7805, dodává výstupní napětí o hodnotě 5V. Zapojení stabilizátoru vychází z katalogového listu [25]. Dále je stabilizátor vybaven dvěma diodami, které chrání následující obvody před přepólováním a zajišťují vybití kondenzátorů na výstupu stabilizátoru při poklesu vstupního napětí. Dva elektrolytické kondenzátory 100uF na vstupu a výstupu stabilizátoru zajišťují vyšší stabilitu celého obvodu. Napájecí obvod časoměrné jednotky a řídicí jednotky displeje je stejný, liší se pouze hodnotou tavné pojistky.

#### Mikrokontrolér

Mikrokontrolér tvoří srdce celého systému, propojuje jednotlivé periferie na DPS a vykonává příslušné úkony. K mikrokontroléru je připojený 16MHz krystal, který slouží jako zdroj taktovací frekvence. DPS je vybavena ISP konektorem, slouží pro nahrání firmwaru do kontroléru. Zapojení obecných pinů mikrokontroléru vychází z katalogu výrobce [4]. Napájecí piny jsou doplněny o blokovací kondenzátory, které zajišťují spolehlivou činnost mikrokontroléru. Základní zapojení je stejné pro časoměrnou jednotku i pro řídicí jednotku displeje. Zapojení se liší pouze v připojených periferiích.

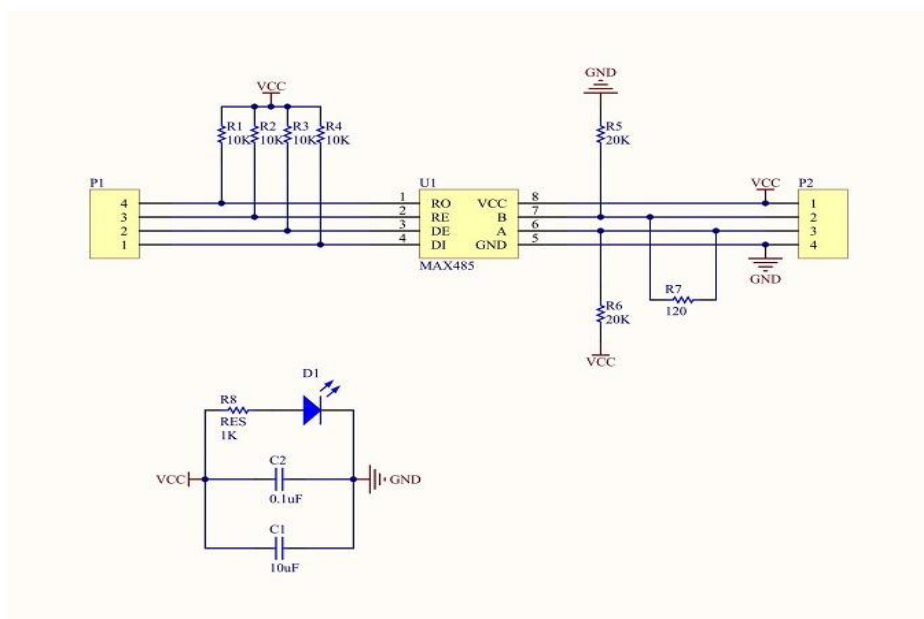
#### LCD displej

LCD displej není fyzicky umístěn na DPS časoměrné jednotky. Na DPS je pouze konektor, který propojuje mikrokontrolér s LCD displejem. Tento způsob provedení umožňuje snadnější montáž LCD displeje do konstrukční krabičky jednotky. Pro propojení LCD displeje s mikrokontrolérem byl zvolen čtyřbitový mód, který vyžaduje čtyři datové a

tři řídicí piny. Tento způsob byl zvolen s ohledem na praktické zkušenosti, spolehlivost a dostatečnou přenosovou rychlost zápisu dat na LCD displej. Zapojení vychází z katalogu řadiče HD44780 [19] a autora ovládací knihovny Petera Fleuryho [20].

## Budič RS485

Jako budič sériové sběrnice RS485 byl zvolen obvod MAX485 od firmy Maxim Integrated. Integrovaný obvod vytváří poloduplexní sběrnici. Při správné konfiguraci lze přenášet data až na vzdálenost 1200 metrů. Pro přenos dat byla zvolena přenosová rychlost 19,2kb/s, která je dostatečná pro tuto aplikaci. Vzhledem k velmi výhodné ceně byl vybrán malý modul, který obsahuje obvod MAX485 a pár pasivních součástek. Modul je výhodný pro vývoj a prototypové DPS. Zapojení modulu vychází z katalogu výrobce [14]. Na DPS jsou otvory do nichž je modul s MAX485 zapájen. Zapojení budičů sběrnice RS485 je shodné u časoměrné jednotky i řídicí jednotky displeje. Časoměrná jednotka se chová jako zařízení master a řídicí jednotka je nastavena jako slave.



Obr. 13: Zapojení modulu s MAX485 [26]

## Převodník UART - USB

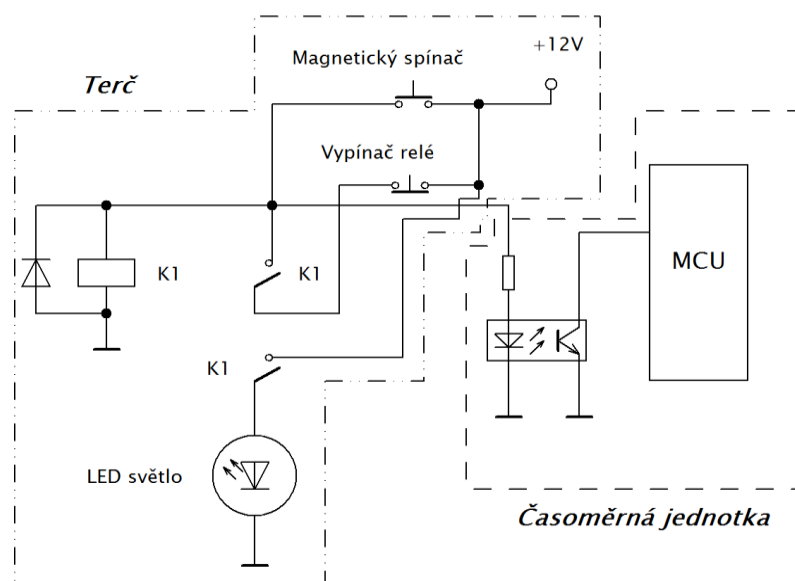
Pro převod UART signálů na rozhraní USB byl vybrán převodník FT232RL od firmy FTDI. Integrovaný obvod převádí napěťové úrovně CMOS od komunikace UART na napěťové úrovně, které odpovídají rozhraní USB. Přenosová rychlost rozhraní UART byla nastavena na 19,2kb/s, tato rychlost je plně dostačující pro tuto aplikaci. Převodník není fyzicky implementován na DPS časoměrné jednotky. Pro snadné konstrukční uchycení byl



útlumy, odrazy, vysokonapěťové špičky a další jevy. Tyto jevy by mohly ovlivňovat správnou funkci vstupů či celého zapojení. Napěťové špičky by mohly dokonce zničit vstupní piny mikrokontroléru.

Časoměrná jednotka obsahuje pět vstupů, které jsou chráněny před vlivy dlouhého vedení. Jeden vstup slouží pro startovací zařízení a zbylé jsou určeny pro terče. Vstup je tvořen optočlenem a rezistorem, který nastavuje pracovní bod optočlenu. Optočlen galvanicky odděluje obvod mikrokontroléru od vnějších obvodů. Optočlen se chová jako vysokofrekvenční filtr. Zároveň díky optočlenu lze ovládat piny mikrokontroléru vyšším napětím, než je napájecí napětí mikrokontroléru. Kombinací zapojení optočlenu a softwarového ošetření vstupu je vytvořeno bezpečné a spolehlivé připojení vstupních periférií.

Pro startování čítání času je využita akustická krabička. Při zvýšené intenzitě zvuku je aktivován tranzistorový výstup, který aktivuje čítání času. Pro ukončení času lze využít optické brány, sklopné nebo nástříkové terče. Optická brána je opět vybavena tranzistorovým výstupem, který ukončuje měření času. Nástříkové a sklopné terče využívají pro ukončení měření magnetické koncové spínače. Terče jsou vybaveny LED světlem, které informuje závodníky o sestřelení terče. Následující schéma ukazuje propojení časoměrné jednotky s terčem. Zapojení je doplněno o relé, které eliminuje problíkávání světla terče. Spínací obvod terče je umístěn na terči ve voděodolné krabici.



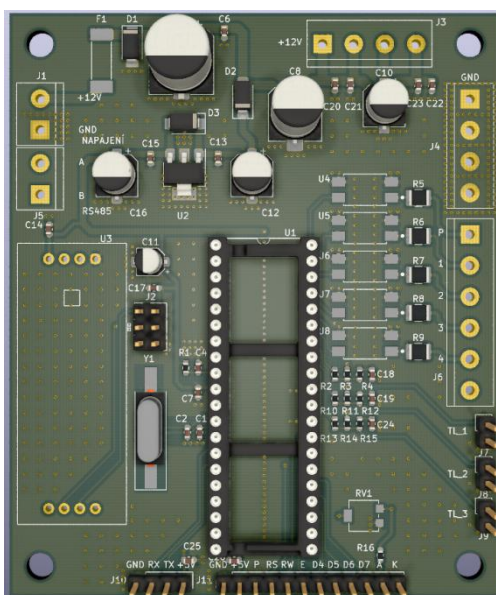
Obr. 15: Schéma propojení časoměrné jednotky a terče



### 3.2.2 Návrh DPS

Všechny DPS v této práci byly navrženy pomocí softwaru KiCad 5.1.5., který je volně stažitelný. DPS jsou konstruovány jako oboustranné, tedy součástky a vodivá spojení jsou z obou stran desek. Díky této konstrukci mohou být výsledné DPS menší, než v případě využití jednostranných desek. Desky jsou tvořeny kombinací THT a SMT technologie. Celá práce obsahuje tři druhy DPS a celkový počet desek je čtrnáct. Časoměrná jednotka je tvořena jednou deskou, řídicí jednotka velkého displeje je tvořena také jednou deskou a velký displej obsahuje dvanáct desek, z nichž každá tvoří jeden znak. Vzhledem k velkému množství DPS a velkým rozměrům desek displeje byly desky objednány od čínské firmy JLCPCB. Volba byla výhodná z ekonomických důvodů.

Výsledná DPS časoměrné jednotky má rozměry 95x85mm. Deska obsahuje čtyři konstrukční otvory pomocí nichž lze desku přišroubovat do krabičky. Konstrukční otvory jsou navrženy pro šrouby M4. Deska obsahuje dva typy konektorů. Pro periferie, napájení a rozhraní RS485 byly zvoleny klasické šroubovací svorkovnice. Pro tlačítka, LCD displej a rozhraní UART byly zvoleny pinové lišty. Deska obsahuje 71 součástek. Pro mikrokontrolér bylo zvoleno THT pouzdro, které je výhodnější pro vývojové účely. Deska je v první prototypové verzi. DPS byla osazena ručně v domácích podmínkách, proto všechny součástky nemusí být usazeny úplně přesně. Deska je usazena v krabičce z 3D tiskárny. Ovládací tlačítko a příslušné konektory, které jsou připojené k desce jsou rovněž namontovány do krabičky časoměrné jednotky.



Obr. 16: DPS časoměrné jednotky

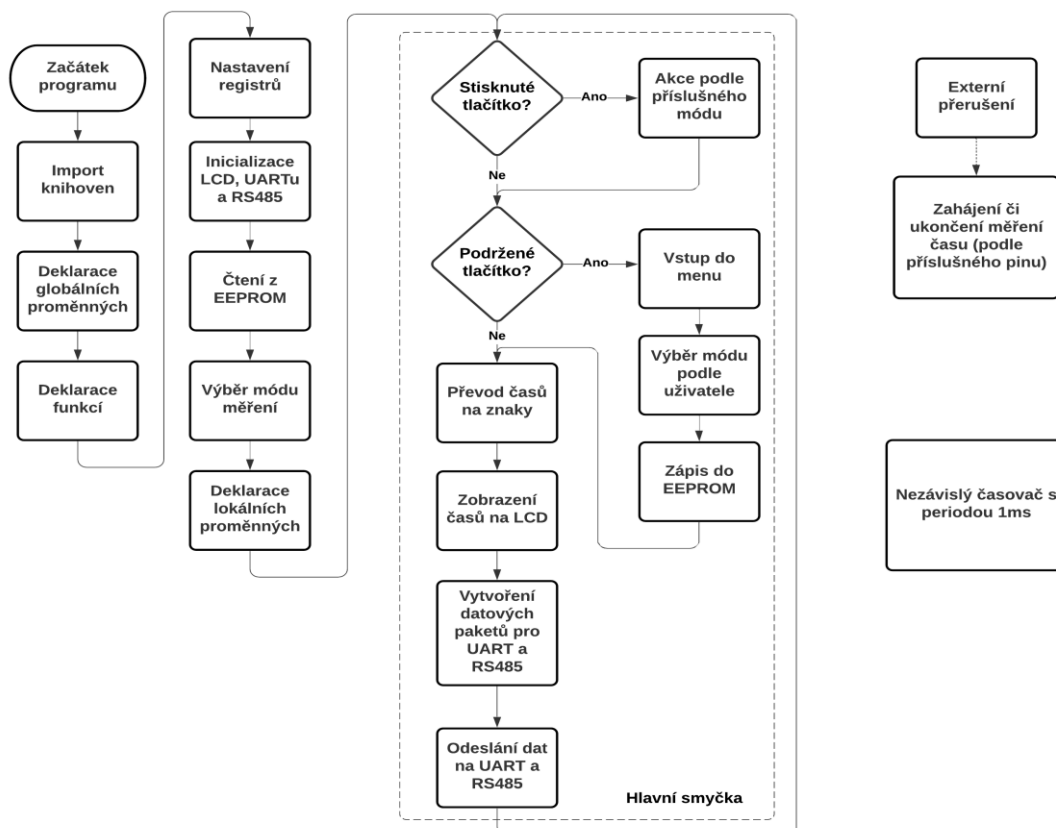
### 3.2.3 Návrh firmwaru

Firmwary pro časoměrnou jednotku a řídicí jednotku displeje byly napsány v programovacím jazyce C. Pro programování bylo zvoleno již zmíněné Microchip studio, které obsahuje všechny potřebné nástroje pro tvorbu firmwarů. Pro nahrávání firmwaru do mikrokontroléru byl použit programátor USBasp a jednoduchý software AVRDUDESS.

