



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

INTELIGENTNÍ ČASOMÍRA PRO POŽÁRNÍ SPORT

Diplomová práce

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 3906T001 – Mechatronika

Autor práce: **Bc. Tomáš Hakl**

Vedoucí práce: Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

THE INTELLIGENT TIMEKEEPING FOR FIRE SPORT

Diploma thesis

Study programme: N2612 – Electrical Engineering and Informatics

Study branch: 3906T001 – Mechatronics

Author: **Bc. Tomáš Hák**

Supervisor: Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Hakl**
Osobní číslo: **M13000217**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Mechatronika**
Název tématu: **Inteligentní časomíra pro požární sport**
Zadávací katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zjistěte současný stav v nabídce časomír pro požární sport.
2. Definujte požadavky kladené na časomíru.
3. Navrhněte a realizujte mikroprocesorově řízenou časomíru pro požární útok a štafetu 4x100 m.
4. Vytvořte komunikační a zobrazovací software pro ovládání časomíry a zpracování výsledků v PC.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **40–50 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] **Pinker, J.: Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.**
- [2] **Mann, B.: C pro mikrokontroléry, BEN 2003, ISBN 80-7300-077-6.**
- [3] **Katalogové listy mikroprocesorů firmy Microchip.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Lubomír Slavík, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání diplomové práce: **10. října 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2015**



prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan



doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2014

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 15.5.2015

Podpis:



Poděkování

V první řadě, bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Lubomíru Slavíkovi, Ph.D za odborné vedení při zpracování diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval Sboru dobrovolných hasičů Studénka za poskytnutí financí na nákup materiálu pro výrobu a realizaci časomíry. Mé díky také patří Jiřímu Drašarovi, starostovi SDH Studénka, za výrobu sklopných terčů.

V neposlední řadě patří mé největší díky rodině, která mě celých pět let podporovala při studiu.



Abstrakt

Cílem diplomové práce je vytvořit funkční inteligentní časomíru pro požární útok a štafetu 4x100 m. V první a druhé kapitole jsou popsány komerčně vyráběné časomíry a seznámení s požárním sportem a jeho pravidly. Ve třetí části je popsána výroba hardwaru časomíry tj. základní deska a její připojené periférie a jsou popsány i nejzákladnější součástky použité při výrobě časomíry. Konec třetí kapitoly je věnován návrhu a výrobě tištěných spojů jak pro použití součástek THT, tak i pro součástky v SMT technologii. Čtvrtá kapitola je zaměřena na popis a vysvětlení vytvořeného ovládacího softwaru pro mikrokontroler PIC psaném v jazyce C. Poslední kapitolou diplomové práce je popis vývoje softwaru pro zpracování naměřených časů a komunikaci tohoto softwaru s časomírou. Program pro zpracování výsledku je vytvořen v jazyce C#.

Klíčová slova: PIC, C, C#, LCD display, požární útok, MCU, hardware, software



Abstract

The aim of diploma thesis is to create a functional timekeeping for fire attack and relay 4x100 m. In the first two chapters are analyzed commercially produced timekeeping and familiarization with fire sport and with its rules. The third part describes the production of hardware timer, the motherboard and its attached peripherals, and analysis of basic components used in the production of timekeeping. The end of the third chapter is devoted to the design and manufacture of printed circuit boards for use as components for THT and SMT components in technology. The fourth chapter focuses on the description and explanation of the control software created for PIC microcontroller written in C. The fifth and last chapter of the thesis is the description of the development of software for processing the measured time and communication of the software with timekeeping. Program for result processing is created in C#.

Key words : PIC, C, C#, LCD display, fire attack, MCU, hardware, soft



Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod | 15 |
| 1. Seznámení s hasičským sportem..... | 17 |
| 1.1 Hasičský sport..... | 17 |
| 1.1.1 Štafeta 4x100 m..... | 18 |
| 1.1.2 Hasičský útok..... | 19 |
| 1.1.3 Měření času | 21 |
| 2. Průzkum komerčně vyráběných časomír na českém trhu pro požární sport | 22 |
| 3. Realizace hardwaru | 28 |
| 3.1 Základní deska..... | 29 |
| 3.1.1 PIC16F887 | 29 |
| 3.1.2 Popis základní desky | 30 |
| 3.2 Zobrazovací periferie..... | 31 |
| 3.2.1 Digitální LCD | 31 |
| 3.2.2 Alfnumerický display | 33 |
| 3.3 Komunikace s PC | 34 |
| 3.3.1 FT232R..... | 35 |
| 3.3.2 Zapojení komunikační periferie..... | 36 |
| 3.4 Externí display..... | 37 |
| 3.4.1 Základní deska externího display | 38 |
| 3.4.2 Ovládání segmentu..... | 39 |
| 3.5 Optická závora | 40 |
| 3.6 Informace ze sklopných terčů | 40 |
| 3.7 Tištěné spoje | 41 |
| 3.8 Komerční hardware | 41 |
| 3.8.1 Napájecí zdroj..... | 42 |
| 3.8.2 Indukční senzory..... | 43 |
| 4. Programová část MCU..... | 44 |
| 4.1 Vývojový kit | 44 |
| 4.2 Vývojové prostředí microC..... | 44 |
| 4.3 Software pro MCU | 45 |
| 4.3.1 Software základní desky | 45 |



| | |
|---|----|
| 4.3.2 Software základní desky externího displaye..... | 48 |
| 5. Aplikace pro zpracování časů v PC..... | 51 |
| 5.1 Vývojové prostředí Visual Studio 2010..... | 51 |
| 5.2 Aplikace pro zpracování výsledků..... | 51 |
| 6. Uložení časomíry a jejích modulů..... | 55 |
| 6.1 Základní box..... | 55 |
| 6.2 Externí display..... | 56 |
| 6.3 Sklopné terče..... | 57 |
| Závěr..... | 58 |
| Literatura..... | 59 |
| Přílohy..... | 61 |
| A - Základní deska..... | 61 |
| B - Alfanumerický LCD řadič..... | 64 |
| C - Indikace..... | 67 |
| D - IR přijímač, vysílač..... | 68 |
| E - Základní deska externího displaye..... | 71 |
| F - Řadič pro segmenty externího displaye..... | 74 |
| G - Řadič pro digitální LCD..... | 77 |
| H - Patice pro digitální LCD..... | 80 |
| I - Převodník UART - USB..... | 81 |
| J - Ukázka výsledkových listin..... | 82 |
| K - Obrázky časomíry..... | 84 |
| L - Obsah CD..... | 86 |

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Rozložení překážek na disciplíně štafeta 4x100 m [2]..... | 19 |
| Obrázek 2 - Rozložení materiálu při požárním útoku [2]..... | 20 |
| Obrázek 3 - Stolní model komerční časomíry [1]..... | 22 |
| Obrázek 4 - Startovací pistole 6mm [1]..... | 23 |
| Obrázek 5 - Magnetické koncové senzory v komerční časomíře [1]..... | 24 |
| Obrázek 6 - Koncové indikační světlo spadlého terče [1]..... | 25 |
| Obrázek 7 - Komerční optická závora [1]..... | 25 |
| Obrázek 8 - Externí display k časomíře [1]..... | 26 |
| Obrázek 9 - Kabeláž k propojení terče a základního modulu v komerční časomíře [1] | 26 |
| Obrázek 10 - Blokové schéma inteligentní časomíry | 28 |
| Obrázek 11 - Pin diagram PIC16F887 [6]..... | 30 |
| Obrázek 12 - Ukázka sériového zapojení dvou posuvných registrů 74HC595..... | 31 |
| Obrázek 13 - Rozměry digitálního LCD, rozmístění pinů a označení segmentu [5] | 32 |
| Obrázek 14 - Blokové schéma převodníku FT232R [7]..... | 35 |
| Obrázek 15 - Označení pinů USB typ B [4]..... | 36 |
| Obrázek 16 - Přední panel externího displaye | 37 |
| Obrázek 17 - Rozměry LED diodového pásku [3]..... | 38 |
| Obrázek 18 - Ukázka zapojení spínání LED pásky s 2N7000 | 39 |
| Obrázek 19 - Blokové schéma propojení rozvodnic na terčích..... | 41 |
| Obrázek 20 - Zdroj napětí 12V/DC..... | 42 |
| Obrázek 21 - Vnitřní zapojení induktivního senzoru ICB18LN14POM1 [12] | 43 |
| Obrázek 22 - Ukázka vývojového prostředí microC pro PIC | 45 |
| Obrázek 23 - Vývojový diagram softwaru pro základní desku..... | 48 |
| Obrázek 24 - Vývojový diagram softwaru pro externí display..... | 50 |
| Obrázek 25 - Formulář pro přidání soutěžního týmu | 52 |
| Obrázek 26 - Výběr pro zobrazení aktuálních výsledků a počtu týmů v disciplíně..... | 53 |
| Obrázek 27 - Výpis listu týmů muži útok (vlevo nahoře), ženy útok (vpravo nahoře), muži štafeta (vlevo dole), ženy štafeta (vpravo dole) | 53 |
| Obrázek 28 - Ukázka aplikace Hasičské stopky | 54 |
| Obrázek 29 - Rozměry hlavního úložného boxu časomíry..... | 55 |
| Obrázek 30 - Rozměry boxu pro externí display | 56 |
| Obrázek 31 - Rozměry sklopných terčů | 57 |
| Obrázek 32 - Předlohy osazení, tištěný spoj (THT) základní desky | 62 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 33 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) základní desky | 63 |
| Obrázek 34 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) alfanumerického LCD | 65 |
| Obrázek 35 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) alfanumerického LCD | 66 |
| Obrázek 36 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) indikace | 67 |
| Obrázek 37 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) IR vysílače..... | 69 |
| Obrázek 38 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) IR vysílače | 69 |
| Obrázek 39 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) IR přijímače..... | 70 |
| Obrázek 40 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) IR přijímače | 70 |
| Obrázek 41 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) základní deska externího displeje..... | 72 |
| Obrázek 42 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) základní deska externího displeje..... | 73 |
| Obrázek 43 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) řadiče pro segmenty externího displeje | 75 |
| Obrázek 44 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) řadiče pro segmenty externího displeje | 76 |
| Obrázek 45 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) řadiče pro digitální LCD | 78 |
| Obrázek 46 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) řadiče pro digitální LCD..... | 79 |
| Obrázek 47 - Tištěný spoj (THT) patice pro digitální LCD | 80 |
| Obrázek 48 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) převodníku UART - USB | 81 |
| Obrázek 49 - Nástřikový terč (zadní pohled)..... | 84 |
| Obrázek 50 - Nástřikový terč (přední pohled) | 84 |
| Obrázek 51 - Box časomíry pro rozhodčí | 84 |
| Obrázek 52 - Základní deska..... | 84 |
| Obrázek 53 - Digitální LCD s řadičem | 84 |
| Obrázek 54 - Zadní strana externího displeje..... | 85 |
| Obrázek 55 - Optická závora (vzadu vysílač, vpředu přijímač)..... | 85 |
| Obrázek 56 - Box pro uložení externího displeje..... | 85 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 - Celková kalkulace komerčně prodávaných časomír..... | 27 |
| Tabulka 2 - Rozmístění pinu na digitálním LCD display [5] | 32 |
| Tabulka 3 - Základní parametry digitálního LCD displaye [5]..... | 33 |
| Tabulka 4 - Popis pinů alfanumerického LCD [19]..... | 34 |
| Tabulka 5 - Popis použitých pinu při zapojení převodníku UART - USB[7]..... | 36 |
| Tabulka 6 - Parametry 12V/DC zdroje..... | 42 |
| Tabulka 7 - Parametry induktivního senzoru ICB18LN14POM1 [12]..... | 43 |
| Tabulka 8 - Ukázka výsledkové listiny Muži | 82 |
| Tabulka 9 - Ukázka výsledkové listiny Ženy | 83 |

Seznam schémat

| | |
|---|----|
| Schéma 1 - Základní deska..... | 61 |
| Schéma 2 - Alfanumerický LCD řadič | 64 |
| Schéma 3 - Indikace..... | 67 |
| Schéma 4 - IR vysílač..... | 68 |
| Schéma 5 - IR přijímač..... | 68 |
| Schéma 6 - Základní deska externího displaye | 71 |
| Schéma 7 - Řadič pro segmenty externího displaye..... | 74 |
| Schéma 8 - Řadič pro digitální LCD | 77 |
| Schéma 9 - Patice pro digitální LCD | 80 |
| Schéma 10 - Převodník UART - USB | 81 |

Seznam zkratek

| | |
|--------|---|
| AC | Alternate Current |
| CD | Compact Disc |
| CMOS | Complementary Metal Oxide Semiconductor |
| DC | Direct Current |
| EEPROM | Electrically Erasable Programmable Read Only Memory |
| IP | Ingress Protection |
| LED | Light Emitting Diode |
| LCD | Liquid Crystal Display |
| MCU | Machine Control Unit |
| PIC | Peripheral Interface Controller |
| PC | Personal Computer |
| SDH | Sbor dobrovolných hasičů |
| SMD | Surface Mounted Device |
| SMT | Surface Mounted Technology |
| THT | Through-hole technology |
| UART | Universal Asynchronous Receiver Transmitter |
| USB | Universal Serial BUS |



Úvod

V posledních letech se velice rozrostl, zejména na menších městech a vesnicích, požární sport. Jde o sport spojený ze dvou disciplín. První disciplínou je štafeta 4x100m a druhou disciplínou je požární útok. Hlavně požární útok je velice oblíbenou disciplínou, jelikož se hodně blíží pravému hasičskému výjezdu. S rostoucím zájmem o tento sport se samozřejmě zvýšila i kvalita závodních týmů a časy jsou stále vyrovnanější. Proto je nutné mít stále přesnější měření času. V počátcích se požární útok měřil pouhými ručními stopkami a bylo zapotřebí alespoň tři časoměřičů, aby byl výsledek regulérní. S vývojem elektroniky se začaly používat časomíry na bázi logických obvodů. V dnešní době již profesionální časomíry používají mikroprocesory, což velice zpřesnilo měření. Časy se měří ve formátu MM:SS:DS. Tato přesnost je velice důležitá, protože na závodech rozhodují o vítězi mnohdy i setiny sekundy.

Požadavek od týmu SDH Studénka (okrsek Nová Paka) byl zkonstruovat časomíru pro měření požárního útoku a štafety 4x100 m k tréninkovým účelům. Časomíra nebude sloužit pouze pro měření tréninkových časů, ale bude ji možné zapůjčit jiným dobrovolným hasičským spolkům pro pořádání soutěží. V současnosti je na závody v tomto okrsku k dispozici elektronické měření času, ale bohužel čas je viditelný pouze pro rozhodčí a štafeta 4x100 m se stále měří ručními stopkami. Z toho důvodu byla navržena časomíra, kde se bude čas zobrazovat i na velkém externím display s velikostí číslic 200 mm, a elektronicky se bude měřit také štafeta. V dnešní době je samozřejmě možné zakoupit časomíru vyráběnou komerčně, ale z finančních důvodů je pro mnoho dobrovolných spolků toto řešení zcela nereálné. I nejlevnější komerční časomíra stojí cca 25 - 30 tisíc korun.

Požadavek na časomíru byl takový, aby se na ní mohl měřit jak požární útok, tak i štafeta 4x100m. Hlavní modul by měl obsahovat display pro zobrazení času pravého i levého terče. Jedním z požadavků bylo, aby systém komunikoval s PC. U sklopných terčů by měly být senzory, které zaznamenají sklopení terčů tím, že voda shodí železnou kulatinu. Ta spadnutím aktivuje senzor a zastaví čas na aktuálním terči. Celý útok se odstartuje akustickou pistolí s mikrotlačítkem

připojeným k hlavnímu modulu časomíry.

V práci se nejprve seznámíme s pravidly požárního sportu. Poté si trochu rozebereme komerčně vyráběné časomíry a v posledních kapitolách se již zaměříme na realizaci hardwaru a softwaru samotné časomíry.

1. Seznámení s hasičským sportem

V první kapitole bude přiblížen hasičský sport, protože ne každý asi přesně ví, o jaký sport se jedná. Seznámíme se s pravidla tohoto sportu, rozměry závodiště a vším, co je potřebné vědět k úplným základům požárního sportu.

Tento sport, jako každý jiný, má svá pravidla, určené rozměry drah a předepsané rozměry překážek.

1.1 Hasičský sport

Závody, kterých se družstva dobrovolných hasičů mohou zúčastnit v národním měřítku, jsou následující:

- Okrskové kolo
- Okresní kolo
- Krajské kolo
- Republikové kolo

Z každé soutěže postoupí vždy dva soutěžní týmy do vyššího kola. Okrskového kola se smějí zúčastnit pouze týmy z daného okrsku (např. Nová Paka). Závody jsou samozřejmě rozděleny na kategorie muži a ženy. Týmy zastupují vždy město nebo vesnici z daného okrsku. Počet týmů zastupujících svou oblast je omezen pouze tím, že se v týmu smí opakovat pouze jedno jméno závodníka.

Disciplíny hasičského sportu jsou následující:

- Běh na 100 m s překážkami
- Štafeta 4x100 m
- Požární útok
- Výstup do 4. patra cvičební věže (disciplína musí být uvedena v propozicích soutěže)



Počty závodníku na disciplínu:

- Štafeta 4x100 m - 4 závodníci, každý na jednu část štafety (překážka, okno, přenesení minimaxu, běh přes kladinu se zapojením hadic)
- Požární útok - 7 závodníků (koš, savice, strojník, béčkař, rozdělovač, pravý a levý proud)
- Běh na 100 m - disciplína pro jednotlivce
- Výstup do 4. patra požární věže - soutěž pro jednotlivce (často bývá tato disciplína nahrazena během přes překážky na 100m, tato disciplína se objevuje pouze na republikovém kole)

Nejčastější disciplínou je však požární útok. Ten je součástí každé hasičské soutěže. Běh na 100 m s překážkami se objevuje pouze na okresním, krajském a republikovém kole. Mezi dvě disciplíny, které se objevují na okrskovém kole, patří požární útok a štafeta 4x100 m.

1.1.1 Štafeta 4x100 m

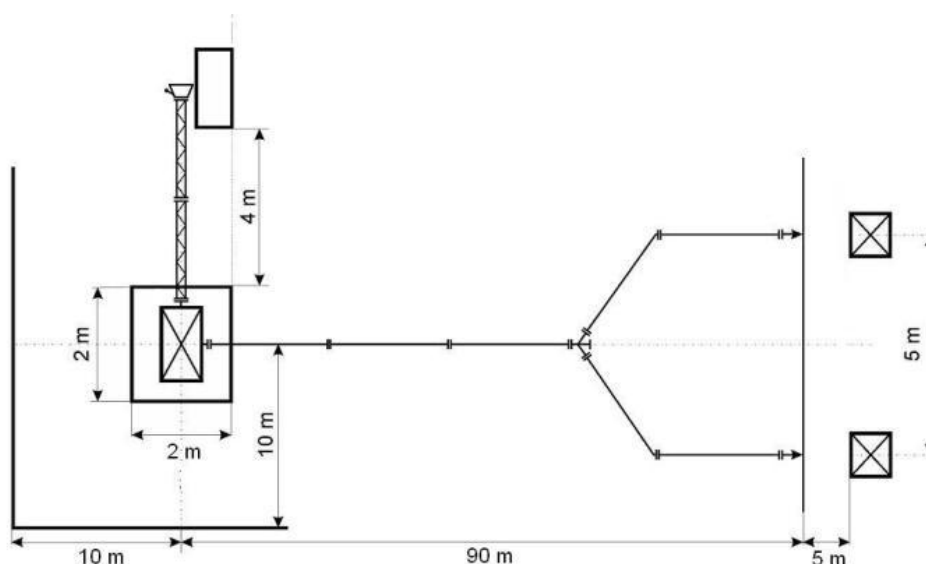
V této disciplíně se čtyři závodníci snaží překonat určenou trať v co nejkratším čase. Na každém úseku, který měří 100 m, se objevuje jiný druh překážky. První překážka se mění v závislosti na typu soutěže. V okrskovém kole je první 2 m vysoká překážka, kterou musí závodník přelézt. Od okresního kola je místo okna tzv. domeček. Soutěžící se na start připraví s žebříkem a pomocí žebříku zdolá domeček. Na druhém úseku závodníka čeká okno, dále pak přenesení hasičského minimaxu z jednoho místa na trati na druhé (minimax po položení musí zůstat stát) a poslední je překonání kladiny a zapojení předem připravených hadic. Na obrázku 1 je rozložení tratě na štafetu 4x100m podle pravidel ligy.

žene vodu do hadic. Čtvrtý člen týmu musí zapojit hadici B do stroje a roztáhnout hadici tak, aby co nejrychleji mohla projít voda hnaná ze stroje. Pátý závodník zapojuje tři hadice do rozdělovače, což je vybavení, které žene vodu z hadice typu B do hadic typu C na pravou a levou stranu (k proudařům). Hadice typu C zapojují dva proudaři. Oba proudaři mají za úkol doběhnout k terči a roztáhnout hadice typu C dříve, než jim dojde voda do proudnice. Čím blíže se k terči dostane, tím přesněji na terč nastříká. V terči je otvor od průměru 5 cm, kam se musí proudař trefit, aby stopnul svůj čas (proudem vody shodí železnou kulatinu a aktivuje senzor). Rozměry terčů naleznete v 6. kapitole.

Potřebné nářadí pro požární útok:

- Koš
- 2x savice
- 2x hadice typ B (podle dohodnutých propozic soutěže mohou být hadice typu B i tři)
- Rozdělovač
- 4x hadice typu C
- Stroj

Na dalším obrázku vidíme ideální roztažení hadic a vzdálenosti předepsané ligou.



Obrázek 2 - Rozložení materiálu při požárním útoku [2]

1.1.3 Měření času

Za měření času na jednotlivých disciplínách odpovídá hlavní časoměřič. Ten je v průběhu závodu podřízen rozhodčímu disciplíny. Hlavní rozhodčí jednotlivým časoměřičům stanoví úseky, na kterých budou měřit. Hlavní časoměřič je zodpovědný za funkčnost stopek. Čas lze měřit jak ručními stopkami, tak elektronickou časomírou, ale pouze za předpokladu, že bude elektronicky měřit všechny dráhy dané disciplíny. Pokud se stane, že elektronická časomíra selže, pak hlavní rozhodčí rozhodne, jak se bude dále postupovat. Čas se měří od startovacího pulzu pistole až do shoení terčů, nebo proběhnutí závodníka optickou závorou (cílem).

Pokud se čas měří ručními stopkami, pak musí čas měřit minimálně dva rozhodčí, ale ideálně všichni tři a nezávisle na sobě. Naměřené časy musí ihned zapsat, aniž by se dostali do slovního kontaktu a časy předají hlavnímu rozhodčímu. Pokud se čas měří na ručních stopkách, pak se musí ještě určit tzv. úřední čas, který se objeví na výsledkové listině. Úřední čas se určuje ručními stopkami s přesností 1/10 a pokud se měří elektronickou časomírou, pak se měří čas s přesností 1/100. Tento naměřený čas je zároveň úředním časem. Proto je jasné, že nejlepší měření probíhá tehdy, pokud se měří elektronickými stopkami. Nejen proto, že se nemusí čekat mezi jednotlivými pokusy, než se vyhodnotí úřední čas, ale také proto, že rozhodčích je čím dál méně a tak lze ušetřené rozhodčí využít i na jinou činnost než je měření času. Nehledě na to, že při měření ručními stopkami je čas zatížen lidskou chybou, přesnost je 1/10 sekundy a mnohdy jsou mezi závodními týmy rozdíly setin sekundy.



2. Průzkum komerčně vyráběných časomír na českém trhu pro požární sport

Součástí práce byl také průzkum komerčně vyráběných časomír pro požární sport. Tento sport nepatří k nejznámějším a nejrozšířenějším sportům u nás, a proto se moc firem nezabývá výrobou časomír ve velkém. Často si dobrovolné spolky hasičů nechávají vyrábět časomíry na zakázku u drobných podnikatelů, kteří se vývojem elektroniky zabývají. Firma TRV Elektronik je výrobcem a distributorem sportovních časomír na našem trhu.

Základem celého systému je stolní modul, který můžeme vidět na obrázku č. 3. Jedná se o verzi s pětimístným segmentovým displayem s výškou číslic 10 mm, třemi tlačítky na START/STOP, RESET a přepínání naměřených časů. Tento model měří až 4 časy a využívá se, pokud jde o závody, kde dva soutěžní týmy útočí vedle sebe. Tato disciplína však není moc častá, a to z důvodu požadavků na velký prostor. Na zadní straně jsou všechny potřebné konektory k připojení nezbytných periférií, jako je startovací pistole, senzory na terčích a externí display.



Obrázek 3 - Stolní model komerční časomíry [1]

Parametry modelu:

- Časomíra pracuje nezávisle na připojení z PC
- Použití i ve venkovním prostředí
- Použití nejen při požárním sportu
- Standardně měří 4 časy
- Start pomocí pistole nebo optické závory
- Komunikace s PC včetně SW pro zpracování
- Možnost doplnění segmentů
- Napájení 12V DC

Tento základní modul stojí 7500 Kč a to bez jakéhokoli jiného příslušenství. Pro měření časů je nutné ještě zakoupit senzory ke sklopným terčům, startovací pistoli a externí display, který není nezbytný pro správnou funkci, ale pro fanoušky je to příjemné zpestření závodů, pokud mohou sledovat aktuální čas závodního týmu.

Dalším základní vybavením je startovací pistole, která po výstřelu vyšle impuls do základního modulu a právě tento impuls spouští stopování času. Vyrábí se mnoho druhů startovacích pistolí v různých provedeních. Nejčastěji se využívá akustického zvuku pro závodníky, tzn. výstřelu při stisku kohoutku, a s tím zároveň aktivace mikrospínače a poslání startovacího pulzu do základního modulu stopek. Startovací pistoli lze využít jak pro útok, tak i štafetu. Startovací pistole je vidět na 4. obrázku.