Na začátku firmwaru pro časoměrnou jednotku jsou prvotní deklarace a inicializace. Firmware má uložený v paměti EEPROM poslední využitý mód měření. Podle načteného módu provede program příslušná nastavení. Stisk či podržení ovládacího tlačítka je testováno každých 5ms, díky tomuto nastavení jsou odfiltrovány zákmity tlačítka. Podržením tlačítka se lze dostat do menu. V menu lze přeskakovat jednotlivé položky stiskem tlačítka, výběr módu měření se provádí podržením tlačítka. Firmware časoměrné jednotky obsahuje v aktuální verzi tři módy měření, které jsou popsány v následující tabulce. Spuštění a ukončení času měření je řešeno pomocí externího přerušení. Nezávislý časovač provádí inkrementaci času každou milisekundu. Změřený čas je převeden na znaky, které jsou následně zobrazeny na LCD displeji. Následně se vytvoří datové pakety, které obsahují naměřené časy. Pakety jsou odeslány pomocí UARTu do počítače a pomocí RS485 do velkého displeje. Výsledný firmware zabírá v paměti FLASH velikost 7574B, což odpovídá 11,5% celkové paměti. Firmware podrobněji popisuje následující vývojový diagram.

Tab. 3: Měřicí módy stávající verze firmwaru

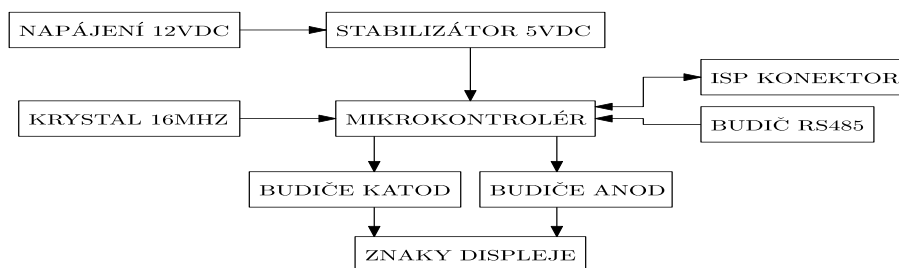
<b>Název módu měření</b>	<b>Název na LCD displeji</b>	<b>Startování měření</b>	<b>Ukončování měření</b>
<i>Klasický požární útok.</i>	<i>2xPU pistole</i>	<i>Pomocí startovacího zařízení</i>	<i>Pomocí terče</i>
<i>Tréninkový požární útok</i>	<i>2xPU st. t.</i>	<i>Pomocí tlačítka</i>	<i>Pomocí terče</i>
<i>Tréninkové měření</i>	<i>2xPU kon. tl</i>	<i>Pomocí tlačítka</i>	<i>Pomocí tlačítka</i>



Obr. 17: Vývojový diagram firmwaru časoměrné jednotky

### 3.3 Návrh řídicí jednotky velkého LED segmentového displeje

Zapojení řídicí jednotky velkého LED displeje má spoustu stejných částí jako časoměrná jednotka, tyto části jsou popsány v kapitole 3.2, a proto zde nebudou popisovány znovu. Jednotka displeje přijímá měřené časy pomocí sběrnice RS485. Mikrokontrolér provádí multiplexování znaků displeje. S časoměrnou jednotkou je řídicí jednotka displeje propojena pomocí čtyřžilového kabelu. První pár tvoří napájení +12V a zem, druhý pár přenáší signály sběrnice RS485 A a B. Řídicí jednotka displeje je propojena se znaky displeje pomocí desetižilového páskového kabelu, který obsahuje signály katod, anodu a zem. Následující blokové schéma ukazuje zapojení řídicí jednotky displeje.



Obr. 18: Blokové schéma řídicí jednotky velkého LED displeje

### 3.3.1 Návrh zapojení

#### Katody

Signály katod pro jednotlivé znaky displeje tvoří přímé výstupy řídicího mikrokontroléru. Celkový počet katod je osm, každá katoda odpovídá jednomu segmentu znaku, tedy sedm segmentů a jeden segment tvoří desetinnou čárku. Každý výstup mikrokontroléru je doplněn o transil a rezistor, které jsou připojené proti zemi. Transil pomáhá chránit výstupní piny mikrokontroléru před napěťovými špičkami, které mohou vzniknout vlivem spínání na dlouhé signálové sběrnici. Pomocí rezistoru lze korigovat impedanční přizpůsobení. V aktuální verzi nejsou rezistory osazené, jelikož zapojení funguje korektně i bez nich. Výstupy katod jsou spojeny s katodami jednotlivých znaků displeje pomocí sběrnice. Každý znak displeje je vybaven obvodem ULN2803A. Jedná se o Darlingtonovo tranzistorové pole, které obsahuje osm vstupů a výstupů. Tento obvod odlehčuje výstupy mikrokontroléru a ten tak není proudově zatěžován. Všechny katody tvoří sběrnici.

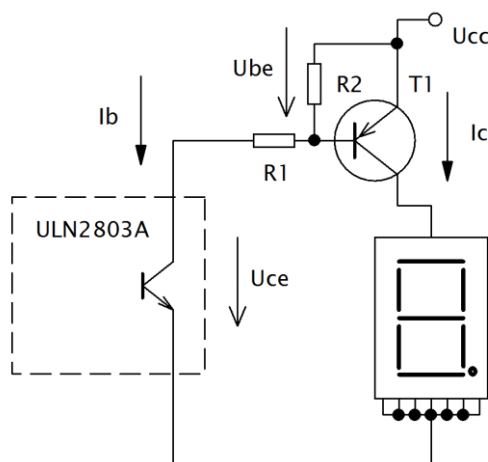
#### Buzení tranzistorů

Buzení tranzistorů, které spínají (budí) jednotlivé anody znaků displeje, je řešeno opět pomocí obvodů ULN2803A. Obvod je přizpůsoben pro ovládání vstupů pomocí napětí 5V při vstupním proudu do 2mA. Na výstupu lze spínat napětí až 50V při výstupním proudu 500mA. Celkový počet buzených tranzistorů je dvanáct, proto jsou využity dva zmíněné obvody. Výstupy mikrokontroléru jsou přímo spojeny se vstupy obvodu ULN2803A, jeho vstupy jsou přizpůsobeny na přímé spojení. Výstupy obvodu ULN2803A jsou přímo spojeny s bázovými rezistory spínacích tranzistorů.

#### Tranzistory (budiče anod)

Jako budič anod byl zvolen tranzistor BCP 52, který umožňuje proud kolektorem až 1A s dovolenou výkonovou ztrátou 1,3W. Jedná se o PNP tranzistor, který je zapojený jako spínač. Jako budič tranzistorů je použit obvod ULN2803A, který umožňuje výstupní proud až 500mA. Tranzistor je doplněn o blokovací kondenzátor 100nF, který vykrývá případné proudové špičky. Tranzistor pracuje v pulsním spínacím režimu, proto bylo potřeba nastavit jeho pracovní bod tak, aby dokázal spínat impulsní špičkové proudy, které vnikají vlivem dynamického (multiplexního) řízení. Dále je třeba respektovat výkonovou

ztrátu na tranzistoru, v této aplikaci výkonová ztráta nepřesáhne hodnotu 0,25W. Následující schéma zobrazuje zapojení, které je využito na řídicí desce displeje. Ze schéma zapojení vyplývá i následující výpočet



Obr. 19: Schéma zapojení tranzistoru (budič anody)

Maximální kolektorový proud  $I_C$  tranzistorem T1 byl stanoven na hodnotu 480mA. Proudový zesilovací činitel  $h_{21e}$  zvoleného tranzistoru je 60 při proudu  $I_C$  o hodnotě 500mA. Z těchto parametrů lze vypočítat příslušný proud bázi  $I_B$ , který je potřeba pro buzení tranzistoru. Pro spolehlivé buzení je třeba volit vyšší bázevý proud  $I_B$ , v této aplikaci byl zvolen dvojnásobný proud.

$$I_B = \frac{I_C}{h_{21e}} \cdot 2 = \frac{480}{60} \cdot 2 = 16\text{mA} \quad (1)$$

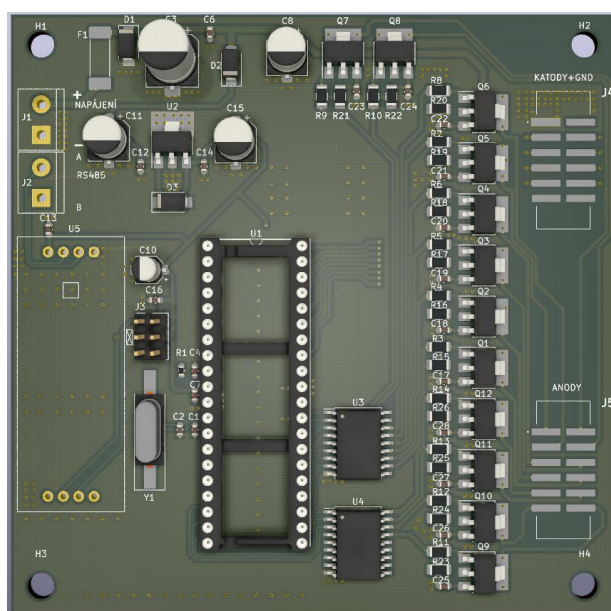
Z vypočítaného bázevého proudu  $I_B$  lze pomocí následujícího vzorce stanovit velikost rezistoru R1, rezistor R2 má shodnou velikost jako rezistor R1. Příslušné hodnoty napětí, které vystupují ve vzorci byly dohledány v katalogových listech [28] [29].

$$R1 = R2 = \frac{U_{CC} - U_{BE} - U_{CE}}{I_B} = \frac{12 - 1 - 1,3}{16 \cdot 10^{-3}} = 606,25\Omega \rightarrow 560\Omega \quad (2)$$

Výpočtem vyšla hodnota rezistorů 606,25 $\Omega$ , z odporových řad byla vybrána výsledná hodnota 560 $\Omega$ . Výsledné zapojení obsahuje dvanáct shodně zapojených tranzistorů.

### 3.3.2 Návrh DPS

Výsledná DPS řídicí jednotky velkého segmentového displeje má rozměry 100x100mm. Deska obsahuje stejné konstrukční otvory jako DPS časoměrné jednotky. Na desce jsou implementovány dva typy konektorů. Pro napájení a rozhraní byly opět zvoleny klasické šroubovací svorkovnice. Pro anody, katody a zem byl zvolen konektor typu IDC. První tento konektor obsahuje všechny anody pro příslušné znaky displeje. Druhý konektor tvoří připojovací bod pro sběrnici katod a země. Celá deska obsahuje 100 součástek. Pro mikrokontrolér bylo opět zvoleno pouzdro THT. Deska je namontována v plastové krabici, která tvoří konstrukci displeje. Konektor, který zajišťuje napájení desky a přívod rozhraní RS485 je namontován do konstrukční plastové krabice a pomocí krátkého kabelu je propojen s řídicí deskou displeje.

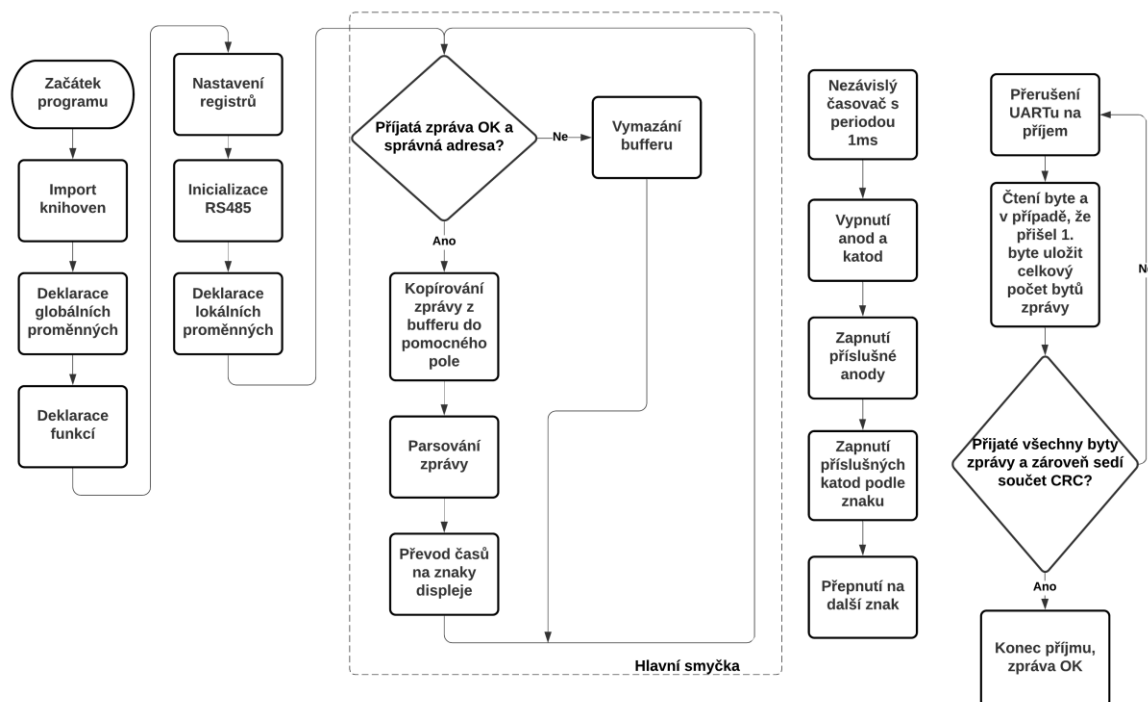


Obr. 20: DPS řídicí jednotky velkého segmentového displeje

### 3.3.3 Návrh firmwaru

Začátek firmwaru pro řídicí jednotku displeje je podobný firmwaru pro časoměrnou jednotku. Na začátku firmwaru jsou deklarace a inicializace. Pod deklarací lokálních proměnných přechází program do nekonečné smyčky. Na začátku nekonečné smyčky se ověřuje, zda dorazila nějaká zpráva, případně jestli je v pořádku. Kontrola dané zprávy se provádí pomocí kontrolního součtu CRC a podle počtu přijatých znaků. Následně firmware kontroluje, zda příchozí zpráva je adresovaná pro řídicí jednotku displeje. Samotný příjem jednotlivých bytů probíhá pomocí externího přerušení UARTu, které je vyvoláno, pokud je dostupný byte ke čtení. Pokud je tedy daná zpráva přijata v pořádku, tak je povoleno

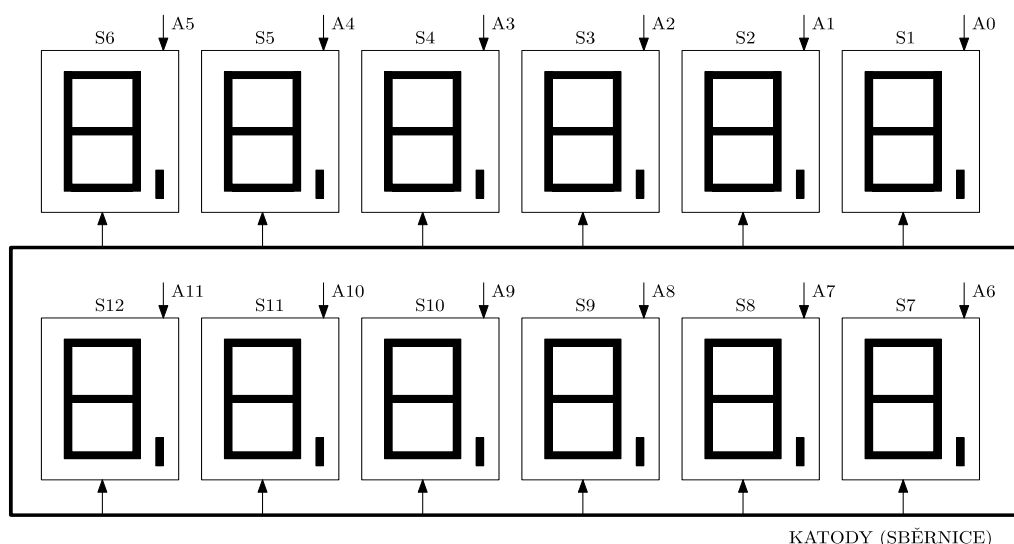
kopírování zprávy z bufferu příjmu do pomocného pole. Díky tomuto principu je buffer připravený pro příjem další zprávy. Následně je zpráva rozparsována a převedena na jednotlivé znaky displeje. Samotné muxplexování displeje je prováděno pomocí nezávislého časovače. Časovač spíná příslušnou anodu a katody, které odpovídají zobrazovanému znaku. Výsledný firmware zabírá v paměti FLASH velikost 1712B, což odpovídá 2,61% celkové paměti. Podrobněji je firmware popsán pomocí následujícího vývojového diagramu.



Obr. 21: Vývojový diagram firmwaru řídicí jednotky velkého segmentového displeje

### 3.4 Návrh zapojení LED segmentového displeje

Displej se skládá ze dvou hlavních částí. První částí je řídicí jednotka, která byla popsána v minulé kapitole. Řídicí jednotka obstarává řízení zobrazování jednotlivých znaků. Druhou část tvoří dvanáct znaků, které zobrazují naměřené časy. Inspirací pro zapojení displeje a jeho buzení, byla bakalářská práce [30] a web [31]. Displej je rozdělený na dva řádky po šesti znacích. Každý znak má svojí anodu. Katody jsou tvořeny sběrnicí, ta je společná pro všechny znaky displeje. Samotný znak je zapojený se společnou anodou, tedy anody všech segmentů jsou spojeny do jedné. Katody jsou přivedeny na společnou sběrnici. Jednotlivé anody a sběrnice katod jsou připojeny k řídicí jednotce displeje. Následující blokové schéma vyobrazuje zapojení jednotlivých znaků displeje.



Obr. 22: Blokové schéma zapojení velkého segmentového displeje

### 3.4.1 Návrh zapojení znaku (zobrazovače) displeje

#### LED diody

Segmenty velkého displeje jsou tvořeny jednotlivými LED diodami. Výběr správných LED diod je klíčový pro tuto aplikaci. Z praktických zkušeností byla vybrána červená LED dioda OSR5PA57E1A od firmy OptoSupply. Jedná se o LED diodu s vnějším průměrem 5mm. Dioda je přímo určena pro exterierní i interierové zobrazovače, má průhledně čiré pouzdro a obsahuje epoxid odolný vůči UV záření, který prodlužuje její životnost. Dioda má úbytek napětí 2,1V v propustném směru při proudu 20mA. Maximální souvislý proud diodou je 50mA, maximální impulsní hodnota proudu je až 120mA, v případě, že impuls není delší než 10ms. Svítivost diody je 1000mcd při souvislém proudu 20mA. Tyto parametry jsou dostupné v katalogovém listu výrobce [32].

Vzhledem k multiplexnímu řízení je potřeba správně nastavit pracovní bod led diody. Každý segment je tvořen serioparalelním zapojením LED diod a rezistorů. Polovina segmentu je tvořena pěti diodami v sérii s omezovacím rezistorem. Tudíž celý segment je tvořen deseti LED diodami a dvěma rezistory. Praktickým měřením bylo zjištěno, že ideální svítivost pro exterierní aplikace nastává při impulsním proudu 30mA, který teče přes půl segmentu. Vzhledem k dvanácti znakům displeje vychází střída 8,3%. Tudíž střední hodnota proudu přes půl segment je přibližně 2,5mA. Tomuto pracovnímu bodu odpovídá předřadný rezistor o hodnotě 33Ω. Jeden znak displeje tvoří 80 LED diod.

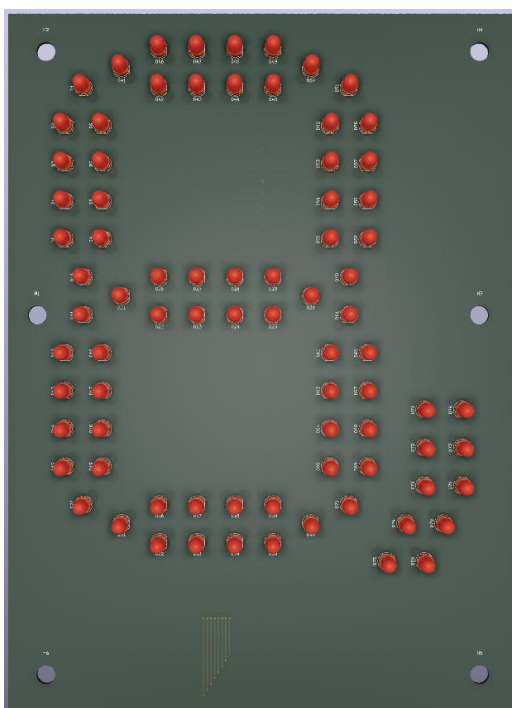


## Budič katod

Pro buzení jednotlivých katod segmentů je opět využit integrovaný obvod ULN2803. Obvod odlehčuje výstupy řídicího mikrokontroléru. Veškerý proud teče přes integrovaný obvod do země. Díky tomuto zapojení jsou částečně optimalizovány úbytky napětí na sběrnici katod a všechny znaky svítí stejně. Každý znak displeje obsahuje jeden tento integrovaný obvod.

### 3.4.2 Návrh DPS znaku (zobrazovače) displeje

Výsledná DPS znaku velkého segmentového displeje má rozměry 175x240mm. Deska obsahuje šest konstrukčních otvorů. Konstrukční otvory odpovídají šroubům M6. Na desce je implementován pouze jeden typ konektoru. Opět byly zvoleny konektory typu IDC. Na desce jsou dva tyto konektory. První konektor je vstupní, k němu je přiveden páskový kabel z předchozího znaku. Výstupní konektor propojuje stávající znak s následujícím znakem. Zapojení konektorů je velmi podobné. Vstupní konektor je doplněn o příslušný anodový vodič. Z přední strany DPS jsou pouze LED diody, které jsou v THT provedení. Ostatní součástky jsou v SMD provedení. Na zadní straně jsou umístěné omezovací rezistory a budič katod ULN2803A. Celá deska obsahuje 105 součástek. Celý displej obsahuje dvanáct DPS znaků. Jednotlivé desky jsou přišroubované na dřevěné trámký, které jsou namontované v plastové krabici displeje.



Obr. 23: DPS znaku velkého segmentového displeje

### 3.4.3 Konstrukční řešení displeje

Výsledný velký LED segmentový displej je tvořen dvanácti znaky, které tvoří dva řádky. Pro řízení displeje je využita řídicí jednotka displeje. DPS řídicí desky je namontovaná v zadní části plastové krabice displeje. Do krabice jsou namontovány čtyři malé trámky, které tvoří konstrukční podporu a zároveň vytváří dva řádky displeje. Na trámky jsou přišroubovány jednotlivé znaky displeje. Ochranné sklo displeje je tvořeno tmavým plexisklem, které chrání jednotlivé desky a zároveň zvýrazňuje svítící znaky. Sklo je zajištěno dřevěnou lištou. Na plastový kryt displeje je vyveden XLR konektor, který slouží pro propojení displeje s časoměrnou jednotkou. Pomocí dvou lanových nosičů lze displej upevnit k požadovanému místu. Výsledné rozměry displeje jsou 1215x815x165mm.



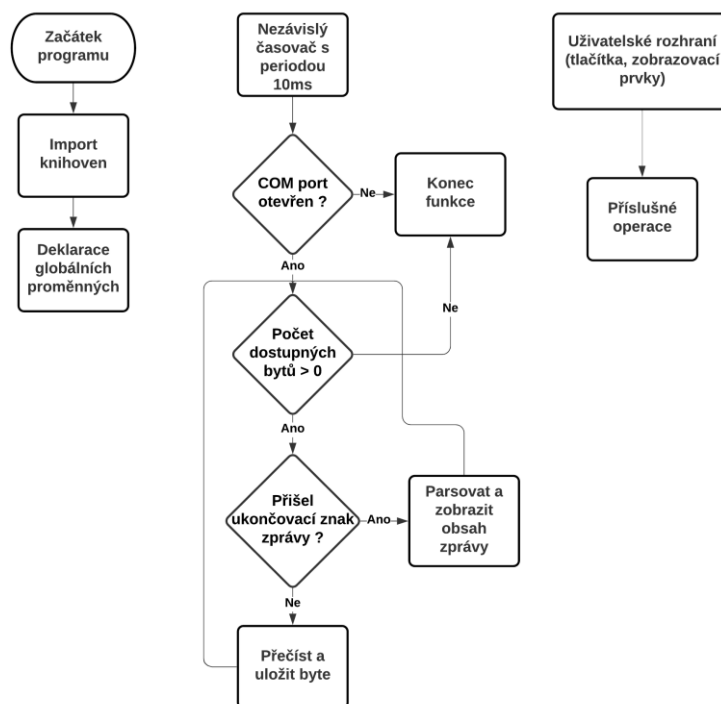
Obr. 24: Konstrukce velkého segmentového displeje

## 3.5 Návrh softwaru pro zpracování dat v PC

### 3.5.1 Software

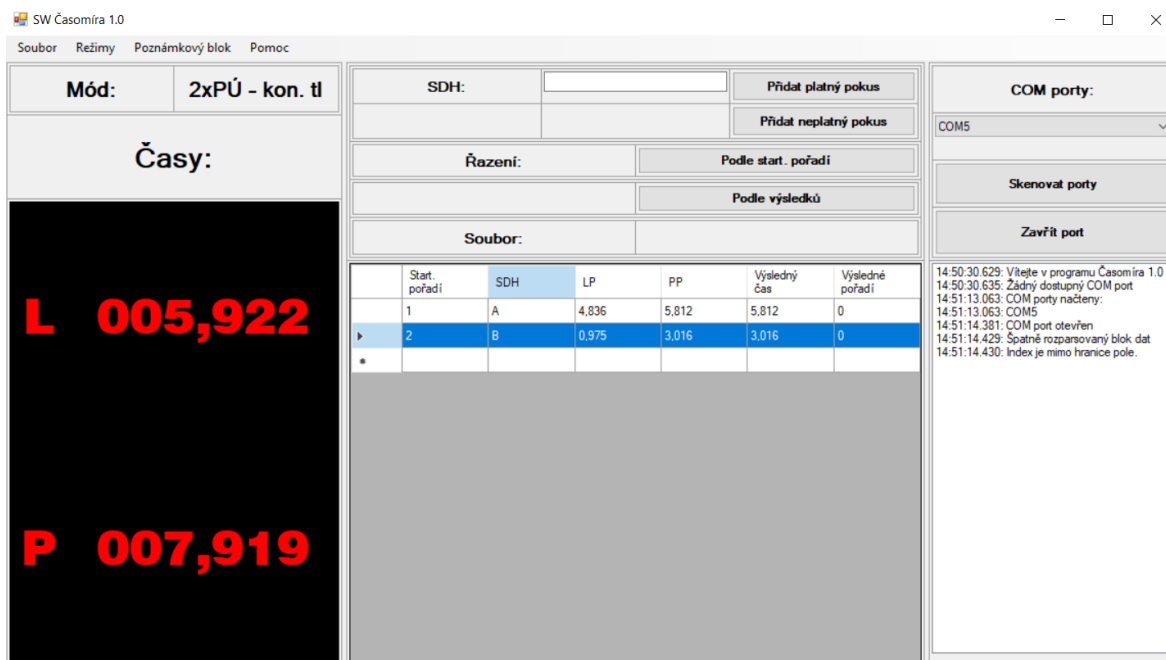
Software pro zpracování dat byl napsán v programovacím jazyce C#. Pro tvorbu vzhledu, psaní kódu a samotné ladění byl využit software Visual Studio Community 2019, které je volně dostupné pro nekomerční účely.

Software se skládá ze dvou hlavních částí. První částí je uživatelské rozhraní, které je složeno z klasických prvků (tlačítka, textová okna atd.). Pomocí těchto prvků může uživatel obsluhovat daný software. Druhou částí je kód, do kterého nemá uživatel přístup. Kód zprostředkovává operace, které uživatel požaduje. Na začátku kódu jsou provedeny připojení příslušných knihoven a deklarace globálních proměnných. Pomocí uživatelských prvků vyvolává uživatel příslušné operace. Nezávislý časovač kontroluje, zda je COM port otevřený, kontroluje počet dostupných bytů ke čtení, ověřuje příjem ukončovacího znaku zprávy a vyvolává parsování zprávy s následným zobrazováním jejího obsahu. Podrobněji je kód popsán pomocí následujícího vývojového diagramu.



Obr. 25: Vývojový diagram softwaru pro zpracování dat

Uživatel si může vybrat příslušný COM port, který odpovídá časoměrné jednotce. V případě, že je jednotka připojená k PC před spuštěním softwaru, COM port je automaticky naskenován. Měřené časy jsou zobrazovány v reálném čase v levé části uživatelského rozhraní. Nad zobrazovanými časy je uveden stávající měřicí mód časoměrné jednotky. Uprostřed uživatelského rozhraní lze přidávat naměřené časy do tabulky, provádět řazení podle výsledků a podle startovního pořadí. V pravé části rozhraní je umístěn informační panel, který oznamuje dění v aplikaci. Data vložená do tabulky lze vyexportovat do formátu CSV, který je snadno zpracovatelný pomocí dostupných softwarů. Software je vybavený nápovědou pro snadnou orientaci uživatele.