Obrázek 4 - Startovací pistole 6mm [1]

Parametry startovací pistole:

- 2 mikrospínače zabudované v pistoli
- 10m kabel se 4pinovým konektorem
- 6mm náboje

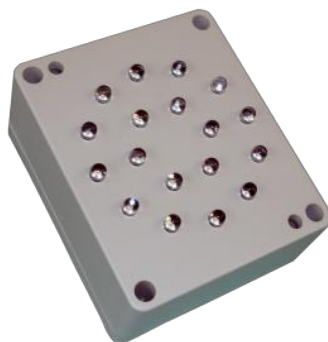
Cena takovéto startovací pistole se pohybuje okolo 1900 Kč.

Koncovými členy celého měřicího systému jsou indukční senzory. Jedná se o vodotěsné magnetické senzory, které lze použít pro sklopné i nástřikové terče. Cena jednoho senzoru je 450 Kč. Protože pro hasičský útok se používají dva terče, je potřeba zakoupit dva tyto magnetické senzory. Senzory můžeme vidět na obrázku 5.



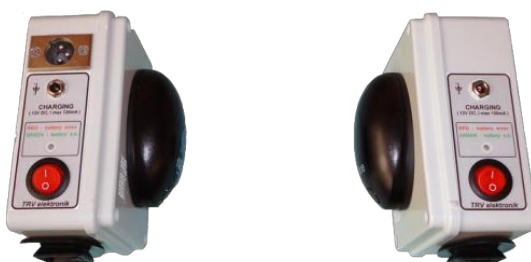
Obrázek 5 - Magnetické koncové senzory v komerční časomíře [1]

Dalším členem, který patří do části terčů, je indikační světlo pro závodníky. Toto světlo upozorní závodníka, že již aktivoval magnetický koncový senzor a má platný čas na svém terči. Jde tedy o indikaci spadlého terče. Světlo je vyrobeno z vysoce svítivých LED diod, aby bylo dobře vidět i za slunného počasí. Nejčastěji je toto indikační světlo umístěné nad terčem, kde je dobře viditelné pro závodníka. Indikační koncové světlo můžeme vidět na obrázku 4. Cena jednoho koncového světla je 690 Kč.



Obrázek 6 - Koncové indikační světlo spadlého terče [1]

Optická závora se používá nejčastěji ve štafetě 4x100m v cíli, kde detekuje proběhnutí závodníka a zastaví měřený čas. Optické závory jsou zabudované ve vodotěsné krabičce a jsou napájeny z baterie. Komerčně prodávaná optická závora stojí 2500 Kč.



Obrázek 7 - Komerční optická závora [1]

Posledním členem systému je externí display, který, jak bylo již zmíněno, není důležitý pro bezchybnou funkci, ale závodníkům i fanouškům dává důležité informace, jak si vedou ostatní týmy. Patří k nejdražším položkám v celém systému. Tento display se dá pořídit za 12 000 Kč.

Parametry:

- Napájení 12V DC
- Možnost připojit k PC
- Lze provozovat samostatně bez základního modulu pouze s PC a softwarem pro PC ke zpracování výsledků
- Určený i k venkovnímu použití
- Velikost číslic 150 mm



Obrázek 8 - Externí display k časomíře [1]

K propojení terčů se základním boxem výrobce se používá kabel 3x1,5mm, který má společnou zem, impuls od koncového spínače a impuls pro indikační LED koncové osvětlení. Kabel je dlouhý 100 m a jeho cena je 1500 Kč.



Obrázek 9 - Kabeláž k propojení terče a základního modulu v komerční časomíře [1]

Toto není jediný možný systém, který lze pro měření času v požárním sportu použít. Firma TRW Elektronik také nabízí časomíru jako set, kde je vše potřebné, ale pouze pro požární útok. Optická závora se musí pořídit samostatně.

Nabídka setu:

- 1x externí display (číslice 150mm)
- 1x startovací pistole (ráže 6mm)
- 2x koncové světlo + spínač terčů
- 2x kabeláž 100m
- 1x SW pro zpracování výsledků do PC

Cena tohoto setu je 23 000 Kč.

Pokud uděláme celkovou kalkulaci obou variant a porovnáme jejich ceny, pak vidíme (Tabulka č.1), že varianta se setem je sice levnější, ale pro hasičské dobrovolné spolky je stále obrovským výdajem.

Tabulka 1 - Celková kalkulace komerčně prodávaných časomír

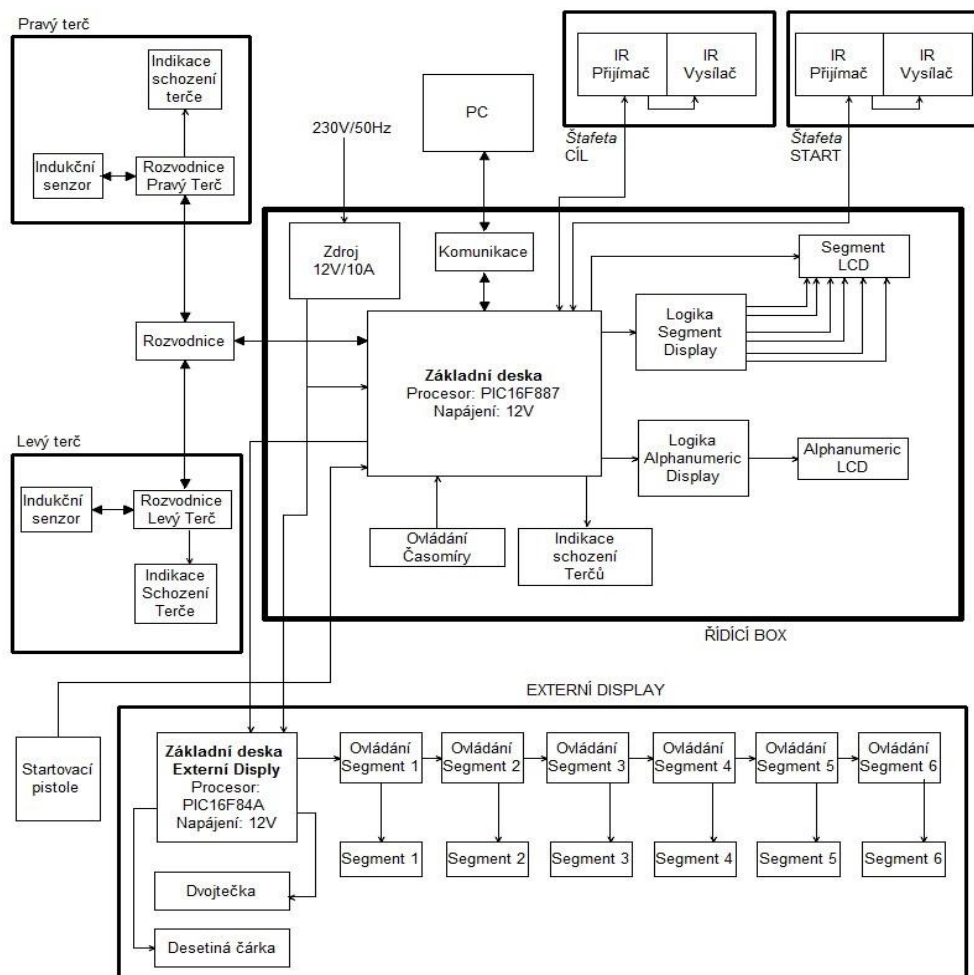
| | 1. Varianta | 2. Varianta (set) |
|----------------------|--------------|-------------------|
| Základní modul | 7 500 Kč | neobsahuje |
| Startovací pistole | 1 900 Kč | |
| Magnetické senzory | 2 x 450 Kč | |
| Indikační LED světlo | 2 x 690 Kč | |
| Kabeláž | 2 x 1 500 Kč | |
| Externí display | 12 000 Kč | 23 000,00 Kč |
| Optická závora | 2 500 Kč | 2 500 Kč |
| Celkem | 26 680 Kč | 25 500,00 Kč |

Proto se většina hasičských spolků obrací na elektronické vývojáře, kteří jim časomíru vyrobí na zakázku a daleko levněji.

3. Realizace hardwaru

Ve druhé kapitole byly čtenáři přiblíženy komerčně vyráběné časomíry. Tím byl ucelen pohled na to, jak by asi měla vypadat časomíra pro SDH Studénka. Některé funkce komerčně vyráběných časomír jsou vynechány a naopak několik funkcí bylo přidáno. Oproti komerčně vyráběným časomírám je přidán alfanumerický LCD display, kde se bude zobrazovat název aktuálního týmu, který je na řadě, a týmu, který se má připravit jako další k vykonání pokusu.

Na obrázku č. 10 je zobrazeno blokové schéma celé časomíry. Na blokovém schématu můžeme vidět, které desky budou umístěny v hlavním boxu, které jsou v boxu externího displaye a jak je vyřešena komunikace mezi terči. Všechna elektrotechnická schémata byla vytvořena v layout editoru Eagle 7.1.0.



Obrázek 10 - Blokové schéma inteligentní časomíry

3.1 Základní deska

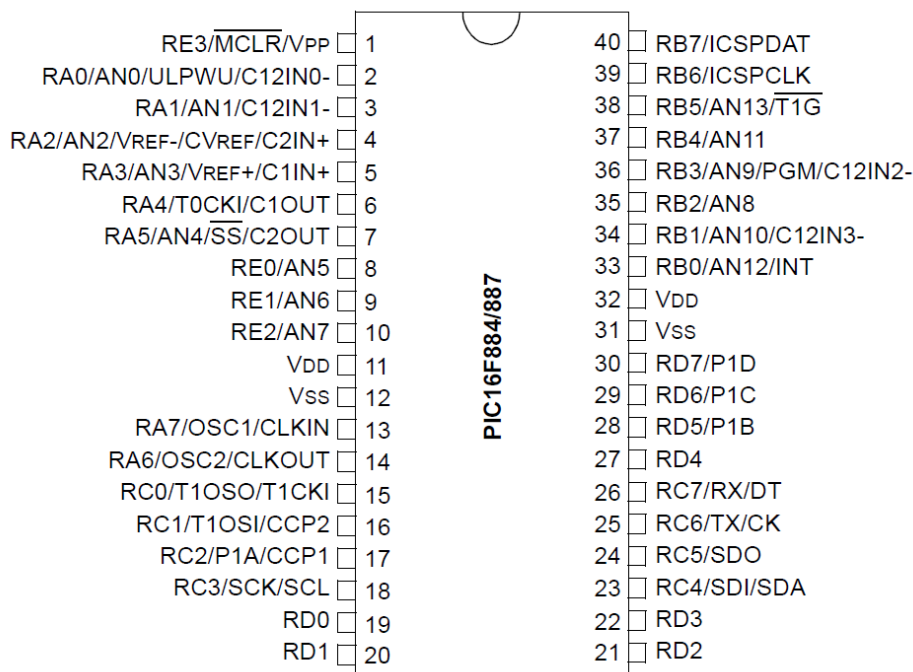
Základní deska je jádrem celého měřicího systému. Ovládá ji 8bitový mikroprocesor typu PIC16F887 od firmy Microchip. V odstavci 3.1.1 budou blíže popsány vlastnosti použitého mikroprocesoru a bude upřesněno, jak je pro měření času a zpracování naměřených časů využít.

3.1.1 PIC16F887

Jak již bylo zmíněno, jde o 8bitový mikroprocesor s harvardskou architekturou. Taktovací frekvence procesoru je až 20 MHz. Čip lze napájet v rozsahu 2 - 5,5 V. Procesor disponuje vnitřním oscilátorem s maximální frekvencí 8MHz. [6]

Mikroprocesor obsahuje:

- 24/35 vstupně výstupních pinů
- Dva analogové komparátory
- 10bitový A/D převodník
- 8bitový Timer0 s 8bitovou předděličkou
- 16bitový Timer1
- 8bitový Timer2 s 8bit před a post děličkou
- 16bitový Capture, 16bitový Compare, 10bitový PWM s max. frekvencí 20 kHz
- In - Circuit Serial Programming 2pinový
- Komunikační periférie SPI, I2C, UART



Obrázek 11 - Pin diagram PIC16F887 [6]

3.1.2 Popis základní desky

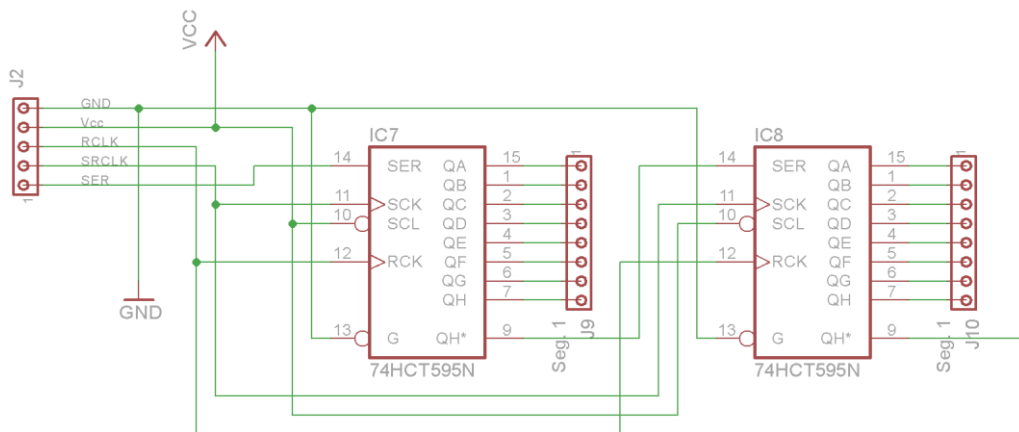
Základní ovládací deska je napájena 12V/DC. Napětí je stabilizováno na 5V/DC, kterým je napájen procesor a všechny ostatní obvody na základní desce. Deska obsahuje několik vstupně výstupních portů pro připojení periférií časoměry, senzorů atd. Na desce je tlačítko reset pro resetování mikroprocesoru a také konektor pro programování procesoru přímo v obvodu. Procesor je taktován na frekvenci 20 MHz krystalovým rezonátorem. Signál, který do základní desky přichází z externích periférií, je na potenciálu 5 V. Pokud je periférie mimo základní box, pak je signál na potenciálu 12 V. Ke snížení potenciálu z 12 V na 5 V byl použit optron typu 4N25 (katalogový list naleznete na přiloženém CD). Signály opouštějící desku, které jsou na potenciálu 5 V, byly naopak zvýšeny na 12 V, a to zapojením unipolárního tranzistoru MOS-FET jako spínače, kde GATE tranzistoru je připojen k pinu mikroprocesoru. Všechny vstupní a výstupní porty a jejich signály jsou popsány v tabulce, kterou můžete nalézt v příloze A.

3.2 Zobrazovací periférie

V tomto odstavci bude popsáno základní chování zobrazovacích periférií a komunikace základní desky s těmito perifériemi.

3.2.1 Digitální LCD

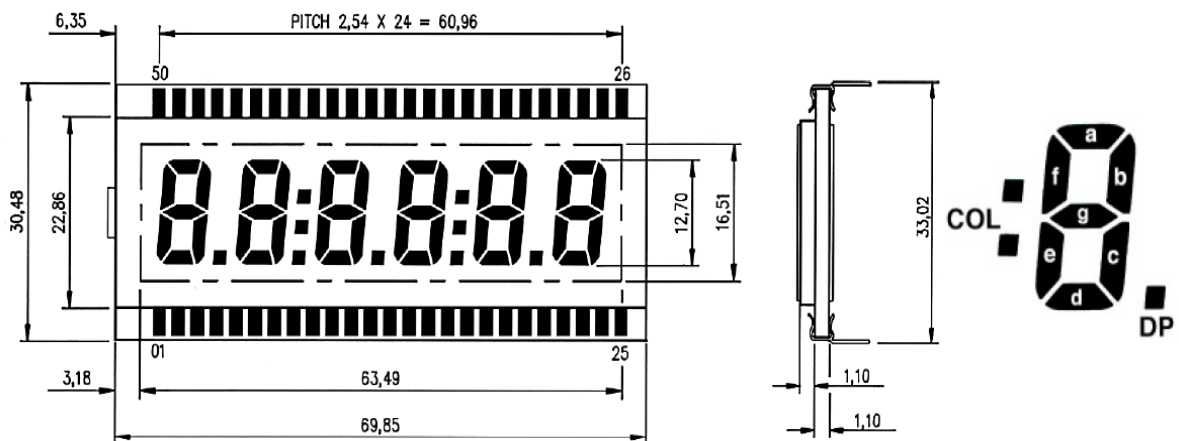
Digitální LCD byl použit k zobrazení času pro rozhodčí. Na většině komerčních časomír se k zobrazování času používají 7segmentové zobrazovače. V této časomíře byl použit digitální LCD z důvodu menší spotřeby. K digitálnímu LCD bylo nutné vytvořit modul, který bude data z mikrokontroleru, která jsou posílána sériově, řadit paralelně, a informaci odešle na digitální LCD. Jako serio-paralelní registr byl použit 74HC595. Ukázka schematického zapojení posuvného registru je vidět na obrázku 12.



Obrázek 12 - Ukázka sériového zapojení dvou posuvných registrů 74HC595

Data jsou posílána na pin SER posuvného registru. S každým příchodem hodinového signálu RCLK se data posunou do registru. Po zaslání celé informace a příchodu hodinového signálu na pin SRCLK se data zobrazí na výstupních pinech Qa - Qh. Digitální LCD má šest segmentových jednotek, které jsou na sobě nezávislé, a proto je nutné ovládat každý segment zvlášť. Na jednotlivé segmenty je využít vždy jeden posuvný registr. Bylo tedy nutné zařadit 6 posuvných registrů sériově. Využito bylo toho, že pokud se pošle do posuvného registru delší než 8bitové slovo, pak se informace z pinu Qh nevymaže, ale bit se zapíše na pin Qh'. Pokud se pin Qh' z jednoho posuvného registru přivede na pin SER dalšího

posuvného registru, pak je možné přelévát informace z prvního do druhého. Hodinové signály SRCLK a RCLK jsou všechny propojeny. Tímto způsobem je poslána na každý segment digitálního LCD displaye binární informace, která reprezentuje aktuálně měřený čas. V tabulce 2 jsou vidět piny přiřazené k segmentu LCD displaye. Obrázek 13 ukazuje rozmístění pinů a rozměry displaye. Výrobce tento display označuje DE 12 -RS-20/6,35.



Obrázek 13 - Rozměry digitálního LCD, rozmístění pinů a označení segmentu [5]

Tabulka 2 - Rozmístění pinu na digitálním LCD display [5]

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----|----|----|----|------|----|----|----|------|----|----|----|----|
| Segment | 3B | 3A | 3F | 3G | COL1 | 2B | 2A | 2F | 2G | 1B | 1A | 1F | 1G |
| Pin | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Segment | 6B | 6A | 6F | 6G | 5B | 5A | 5F | 5G | COL2 | 4B | 4A | 4F | 4G |
| Pin | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| Segment | DP3 | 4E | 4D | 4C | DP4 | 5E | 5D | 5C | DP5 | 6E | 6D | 6C | |
| Pin | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | |
| Segment | COM | 1E | 1D | 1C | DP1 | 2E | 2D | 2C | DP2 | 3E | 3D | 3C | |
| Pin | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |

Zobrazovač byl vytvořen modulárně z důvodu velkého množství pinů na LCD. Jednoduchý řadič pro LCD je od displaye oddělen a je s ním propojen pomocí kabelů. V příloze G je schéma jednoduchého řadiče a schéma zapojení digitálního LCD. V další tabulce jsou shrnuty nejzákladnější parametry displaye.

Tabulka 3 - Základní parametry digitálního LCD displaye [5]

| | Standardní teplota 25°C | | | |
|------------------|-------------------------|------|------|---------|
| | Min. | Typ. | Max. | |
| Operační napětí | | 3 | 5 | [V] |
| Řídicí frekvence | 30 | 32 | 100 | [Hz] |
| Proudový odběr | | 1 | 2 | [uA/cm] |
| Doba odezvy | | 440 | | [ms] |
| Operační teplota | -10 | | 60 | [°C] |
| Životnost | 100 000 | | | [h] |

Bližší informace nalezneme v katalogovém listu [5], který obsahuje přiložené CD.

3.2.2 Alfanumerický display

Tento typ zobrazení se ve většině komerčně vyráběných časomírách nenachází. Display zobrazuje jména dvou týmů. V prvním řádku je název tým, který vykonává svůj pokus. Ve druhém řádku je název týmu, který se má připravit k vykonání pokusu.

Využit byl alfanumerický display typu RC 1202A-YHY-ESX od výrobce Raystar. Jedná se o 12znakový dvouřádkový LCD alfanumerický display. LCD má v sobě zabudovaný řadič HD44780. V tabulce 4 jsou shrnuty jeho nejzákladnější parametry a popsány piny, které jsou na LCD. Bližší informace a rozměry LCD nalezneme na přiloženém CD ve složce katalogové listy.

Data jdoucí z mikroprocesoru jsou posílána z jednoho pinu sériově. Bylo tedy nutné vytvořit modul pro paralelní řazení. Bylo využito sério-paralelního řadiče 74HC595. Tento modul byl také vybaven dvěma potenciometry. První potenciometr je zapojen na pin 3 a slouží k regulaci jasu LCD. Druhý 1 k Ω potenciometr je pro regulaci podsvícení displaye. Schéma zapojení jednoduchého předřadiče lze nalézt v příloze B.

Tabulka 4 - Popis pinů alfanumerického LCD [19]

| Pin | Symbol | Level | Popis |
|-----|--------|----------|-----------------------------|
| 1 | Vss | 0V | GND |
| 2 | Vdd | 5V | Napájení |
| 3 | VO | variable | Jas |
| 4 | RS | H/L | H: Data, L: Instrukční sada |
| 5 | R/W | H/L | H: čtení, L: zápis |
| 6 | E | H,H - L | umožnit zobrazení |
| 7 | DB0 | H/L | Data |
| 8 | DB1 | H/L | Data |
| 9 | DB2 | H/L | Data |
| 10 | DB3 | H/L | Data |
| 11 | DB4 | H/L | Data |
| 12 | DB5 | H/L | Data |
| 13 | DB6 | H/L | Data |
| 14 | DB7 | H/L | Data |
| 15 | A | - | Podsvícení |

Názvy týmů, které se na alfanumerickém display zobrazují, se posílají z aplikace, která byla vytvořena pro zpracování výsledků. V této aplikaci se na začátku závodů musí každý tým zapsat ve správném pořadí a pak už se jen posílají názvy týmů do mikrokontroleru, který je odešle na display. Bližší popis zmíněné aplikace je v kapitole 5.

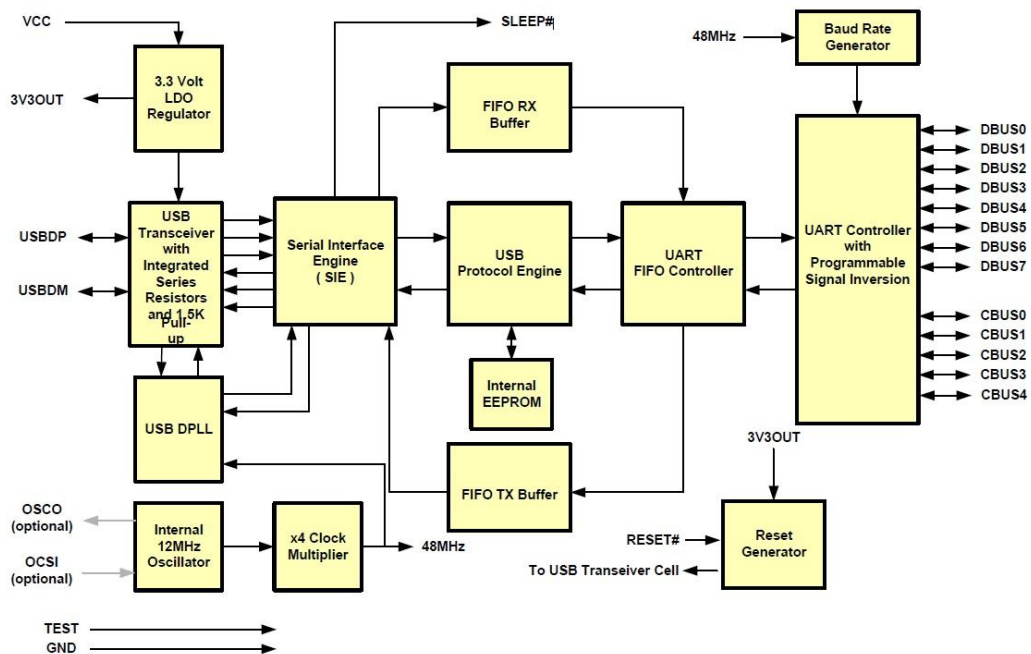
3.3 Komunikace s PC

Pro komunikaci MCU s PC byl využit komunikační kanál v mikroprocesoru UART. Pouze kanál UART ale nemůže komunikovat s počítačem a je nutné ho převést na některé komunikační rozhraní, které je schopné komunikovat s PC, jako například na sériovou linku RS232. Pro tento převod bylo využito převodníku FT232RL od firmy FTDI.

Převodník FT232RL je využit proto, že po převodu UART na sériovou linku RS232 nastává problém s připojením do PC. Většina notebooků již nedisponuje konektorem DSUB9, který se pro připojení RS232 používá. Tento převodník se na straně počítače hlásí jako virtuální sériová linka. K PC se připojuje pomocí USB, který je dnes standardem ve všech počítačích.

3.3.1 FT232R

FT232R je napájen z USB portu po připojení k PC. Další výhodou je interní EEPROM, kde je uložena konfigurace převodníku. Převodník má interní oscilátor, který pracuje na 12 MHz. Po spuštění, nebo po resetu, se konfigurace načte z paměti EEPROM. Interní paměť lze přes USB také přeprogramovat. K tomu si lze u výrobce převodníku stáhnout aplikaci s názvem MPROG. Převodník disponuje také programovatelnými výstupními piny s označením CBUS0 - CBUS4. Na jeden z pinů lze například nastavit výstupní oscilaci 12MHz. Defaultně jsou piny CBUS0 a CBUS1 nastaveny jako indikace TX a RX, neboli CBUS0 (TXLED driver) a CBUS1 (RXLED driver). Na obrázku 14 je vidět blokové schéma převodníku.



Obrázek 14 - Blokové schéma převodníku FT232R [7]

V časomíře byl použit konkrétně převodník FT232RL, který je v pouzdře SSOP. Piny, které byly v zapojení použity, a jejich stručný popis je v tabulce č. 5.