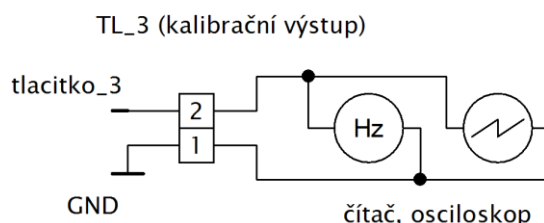


Obr. 26: Rozhraní softwaru pro zpracování dat

### 3.6 Měření na zhotoveném výrobku

#### 3.6.1 Měření výstupní frekvence.

Časoměrná jednotka je vybavena výstupem pro měření frekvence. Pomocí tohoto výstupu lze kalibrovat zařízení. Nezávislý čítač mikrokontroléru, který zprostředkovává měření času je nastaven tak, aby měřil časový úsek 1ms. Výstupní měřící pin je naprogramovaný, takže s každým přerušením se změní jeho logická úroveň. Výstupní frekvence by měla být 500Hz, případně by se zařízení mělo kalibrovat na tuto hodnotu. V případě potřeby lze snadno výstupní frekvenci přeprogramovat na požadovanou hodnotu, která by se odvíjela od kalibračního zařízení. Pro tuto práci byla výstupní frekvence měřena pomocí osciloskopu. Tato metoda není příliš přesná, jedná se tedy pouze o orientační měření. Pro přesné měření by měl být využit přesný čítač. Výstupní frekvence naměřená pomocí osciloskopu byla 500Hz. Občas se frekvence změnila o 1Hz a vzápětí se opět vrátila na hodnotu 500Hz. Občasné změny frekvence mohly být ovlivněny nepřesností krystalu. Změny frekvence mohou být vyrovnány pomocí nastavení čítače, případně by bylo možné použít přesnější krystal. Toto měření bylo provedeno jen pro orientační účely. Následující schéma ukazuje zapojení kalibračního měření.



Obr. 27: Schéma zapojení kalibračního měření výstupní frekvence

### 3.6.2 Měření odběru proudu

Měření odběru proudu bylo prováděno dvěma přístroji. První měření bylo provedeno pomocí osciloskopu DS1102E a  $1\Omega$  rezistoru, který sloužil jako měřící bočník. Druhé měření bylo provedeno pomocí multimetru Proskit MT-1820. Pomocí osciloskopu byla změřena střední a maximální hodnota proudu. Multimetrem byla změřena pouze střední hodnota proudu. Naměřené střední hodnoty jsou velice podobné. Měření bylo provedeno na časoměrné jednotce bez displeje a s displejem. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v následující tabulce.

Tab. 4: Změřené hodnoty odebíraného proudu

<b>Časoměrná jednotka bez displeje</b>		
	<b>osc. Rigol DS1102E</b>	<b>mult. Proskit MT-1820</b>
<b><i>I</i> střední (mA)</b>	108	108,2
<b><i>I</i> maximální (mA)</b>	129	-
<b>Časoměrná jednotka s displejem</b>		
	<b>osc. Rigol DS1102E</b>	<b>mult. Proskit MT-1820</b>
<b><i>I</i> střední (mA)</b>	385	371,4
<b><i>I</i> maximální (mA)</b>	433	-

## Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout a realizovat elektronickou časomíru pro požární sport. Výsledné časy z této časomíry posílat do počítače pro další zpracování a zároveň je zobrazovat na velkém segmentovém displeji.

V první části bakalářské práce byly popsány možnosti realizace elektronických časomír. Následně byly teoreticky popsány technologie, které byly použity na realizaci této elektronické časomíry.

V druhé části byl navržen systém pro měření času podle zadání. Výsledný systém se skládá ze dvou hlavních částí a jedné vedlejší. Hlavní částí tvoří časoměrná jednotka a velký segmentový displej. Vedlejší částí je software pro zpracování naměřených časů. V této části je rozebraný návrh jednotlivých zapojení, návrh desek plošných spojů, realizace firmwarů, realizace počítačového softwaru a celkové propojení systému.

V poslední části této práce jsou provedena orientační kontrolní měření na zhotoveném výrobku. Bylo provedeno měření odběru proudu celkového zařízení. Dále bylo provedeno měření výstupní frekvence čítače časoměrné jednotky. Měřením frekvence byla orientačně změřena přesnost časomíry. Pro přesné ověření by bylo potřeba přesného kalibračního zařízení.

Celý systém pracuje podle stanovených předpokladů a zároveň odpovídá zadání bakalářské práce. Výsledný systém je velice modulární a snadno ho lze doplnit. Zařízení je schopné konkurovat továrně vyráběným zařízením tohoto druhu s podstatně nižšími ekonomickými náklady. Celý systém byl zhotoven do 15 000 Kč. Tovární časomíry s velkým displejem a podobnými parametry vychází přibližně na 30 000 Kč.

Vzhledem k modulárnosti systému lze pokračovat na vývoji tohoto zařízení. Systém by šel doplnit o další velké displeje, vestavěné bateriové napájení a bezdrátové senzory.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Moje elektronika. *Časomíra hasiči v.02* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <http://www.mojeelektronika.mzf.cz/CASOMIRA%20HASICI%20V.02.htm>
- [2] Stavebnice Tipa. *Digitální CMOS stopky s 45mm RED displeji* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <http://stavebnice.tipa.eu/select.php?link=PT040>
- [3] Microchip. *Mikrokontrolér ATmega644PA* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega644PA>
- [4] Microchip. *ATmega164A/PA/324A/PA/644A/PA/1284/P Datasheet* [online]. 2020 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega164A\\_PA-324A\\_PA-644A\\_PA-1284\\_P\\_Data-Sheet-40002070B.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega164A_PA-324A_PA-644A_PA-1284_P_Data-Sheet-40002070B.pdf)
- [5] Tajned. *SPI rozhraní* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <http://www.tajned.cz/2016/12/spi-rozhrani/>
- [6] DUDÁČEK, Karel. *Sériová rozhraní SPI, Microwire, I<sup>2</sup>C a CAN* [online]. 2002 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: [http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova\\_rozhrani.pdf](http://home.zcu.cz/~dudacek/NMS/Seriova_rozhrani.pdf)
- [7] FISCHL, Thomas. *USBasp - USB programmer for Atmel AVR controllers* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <https://www.fischl.de/usbasp/>
- [8] Zavanov. *UART (USART) – komunikujte sériově po dvou vodičích* [online]. 23.4.2014 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: <http://www.zavavov.cz/cz/elektrotechnika/komunikacni-sbernice/67-uart-usart-komunikujte-seriove-po-dvou-vodicich/>
- [9] FTDI Chip. *FT232R USB UART IC Datasheet* [online]. 21.5.2020 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z: [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT232R.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf)

- [10] Papouch. *Sériový port RS232* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://papouch.com/seriovy-port-rs232-p3740/>
- [11] Texas Instruments. *MAX232x Dual EIA-232 Drivers/Receivers Datasheet* [online]. 2014 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>
- [12] Papouch. *Komunikace pro průmyslových linkách RS485 a RS422* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://papouch.com/komunikace-pro-prumyslovyh-linkach-rs485-a-rs422-p3735/>
- [13] ROOT. *Sběrnice RS-422, RS-423 a RS-485* [online]. 18.12.2008 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://www.root.cz/clanky/sbernice-rs-422-rs-423-a-rs-485/>
- [14] Maxim Integrated. *MAX481/MAX483/MAX485/ MAX487–MAX491/MAX1487 Low-Power, Slew-Rate-Limited RS-485/RS-422 Transceivers Datasheet* [online]. 2014 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX1487-MAX491.pdf>
- [15] Wikipedia. *ccTalk* [online]. 30.11.2020 [cit. 30.4.2021]. Dostupné z:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/CcTalk>
- [16] Money Controls. *ccTalk Serial Communication Protocol - Generic Specification - Issue 4.6* [online]. 22.9.2010 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<http://www.coinoperated.co.nz/site/coinoperated/files/PDF%20Files//cctalk%20Part%201%20v4.6.pdf>
- [17] OLAYINKA, Benjamin. *Arduino-cctalk* [online]. 24.8.2018 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://github.com/benolayinka/arduino-cctalk>
- [18] Tajned. *Základy ovládání mikrokontroléru ATmega(16/32) 14.díl – Dvouřádkový LCD displej* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<http://www.tajned.cz/2014/11/zaklady-ovladani-mikrokontroleru-atmega-14-dil-dvouradkovy-lcd-displej/>



- [19] Hitachi. HD44780U (LCD-II) *Datasheet* [online]. 1998 [cit. 23.4.2021].  
Dostupné z:  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf>
- [20] FLEURY, Peter. *Interfacing a HD44780 Based LCD to an AVR* [online].  
[cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<http://www.peterfleury.epizy.com/avr-lcd44780.html>
- [21] Elektor. *4x20 Characters LCD Blue Backlight (120061-76)* [online].  
[cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://www.elektor.com/4x20-characters-lcd-blue-backlight-120061-76>
- [22] Tajned. *Základy řízení sedmsegmentových displejů – Řízení bez speciálních obvodů* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<http://www.tajned.cz/2015/04/zaklady-rizeni-sedmsegmentovych-displeju-rizeni-bez-specialnich-obvodu/>
- [23] PLC automatizace. *Dynamické řízení segmentových LED zobrazovačů* [online].  
[cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<http://plc-automatizace.cz/knihovna/hmi/rizeni/led-segmentove-dynamicke.htm>
- [24] S-O web. *KJS - KOREKCE JASU SEGMENTU PRO MULTIPLEXNĚ ŘÍZENÝ DISPLEJ* [online]. 6.2.2018 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://s-o.webnode.cz/kjs/>
- [25] Texas Instruments. *MAX232x LM340, LM340A and LM7805 Family Wide VIN 1.5-A Fixed Voltage Regulators Datasheet* [online]. 2016 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
[https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf?ts=1618013428162&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM340](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf?ts=1618013428162&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM340)
- [26] Probotronix. *MAX485 TTL TO RS485 Module* [online]. [cit. 23.4.2021].  
Dostupné z:  
<https://www.probotronix.com/product/max485-module-rs485/>

- [27] SparkFun Electronics. *FR232RL Breakout* [online]. 8.1.2008 [cit. 23.4.2021].  
Dostupné z:  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/FT232RL-Breakout-Schematic.pdf>
- [28] Texas Instruments. *MAX232x ULN2803A Darlington Transistor Arrays Datasheet* [online]. 2017 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
[https://www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803a.pdf?ts=1618485479733&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/uln2803a.pdf?ts=1618485479733&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F)
- [29] GM electronic. *BCP51; BCP52; BCP53 PNP medium power transistors* [online]. 8.4.1999 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.912-066.1.pdf>
- [30] HAMPL, Tomáš. *Systém pro bezdrátové měření času*. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky. Ing. Marek Bohrn, Ph.D.
- [31] Code and Life. *7 Segment Multiplexing With ULN2003 & PNP Transistors* [online]. 23.12.2012 [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
[https://codeandlife.com/2012/02/24/7-segment-multiplexing-with-uln2003-pnp-transistors/?fbclid=IwAR0\\_tOHTN5xeeQNQPstXFuOYHww\\_eEPHXEANsWwIT3xXTGsoecqWz1k4jIo](https://codeandlife.com/2012/02/24/7-segment-multiplexing-with-uln2003-pnp-transistors/?fbclid=IwAR0_tOHTN5xeeQNQPstXFuOYHww_eEPHXEANsWwIT3xXTGsoecqWz1k4jIo)
- [32] GM electronic. *5mm Flat Premium Red LED OSR5PA57E1A* [online]. [cit. 23.4.2021]. Dostupné z:  
<https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.518-218.1.pdf>
- [33] HOROWITZ, Paul a HILL, Winfield. *The Art of Electronics*. 3.vyd. New York: Cambridge University Press, 2015. 1220 s.  
ISBN 978-0-521-80926-9
- [34] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1.vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004. 159 s.  
ISBN 80-7300-110-1

## Obsah příloh

### Příloha A: Schémata zapojení

A.1: Číslice (znak) - schéma zapojení.....	2
A.2: Řídící jednotka displej - schéma zapojení.....	3
A.3: Zapojení displeje - schéma zapojení.....	4
A.4: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - schéma zapojení.....	5

### Příloha B: Motivy DPS

B.1: Číslice (znak) - motiv - top.....	6
B.2: Číslice (znak) - motiv - bottom.....	7
B.3: Řídící jednotka displej - motiv - top.....	8
B.4: Řídící jednotka displej - motiv - bottom.....	8
B.5: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - motiv - top.....	9
B.6: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - motiv - bottom.....	9

### Příloha C: Osazovací výkresy

C.1: Číslice (znak) - osazovací výkres - top.....	10
C.2: Číslice (znak) - osazovací výkres - bottom.....	11
C.3: Řídící jednotka displej - osazovací výkres - top.....	12
C.4: Řídící jednotka displej - osazovací výkres - bottom.....	12
C.5: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - osazovací výkres - top.....	13
C.6: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - osazovací výkres - bottom.....	13

### Příloha D: Seznamy součástek

D.1: Číslice (znak) - seznam součástek.....	14
D.2: Řídící jednotka displej - seznam součástek.....	16
D.3: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - schéma zapojení.....	18

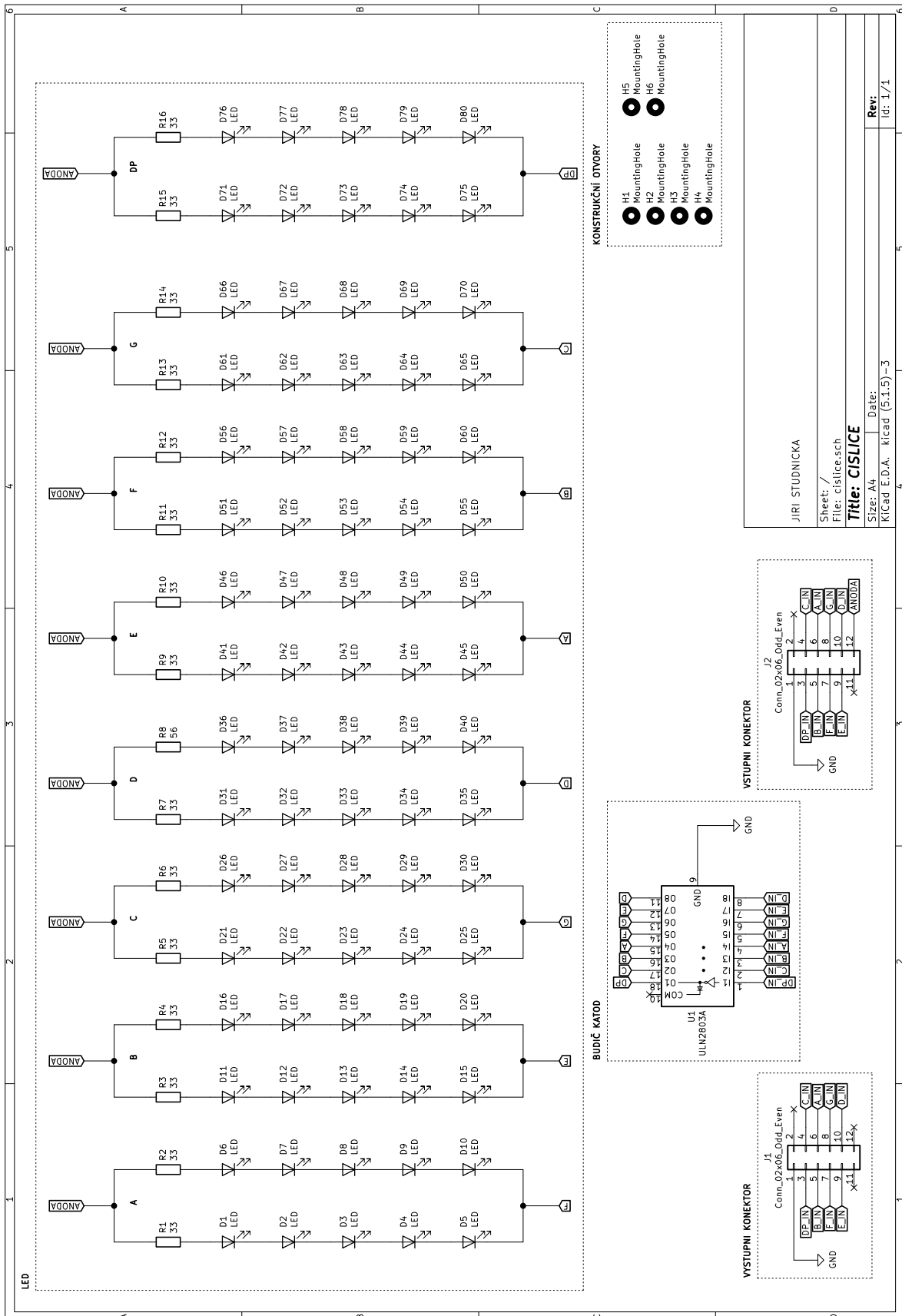
### Příloha E: Fotodokumentace

E.1: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - fotodokumentace.....	20
E.2: Velký LED segmentový displej.....	21

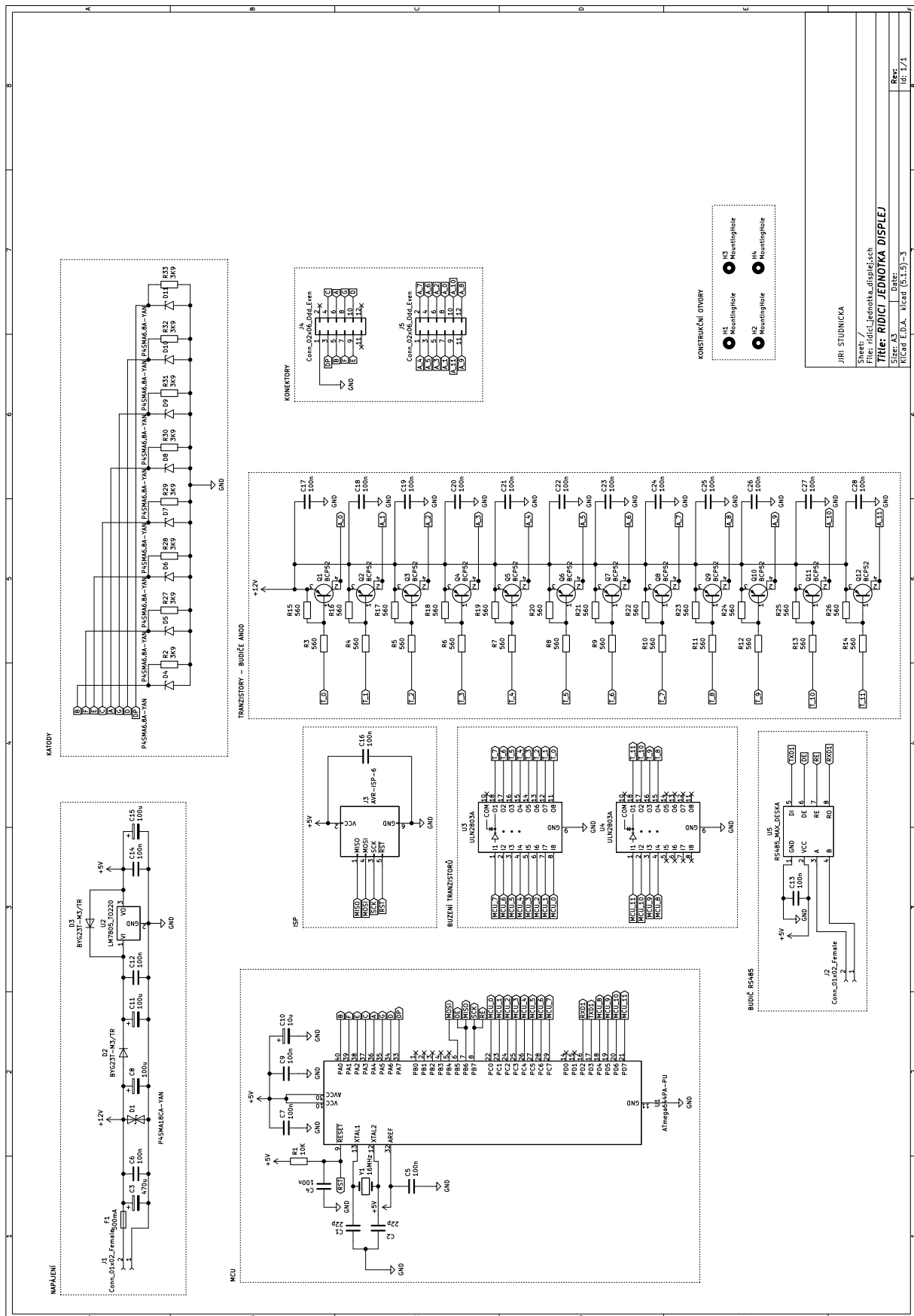
### Příloha F: Seznam funkcí využitých ve firmwarech

F.1: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - firmware - seznam funkcí.....	21
F.2: Knihovna uart.h - firmware - seznam funkcí.....	22
F.3: Knihovna lcd.h - firmware - seznam funkcí.....	22

A.1: Číslice (znak) - schéma zapojení

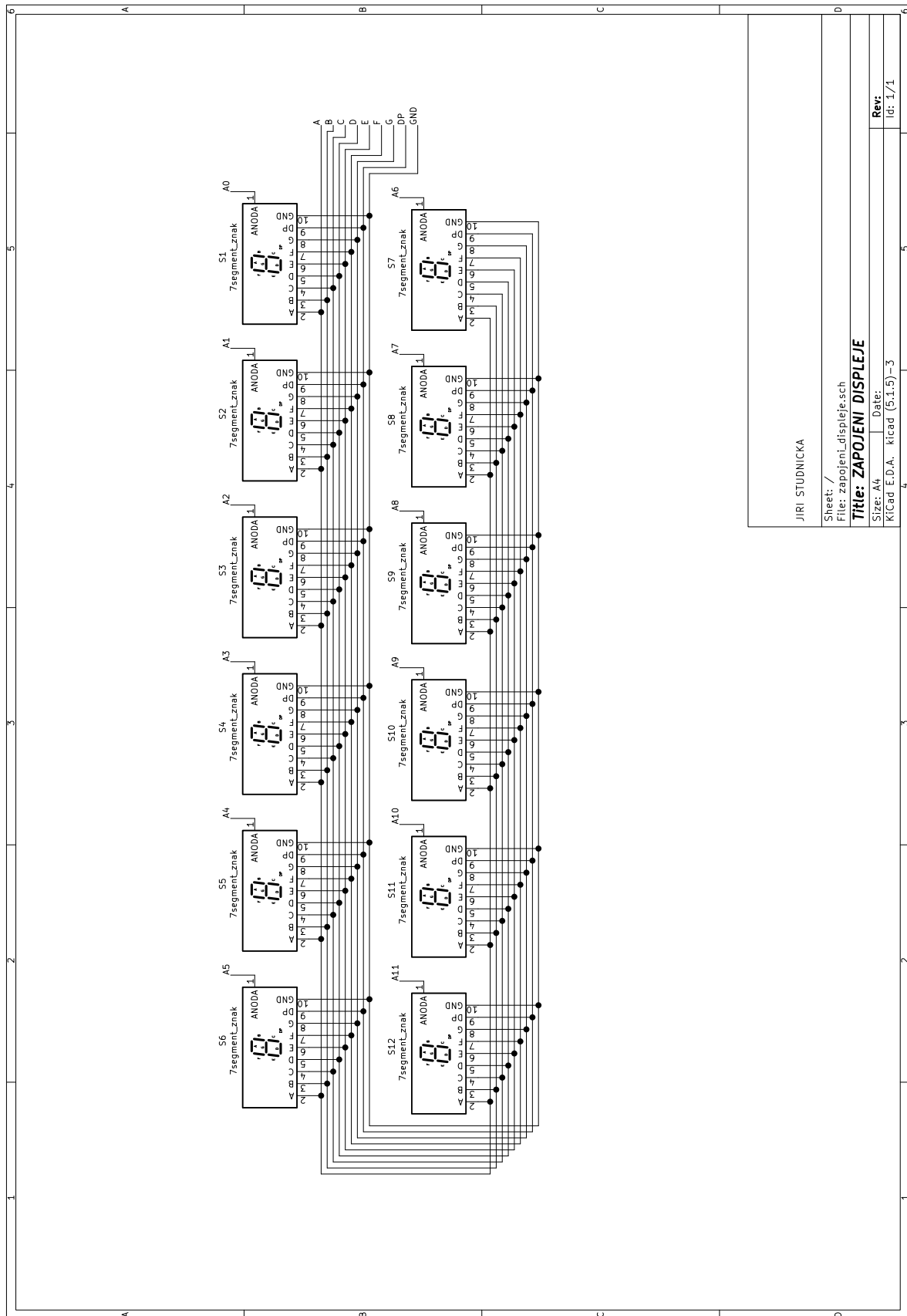


A.2: Řídící jednotka displej - schéma zapojení



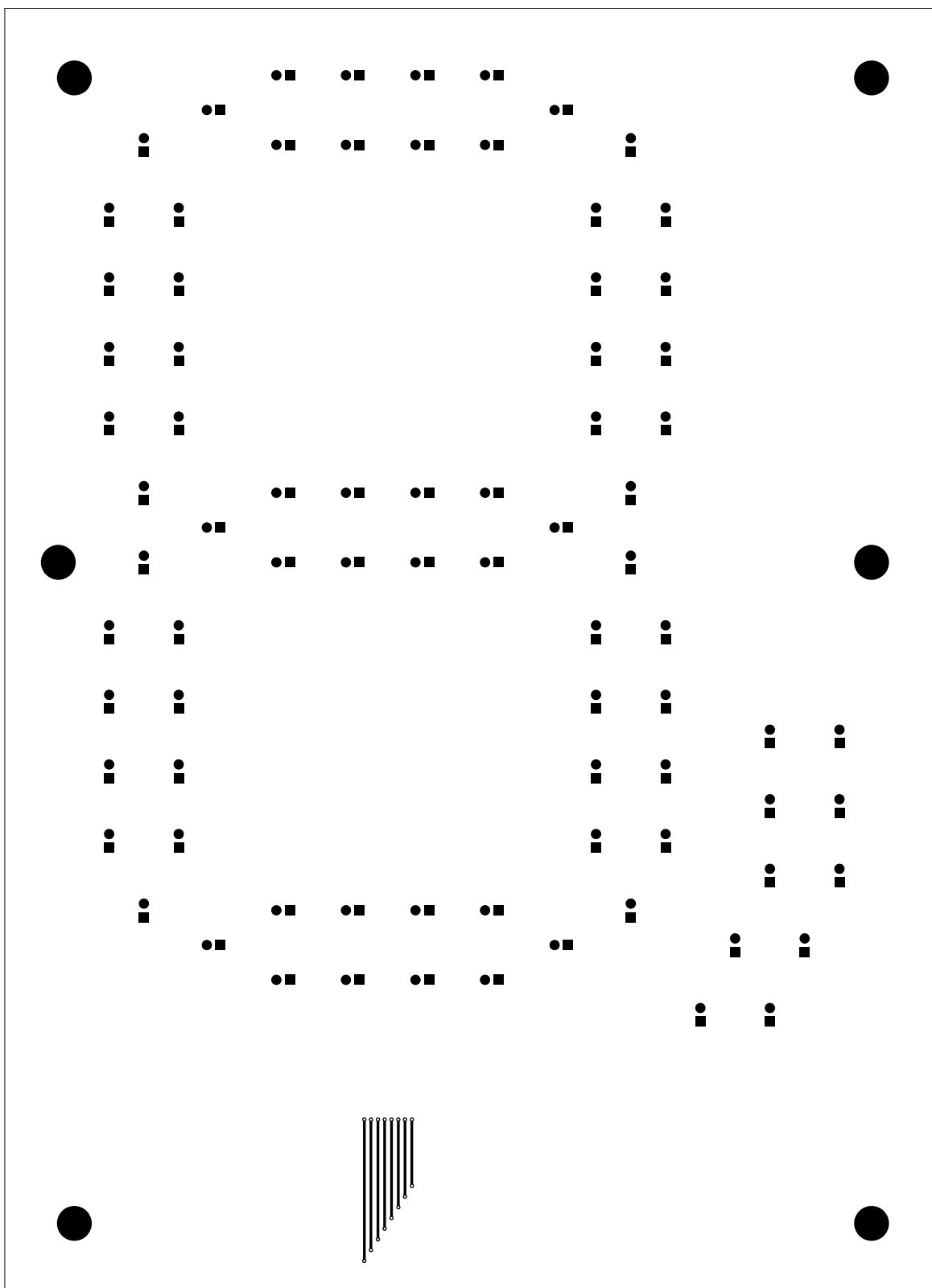
JIRI STUDNICKA  
 Sheet: /  
 File: ridiCJednotka\_displej.sch  
**TITLE: ŘÍDÍCI JEDNOTKA DISPLEJ**  
 Size: A3  
 Date: / /  
 K(Comp E.D.A., Riced (5.1.5)-3  
 REV: /  
 Id: 1/1