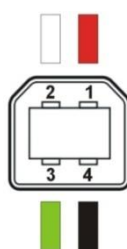
Tabulka 5 - Popis použitých pinů při zapojení převodníku UART - USB[7]

| Pin | Jméno | Typ | Popis |
|-----------|-------|--------|-------------------------------------|
| 15 | USBDP | I/O | USB data signal plus |
| 16 | USBDM | I/O | USB data signal minus |
| 4 | VCCIO | Power | Napájení typ. +5V |
| 7, 18, 21 | GND | Power | Zem |
| 1 | TXD | Output | Odesílání dat |
| 2 | DTR | Output | Pin pro kontrolu příjmu dat |
| 3 | RTS | Output | Pin pro kontrolu žádosti o odeslání |
| 5 | RXD | Input | Příjem dat |

Převodník je možné připojit k počítači s operačními systémy Windows, Mac OS a Linux. Ovladače, které jsou zapotřebí pro připojení převodníku k PC, je možné zdarma stáhnout od výrobce přímo na jeho internetových stránkách. Po připojení převodníku k PC se periférie ohlásí jako COM port, ale připojená je do USB. Katalogový list s podrobným popisem převodníku je na přiloženém CD.

3.3.2 Zapojení komunikační periférie

Komunikační periférie s čipem FT232RL je zapojena podle katalogového listu jako UART - USB převodník. Na programovatelných pinech CBUS0 je vyveden TXLED driver a na pinu CBUS1 je RXLED driver. Na napájecím pinu USB je použita 500 mA pojistka z důvodu ochrany portu USB. Pro port USB na periférii byl použit typ B. Uspořádání pinů můžeme vidět na obrázku č. 15.



Obrázek 15 - Označení pinů USB typ B [4]

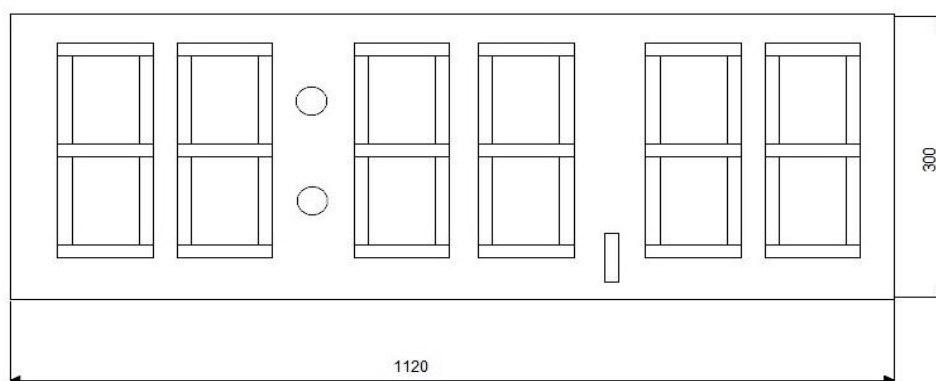
1. +5V (červená)
2. Data- (bílá)
3. Data- (zelená)
4. GND (černá)

V příloze I naleznete schéma zapojení komunikačního převodníku s čipem FT232RL.

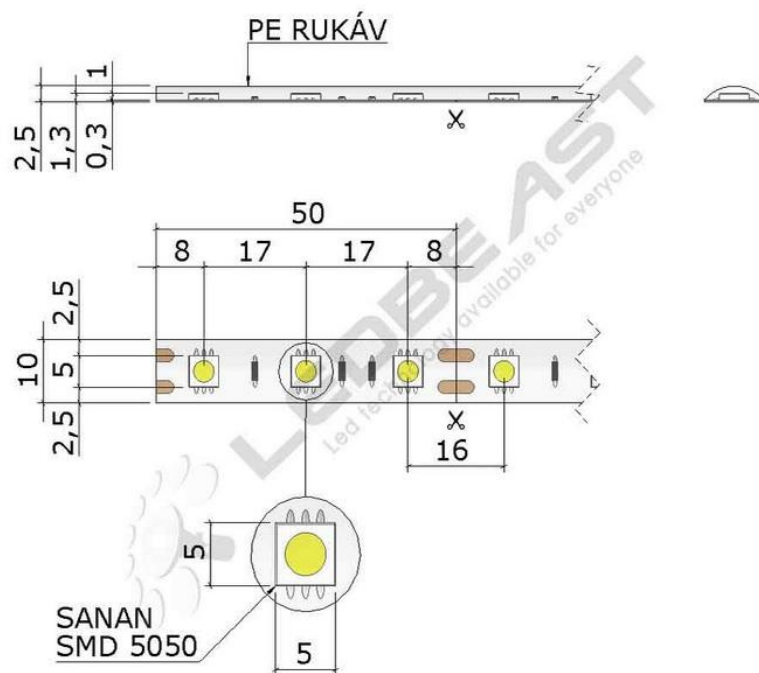
3.4 Externí display

Většina komerčně prodávaných modulů má segmenty vyrobené ze sériového spojení LED diod. Na jeden segment mají někdy až 20 LED diod. To je samozřejmě velice náročné nejen proudově, ale i finančně. Proto byly segmenty vytvořeny ze svítících LED pásek, které se v poslední době velice rozmáhají.

Použita byla LED páska s vysoce výkonnými diodami, a to kvůli jejich svítivosti. Je nutné, aby byly segmenty vidět i za jasného světla. Barva LED diod je studená bílá. Nejmenší modul, který lze oddělit, je dlouhý 5 cm a je složen ze tří diod. Pásek je napájen 12 V/DC. Výkon 1m pásy je 14.4 W. Tento výkon je největší, který se vyrábí na napětí 12 V/DC. Rozměry pásy lze vidět na obrázku 17. Jak bude vypadat přední panel na externím displayi je vidět na obrázku 16.



Obrázek 16 - Přední panel externího displaye



Obrázek 17 - Rozměry LED diodového pásku [3]

LED páska má krytí IP65, je tedy celá zatavená do plastu. Pásky se zatavenými LED diodami byly použity z toho důvodu, že externí display může být vystaven i menšímu dešti.

3.4.1 Základní deska externího display

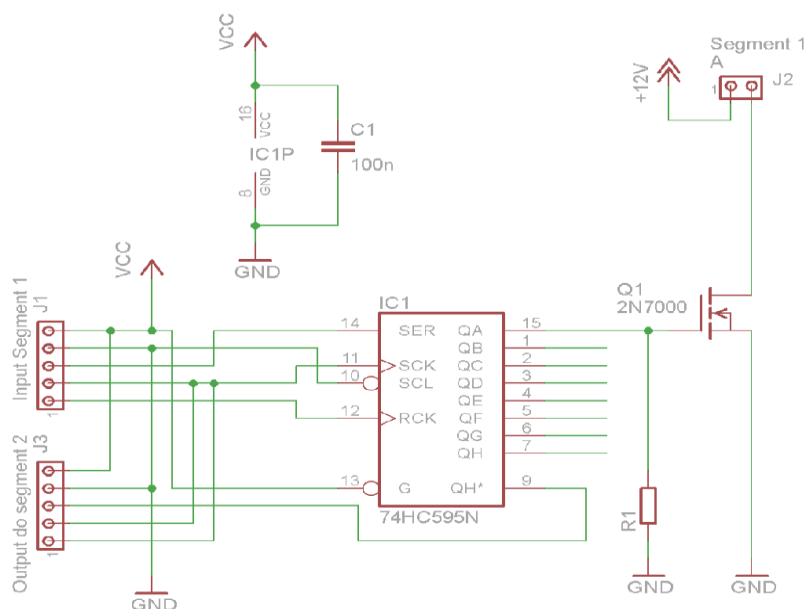
Externí display je ovládán samostatnou základní jednotkou, která je řízena mikroprocesorem PIC16F887. Napájena je ze stejného 12 V/DC zdroje napětí jako celý měřicí systém. Stabilizátorem 78L05 umístěným na desce je napětí usměrněno na 5 V, kterými procesor napájí všechny integrované obvody umístěné na základní desce. Pro řízení externího displaye je zapotřebí pouze čtyř signálů. Startovacího impulsu, například ze startovací pistole nebo optické závory, resetu displaye a signálu z pravého a levého terče. Externí display neposílá naměřený čas zpět do základní desky ke zpracování. Jde čistě o informační čas pro diváky. Signály ze základní desky jsou na napěťové úrovni 12 V a pro zpracování je nutné ho dostat na 5 V. K tomu byl pro každý kanál využit optron 4N25. Technické specifikace optronu a jeho parametry nalezneme na přiloženém CD.

Čase je posílán v binární formě sériově na serio-paralelní registr 74HC595. Ten se nachází na deskách, které budou popsány v odstavci 3.4.2.

Schéma základní desky externího displaye naleznete v příloze E. Ze základní desky je do desky externího displaye vyvedeno šest signálů 12 V, GND, RESET, START, LEVY_TERC a PRAVY_TERC.

3.4.2 Ovládání segmentu

Na externím display je šest 7segmentových číslic. Jedna část je vždy složena ze šesti diod, tedy dvou oddělitelných kusů LED pásky. Tyto segmenty jsou ovládány stejným způsobem jako segmenty na digitálním LCD, a to sériovým řazením registru 74HC595. Registr ale pracuje na 5 V logice a na LED pásky je zapotřebí 12 V logika. Na výstup každého pinu sério-paralelního registru je tedy připojen GATE unipolární tranzistor MOS-FET typu 2N7000 od výrobce FAIRCHILD. Ten je zapojen jako spínač a při úrovni log.1 na výstupu z registru se otevře a rozsvítí daný segment. Na obrázku 18 můžeme vidět, jak je tranzistor zapojený pro spínání segmentů. Maximální odběr jednoho segmentu je 840mA. Proudový odběr celého displaye při rozsvícení všech segmentů je 5,04A. Proto byl vybrán 10A napájecí zdroj viz kapitola 3.8.1.



Obrázek 18 - Ukázka zapojení spínání LED pásky s 2N7000

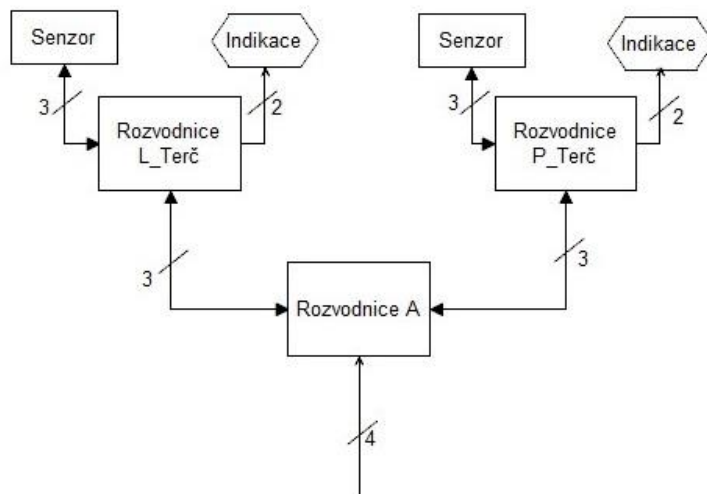
3.5 Optická závora

V časomíře je využita hlavně pro měření přeběhu cílovou čarou v disciplíně 4x100 m. Jde ale samozřejmě využít i pro odstartování štafety 4x100 m a požárního útoku. Na to se ale častěji využívá startovací pistole. Optická závora je napájena 12 V/DC, a stabilizátorem sníženo na 5 V/DC. Optická závora obsahuje vysílací a přijímací části, které jsou od sebe vzdáleny na šířku běžecké trasy. Ve vysílací části je integrovaný obvod NE555 zapojený jako astabilní klopný obvod s frekvencí 36 kHz. Na výstupní pin integrovaného obvodu NE555 je připojena přes odpor 620 Ω , IR dioda CQY99. Dioda vysílá infračervené pulzy, které vybudí přijímač IR5040. Výstup z přijímače je připojen na integrovaný obvod NE555, zapojený jako monostabilní klopný obvod. Po přerušení vysílaného paprsku se monostabilní klopný obvod překlápí na 0,5s a na výstupu se objeví startovací pulz. Ten je přiveden na GATE unipolárního tranzistoru 2N7000. Tranzistor se otevře a na základní desku je přiveden startovací pulz na 12 V logice, kde je dále zpracován. Tím se časomíra spustí a začne měřit čas. Naprosto stejným způsobem je do základní desky přiveden pulz z cíle štafety. Schémata IR vysílače a přijímače nalezneme v příloze D.

3.6 Informace ze sklopných terčů

Na každém ze dvou terčů se nachází jeden indukční senzor. Senzor je napájen 12 V/DC. Na každém terči je v pravém horním rohu umístěno indikační světlo, a to kvůli informaci pro proudaře, že byl jeho terč aktivován a není dále nutné do terče stříkat vodu. Výstupní informace z aktivovaného senzoru je také 12V/DC. Pokud je výstupní signál na log. úrovni 1, pak je čas terče zastaven. Po aktivaci obou terčů útok končí. K terči je tedy zapotřebí přivést 12V, GND a z terče je nutné odvést informaci o aktivaci terče. Pro přivedení dat k terči jsem využil 4žilový kabel, který je připojen do rozvodnice A. Z této rozvodnice je rozvětven k pravému a levému terči. Z rozvodnice A vedou dva 3žilové kabely. Každým z těchto kabelů vede 12 V, GND a informace o sklopení terče. Kabely vedou do rozvodnic pravého a levého terče. V těchto rozvodnicích jsou data z kabelů připojena k senzorům a k indikačním světlům. Indikační světlo je napájeno také 12V a spustí se až po aktivaci senzoru. Blokové schéma propojení rozvodnic na sklopných terčích vidíme

na obrázku 19.



Obrázek 19 - Blokové schéma propojení rozvodnic na terčích

3.7 Tištěné spoje

Všechny prototypy plošných spojů jsou vyrobeny na jednovrstvé cuprexitové desce typu FR4, což je materiál z tkaniny ze skelných vláken, sycených epoxidovou pryskyřicí. Tloušťka laminátu je 1,5 mm s vrstvou mědi o tloušťce 35 μm , na které je nanesena fotocitlivá vrstva. Navrženy jsou i tištěné spoje pro výrobu na osazení SMD součástkami. Desky pro osazení SMD součástek jsou již navrženy na oboustranné desky. Předlohy pro tištěné spoje byly navrhovány v layout programu Eagle 7.1.0.

Prototypy tištěných spojů byly navrženy a osazeny pro součástky THT. Všechny navržené tištěné spoje nalezneme v přílohách A - I.

3.8 Komerční hardware

V časomíře se nachází i hardware, který bylo nutné zakoupit a nebylo možné ho vyrobit. V tomto odstavci stručně popíši využitý komerční hardware.

3.8.1 Napájecí zdroj

Jedná se o 12V/DC impulsní zdroj o výkonu 120 W. Nejčastěji je využíván pro průmyslové aplikace. Výstupní proud je až 10 A. Vybrán byl z důvodu velkého proudového odběru externího displaye, který může dosáhnout až 5,06A. Zdroj disponuje ochranou proti zkratu, LED indikací ON a low DC a je možné ho připevnit na DIN lištu. Bližší specifikace nalezneme v tabulce 5. Výrobce a distributorem je firma Carlo Gavazzi.

Tabulka 6 - Parametry 12V/DC zdroje

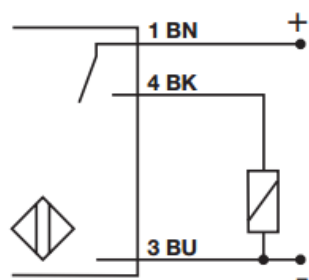
| | |
|-----------------|-----------------------|
| Vstupní napětí | 115 - 230 V/AC |
| Výstupní napětí | 12 V/DC |
| Výstupní proud | 10A |
| Efektivita | 84% |
| Výkon | 120W |
| Rozměry | 63,2 x 123,6 x 123 mm |



Obrázek 20 - Zdroj napětí 12V/DC

3.8.2 Indukční senzory

Pro indikaci shození byl využit indukční senzor ICB18LN14POM1 od firmy Carlo Gavazzi. Senzor má vysokou spínací vzdálenost a to 14mm. Je vybaven ochranou proti zkratu a přepólování. Jedná se o typ PNP, NO (normally open). Senzor je zabudován v poniklované mosazi pro vysokou mechanickou odolnost.



PNP - Normally open

Obrázek 21 - Vnitřní zapojení indukčního senzoru ICB18LN14POM1 [12]

Tabulka 7 - Parametry indukčního senzoru ICB18LN14POM1 [12]

| | |
|------------------|--------------|
| Vstupní napětí | 10 - 36 V/DC |
| Úbytek napětí | max. 2,5 V |
| Výstupní proud | max. 200mA |
| Pracovní teplota | -25 - 70 °C |
| Krytí | IP67 |

4. Programová část MCU

V této kapitole se zaměříme na software pro mikroprocesor. Popíšeme si řídicí program pro základní desku hlavního boxu a základní desku externího displeje. Seznámíme se s vývojovým prostředím a velice stručně bude popsán vývojový kit, který byl pro programování MCU použit.

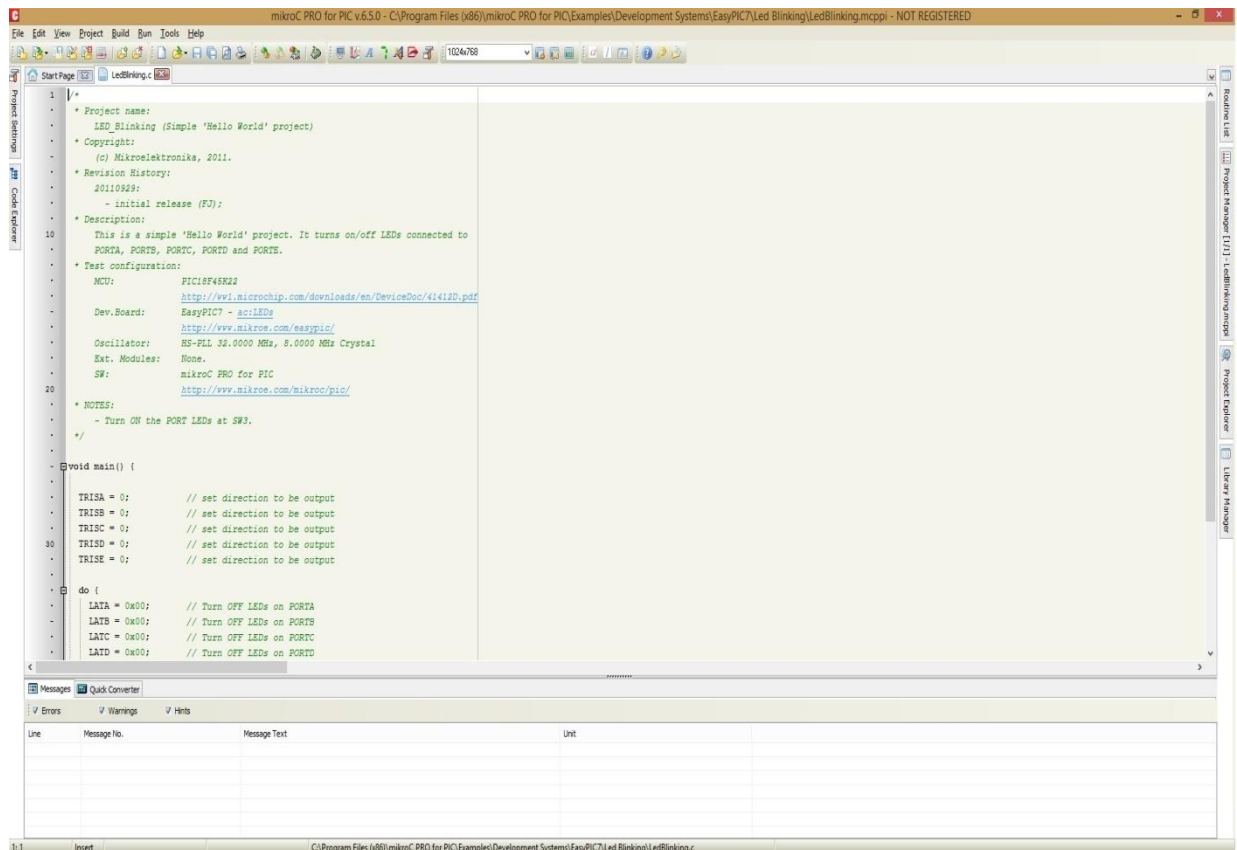
4.1 Vývojový kit

Pro programování mikroprocesoru byl použit vývojový kit s označením PicKit2, který jsem si vytvořil. Oproti klasickému PICKitu od firmy Microchip má jednu nevýhodu, a to tu, že tímto programátorem jdou programovat jen mikroprocesory z řady 18F a většina nejpoužívanějších procesorů řady 16F. Hlavním rozdílem oproti originálnímu PicKitu je podpora jen 5V napájení a také neobsahuje EEPROM a proto nelze programovat programmer-to-go mode. [8]

4.2 Vývojové prostředí microC

Vývojové prostředí vydává firma microElektronika, která se zabývá vývojem platform pro různé typy procesorů. Hlavní výhodou tohoto programu je obsah velkého množství knihoven pro obsluhu nejrůznější periférií. Další výhodou je implementace odlad'ovacích nástrojů pro různá rozhraní jako terminál UART pro odladění komunikace přes sériovou linku, UDP terminál a mnoho dalších. Lze si také vytvořit vlastní znak do LCD displeje atd. V levé části vývojového prostředí se nachází nastavení projektu (Project Setting), kde lze i během programování změnit typ procesoru a taktovací frekvenci. Na obrázku 22 lze vidět vývojové prostředí microC.

Pro vývoj byla použita verze 6.5.0. Vývojové prostředí firma microC nabízí ke stažení na svých internetových stránkách zcela zdarma [9]. Omezeno je pouze nahráním programu do mikroprocesoru. Nahrát lze aplikaci o maximální velikosti 2kB. [10]



Obrázek 22 - Ukázka vývojového prostředí mikroC pro PIC

4.3 Software pro MCU

Software pro mikroprocesory ovládající časomíru byl napsán v jazyce C. Procesory byly taktovány krystalem 20MHz. Vykonání každého instrukčního cyklu tedy trvá 50 ns.

4.3.1 Software základní desky

Po spuštění mikroprocesoru se spustí hlavní funkce *main()*. Ve funkci se vyvolá jako první funkce *init()*, kde se inicializují vlastnosti pinu, tj. zda jsou vstupní, či výstupní atd. Na určení toho, zda je pin vstupní či výstupní, jsou v mikrokontrolerech PIC určeny registry TRISx, kde x je název portu. V případě procesoru PIC16F887 jsou k dispozici porty A - E, kde A - D jsou 8bitové a port E je 4bitový. Také je nutné určit, zda budou porty analogové, nebo digitální. K tomu jsou určeny registry ANSELx (kde x je opět port A - E). Lze přistupovat buď k celému registru pomocí 8bitového čísla binárně i hexadecimálně, nebo tak

přístupovat k jednotlivým bitům. Proto lze každý pin portu nadefinovat s jinými vlastnostmi (například. `TRISD0_bit = 1;` , `ANSELD0_bit = 0;` - nastavení bitu 0 portu D na vstupní a digitální, hodnotu bitu lze nastavit takto `RD0_bit = 1;` - 0-bit portu D nastaven na vysokou úroveň).

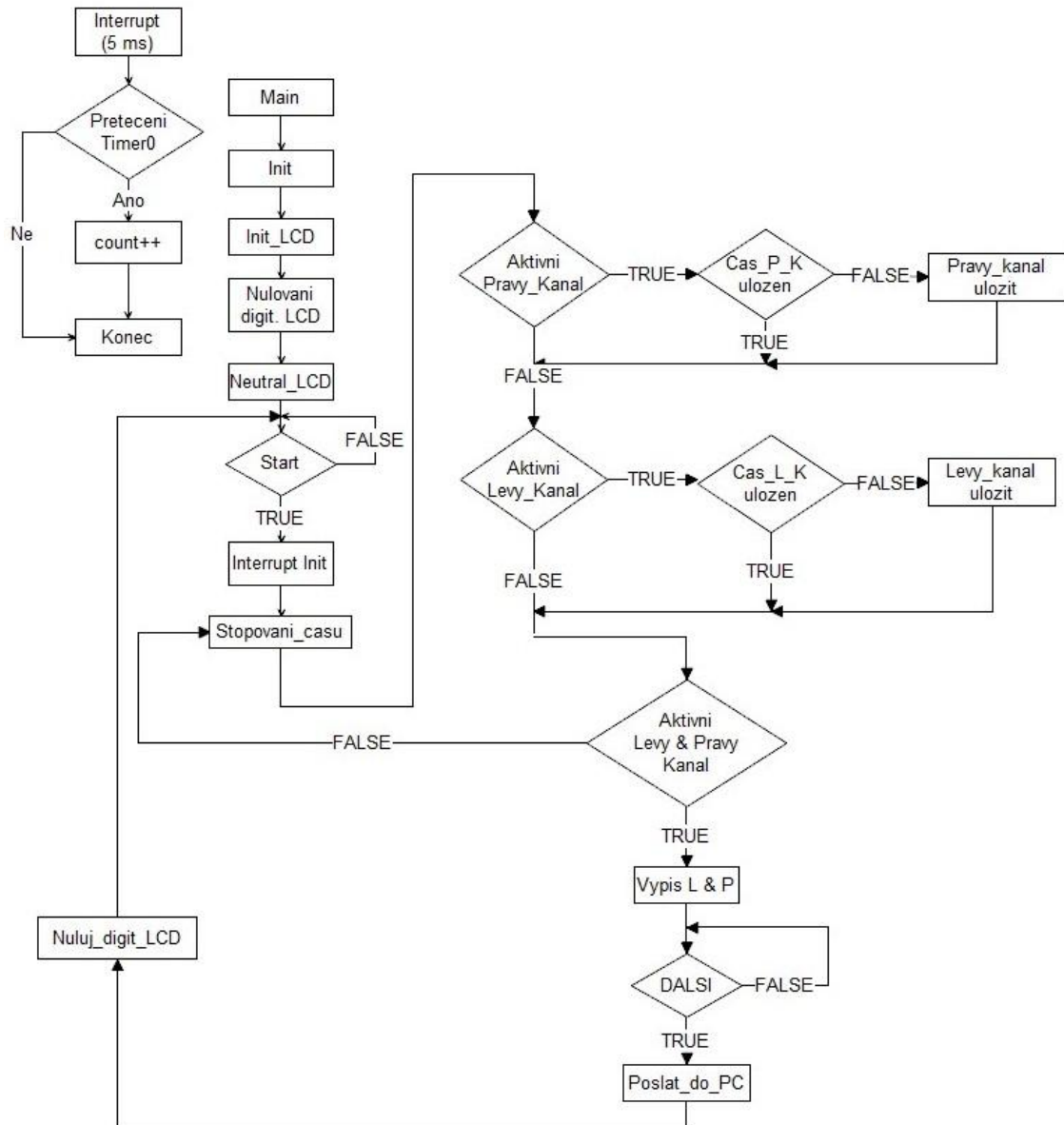
Ve funkci `init()` se také inicializuje přerušování. Další důležitá funkce je inicializace LCD alfanumerického displeje. U displeje se před spuštěním musí nastavit několik důležitých parametrů, jako zda bude příchozí informace 4bitová, nebo 8bitová, od jakého místa na displeji se začnou znaky zobrazovat atd. Informace na pinu RS řekne displeji jestli data, která jsou čtena z pinů DB0 - DB7, jsou instrukce, nebo znaky. Pro inicializaci musí být display v instrukčním módu (`RS = 0`) pro příjem znaků v datovém módu (`RS = 1`).

Další krok programu je naplnit digitální LCD. Naplnění vykonává funkce `napln(int cislo)`. Její funkce je naplnění sériově-paralelního registru a následné zobrazení hodnot na výstupu z registru na display. Funkce pracuje tak, že vstupní hodnotu (hodnota, kterou chci zobrazit na displeji) dekóduje na takové binární číslo, které odpovídá rozsvíceným segmentům digitálního LCD (například číslo 0 se dekóduje na `0b00000011`; poslední číslo je tečka na 7segmentovém display). Zda binární hodnota 0 znamená rozsvícený, nebo zhasnutý segment, určuje úroveň na pinu COM digitálního LCD. Úroveň na pinu COM se musí měnit, jinak krystaly v LCD displeji ztrácí svoje vlastnosti a display se ničí. Dekódované binární hodnoty se nachází v poli `dekoduj_cislo[]`. Při spuštění procesoru nebo po jeho resetu, je na každý segment poslána hodnota 0. Funkce `napln()` je využívána vždy, když se mění hodnoty na digitálním LCD display. Jako poslední před vstupem do nekonečné smyčky se do alfanumerického displeje na první řádek vypíše tým, který je na řadě jako první, a do druhého řádku tým, který se má připravit. Názvy těchto týmů jsou posílány z PC aplikace pro zpracování dat. O této aplikaci se více dozvíme v odstavci 5.2.

Po inicializaci portů a LCD se dostáváme do smyčky, kde se vykonává obslužný program. V této smyčce se čeká na spuštění stopky, tzn. výstřel ze startovací pistole. Po startovacím pulzu se spustí přerušování, přednastaví se časovač TMR0 na

hodnotu 61 a proměnná *stopuj* se nastaví na TRUE (*stopuj* = 1). Tím se začne stopovat čas. Po přetečení Timer0 se v přerušení, které se vyvolá každých 5 ms, načítá hodnota proměnné *count*, která se vyhodnocuje ve funkci *stopovani_casu()*. V této funkci se načítají proměnné *setinySekundy*, *desetinySekundy*, *sekundy*, *desitkySekund* a *minuty*. Na začátku této funkce se naplňuje digitální LCD proměnnými a na display se zobrazuje měřený čas. Čas se měří pro oba terče současně. Pokud byl jeden z terčů shozen, pak se čas uloží, ale dokud nejsou aktivovány oba terče, čas běží dál. Po aktivaci obou terčů se na display s periodou 1s zobrazují časy levého a pravého terče. Po ukončení pokusu se čeká na stisk tlačítka DALŠÍ, které se nalézá na hlavním panelu boxu. Po stisku tlačítka se vynuluje digitální LCD. Naměřené časy se pošlou do PC ke zpracování a z PC se pošle název týmu, který se má připravit jako další k vykonání svého pokusu. Tým, který byl na pozici "Připravit k vykonání pokusu", se posune na první řádek LCD alfanumerického displaye a musí být již připraven k požárnímu útoku. Tomuto týmu se bude jako dalšímu měřit čas.

Celý obslužný program pro měření času můžeme vidět na blokovém schématu níže.



Obrázek 23 - Vývojový diagram softwaru pro základní desku

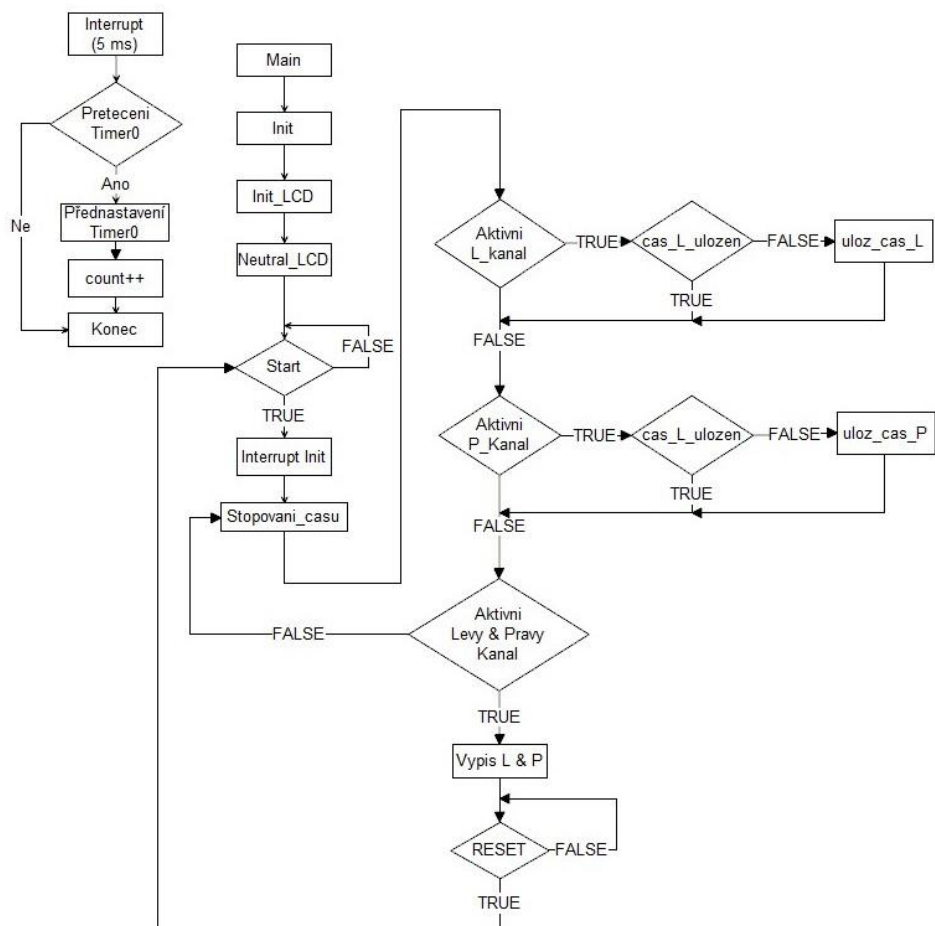
4.3.2 Software základní desky externího displaye

Software pro základní desku externího displaye je navržen obdobným algoritmem, jako software základní desky. Čas, který se zobrazí na externím displayi, je pouze informativní, tzn. že čas se nepoužívá pro zpracování v PC.

Při spuštění časoměry se vyvolá funkce *init()*, kde se inicializují porty a přerušení definované pro tento procesor. Po inicializaci se čeká na startovací pulz ze základní

desky, který přichází ze startovací pistole nebo optické závory umístěné na startu štafety 4x100 m. Po příchodu startovacího pulzu se spustí přerušení. Přerušení se stejně jako na základní desce vyvolá každých 5 ms. V tomto přerušení se inkrementuje proměnná *count*. Tato proměnná je posílána do funkce *stopovani_casu(int count)*, kde se vyhodnocuje vstupní proměnná, a podle toho se inkrementují proměnné *setinySekundy*, *desetinySekundy*, *sekundy*, *desitkySekund* a *minuty*. Hodnoty těchto proměnných se dekódují na binární hodnotu, která zastává číslici na 7segmentové jednotce externího LCD displaye. Hodnoty pro dekódování jsou uloženy v poli *dekoduj_cas[index]*. Hodnota index je rovna číslu v poli, které chci dekódovat. Po dekódování se hodnota pošle do funkce *napln(cislo)* (vstupní proměnná je v binární hodnotě). V této funkci se binární hodnotou naplní sério-paralelní registr a po odeslání všech hodnot se zobrazí na externím display měřený čas.

Vstupními hodnotami, které do displaye přicházejí, jsou signály ze senzorů na terči. Tyto signály jsou podmínkami pro uložení času na pravém nebo levém terči. Pokud se aktivuje jeden z terčů, jejichž příchozí signál reprezentují proměnná *pravy_terc*, *levy_terc*, vyvolá se jedna z funkcí *uloz_cas_LT()* nebo *uloz_cas_PT()*. V těchto funkcích se uloží čas aktuálně naměřený. Po aktivaci obou terčů se zastaví měření a s periodou 1s se uložené časy zobrazují na display. Poslední segment je vždy určen pro zobrazení písmena L nebo P (L - levý terč, P - pravý terč). Po příchodu signálu RESET je display připraven k dalšímu měření. Hodnoty naměřené v předchozím útoku se vynulují a dále se s nimi nedá pracovat. Blokované schéma struktury programu můžeme vidět na obrázku 24.



Obrázek 24 - Vývojový diagram softwaru pro externí display

Řídicí program pro mikroprocesor je uložen na příloženém CD ve složce *SoftwareC/Základní_deska/Ridici_program.c*. Program pro procesor na základní desce externího display se nachází také na příloženém CD ve složce *SoftwareC/Základní_deska_exDis/Ridici_program_exDis.c*.

5. Aplikace pro zpracování časů v PC

Pátá a tedy předposlední kapitola se zaměří na popis vývoje aplikace pro PC, kde se budou naměřené časy zpracovávat. Přiblížíme si ovládání aplikace a vývojový software, který byl pro aplikaci použit. Kód byl napsán v jazyce C#.

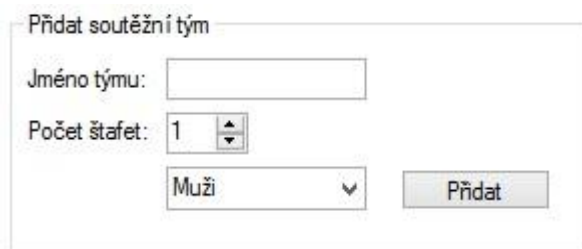
5.1 Vývojové prostředí Visual Studio 2010

Microsoft Visual Studio je balík nástrojů a služeb určený k vývoji softwarových aplikací pro desktopové i dotykové prostředí Windows, web/HTML 5, SharePoint, mobilní zařízení i cloud prostředí. Visual Studio software obsahuje mnoho nadstandardních technických benefitů. [11]

Programovací jazyk C# je navržen pro vytváření nejrůznějších aplikací, které běží v rozhraní .NET Framework. Jazyk C# je jednoduchý, výkonný, typově bezpečný a objektově orientovaný. Řada inovací v jazyce C# umožňuje rychlý vývoj aplikací a zároveň zachování elegance jazyků stylu C. Visual C# je implementace jazyka C# společností Microsoft. Visual Studio podporuje Visual C# kód s plně vybaveným editorem, kompilátorem, výkonnými a snadno použitelnými ladicími programy a dalšími nástroji. Knihovna tříd rozhraní .NET Framework poskytuje přístup k řadě služeb operačního systému a dalším užitečným a dobře navrženým třídám, které umožňují výrazné urychlení vývoje. [11]

5.2 Aplikace pro zpracování výsledků

Aplikace pro zpracování naměřených časů byla napsána v jazyce #C, jak již bylo zmíněno výše. Program pracuje tak, že než závody začnou, musí se všechny soutěžní týmy přidat do databáze. Na to byl vytvořen formulář (obrázek 25). Do tohoto formuláře se napíše jméno soutěžního týmu, vybere se, jestli jde o tým žen nebo mužů, a vyplní se, kolik štafet tým poběží (max. 2 štafety).



Obrázek 25 - Formulář pro přidání soutěžního týmu

Po stisku tlačítka *Přidat* se soutěžní tým přidá do jednoho ze čtyř objektů typu *LIST<prvek>*, kde *prvek* je nahrazen soutěžním týmem. V tomto listu jsou uloženy jak názvy týmů, tak i jejich naměřené časy.

Objekty typu *LIST<prvek>*:

- *tym_muži_stafeta*
- *tym_muži_utok*
- *tym_zeny_stafeta*
- *tym_zeny_utok*

Objekt se vybere podle toho, zda je v *comboBoxu* vybrána položka *Muži*, nebo *Ženy*. Tým se přidá vždy do dvou listů, kde rozhoduje pohlaví soutěžního týmu. Týmy jdou vždy ve stejném pořadí jak štafetu, tak i na útok. Ale muži a ženy se v pořadí liší. Toto pořadí se losuje před závody.

Když jsou soutěžní týmy vloženy do listů, pak je možné si zobrazit na panelu s názvem *pl_Vysledky* týmy s jejich aktuálními časy. Před začátkem závodů budou mít všechny týmy jako soutěžní čas 00:00:00. Tento tým se do panelu vypíše pomocí komponenty, která byla vytvořena za účelem zobrazení jmen týmu a jejich časů. Komponenta nese název *LabelPanel* a skládá se z jednoho panelu, ve kterém je několik objektů typu *Label*. Pro zobrazení počtu týmů v soutěži a jejich časů v jednotlivých disciplínách slouží objekty *groupBox*, které obsahují vždy dvě tlačítka. Zobrazovací panel lze vidět na obrázku 26.



Obrázek 26 - Výběr pro zobrazení aktuálních výsledků a počtu týmů v disciplíně

Po stisku jednoho z tlačítek se v panelu s názvem *pl_Vysledky* vypíše obsah daného listu.

Reprezentace tlačítek a daného listu:

- List *tymy_muzi_stafeta* - groupBox Štafeta - tlačítko Muži
- List *tymy_zeny_stafeta* - groupBox Štafeta - tlačítko Ženy
- List *tymy_muzi_utok* - groupBox Útok - tlačítko Muži
- List *tymy_zeny_utok* - groupBox Útok - tlačítko Ženy

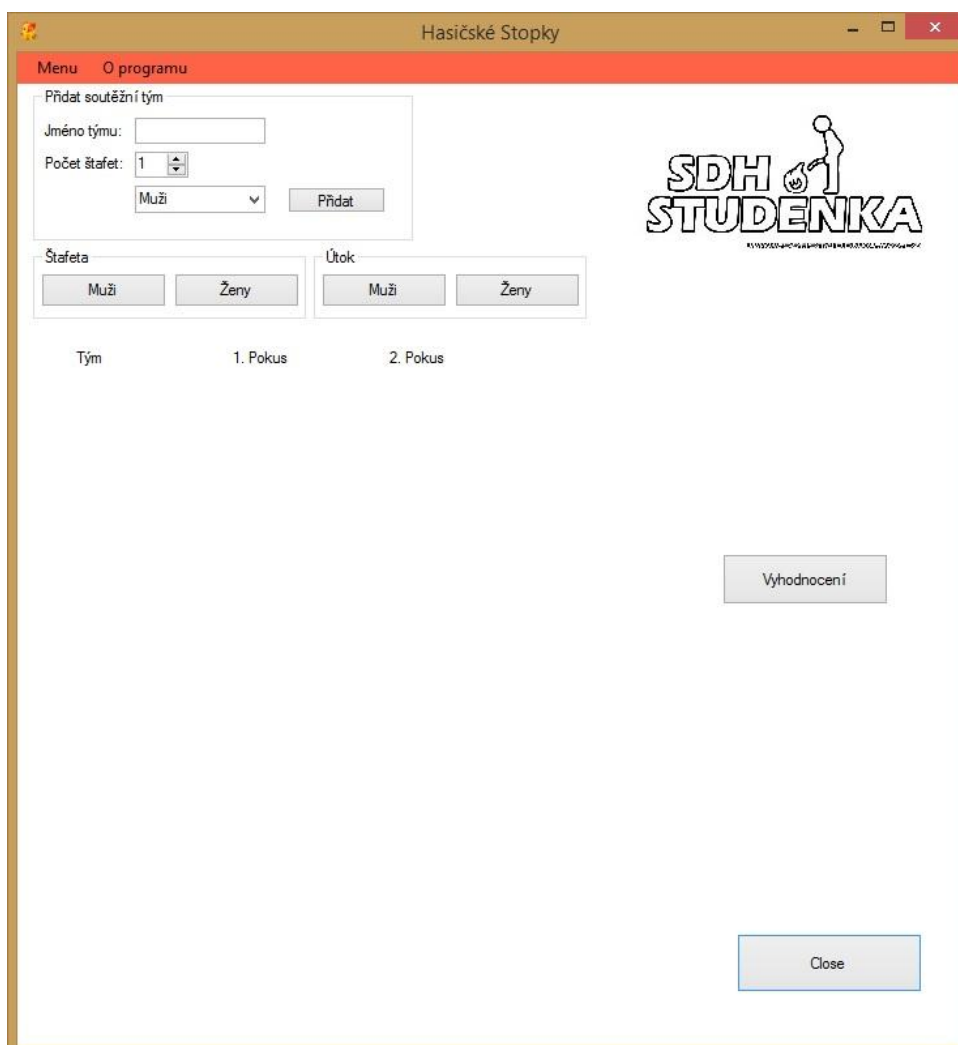
| Tým | 1. Pokus | 2. Pokus | Tým | 1. Pokus | 2. Pokus |
|---------------|----------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------|
| SDH Studénka | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | SDH Nová Paka | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 |
| SDH Stikov | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | SDH Studénka | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 |
| SDH Přibislav | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | SDH Přibislav | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 |
| SDH Vrchovina | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | L: 00:00,00 P: 00:00,00 | | | |
| Tým | 1. Pokus | 2. Pokus | Tým | 1. Pokus | 2. Pokus |
| SDH Studénka | 00:00,00 | 00:00,00 | SDH Nová Paka | 00:00,00 | 00:00,00 |
| SDH Stikov | 00:00,00 | 00:00,00 | SDH Studénka | 00:00,00 | 00:00,00 |
| SDH Přibislav | 00:00,00 | --:-- | SDH Přibislav | --:-- | --:-- |
| SDH Vrchovina | 00:00,00 | --:-- | | | |

Obrázek 27 - Vypis listu týmů muži útok (vlevo nahoře), ženy útok (vpravo nahoře), muži štafeta (vlevo dole), ženy štafeta (vpravo dole)

Aplikace obsahuje také objekt *menuStrip*, ve kterém se nalézají dvě položky. Položka s názvem *Menu* obsahuje dvě další položky, a to *Vymazat Muži* a *Vymazat Ženy*. V těchto položkách je možné z listů vymazat buď poslední přidaný prvek, nebo všechny prvky daných listů.

Po ukončení závodů se provede vyhodnocení výsledků (stisknutí tlačítka

Vyhodnocení) a tyto výsledky se zapíší do tabulkového editoru Excel od firmy Microsoft. Pro práci s knihovny pro Excel je nutné přidat je do projektu. To se provede pomocí příkazu *using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel*. Je taky nutné přidat knihovnu Excel do referencí. To se provede následujícím způsobem v okně Solution Explorer - Reference - Add Reference - Microsoft.Office.Interop.Excel. Pak je již možné využívat objekty Excel a soubor si upravit podle představ (programově). Ukázkou výsledkové listiny z programu Excel můžeme vidět v tabulce 6, která se nachází v příloze J.



Obrázek 28 - Ukázka aplikace Hasičské stopky

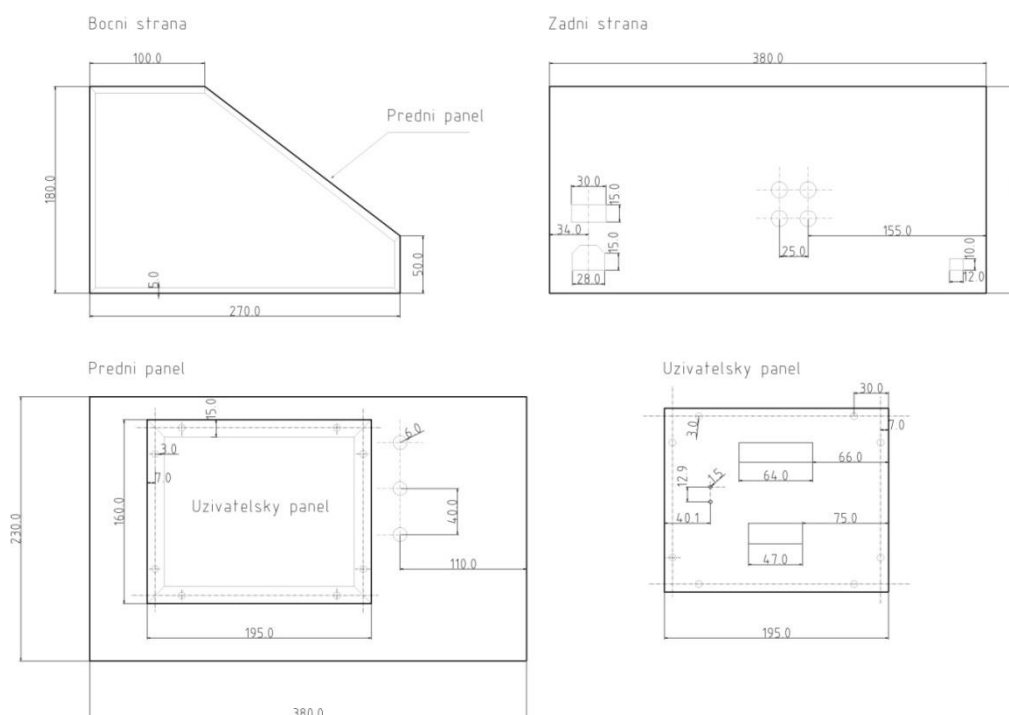
Celý program pro zpracování výsledků nalezneme na přiloženém CD ve složce SoftwareC#/Aplikace/DP_Zprac_v3.

6. Uložení časomíry a jejích modulů

V poslední kapitole jen velice stručně shrnu vytvořené úložné boxy pro displye, rozměry terčů atd. Všechny technické výkresy byly vytvořeny v programu LiberCAD [23].

6.1 Základní box

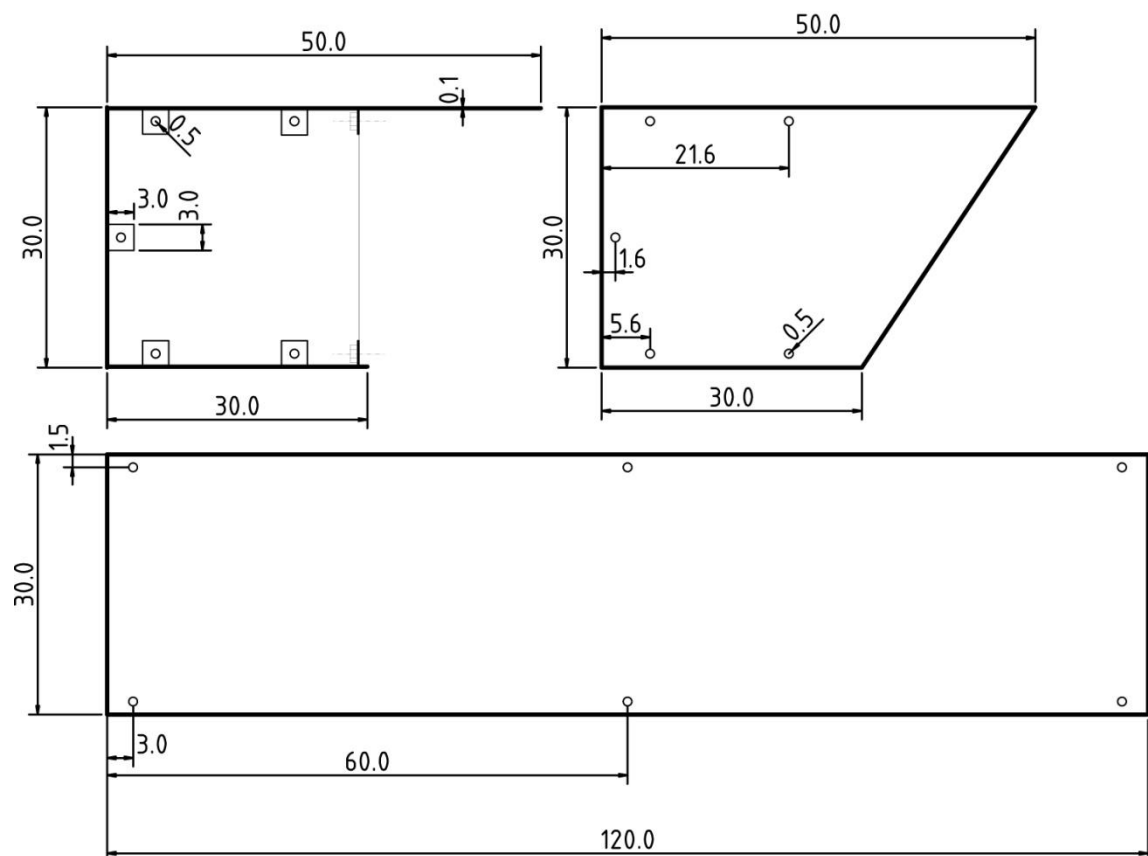
Základní box je složen ze tří částí, a to boxu pro uložení komponent, jednoho odnímatelného boku a předního odnímatelného panelu. Na tomto panelu se nachází displye a indikace shození terčů. Na zadní straně boxu nalezneme konektory pro připojení terčů, startovací pistole, optické závory, konektor pro připojená napájení, hlavní vypínač a připojení pro PC. Rozměry výkresu jsou udávány v milimetrech.