### A.3: Zapojení displeje - schéma zapojení



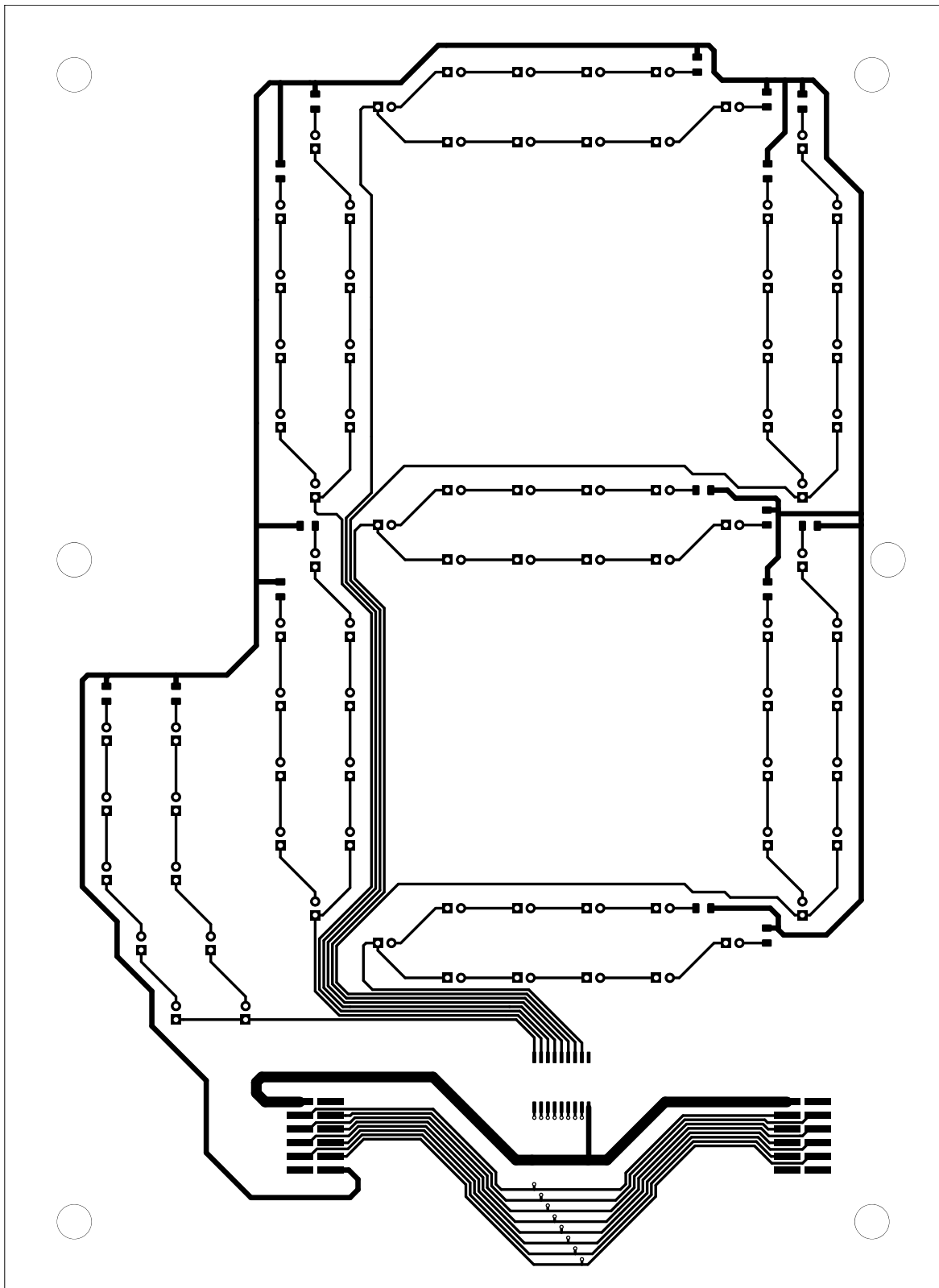


### B.1: Číslice (znak) - motiv - top

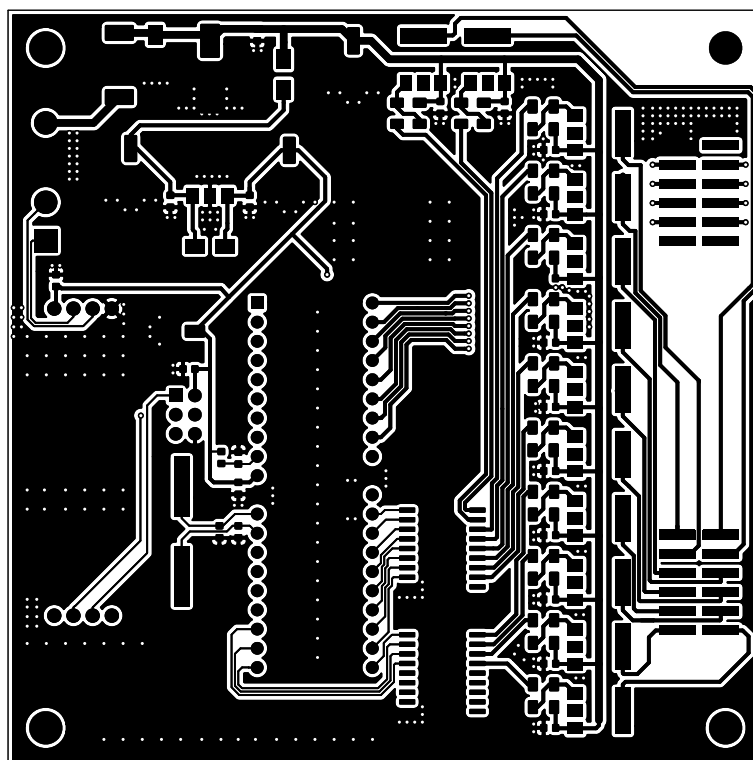




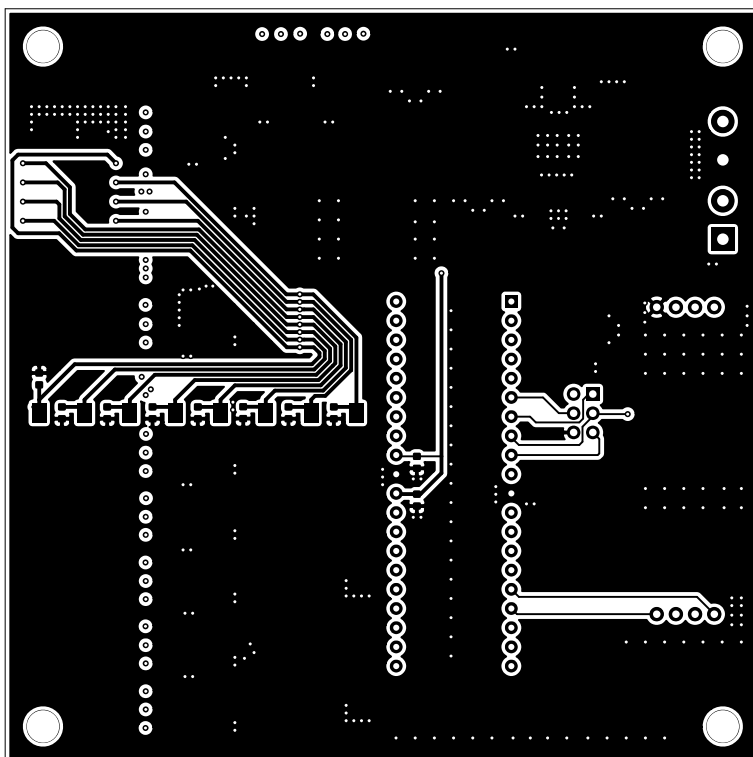
**B.2: Číslice (znak) - motiv - bottom**



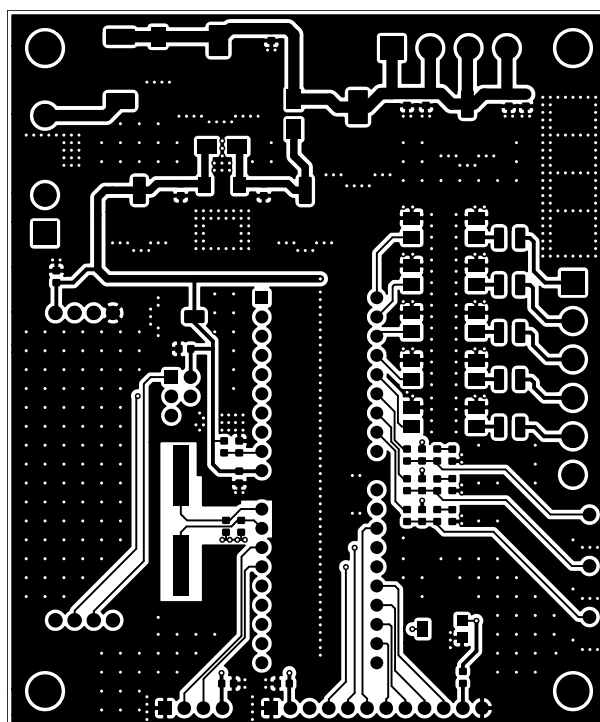
**B.3: Řídící jednotka displej - motiv - top**



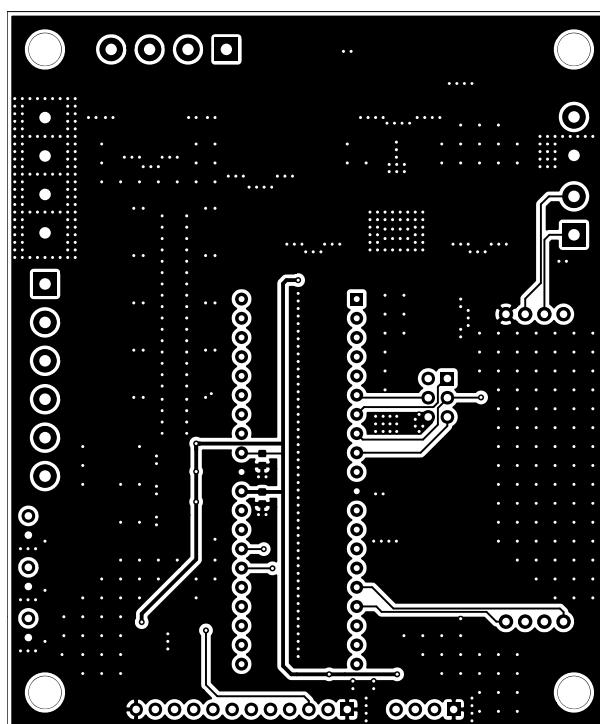
**B.4: Řídící jednotka displej - motiv - bottom**



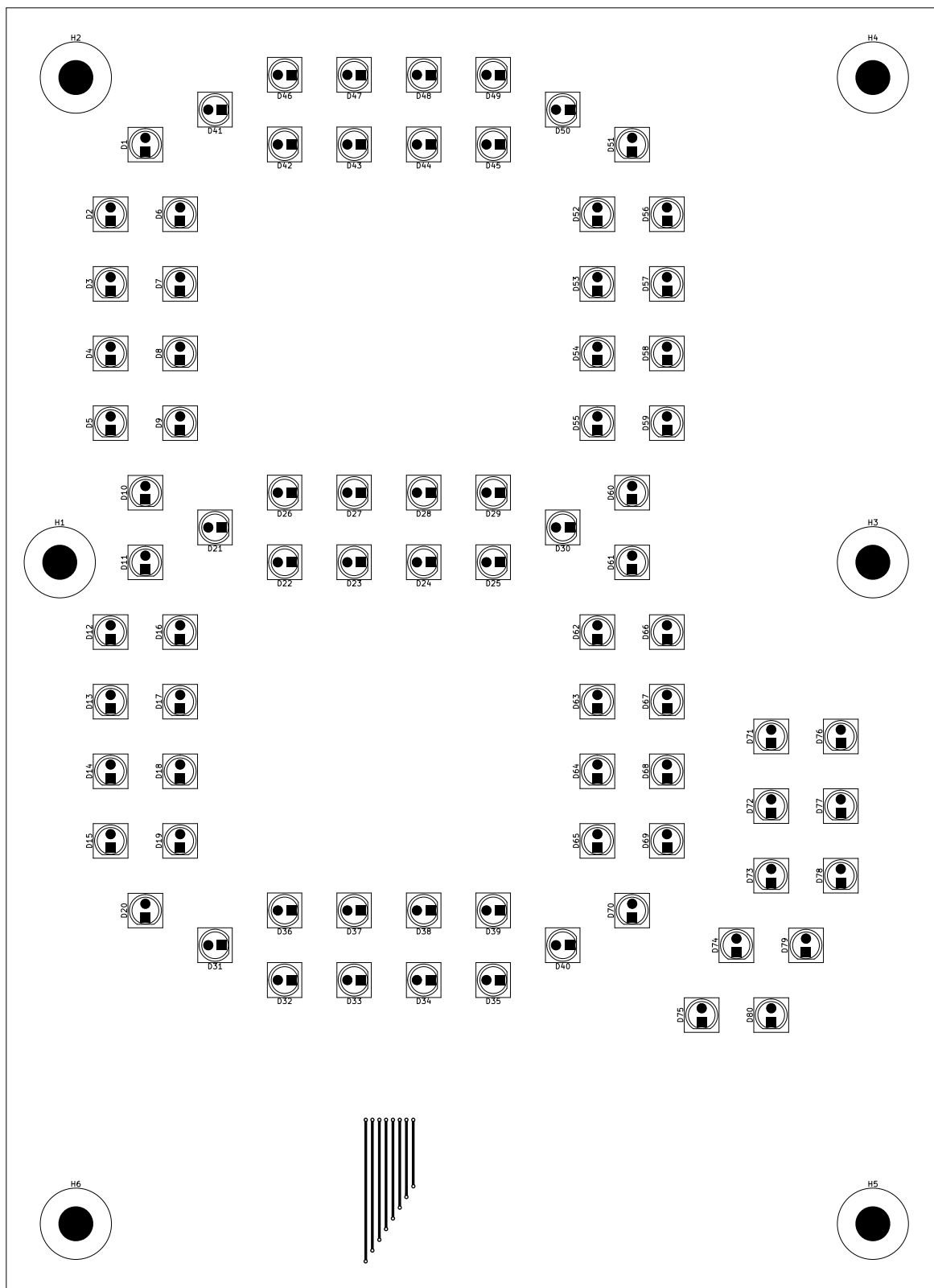
### B.5 Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - motiv - top