Obrázek 29 - Rozměry hlavního úložného boxu časomíry

6.2 Externí display

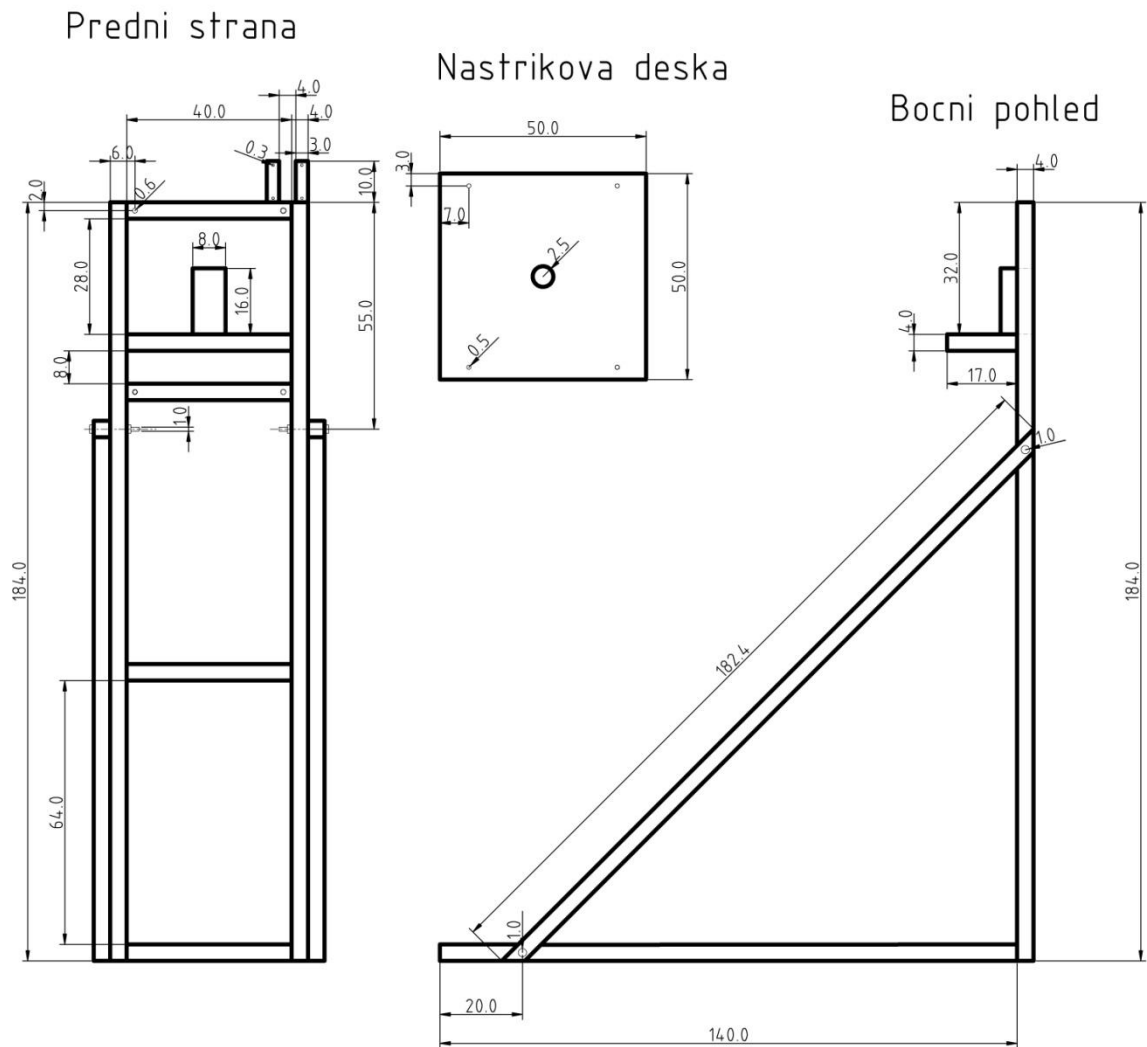
Box pro externí display je vytvořen z plechu o šířce 1mm. Rozměry technického výkresu jsou v centimetrech.



Obrázek 30 - Rozměry boxu pro externí display

6.3 Sklopné terče

Rozměry sklopných terčů jsou v souladu s pravidly požárního sportu a lze je použít na jakýchkoli soutěžích. Rozměry na výkresu jsou v centimetrech.



Obrázek 31 - Rozměry sklopných terčů

Závěr

V první kapitole byla vysvětlena pravidla hasičského sportu a popis jednotlivých disciplín. Byly rozebrány vlastnosti dvou setů komerčně vyráběných časomír od výrobce TRV Elektronik, včetně finančních nákladů.

Byl navržen hardware pro celý měřicí systém, hlavní ovládací box, kde se nachází základní deska ovládaná mikroprocesorem PIC16F887, a dvě zobrazovací jednotky pro zobrazení časů a názvu týmů. Základní box disponuje třemi ovládacími tlačítky (DALŠÍ, RESET, TEST). Zkonstruován byl také externí display a jeho ovládací elektronika. Externí display má vlastní ovládací jednotku se stejným mikroprocesorem jako základní deska časomíry. Segmenty externího displeje byly vyrobeny z vysoce výkonných pásek LED barvy studené bílé barvy. Byla navržena optická závora pro ukončení měření časů ve štafetě 4x100 m. Celou požární časomíru lze napájet ze střídavé sítě 230 V AC/ 50 Hz.

Byly napsány ovládací programy pro mikroprocesory základní desky i externího displeje. Ovládací software byl psán v jazyce C. Pro komunikaci s PC bylo využito rozhraní UART, kterým mikroprocesor disponuje. Mikroprocesor komunikuje s PC pomocí sériové linky, která je z UART převedena pomocí převodníku FT232RL. Po připojení se časomíra spojí s ovládacím softwarem a ten přijímá naměřené časy.

Pro zpracování naměřených časů byla vyvinuta aplikace v jazyce C#, která naměřené časy zobrazí, uloží a po skončení závodů vyhodnotí. Po vyhodnocení a určení pořadí závodních týmů vytvoří aplikace soubor v programu Microsoft Excel. V tomto souboru se nachází výsledková listina závodů.

Všechny elektronické moduly byly uloženy do boxů pro snadnou manipulaci a jejich bezpečnost. Postaveny byly také nástřikové terče podle pravidel ligy.

Literatura

[1] *Trv-kocab.cz* [online]. 2012 [cit. 2015-04-27].

Dostupné z: <http://www.trv-kocab.cz/cs/9-pozarni-sport>

[2] *Dobrovolní hasiči* [online]. 2014 [cit. 2015-04-27].

Dostupné z: <http://www.dh.cz>

[3] *LED páska* [online]. 2015 [cit. 2015-03-06].

Dostupné z: <http://www.ledbeast.cz/led-pasky/sanan-led-pasek-5050-60-led-m-14-4w-vodeodolny-5m/>

[4] *USB* [online]. 2011 [cit. 2015-03-06].

Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus

[5] *Datasheet DE 122-RS-20* [online]. 2013 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: http://www.tme.eu/cz/Document/d41fbff4a26a15af26bbd1f45e69eeb3/DE122-RS-20_635.PDF

[6] *Product PIC16F887* [online]. 2013 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC16F887>

[7] *Product FT232R* [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm>

[8] *PICKit 2* [online]. 2008 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://svetelektro.com/clanky/pickit-2-313.html>

[9] *MicroC for PIC* [online]. 2008 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.mikroe.com/mikroc/pic/>

[10] HŮLKA, J. SENZORICKÝ SYSTÉM PRO ROBOTICKÝ PODVOZEK. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 59s. Vedoucí bakalářské práce byl Ing. Stanislav Klusáček.

[11] *Microsoft Visual Studio* [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <https://msdn.microsoft.com/en-us/vstudio/aa718325.aspx>

[12] *Datasheet Inductive senzor, Type ICB, M18* [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.enika.cz/download/Automatizac/Senzory/icb1808%20ext.pdf>

- [13] HEROUT, Pavel. *Učebnice jazyka C. 4.*, přeprac. vyd. České Budějovice: Kopp, 2004, 271, VIII s. ISBN 80-7232-220-6.
- [14] HÁJEK, Jan. *2x časovač 555: praktická zapojení se dvěma časovači*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1998, 111 s. 555. ISBN 80-86056-27-9.
- [15] SEMPFF, Bill, Chuck SPHAR a Stephen Randy DAVIS. *C# 5.0 all-in-one for dummies*. 1st ed. Hoboken, N.J.: J. Wiley & Sons, Inc., 2013, 816 p. --For dummies.
- [16] *Popis disciplín požárního sportu* [online]. 2011 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: http://www.dh.cz/dokumenty/souteze/pozarni_sport/disc%20ps.pdf
- [17] FRYDRYCH, M. Bezdrátová elektronická časomíra s velkým LED zobrazovačem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 47 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Jaroš.
- [18] VONDRÁK, Michal. *Duální elektronická časomíra řízená mikroprocesorem*. Jihlava, 2011. Bakalářská práce. Vysoká škola polytechnická Jihlava. Vedoucí práce Ing. David Matoušek.
- [19] *Datasheet LCD 1202A-YHY-ESX* [online]. 2011. vyd. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/90f8006802cf32fb74ab69fa396280e2/RC1202A-YHY-ESX.pdf>
- [20] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.
- [21] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMEL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky ...* 1. české vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 275 s. μ C & praxe. ISBN 80-7300-077-6.
- [22] NASH, Trey. *C# 2010: rychlý průvodce novinkami a nejlepšími postupy*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, 624 s. ISBN 978-80-251-3034-6.
- [23] *LibreCAD* [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://librecad.org/cms/home.html>

A - Základní deska

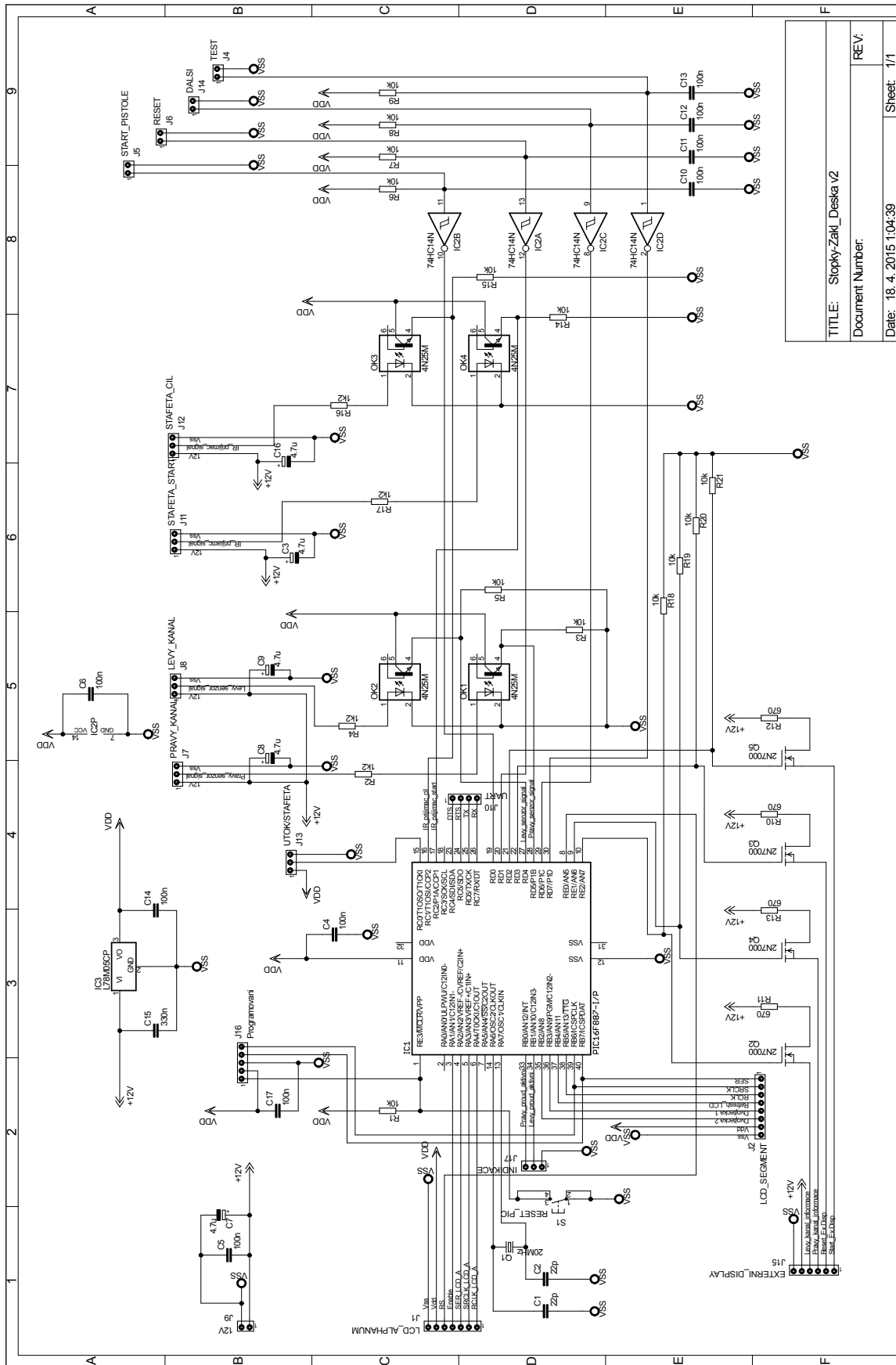
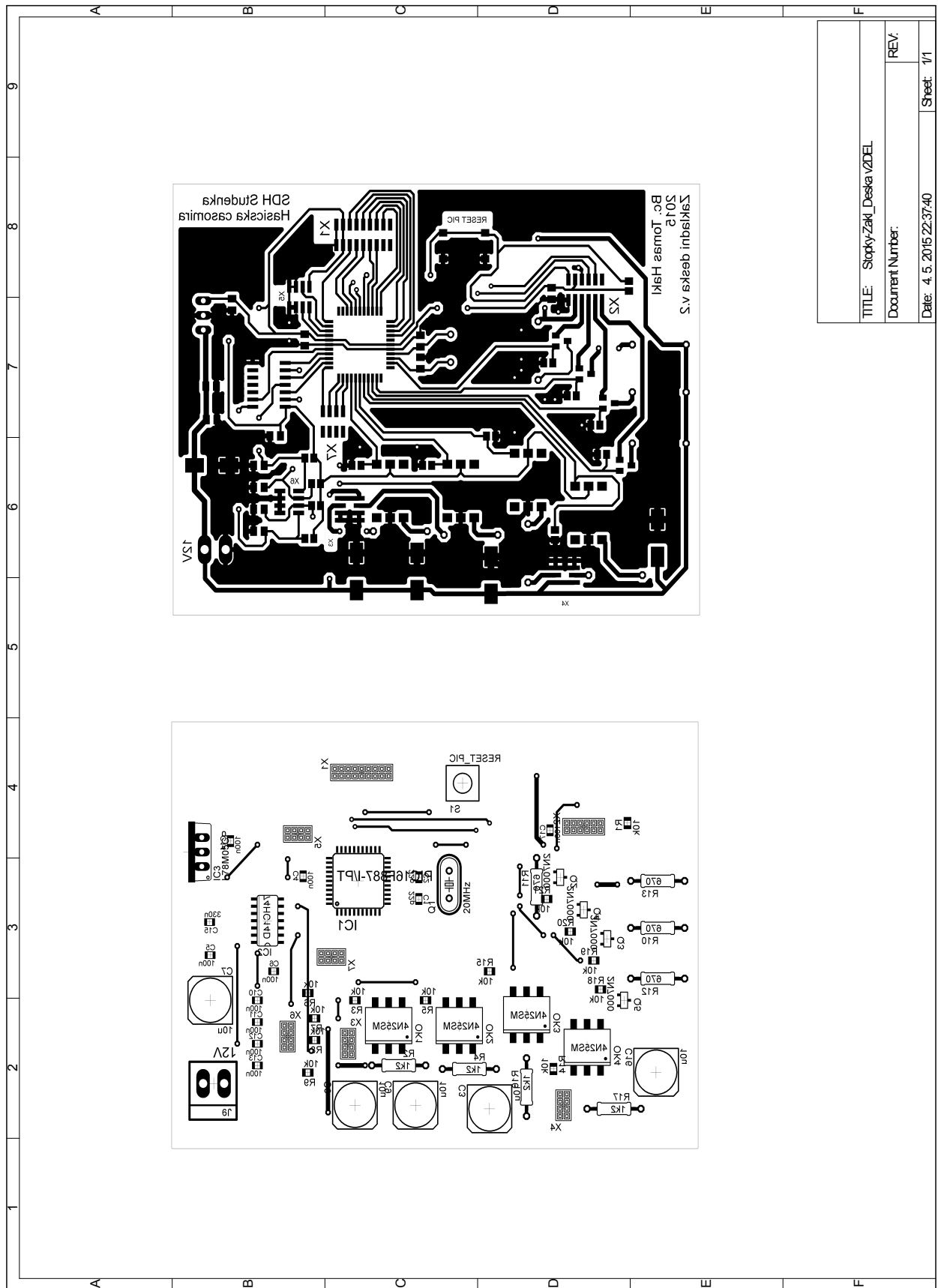


Schéma 1 - Základní deska

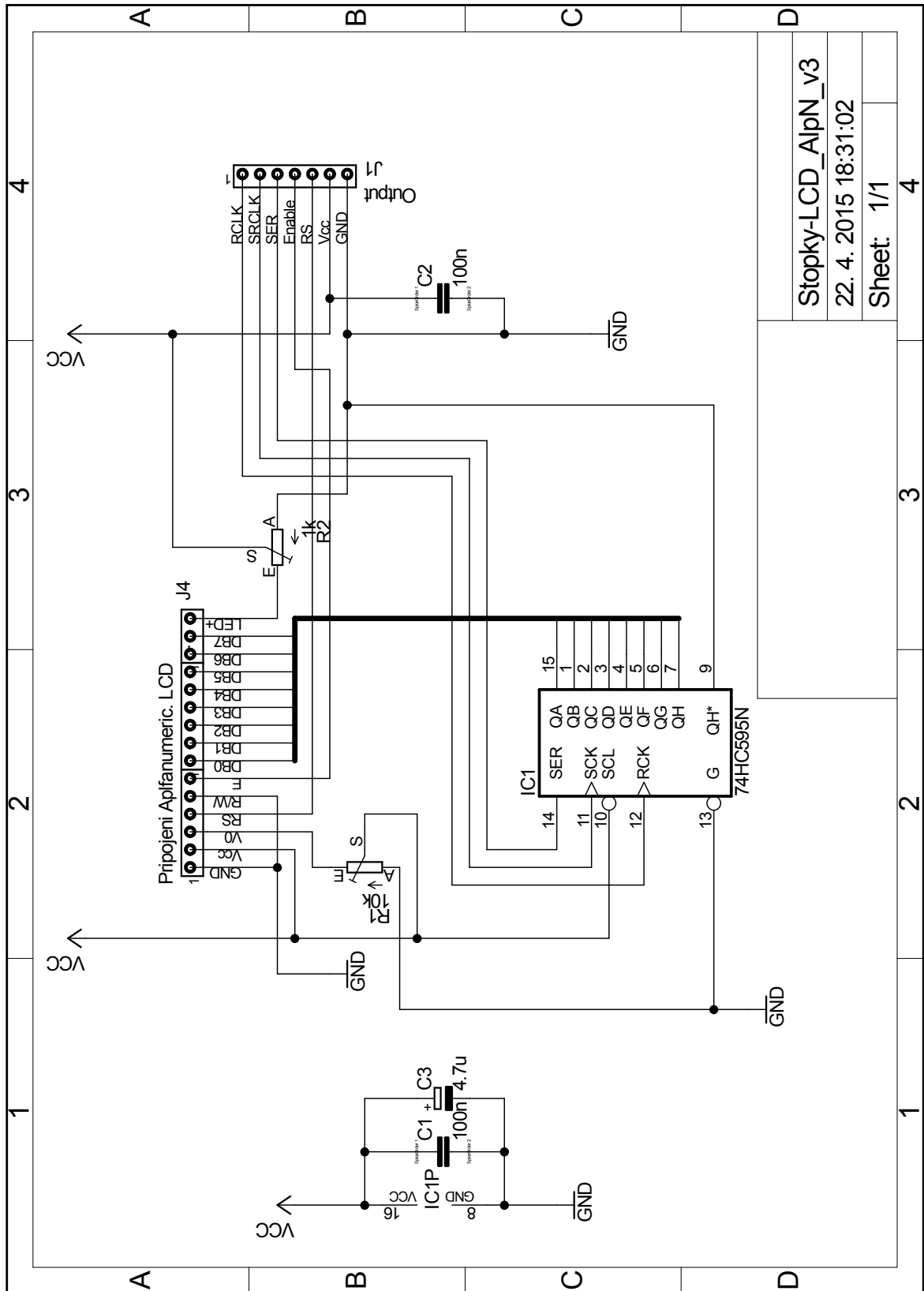


Obrázek 33 - Předlohy osazení, tištěný spoj (SMT) základní desky

| | |
|--------------------------------|------------|
| TITLE: Slopky-Zakl_Deska v2DEL | REV: |
| Document Number: | Sheet: 1/1 |
| Date: 4. 5. 2015 22:37:40 | |



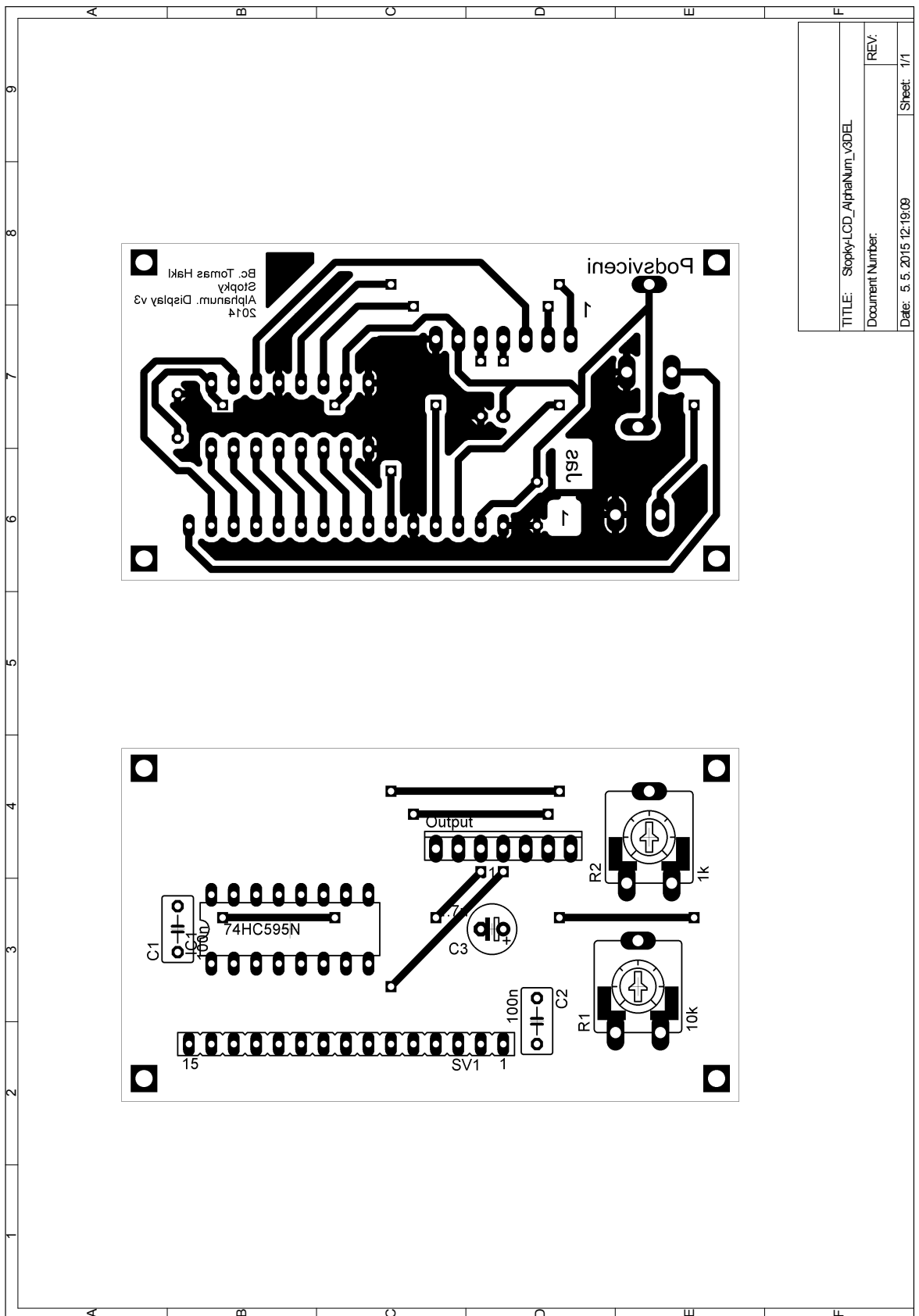
B - Alfanaumerický LCD řadič



Stopky-LCD_AlphN_v3
 22. 4. 2015 18:31:02
 Sheet: 1/1

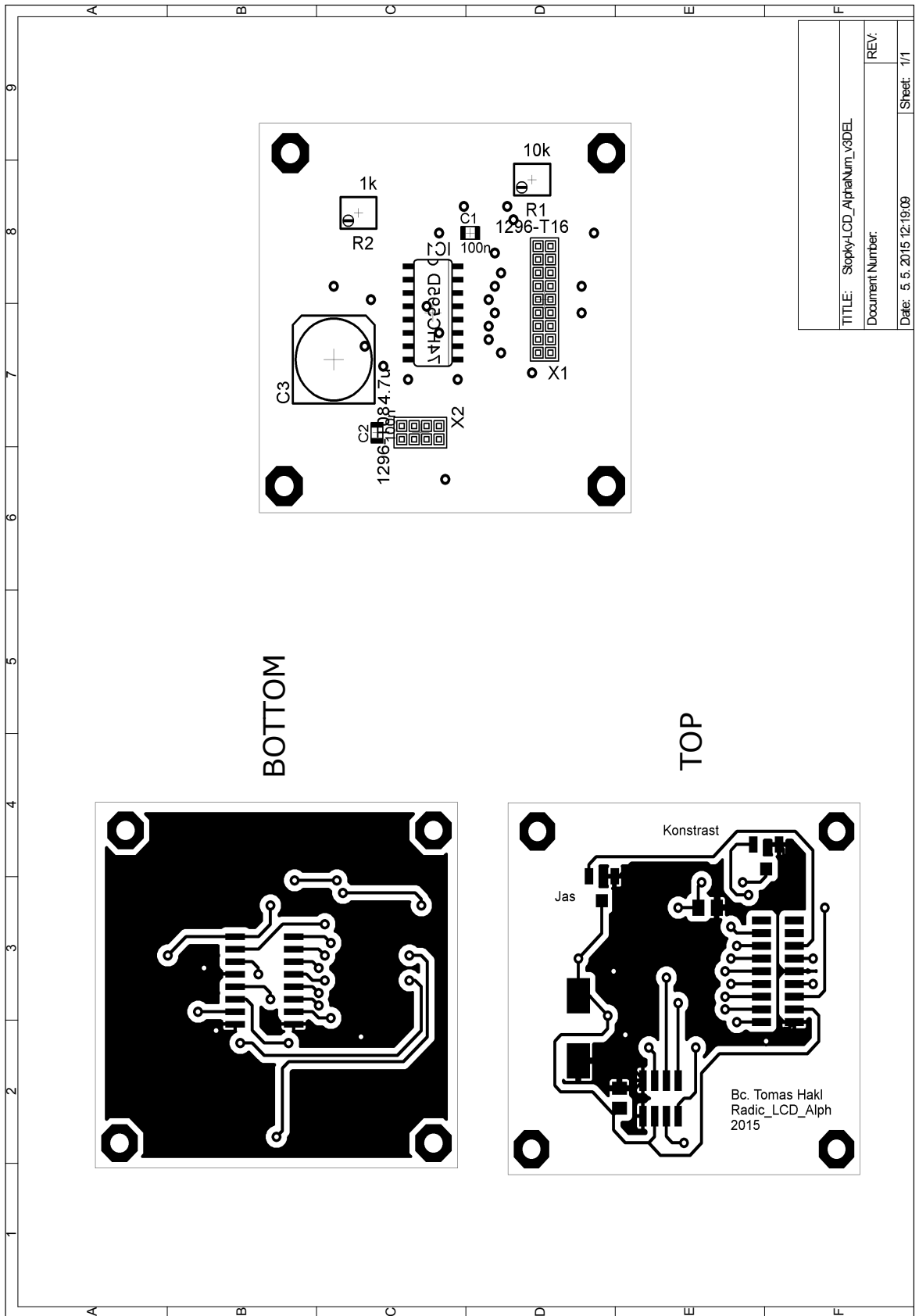
Schéma 2 - Alfanaumerický LCD řadič





Obrázek 34 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) alfanumerického LCD





Obrázek 35 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) alfanumerického LCD



C - Indikace

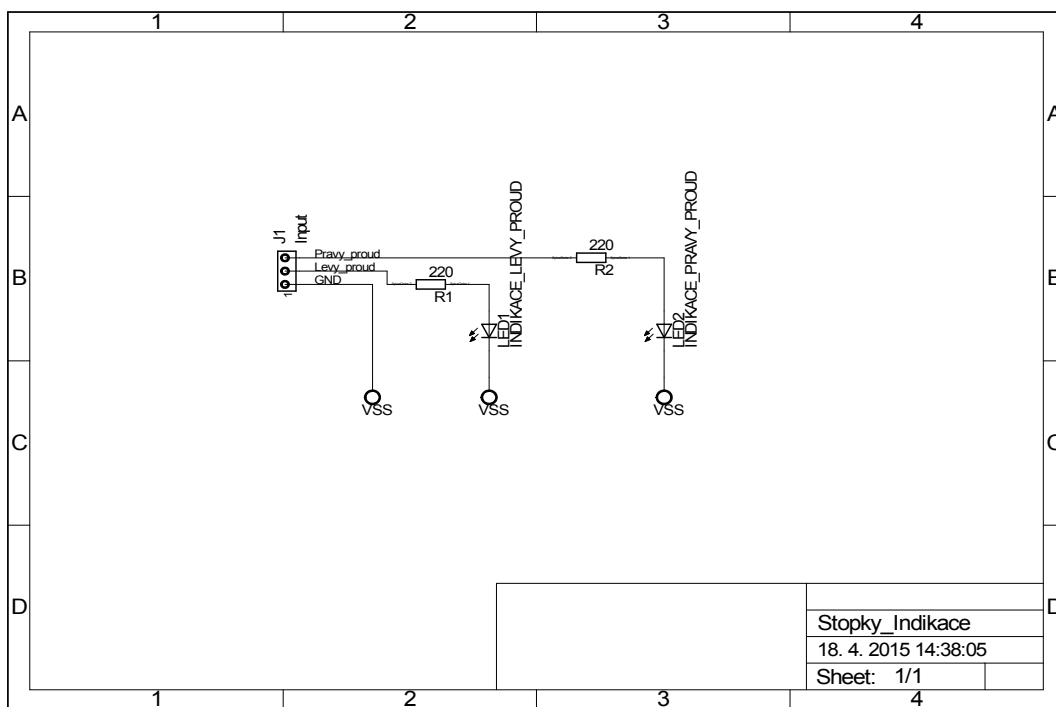
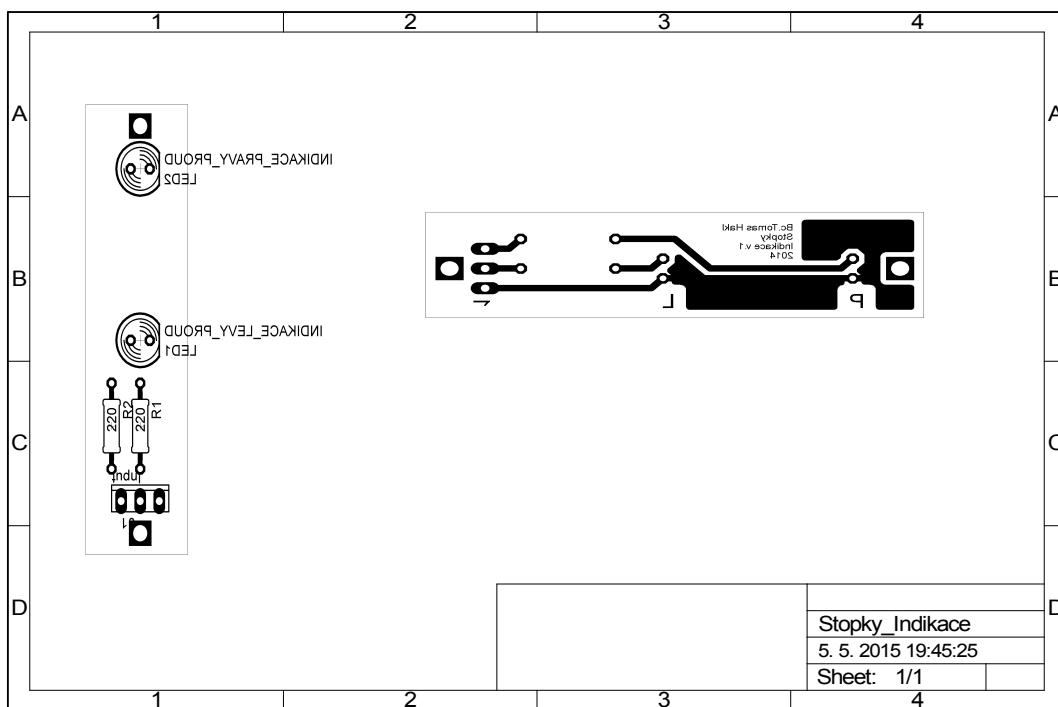


Schéma 3 - Indikace



Obrázek 36 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) indikace



D - IR přijímač, vysílač

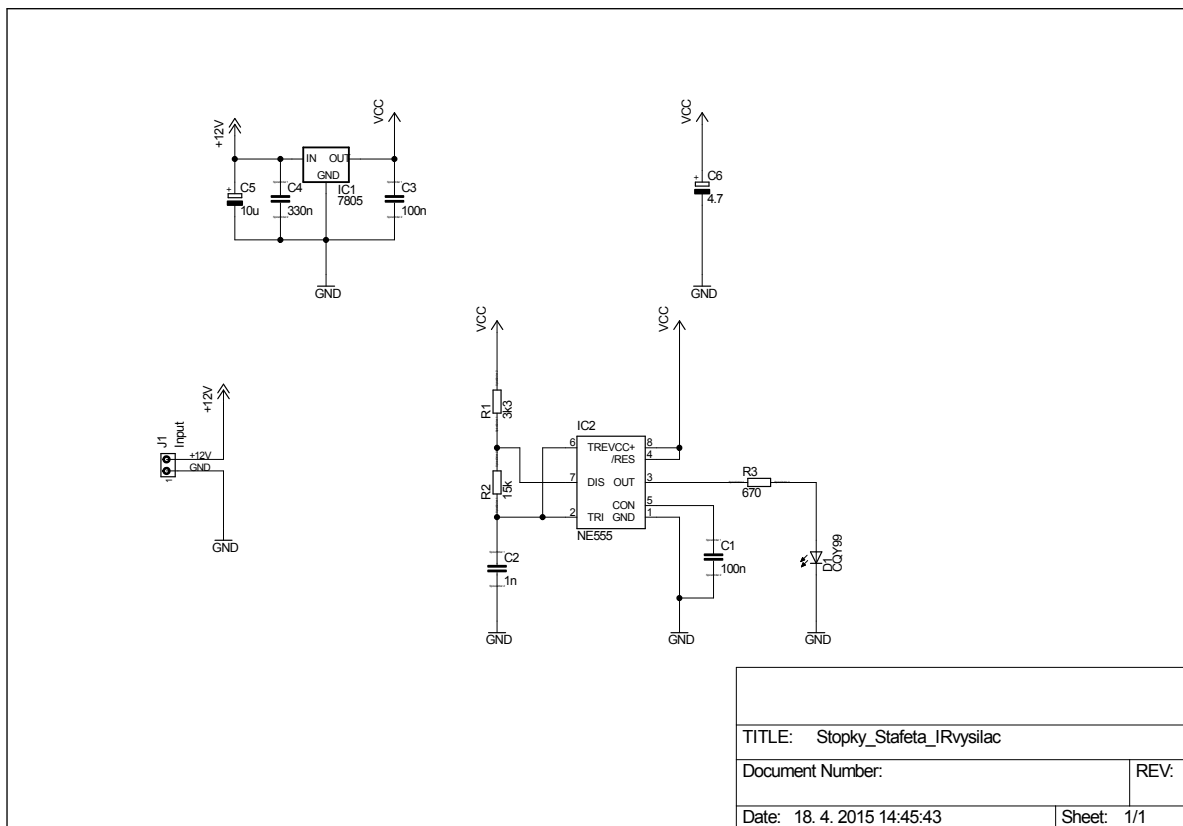


Schéma 4 - IR vysílač

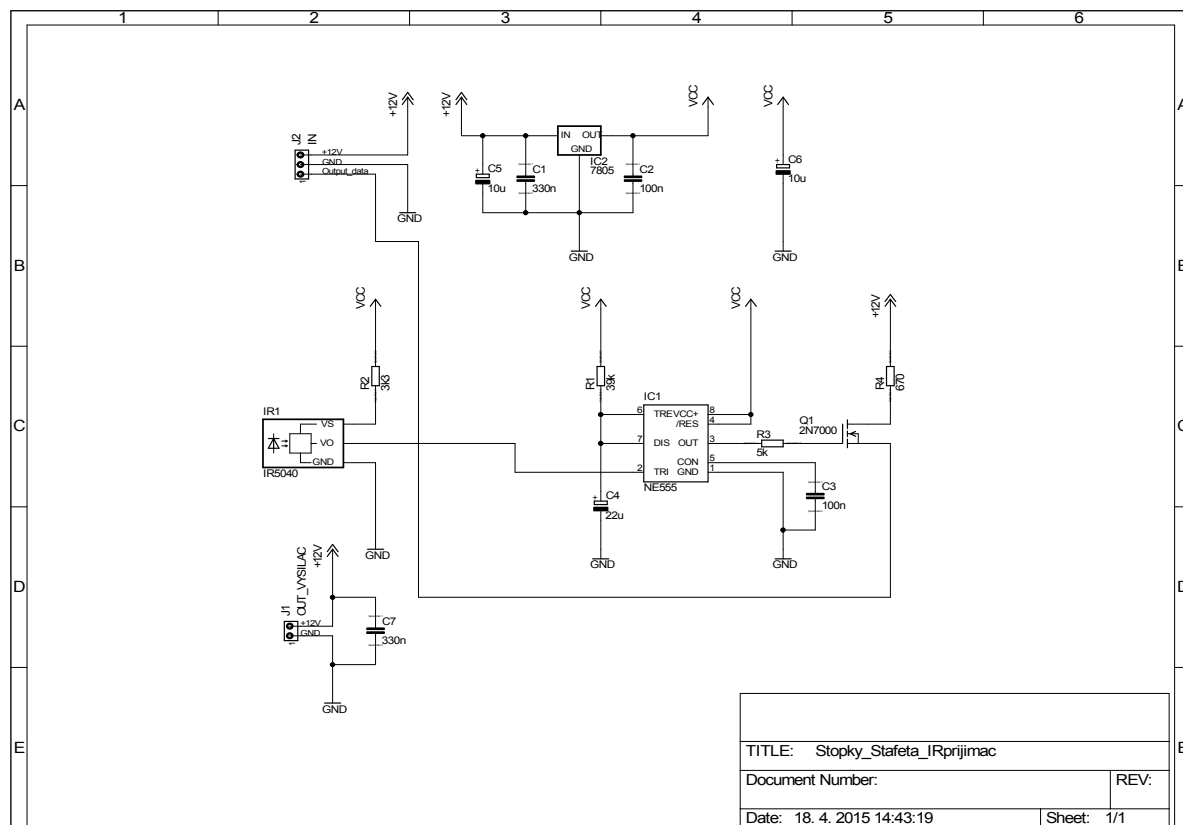
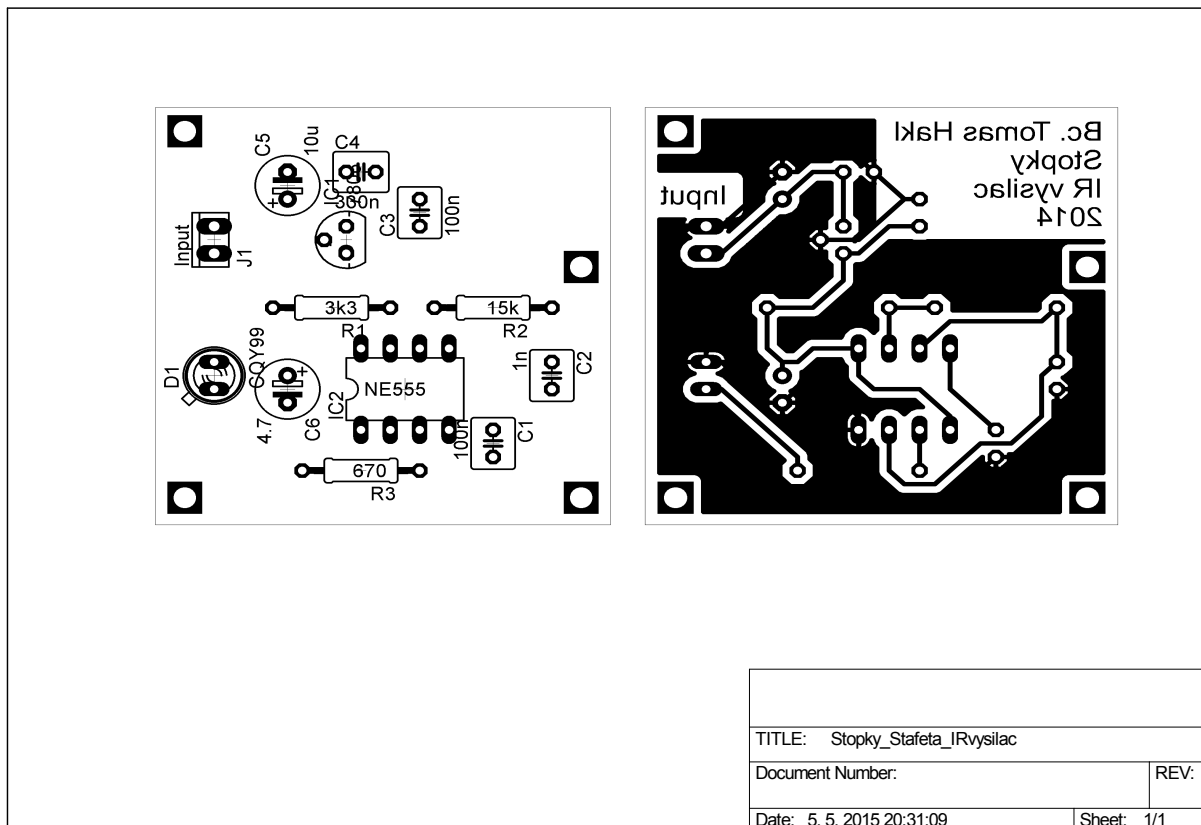
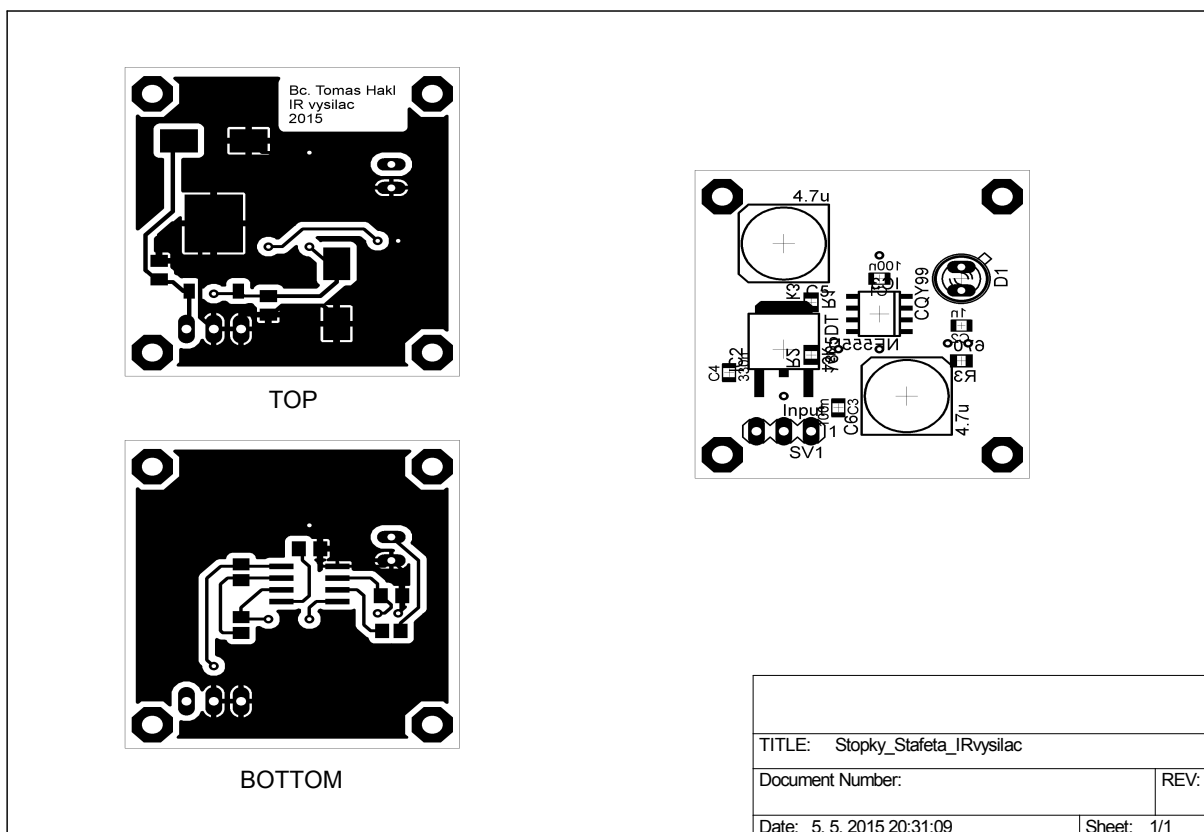


Schéma 5 - IR přijímač

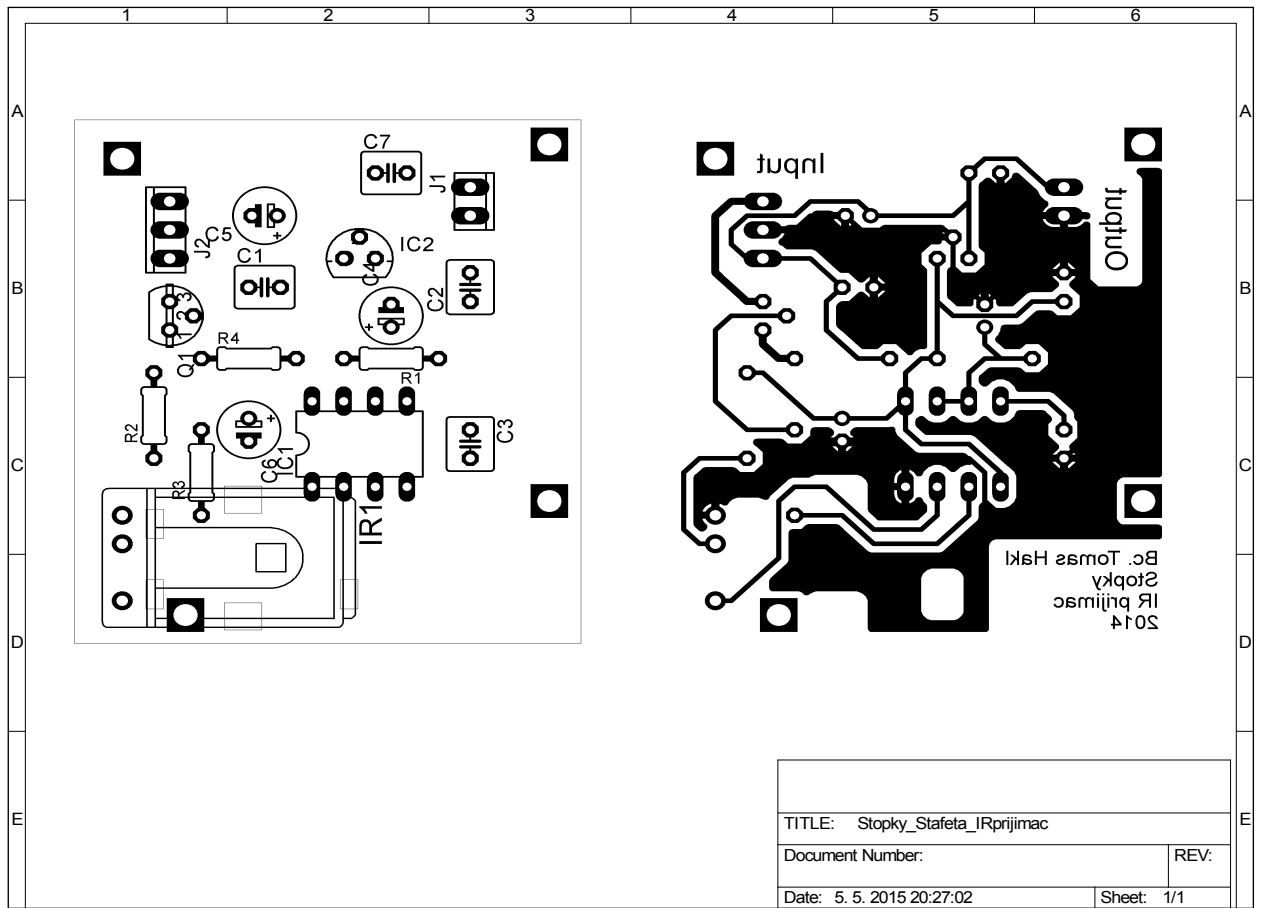




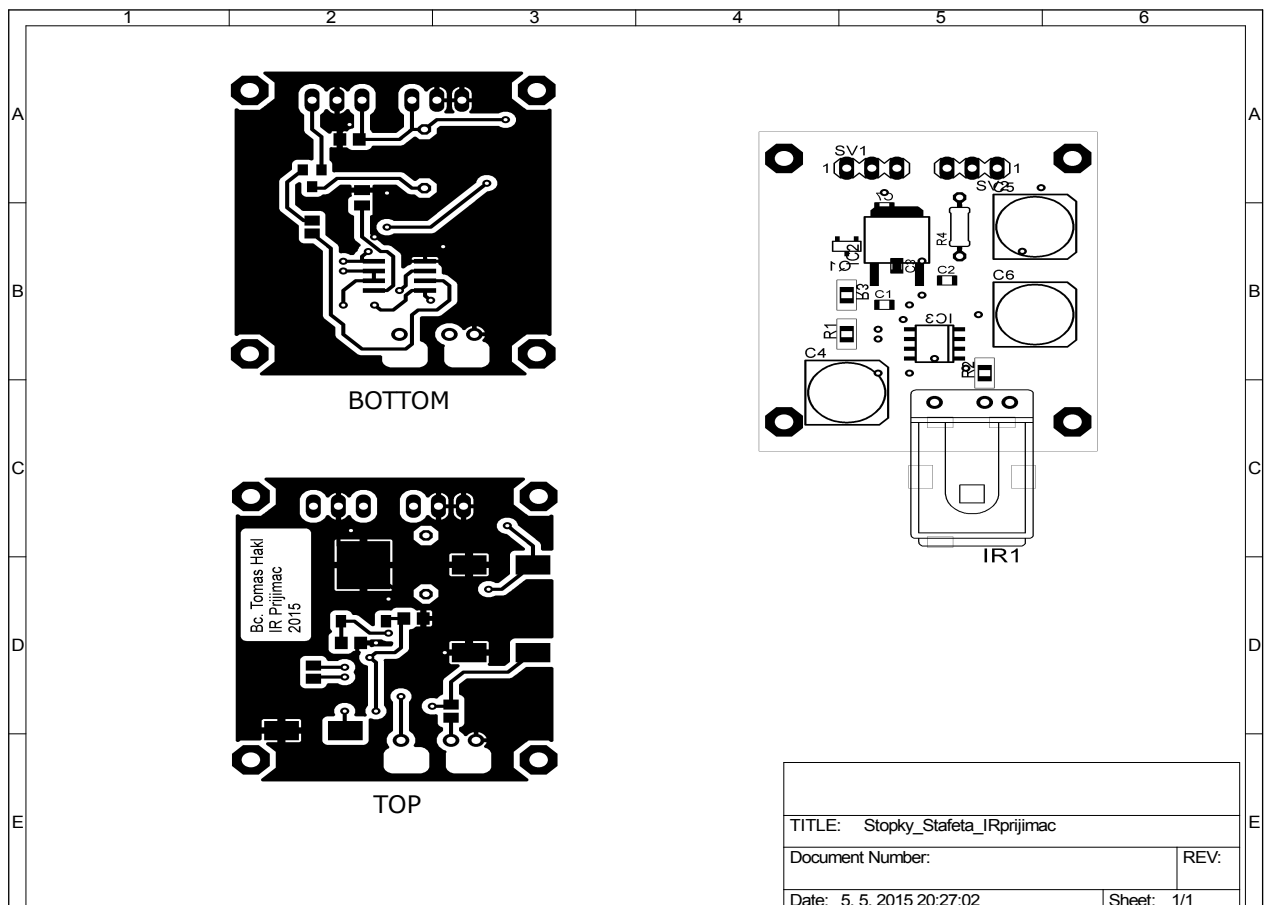
Obrázek 37 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) IR vysílače