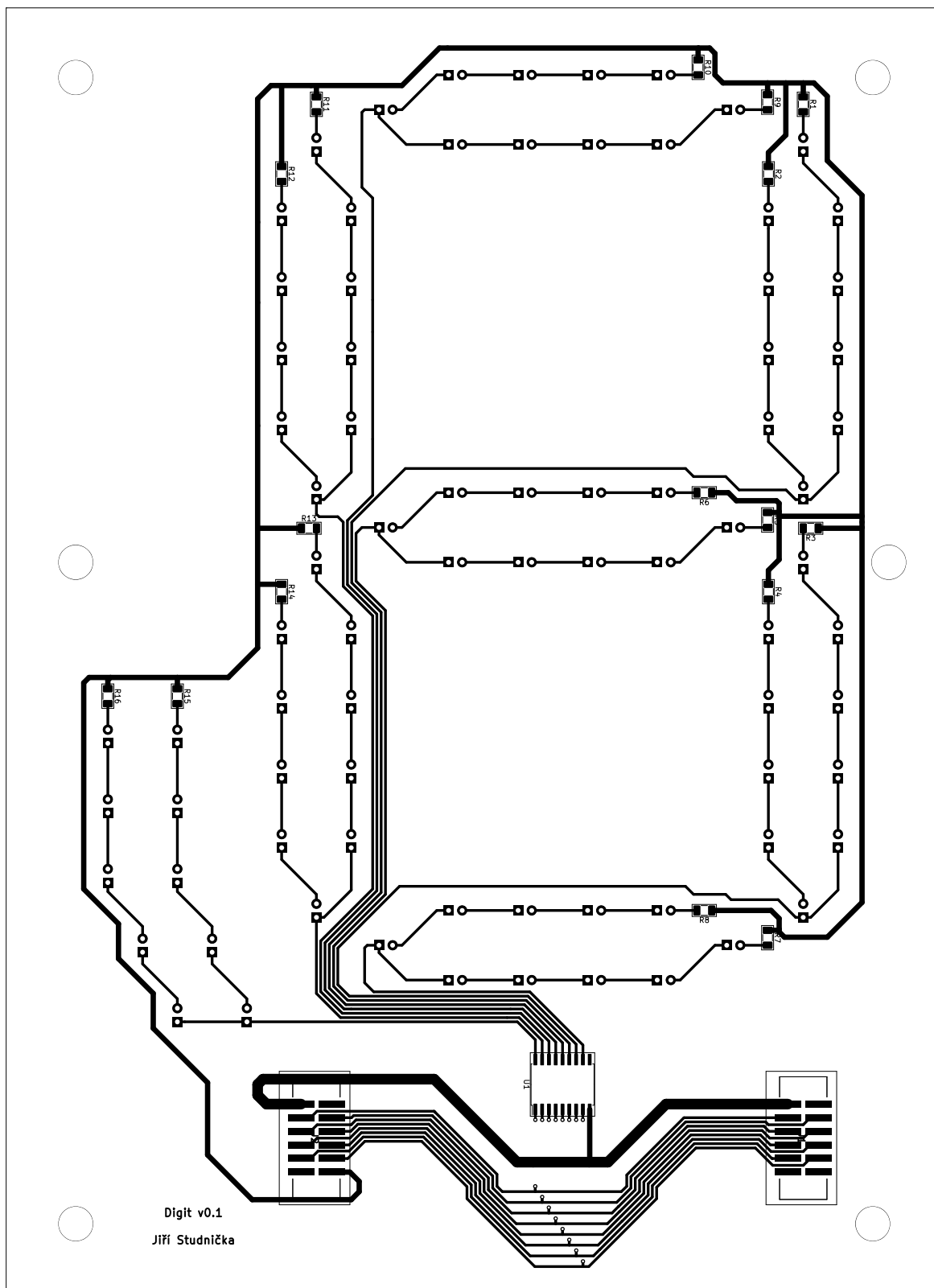
### B.6 Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - motiv - bottom



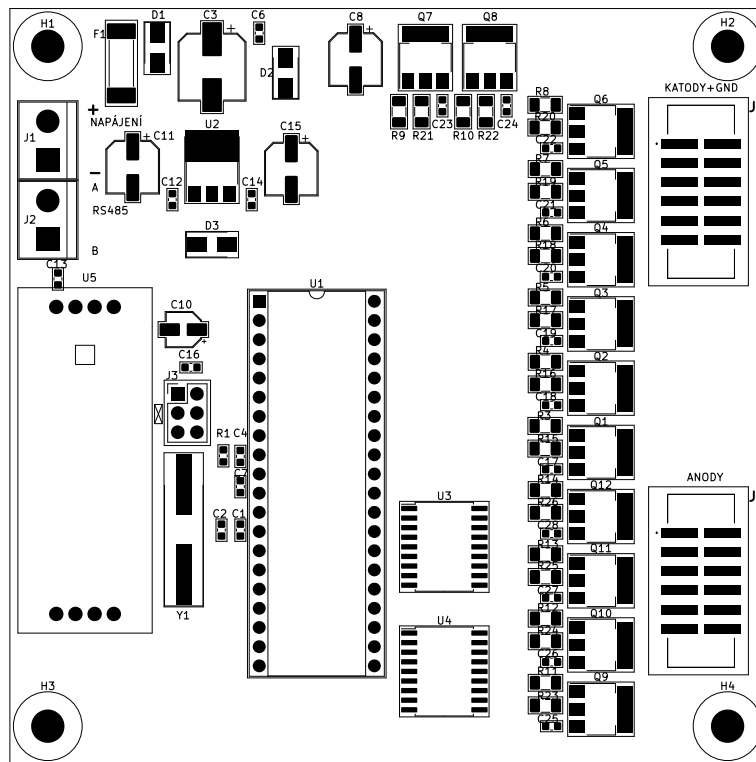
**C.1: Číslice (znak) - osazovací výkres - top**



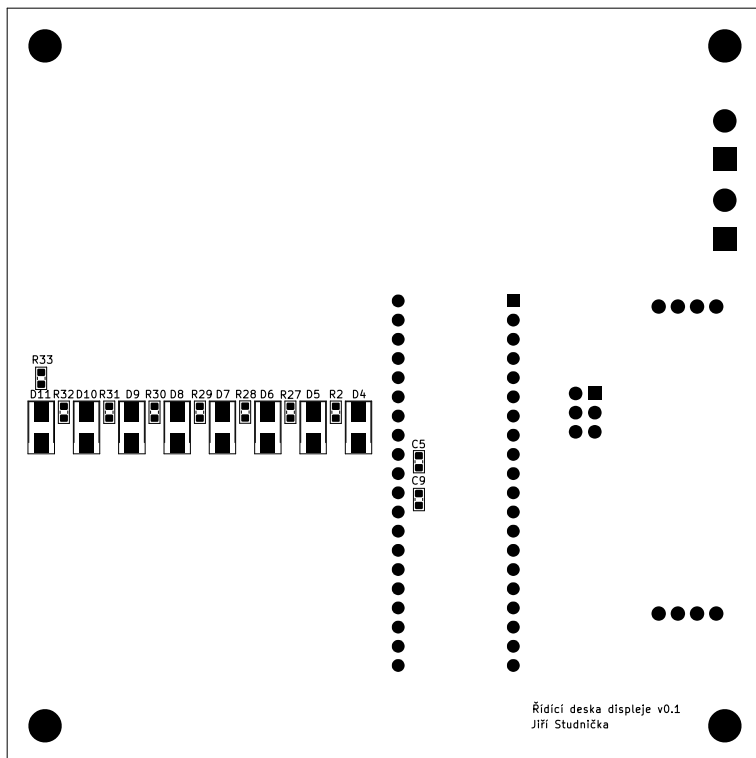
### C.2: Číslice (znak) - osazovací výkres - bottom



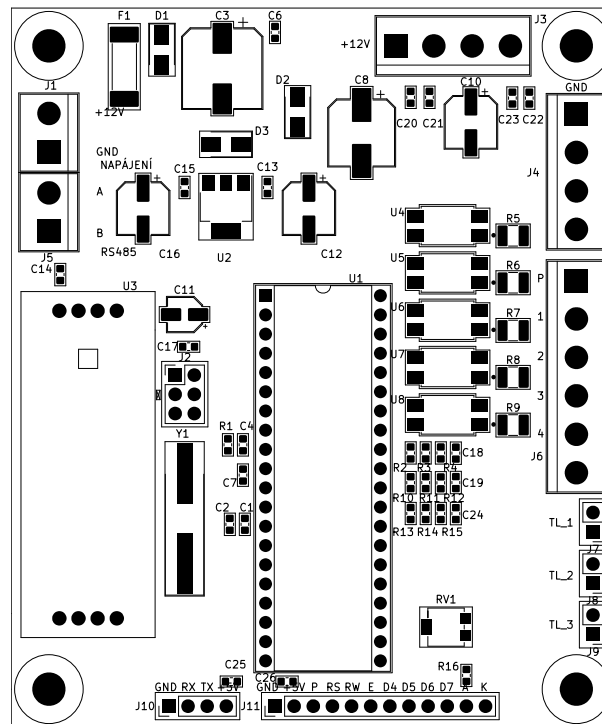
**C.3: Řídící jednotka displej - osazovací výkres - top**



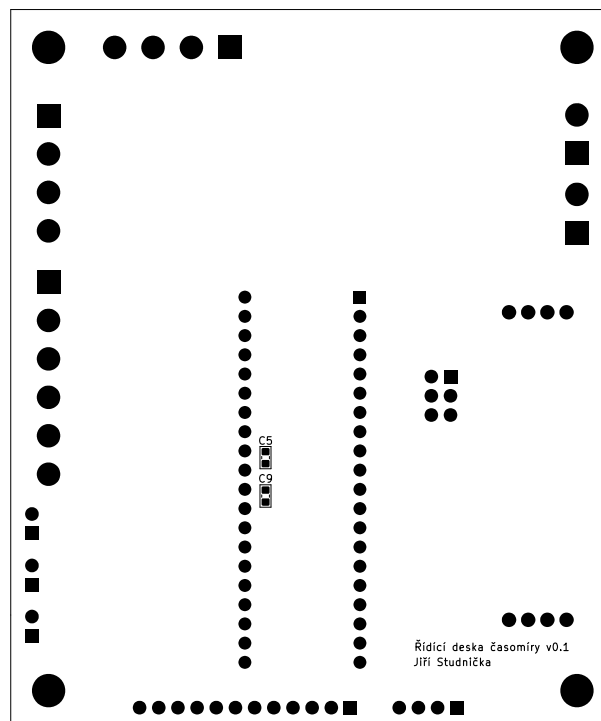
**C.4: Řídící jednotka displej - osazovací výkres - bottom**



### C.5: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - osazovací výkres - top



### C.6: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - osazovací výkres - bottom



**D.1: Číslice (znak) - seznam součástek**

Číslo	Reference	Hodnota	Pouzdro
1	D1	LED	LED_D5.0mm
2	D2	LED	LED_D5.0mm
3	D3	LED	LED_D5.0mm
4	D4	LED	LED_D5.0mm
5	D5	LED	LED_D5.0mm
6	D6	LED	LED_D5.0mm
7	D7	LED	LED_D5.0mm
8	D8	LED	LED_D5.0mm
9	D9	LED	LED_D5.0mm
10	D10	LED	LED_D5.0mm
11	D11	LED	LED_D5.0mm
12	D12	LED	LED_D5.0mm
13	D13	LED	LED_D5.0mm
14	D14	LED	LED_D5.0mm
15	D15	LED	LED_D5.0mm
16	D16	LED	LED_D5.0mm
17	D17	LED	LED_D5.0mm
18	D18	LED	LED_D5.0mm
19	D19	LED	LED_D5.0mm
20	D20	LED	LED_D5.0mm
21	D21	LED	LED_D5.0mm
22	D22	LED	LED_D5.0mm
23	D23	LED	LED_D5.0mm
24	D24	LED	LED_D5.0mm
25	D25	LED	LED_D5.0mm
26	D26	LED	LED_D5.0mm
27	D27	LED	LED_D5.0mm
28	D28	LED	LED_D5.0mm
29	D29	LED	LED_D5.0mm
30	D30	LED	LED_D5.0mm
31	D31	LED	LED_D5.0mm
32	D32	LED	LED_D5.0mm
33	D33	LED	LED_D5.0mm
34	D34	LED	LED_D5.0mm
35	D35	LED	LED_D5.0mm
36	D36	LED	LED_D5.0mm
37	D37	LED	LED_D5.0mm
38	D38	LED	LED_D5.0mm
39	D39	LED	LED_D5.0mm
40	D40	LED	LED_D5.0mm
41	D41	LED	LED_D5.0mm
42	D42	LED	LED_D5.0mm



43	D43	LED	LED_D5.0mm
44	D44	LED	LED_D5.0mm
45	D45	LED	LED_D5.0mm
46	D46	LED	LED_D5.0mm
47	D47	LED	LED_D5.0mm
48	D48	LED	LED_D5.0mm
49	D49	LED	LED_D5.0mm
50	D50	LED	LED_D5.0mm
51	D51	LED	LED_D5.0mm
52	D52	LED	LED_D5.0mm
53	D53	LED	LED_D5.0mm
54	D54	LED	LED_D5.0mm
55	D55	LED	LED_D5.0mm
56	D56	LED	LED_D5.0mm
57	D57	LED	LED_D5.0mm
58	D58	LED	LED_D5.0mm
59	D59	LED	LED_D5.0mm
60	D60	LED	LED_D5.0mm
61	D61	LED	LED_D5.0mm
62	D62	LED	LED_D5.0mm
63	D63	LED	LED_D5.0mm
64	D64	LED	LED_D5.0mm
65	D65	LED	LED_D5.0mm
66	D66	LED	LED_D5.0mm
67	D67	LED	LED_D5.0mm
68	D68	LED	LED_D5.0mm
69	D69	LED	LED_D5.0mm
70	D70	LED	LED_D5.0mm
71	D71	LED	LED_D5.0mm
72	D72	LED	LED_D5.0mm
73	D73	LED	LED_D5.0mm
74	D74	LED	LED_D5.0mm
75	D75	LED	LED_D5.0mm
76	D76	LED	LED_D5.0mm
77	D77	LED	LED_D5.0mm
78	D78	LED	LED_D5.0mm
79	D79	LED	LED_D5.0mm
80	D80	LED	LED_D5.0mm
81	H1	M6	Hole_6.4mm_M6
82	H2	M6	Hole_6.4mm_M6
83	H3	M6	Hole_6.4mm_M6
84	H4	M6	Hole_6.4mm_M6
85	H5	M6	Hole_6.4mm_M6
86	H6	M6	Hole_6.4mm_M6
87	J1	Conn_02x06	MC2541200STSMD