Obrázek 38 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) IR vysílače

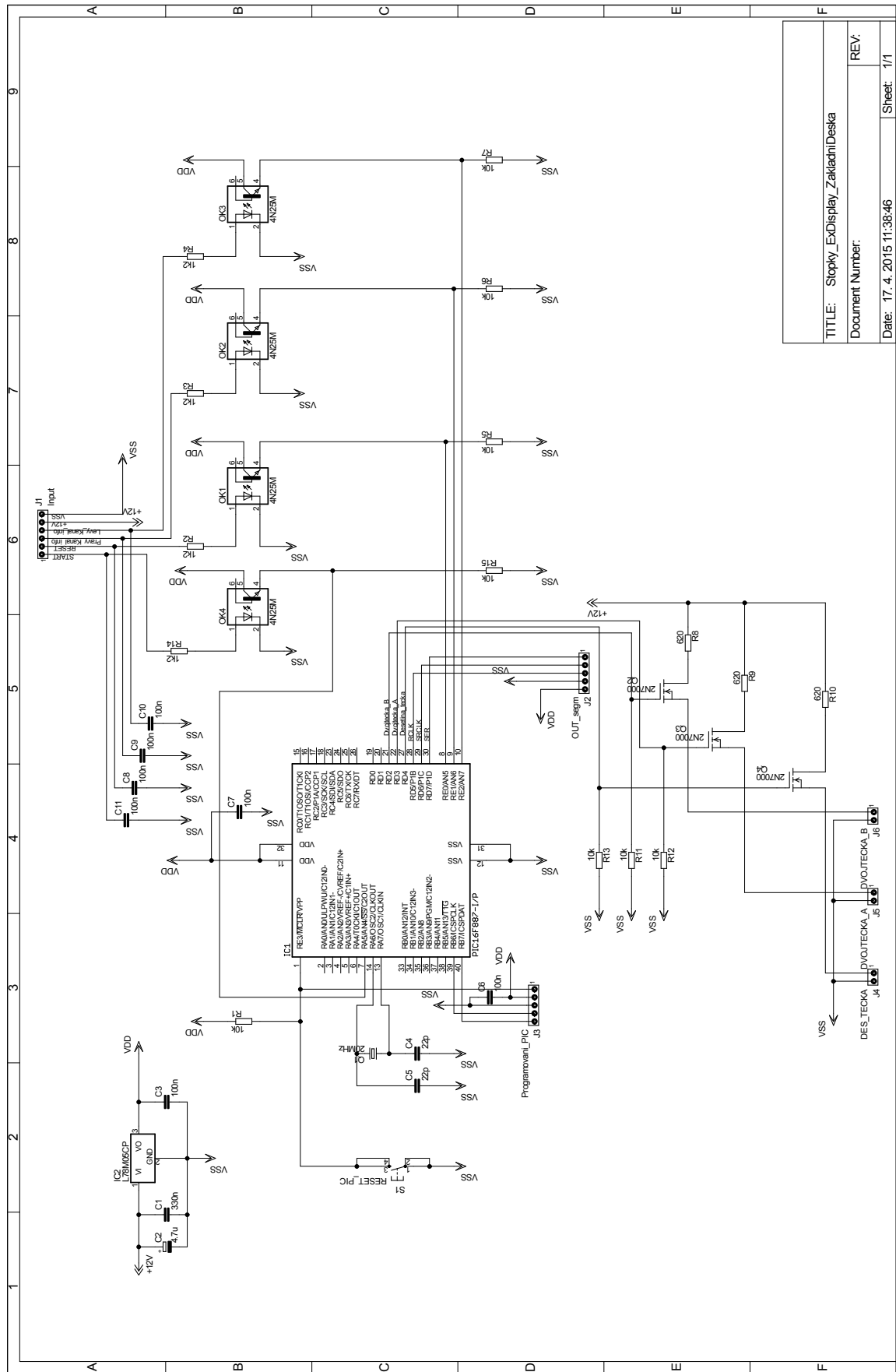


Obrázek 39 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) IR přijímače



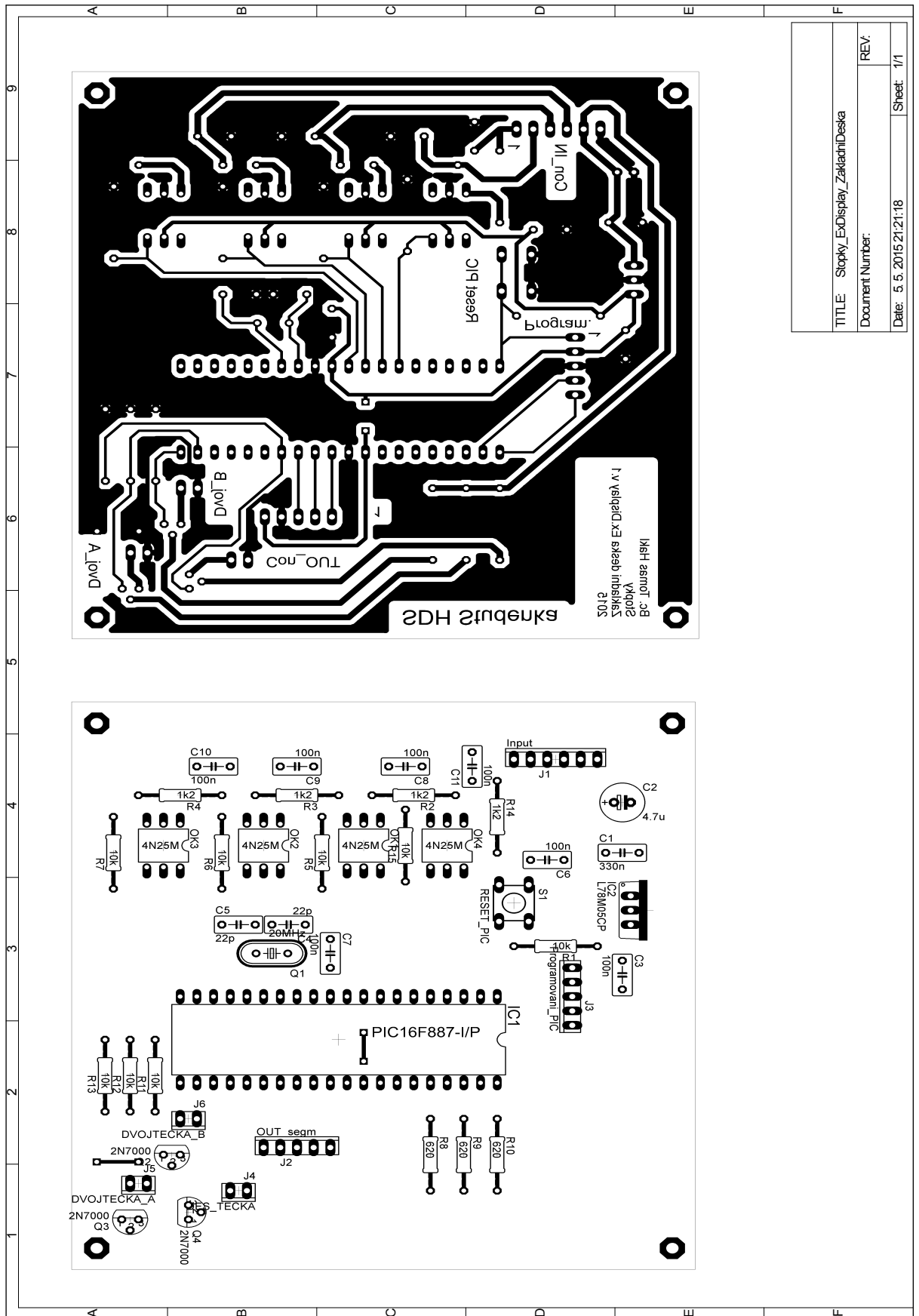
Obrázek 40 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) IR přijímače

E - Základní deska externího displaye

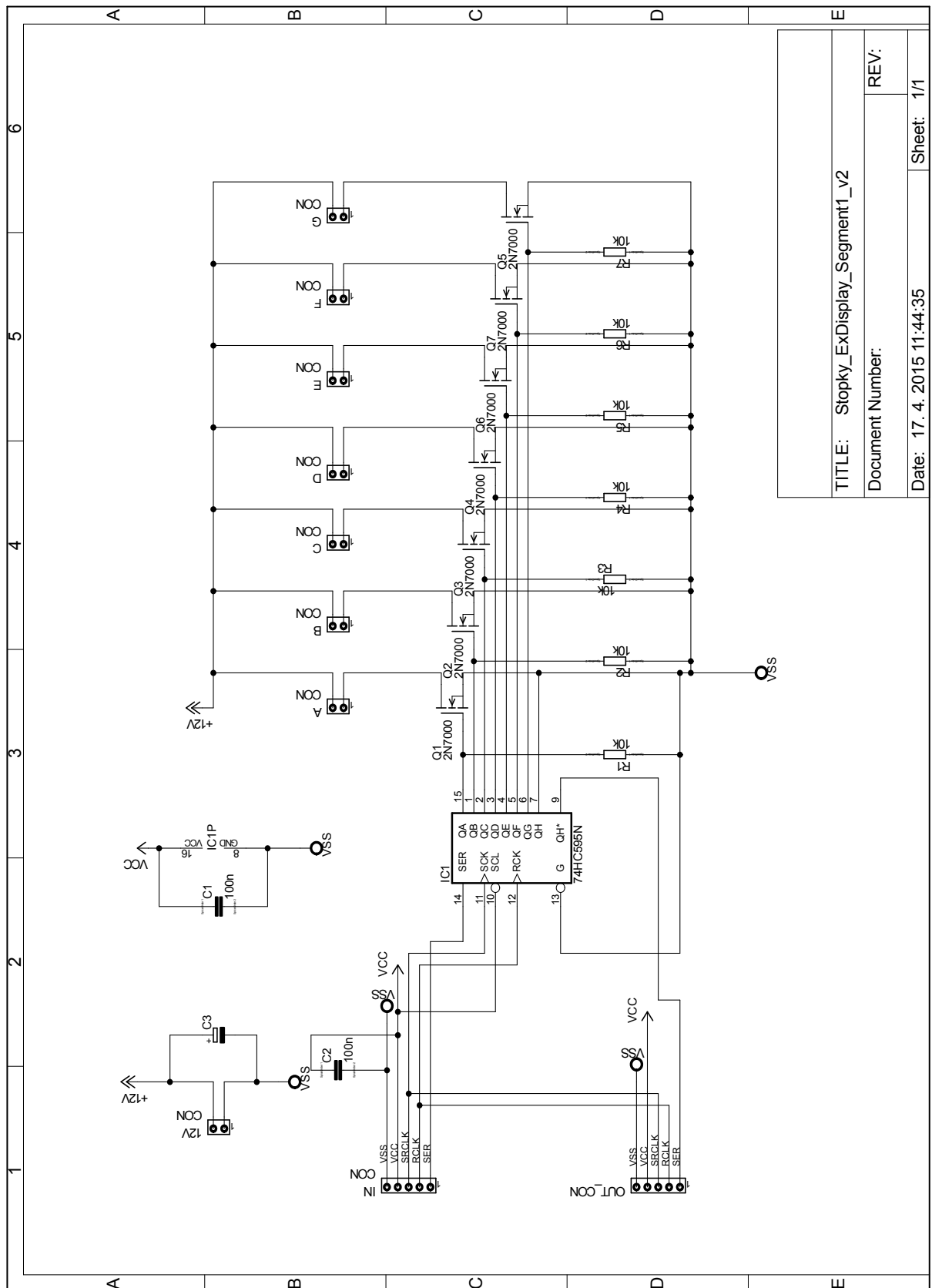


| |
|---------------------------------------|
| TITLE: Slopky_ExDisplay_ZakladniDeska |
| Document Number: |
| REV: |
| Date: 17. 4. 2015 11:38:46 |
| Sheet: 1/1 |

Schéma 6 - Základní deska externího displaye



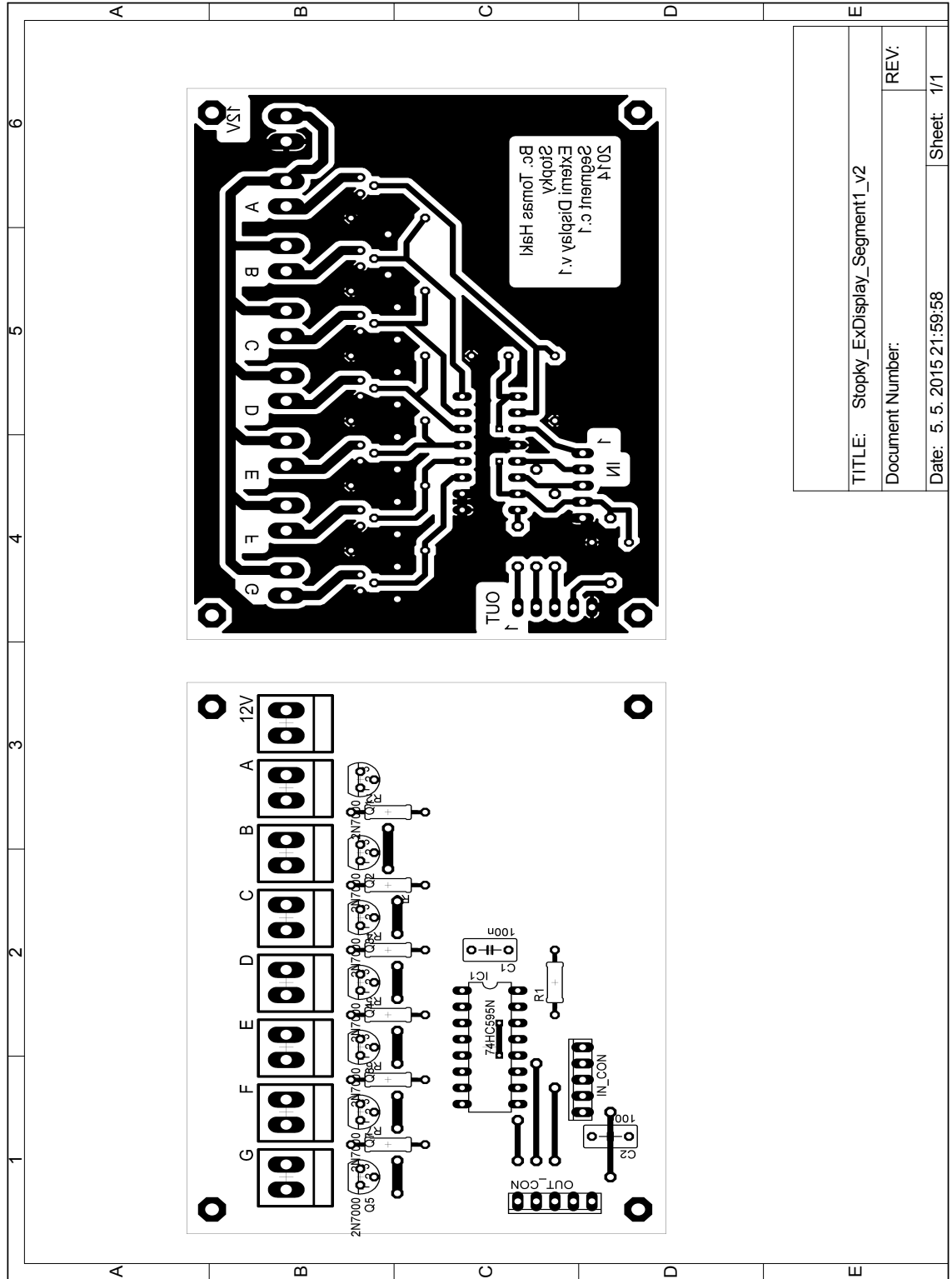
F - Řadič pro segmenty externího displeje



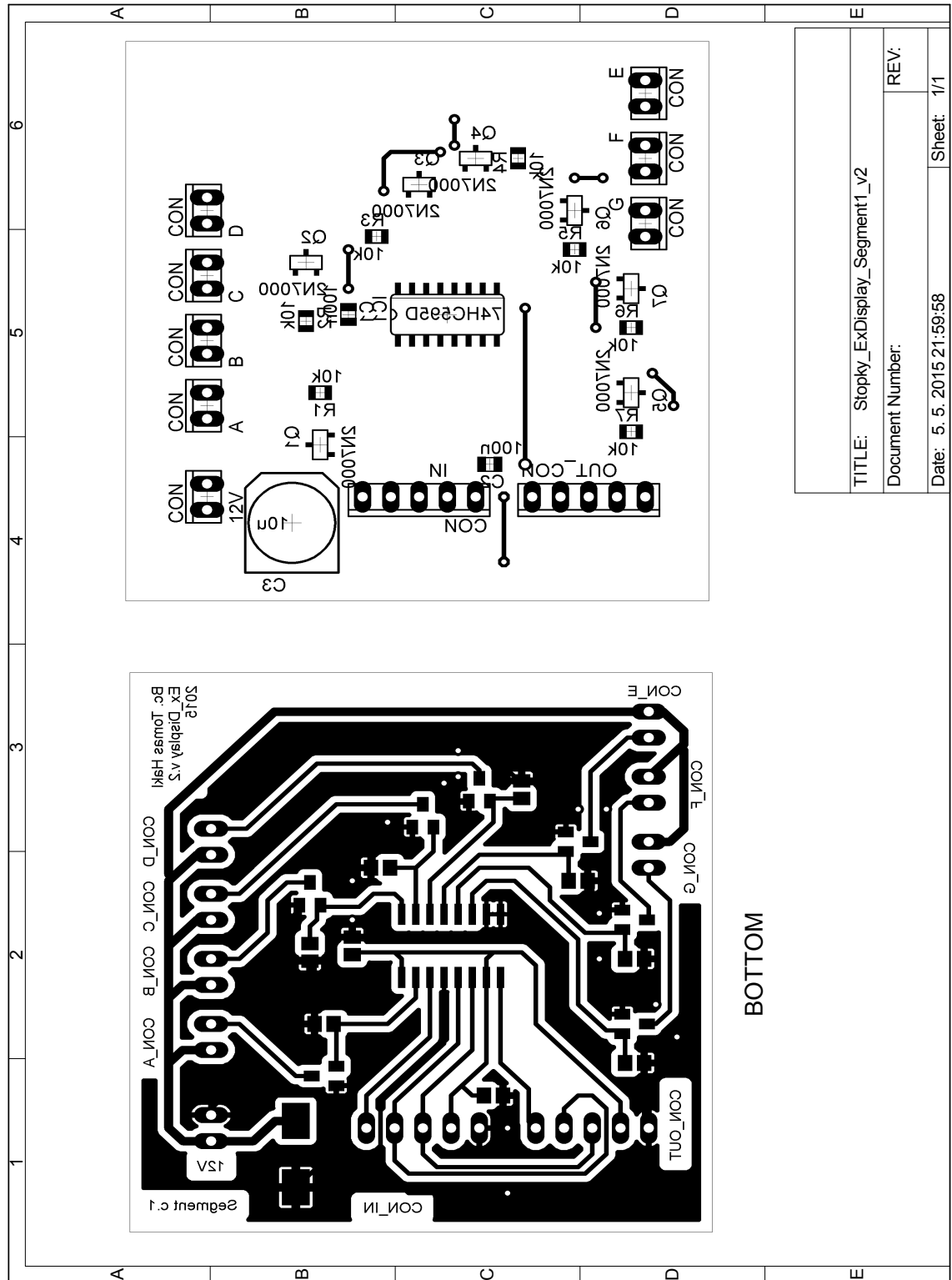
| |
|-------------------------------------|
| TITLE: Stopky_ExDisplay_Segment1_v2 |
| Document Number: |
| REV: |
| Date: 17. 4. 2015 11:44:35 |
| Sheet: 1/1 |

Schéma 7 - Řadič pro segmenty externího displeje





Obrázek 43 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) řadiče pro segmenty externího displeje



Obrázek 44 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) řadiče pro segmenty externího displeje

G - Řadič pro digitální LCD

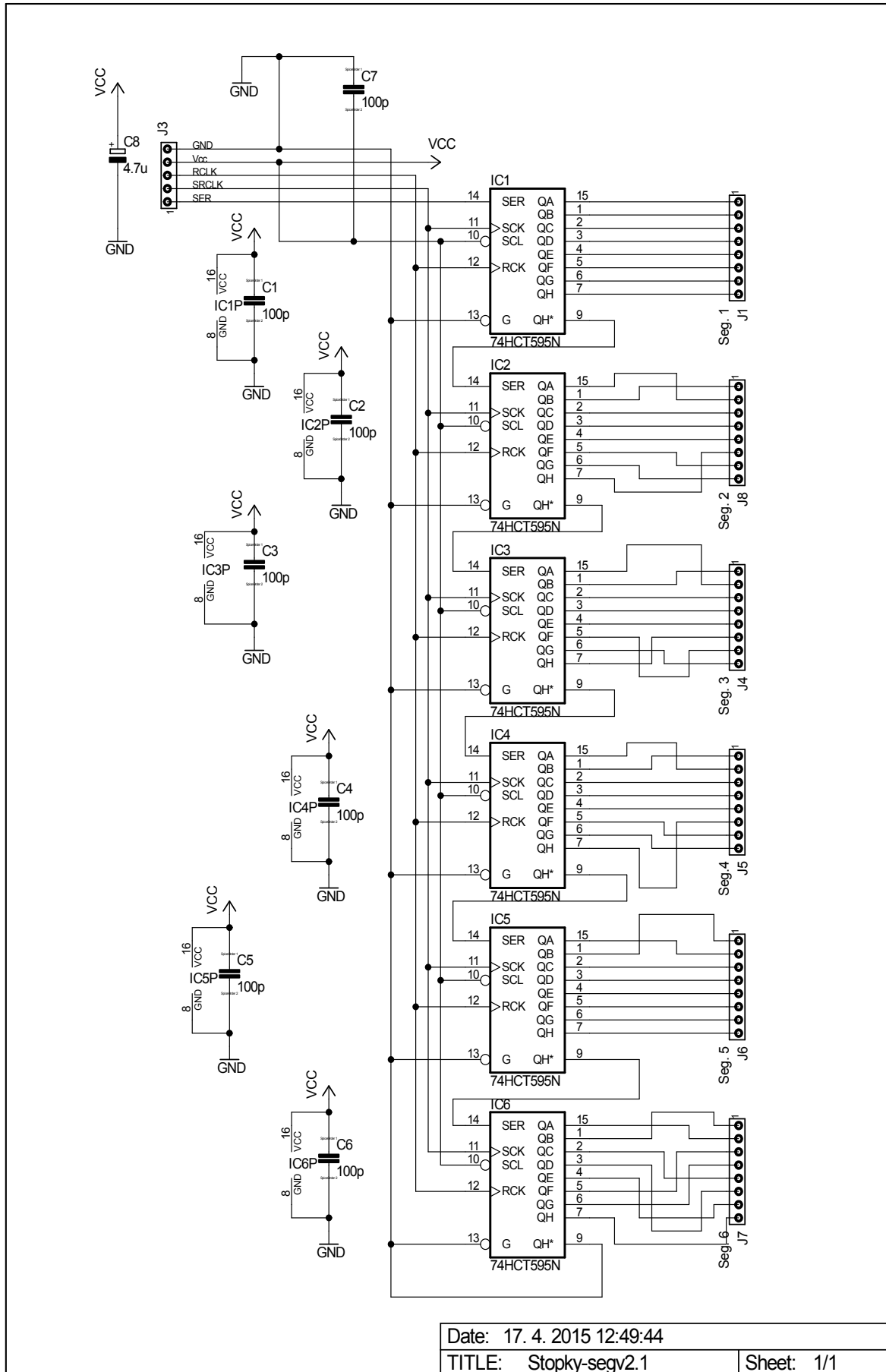
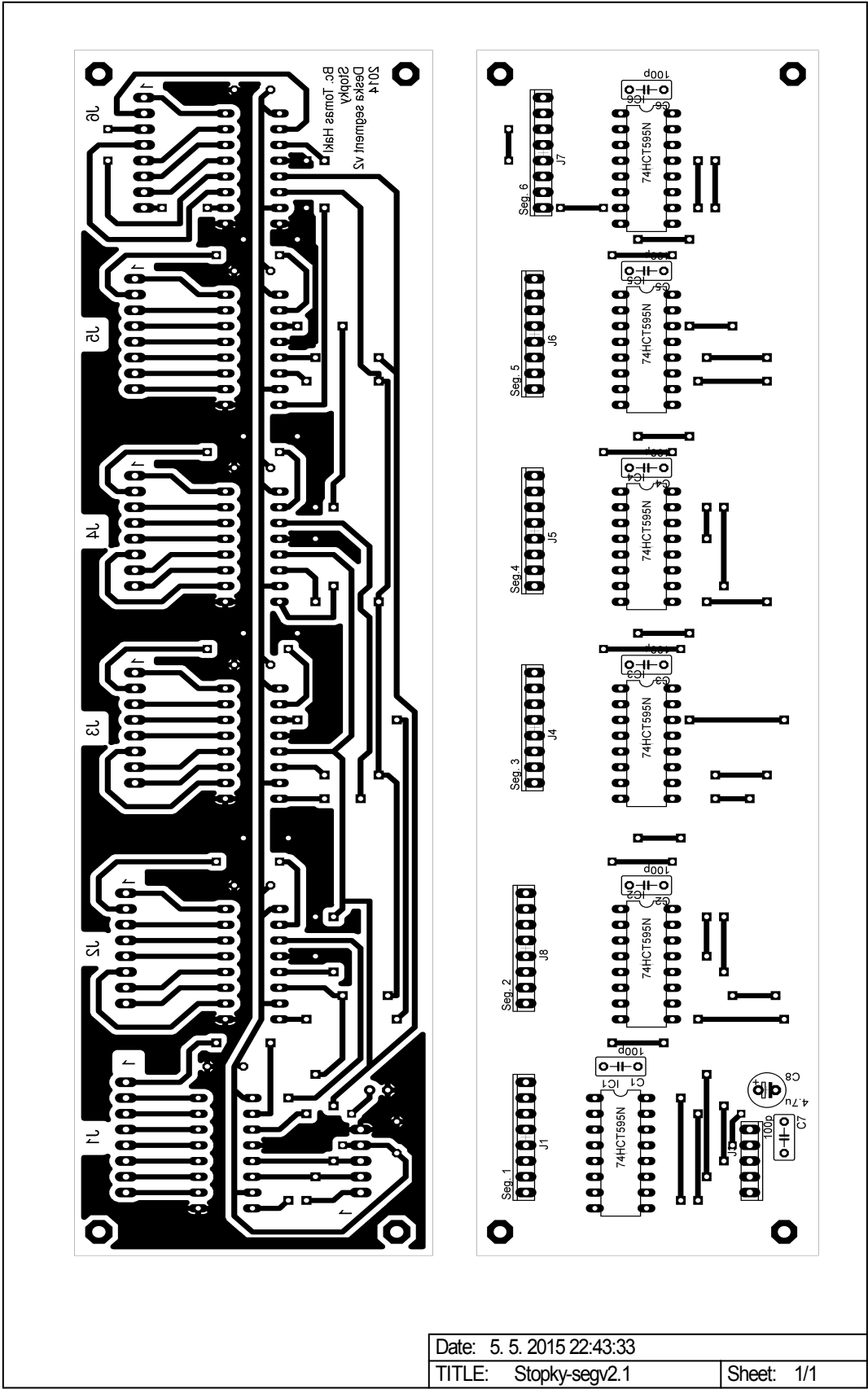
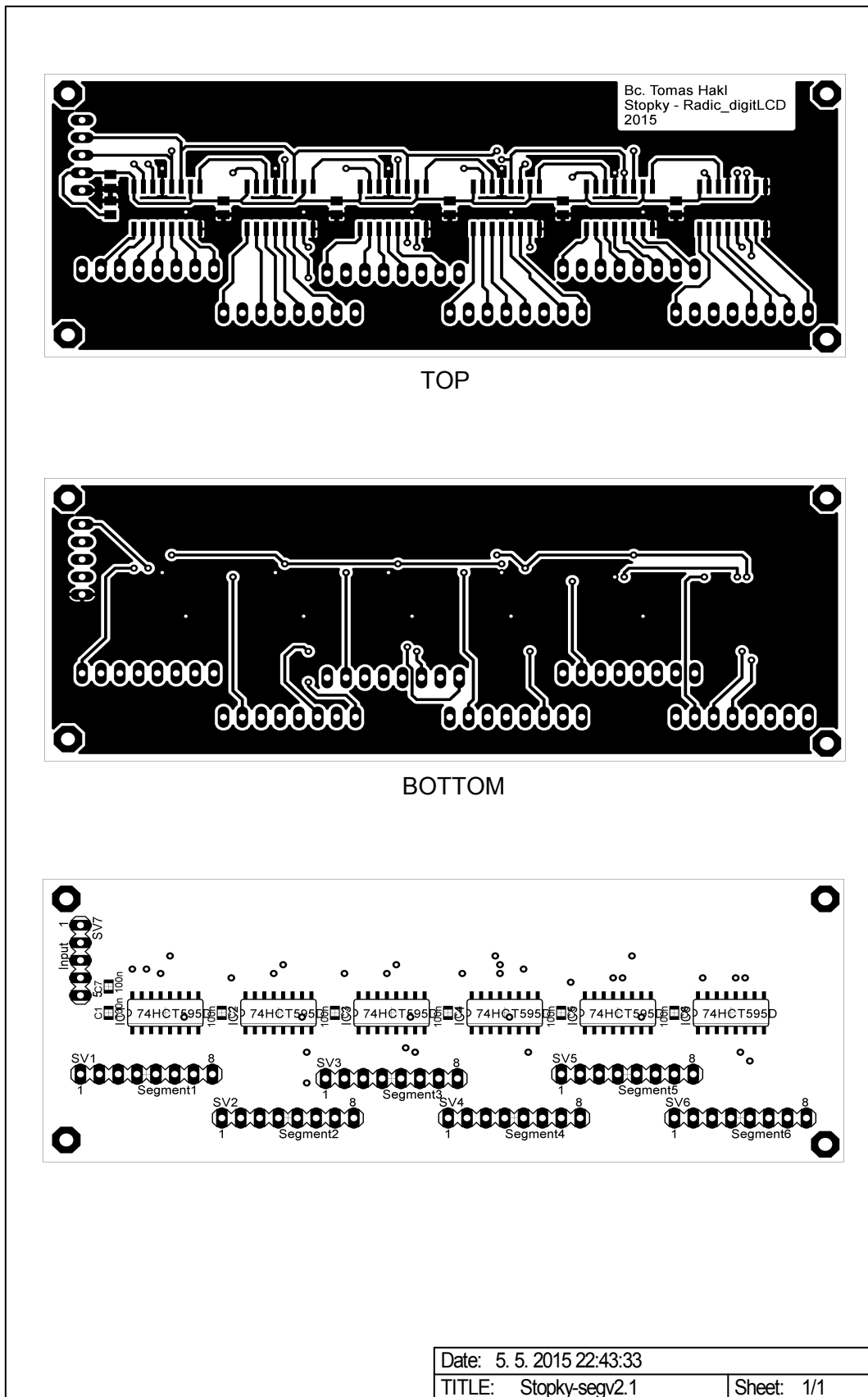


Schéma 8 - Řadič pro digitální LCD



Obrázek 45 - Předloha osazení, tištěný spoj (THT) řadiče pro digitální LCD



Obrázek 46 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) řadiče pro digitální LCD

H - Patice pro digitální LCD

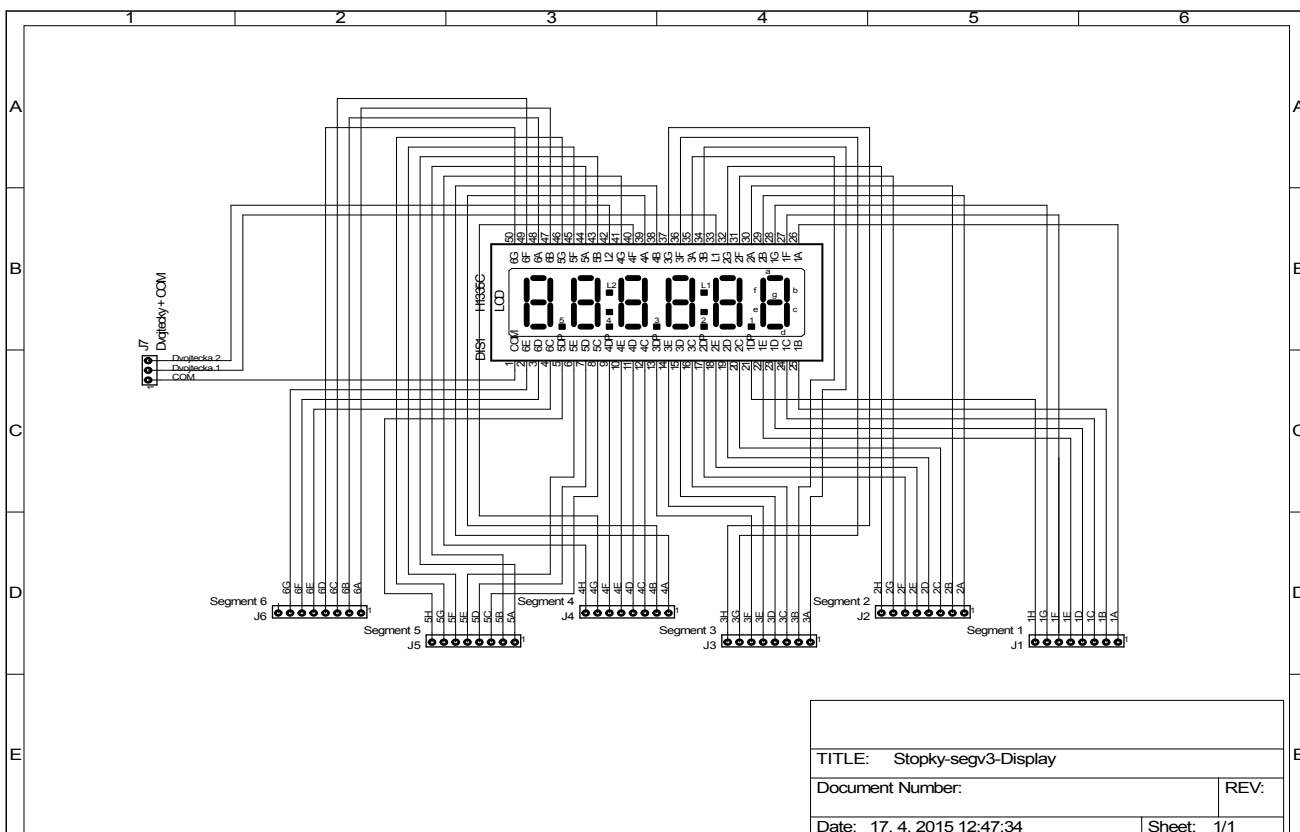
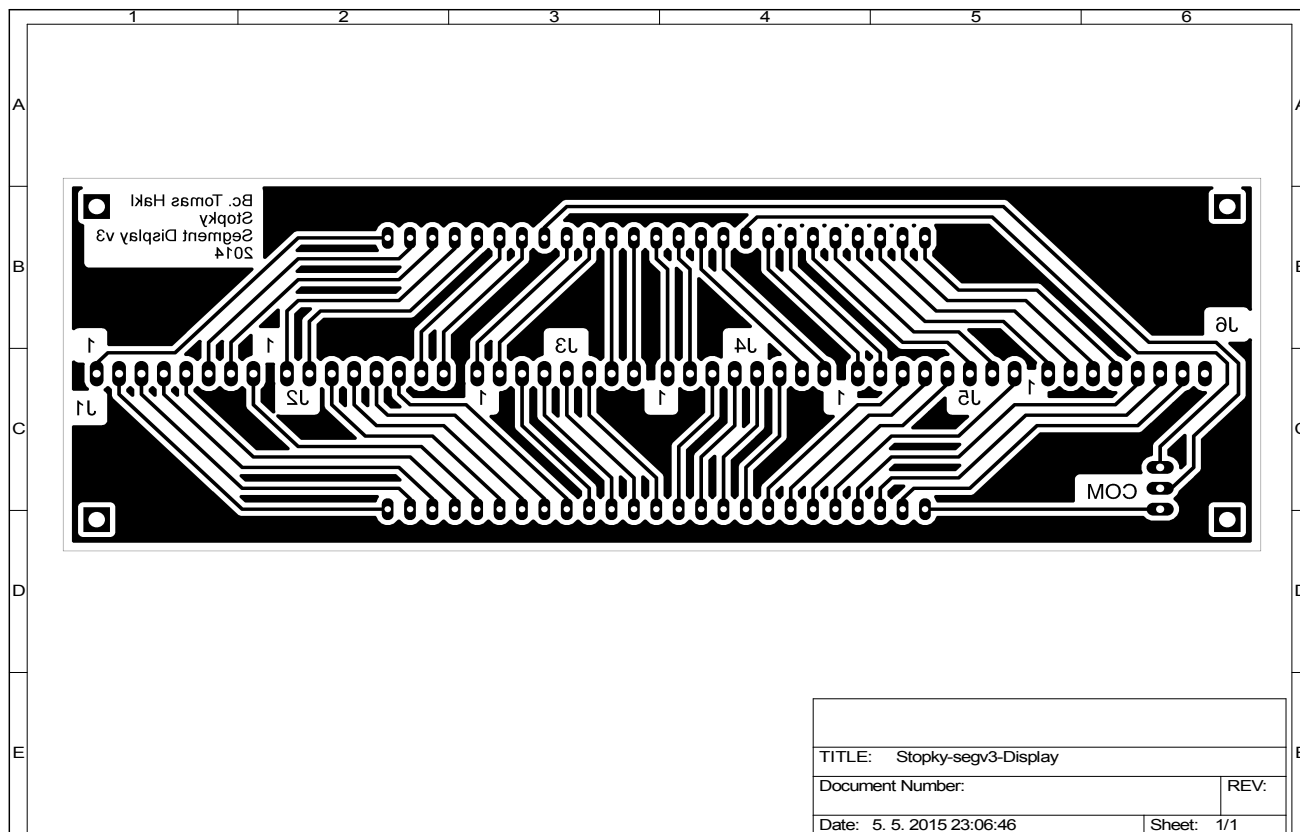


Schéma 9 - Patice pro digitální LCD



Obrázek 47 - Tištěný spoj (THT) patice pro digitální LCD

I - Převodník UART - USB

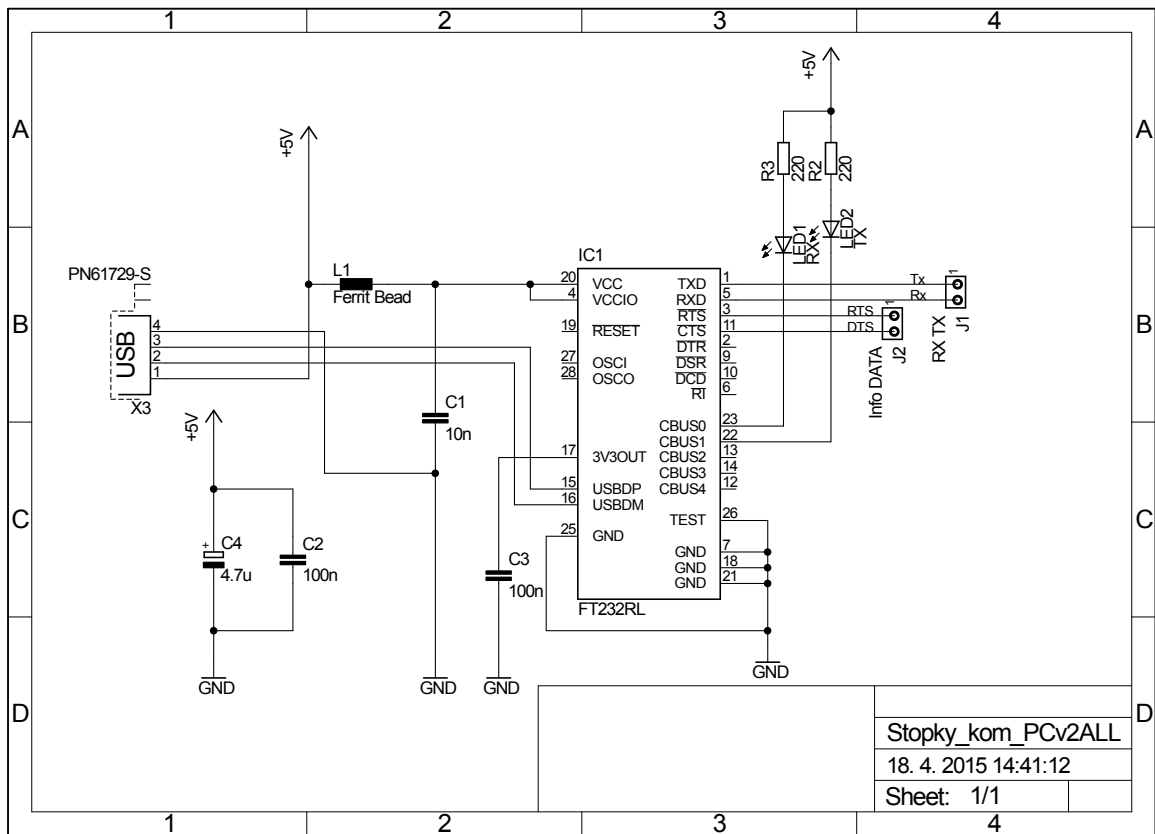
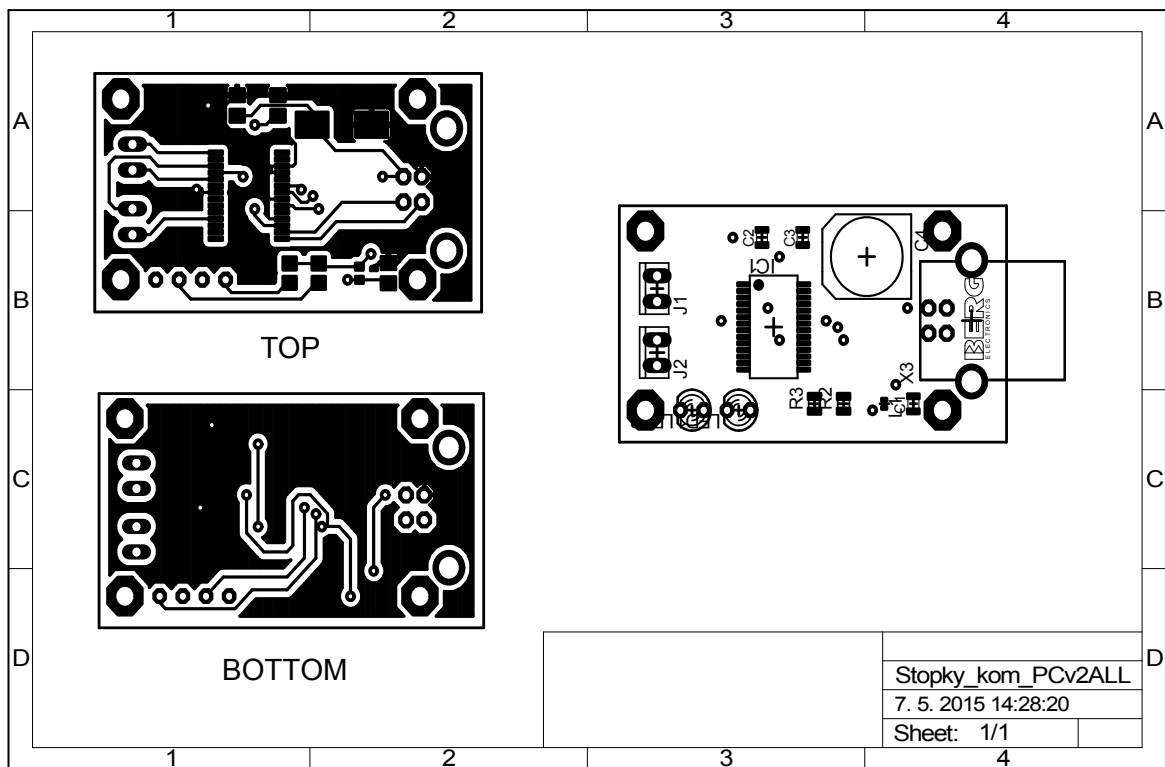


Schéma 10 - Převodník UART - USB



Obrázek 48 - Předloha osazení, tištěný spoj (SMT) převodníku UART - USB

J - Ukázka výsledkových listin

Tabulka 8 - Ukázka výsledkové listiny Muži

| Výsledky závodů - Muži | | | | | | | |
|------------------------|-------------|-------------|----------|------------|------------|----------|----------------|
| Útok | | | | Štafeta | | | |
| Soutěžní tým | 1. Pokus | 2. Pokus | Umístění | 1. Štafeta | 2. Štafeta | Umístění | Celkové pořadí |
| SDH Studénka | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:37,96 | 00:28,55 | 10 | 3 |
| | P: 00:54,65 | P: 00:58,96 | | | | | |
| SDH Stikov | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:37,96 | 00:28,55 | 10 | 3 |
| | P: 00:54,65 | P: 00:58,96 | | | | | |
| SDH Přibyslav | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:37,96 | --:--:-- | 10 | 3 |
| | P: 00:54,65 | P: 00:58,96 | | | | | |
| SDH Vrchovina | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:37,96 | --:--:-- | 10 | 3 |
| | P: 00:54,65 | P: 00:58,96 | | | | | |



Tabulka 9 - Ukázka výsledkové listiny Ženy

| Výsledky závodů - Ženy | | | | | | | |
|------------------------|-------------|-------------|----------|------------|------------|----------|----------------|
| Útok | | | | Štafeta | | | |
| Soutěžní tým | 1. Pokus | 2. Pokus | Umístění | 1. Štafeta | 2. Štafeta | Umístění | Celkové pořadí |
| SDH Nová Paka | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:57,96 | 00:46,45 | 10 | 3 |
| | P: 00:59,38 | P: 00:42,96 | | | | | |
| SDH Studénka | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | 00:57,96 | 00:46,45 | 10 | 3 |
| | P: 00:59,38 | P: 00:42,96 | | | | | |
| SDH Přibyslav | L: 00:00,00 | L: 00:00,00 | 5 | --:--:-- | --:--:-- | 10 | 3 |
| | P: 00:59,38 | P: 00:42,96 | | | | | |

Pozn. - časy jsou pouze ukázkové generované v aplikaci



K - Obrázky časomíry



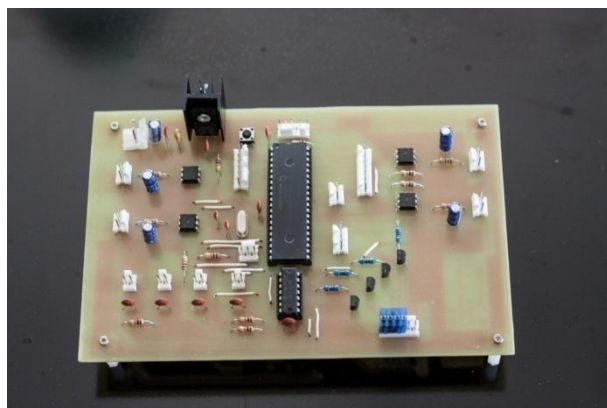
Obrázek 49 - Nástříkový terč (zadní pohled)



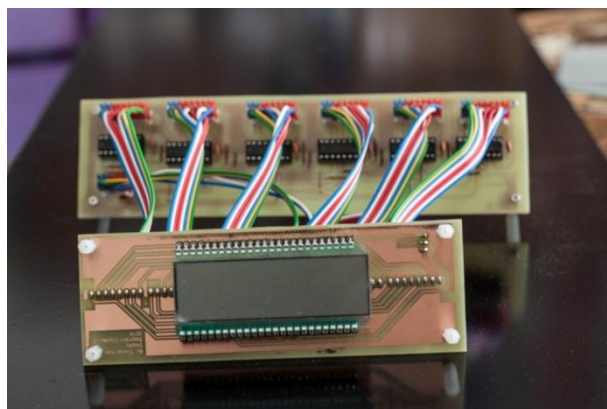
Obrázek 50 - Nástříkový terč (přední pohled)



Obrázek 51 - Box časomíry pro rozhodčí



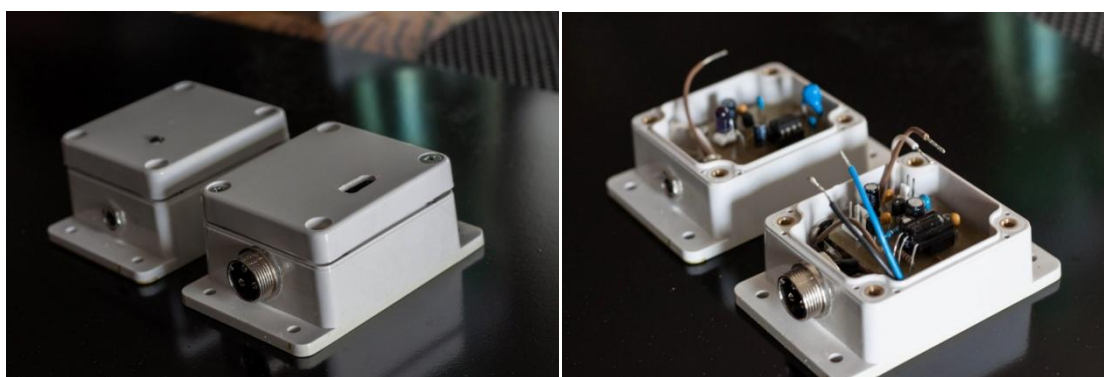
Obrázek 52 - Základní deska



Obrázek 53 - Digitální LCD s řadičem



Obrázek 54 - Zadní strana externího displaye



Obrázek 55 - Optická závora (vzadu vysílač, vpředu přijímač)



Obrázek 56 - Box pro uložení externího displaye

L - Obsah CD

Přiložené CD k Diplomové práci obsahuje:

- Složka *Text* - obsahuje elektronickou podobu diplomové práce
- Složka *Katalogové listy* - obsahuje katalogové listy všech součástek použitých při realizaci
- Složka *Tištěné spoje* - obsahuje všechny tištěné spoje v technologii THT i SMD, které byly vytvořeny
- Složka *Programy* - obsahuje ovládací programy pro procesory a aplikaci do PC
- Složka *CAD* - obsahuje výkresy boxů a nástřikových terčů