88	J2	Conn_02x06	MC2541200STSMD
89	R1	33	R_1206_3216Metric
90	R2	33	R_1206_3216Metric
91	R3	33	R_1206_3216Metric
92	R4	33	R_1206_3216Metric
93	R5	33	R_1206_3216Metric
94	R6	33	R_1206_3216Metric
95	R7	33	R_1206_3216Metric
96	R8	56	R_1206_3216Metric
97	R9	33	R_1206_3216Metric
98	R10	33	R_1206_3216Metric
99	R11	33	R_1206_3216Metric
100	R12	33	R_1206_3216Metric
101	R13	33	R_1206_3216Metric
102	R14	33	R_1206_3216Metric
103	R15	33	R_1206_3216Metric
104	R16	33	R_1206_3216Metric
105	U1	ULN2803A	SOIC

## D.2: Řídící jednotka displej - seznam součástek

Číslo	Reference	Hodnota	Pouzdro
1	C1	22p	C_0603_1608Metric
2	C2	22p	C_0603_1608Metric
3	C3	470u	CP_Elec_8x10.5
4	C4	100n	C_0603_1608Metric
5	C5	100n	C_0603_1608Metric
6	C6	100n	C_0603_1608Metric
7	C7	100n	C_0603_1608Metric
8	C8	100u	CP_Elec_6.3x5.8
9	C9	100n	C_0603_1608Metric
10	C10	10u	CP_Elec_4x5.8
11	C11	100u	CP_Elec_6.3x5.8
12	C12	100n	C_0603_1608Metric
13	C13	100n	C_0603_1608Metric
14	C14	100n	C_0603_1608Metric
15	C15	100u	CP_Elec_6.3x5.8
16	C16	100n	C_0603_1608Metric
17	C17	100n	C_0603_1608Metric
18	C18	100n	C_0603_1608Metric
19	C19	100n	C_0603_1608Metric
20	C20	100n	C_0603_1608Metric
21	C21	100n	C_0603_1608Metric
22	C22	100n	C_0603_1608Metric

23	C23	100n	C_0603_1608Metric
24	C24	100n	C_0603_1608Metric
25	C25	100n	C_0603_1608Metric
26	C26	100n	C_0603_1608Metric
27	C27	100n	C_0603_1608Metric
28	C28	100n	C_0603_1608Metric
29	D1	P4SMA18CA-YAN	D_SMA
30	D2	BYG23T-M3/TR	D_SMA
31	D3	BYG23T-M3/TR	D_SMA
32	D4	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
33	D5	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
34	D6	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
35	D7	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
36	D8	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
37	D9	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
38	D10	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
39	D11	P4SMA6.8A-YAN	D_SMA
40	F1	500mA	Fuse_Schurter_UMT250
41	H1	MountingHole	Hole_4.3mm_M4
42	H2	MountingHole	Hole_4.3mm_M4
43	H3	MountingHole	Hole_4.3mm_M4
44	H4	MountingHole	Hole_4.3mm_M4
45	J1	Conn_01x02_Female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
46	J2	Conn_01x02_Female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
47	J3	AVR-ISP-6	PinHeader_2x03_P2.54mm_Vertical
48	J4	Conn_02x06	MC2541200STSMD
49	J5	Conn_02x06	MC2541200STSMD
50	Q1	BCP52	SOT-223
51	Q2	BCP52	SOT-223
52	Q3	BCP52	SOT-223
53	Q4	BCP52	SOT-223
54	Q5	BCP52	SOT-223
55	Q6	BCP52	SOT-223
56	Q7	BCP52	SOT-223
57	Q8	BCP52	SOT-223
58	Q9	BCP52	SOT-223
59	Q10	BCP52	SOT-223
60	Q11	BCP52	SOT-223
61	Q12	BCP52	SOT-223
62	R1	10K	R_0603_1608Metric
63	R2	3K9	R_0603_1608Metric
64	R3	560	R_1206_3216Metric
65	R4	560	R_1206_3216Metric
66	R5	560	R_1206_3216Metric
67	R6	560	R_1206_3216Metric

68	R7	560	R_1206_3216Metric
69	R8	560	R_1206_3216Metric
70	R9	560	R_1206_3216Metric
71	R10	560	R_1206_3216Metric
72	R11	560	R_1206_3216Metric
73	R12	560	R_1206_3216Metric
74	R13	560	R_1206_3216Metric
75	R14	560	R_1206_3216Metric
76	R15	560	R_1206_3216Metric
77	R16	560	R_1206_3216Metric
78	R17	560	R_1206_3216Metric
79	R18	560	R_1206_3216Metric
80	R19	560	R_1206_3216Metric
81	R20	560	R_1206_3216Metric
82	R21	560	R_1206_3216Metric
83	R22	560	R_1206_3216Metric
84	R23	560	R_1206_3216Metric
85	R24	560	R_1206_3216Metric
86	R25	560	R_1206_3216Metric
87	R26	560	R_1206_3216Metric
88	R27	3K9	R_0603_1608Metric
89	R28	3K9	R_0603_1608Metric
90	R29	3K9	R_0603_1608Metric
91	R30	3K9	R_0603_1608Metric
92	R31	3K9	R_0603_1608Metric
93	R32	3K9	R_0603_1608Metric
94	R33	3K9	R_0603_1608Metric
95	U1	ATmega644PA-PU	DIP-40_W15.24mm_Socket
96	U2	LM7805	SOT-223
97	U3	ULN2803A	SOIC
98	U4	ULN2803A	SOIC
99	U5	RS485_MAX_DESKA	max_485_deska
100	Y1	16MHz	Crystal_SMD_HC49-SD_HandSoldering

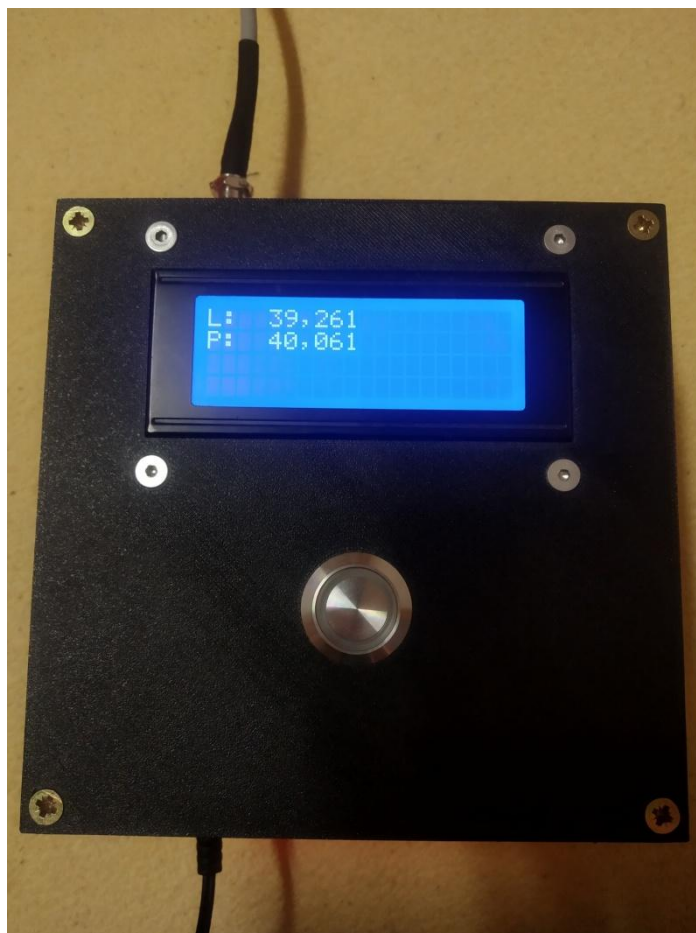
### D.3: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - seznam součástek

Číslo	Reference	Hodnota	Pouzdro
1	C1	22p	C_0603_1608Metric
2	C2	22p	C_0603_1608Metric
3	C3	680u	CP_Elec_10x10
4	C4	100n	C_0603_1608Metric
5	C5	100n	C_0603_1608Metric
6	C6	100n	C_0603_1608Metric
7	C7	100n	C_0603_1608Metric

8	C8	470u	CP_Elec_8x10.5
9	C9	100n	C_0603_1608Metric
10	C10	100u	CP_Elec_6.3x5.8
11	C11	10u	CP_Elec_4x5.8
12	C12	100u	CP_Elec_6.3x5.8
13	C13	100n	C_0603_1608Metric
14	C14	100n	C_0603_1608Metric
15	C15	100n	C_0603_1608Metric
16	C16	100u	CP_Elec_6.3x5.8
17	C17	100n	C_0603_1608Metric
18	C18	100n	C_0603_1608Metric
19	C19	100n	C_0603_1608Metric
20	C20	100n	C_0603_1608Metric
21	C21	100n	C_0603_1608Metric
22	C22	100n	C_0603_1608Metric
23	C23	100n	C_0603_1608Metric
24	C24	100n	C_0603_1608Metric
25	C25	100n	C_0603_1608Metric
26	C26	100n	C_0603_1608Metric
27	D1	P4SMA18CA-YAN	D_SMA
28	D2	BYG23T-M3/TR	D_SMA
29	D3	BYG23T-M3/TR	D_SMA
30	F1	1200mA	Fuse:Fuse_Schurter_UMT250
31	H1	M4	Hole_4.3mm_M4
32	H2	M4	Hole_4.3mm_M4
33	H3	M4	Hole_4.3mm_M4
34	H4	M4	Hole_4.3mm_M4
35	J1	napajeni_01x02_female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
36	J2	AVR-ISP-6	PinHeader_2x03_P2.54mm_Vertical
37	J3	+12V_01x04_Female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
38	J4	GND_01x04_Female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
39	J5	rs485_ledDisplej_01x02_female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
40	J6	Vstupy_01x06_Female	TerminalBlock_bornier-2_P5.08mm
41	J7	Tlacidko_1_01x02	PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
42	J8	Tlacidko_2_01x02	PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
43	J9	Tlacidko_3_01x02	PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
44	J10	PC_01x04	PinHeader_1x04_P2.54mm_Vertical
45	J11	Displej_01x12	PinHeader_1x12_P2.54mm_Vertical
46	R1	10K	R_0603_1608Metric
47	R2	470	R_0603_1608Metric
48	R3	10K	R_0603_1608Metric
49	R4	100	R_0603_1608Metric
50	R5	470	R_1210_3225Metric
51	R6	470	R_1210_3225Metric
52	R7	470	R_1210_3225Metric

53	R8	470	R_1210_3225Metric
54	R9	470	R_1210_3225Metric
55	R10	470	R_0603_1608Metric
56	R11	10K	R_0603_1608Metric
57	R12	100	R_0603_1608Metric
58	R13	470	R_0603_1608Metric
59	R14	10K	R_0603_1608Metric
60	R15	100	R_0603_1608Metric
61	R16	220	R_0603_1608Metric
62	RV1	10K	Potentiometer_Bourns_3214G_Horizontal
63	U1	ATmega644PA-PU	DIP-40_W15.24mm_Socket
64	U2	LM7805	SOT-223
65	U3	RS485_MAX_DESKA	Max_485_deska
66	U4	PC817	SOIC
67	U5	PC817	SOIC
68	U6	PC817	SOIC
69	U7	PC817	SOIC
70	U8	PC817	SOIC
71	Y1	16MHz	Crystal_SMD_HC49-SD_HandSoldering

### E.1: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - fotodokumentace



## E.2: Velký LED segmentový displej - fotodokumentace



## F.1: Řídící jednotka časomíra (časoměrná jednotka) - firmware - seznam funkcí

### Funkce pro ovládání displeje

```
void displejInit (void);
```

```
void CasToChar (char* poleCasu, uint32_t cas);
```

```
void ZobrazCasNaLCD (char* poleCasu, uint8_t sloupec, uint8_t radek);
```

```
void ZobrazHlaskuNaLCD (char* hlaska, uint8_t sloupek, uint8_t radek, bool zpozdeni, bool clear);
```

### Funkce pro ovládání menu

```
void vyberModuMereni (uint8_t mod_mereni, uint8_t mod_mereni_last, uint8_t najetaPolozka);
```

```
void aktualizaceMenu (uint8_t mod_mereni, uint8_t najetaPolozka);
```

### Funkce pro EEPROM paměť

```
void EEPROM_write (unsigned int uiAddress, uint8_t ucData);
```

```
uint8_t EEPROM_read (unsigned int uiAddress);
```

**Funkce časomíry**

```
uint8_t Tlacidko (bool button, bool* button_now, bool* button_last, bool* button_blok_hrany);  
void casomira_reset (void);  
void casomira_softwarovyVystrel (void);
```

**F.2: Knihovna uart.h - firmware - seznam funkcí**

```
extern void uart_init0 (unsigned int baud);  
extern void uart_init1 (unsigned int baud);  
extern void uart_putc0 (uint8_t data);  
extern void uart_putc0_char (char data);  
extern void uart_putc1 (uint8_t data);  
extern void uart_puts0_char (void);  
extern void uart_puts0 (uint8_t pocetByte);  
extern void uart_puts1 (uint8_t pocetByte);  
extern unsigned char uart_getc0 (void);  
extern unsigned char uart_getc1 (void);  
extern void uart_flush0 (void);  
extern void uart_flush1 (void);  
extern void uart_gets1 (uint8_t* rx_pole);  
  
extern void sestavZpravu1 (uint8_t komu, uint8_t pocetByte, uint32_t cas1, uint32_t cas2, uint8_t  
carka, uint8_t udaj1, uint8_t udaj2);  
  
extern void sestavZpravu0 (uint32_t cas1, uint32_t cas2, char udajCas1, char udajCas2, char  
udajKonecMer, char udajMod);
```

**F.3: Knihovna lcd.h - firmware - seznam funkcí**

```
extern void lcd_init (uint8_t dispAttr);  
extern void lcd_clrscr (void);  
extern void lcd_home (void);  
extern void lcd_gotoxy (uint8_t x, uint8_t y);  
extern void lcd_putc (char c);  
extern void lcd_puts (const char *s);  
extern void lcd_puts_p (const char *progmem_s);
```



```
extern void lcd_command (uint8_t cmd);
```

```
extern void lcd_data (uint8_t data);
```

```
extern void lcd_Blink (void);
```

```
extern void lcd_NoBlink (void);
```