

Víceúčelové stopky s mikropočítačem

Multifunctional stopwatch

David Mališka

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David MALIŠKA**

Osobní číslo: **A09137**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Víceúčelové stopky s mikropočítačem**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte existující konstrukce a zpracujte literární rešerši na toto téma.
2. Navrhněte koncepci stopek, použitelných při různých sportovních aktivitách, s možností ovládání externími signály.
3. Navrhněte a realizujte prototyp stopek s využitím vhodného mikropočítače.
4. Vytvořte programové vybavení a ověřte celkovou funkci stopek.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
2. 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. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
3. JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka :. 2. vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
4. CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2005, 377 s. ISBN 05-960-0755-8.
5. HCS08 Microcontrollers. FREESCALE, Inc. Freescale [online]. 2011 [cit. 2012-01-17]. Dostupné z: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?code=8BITMCU>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh a realizace stopek použitelných při různých sportovních aktivitách s možností ovládání externími signály. Úvod teoretické části je zaměřen na historii měření času a seznámení se stopkami. Dále popisuje použitý mikropočítač HCS08 a vývojové prostředí CodeWarrior. Praktická část obsahuje návrh zapojení stopek pomocí programu EAGLE, programové vybavení a ověření funkčnosti. Součástí je i zhotovený funkční prototyp.

Klíčová slova: Freescale, HCS08, mikropočítač, stopky, CodeWarrior, EAGLE

ABSTRACT

The main aim of this bachelor thesis is the design and implementation of stopwatch applicable to different sports activities with external control signals. An introduction of the theoretical part is focused on the history of time measurement and identification of a stopwatch. Next part describes the microcontroller HCS08 which was used for this work and CodeWarrior development environment. The practical part describes the design of the stopwatch created in program EAGLE, the software for the stopwatch and the verification of its functionality. It also includes completed functional prototype.

Keywords: Freescale, HCS08, microcontroller, stopwatch, CodeWarrior, EAGLE

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D. za cenné rady, profesionální přístup a spolupráci při psaní této bakalářské práce. Dále děkuji rodině a přátelům za podporu v průběhu studia.

Motto:

„Čas není nic, a přece pro nás znamená tolik mnoho.“

Jan Werich

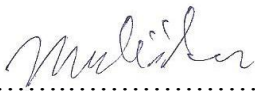
Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 6. 6. 2012


.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MĚŘENÍ ČASU.....	11
1.1 HISTORIE HODIN	11
1.2 HISTORIE STOPEK	13
1.3 SOUČASNÉ STOPKY	13
1.4 STOPKY PRO SPORTOVNÍ AKTIVITY	14
1.4.1 Stopky UNI (sériová výroba)	14
1.4.2 Hasičské stopky (amatérská konstrukce).....	15
2 MIKROPOČÍTAČE.....	17
2.1 MC9S08SH32CWL	17
2.1.1 Vlastnosti.....	18
2.1.2 Zapouzdření.....	18
2.1.3 Periferie	19
2.1.4 Mapa paměti.....	20
2.1.5 Programový model a CPU registry.....	21
2.2 PROGRAMOVÁNÍ MIKROPOČÍTAČE	22
2.2.1 Programovací jazyk C	22
2.2.2 CodeWarrior IDE	22
II PRAKTICKÁ ČÁST	23
3 ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ.....	24
3.1 POPIS ZÁKLADNÍCH SOUČÁSTEK	24
3.2 NÁVRH SCHÉMATU	27
3.2.1 Napájení	27
3.2.2 Mikropočítač, programátor a krystal	27
3.2.3 Ovládání externím signálem.....	29
3.2.4 Výstupy ovládané mikropočítačem	30
3.2.5 Ukládání časů	30
3.2.6 Displej	31
3.3 OSAZENÁ DPS	31
4 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ.....	33
4.1 OVLADAČ DISPLEJE	33
4.2 HLAVNÍ PROGRAM.....	34
5 OVĚŘENÍ ČINNOSTI.....	39
6 NÁVOD K OBSLUZE	41
POPIS JEDNOTLIVÝCH REŽIMŮ	41
ZÁVĚR	44

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	45
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK.....	51
SEZNAM PŘÍLOH.....	52

ÚVOD

Každý člověk vnímá čas pouze na základě zkušenosti. Naše tělo nemá žádný zvláštní orgán, kterým by měřil čas. Vnímání času je u nás lidí ovlivněno různými psychologickými a biologickými procesy. To znamená, že čas nám „letí“, pokud děláme něco příjemného, co nás baví. Na druhou stranu, když je nám něco nepříjemné, nebo se nudíme, tak se čas „vleče“. Z těchto a mnoha dalších důvodů se lidé již dávno snažili vynalézt přístroje na zaznamenávání času. S rostoucí dobou se navíc zvyšují požadavky na přesnost měření. V dnešní době si již nedokážeme ani představit každodenní život, bez prostředků k měření času.

Samotné stopky lze v dnešní době sestavit mnoha způsoby. Jedním z nejstarších způsobů je pomocí mechanických koleček, pružin apod. Modernějším způsobem je výroba stopek za pomoci integrovaných obvodů. Touto technikou se dá vytvořit poměrně jednoduchá konstrukce, která se však po zhotovení jen obtížně mění a slouží většinou k plnění jedné funkce. Nejrozsáhlejší metodou, co se týče množství funkcí a možnosti přidávání, popřípadě upravování funkcí je obvod řízený mikropočítačem.

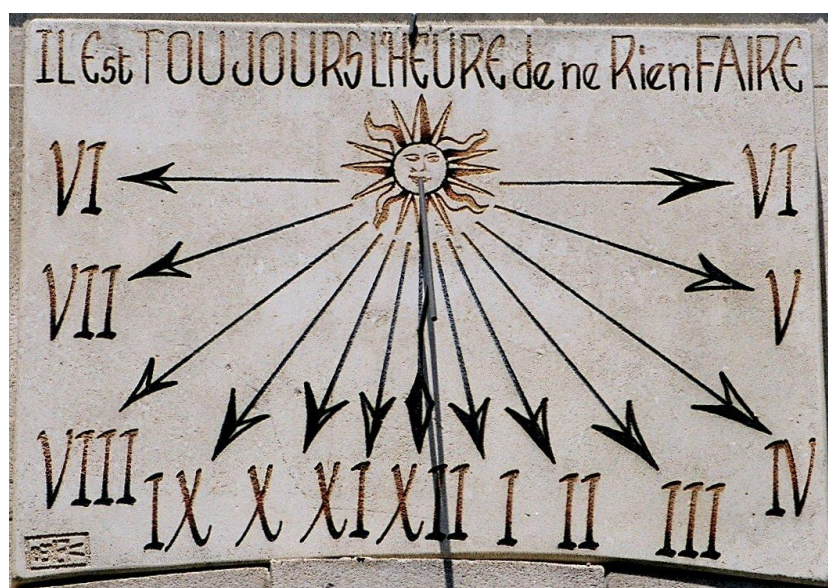
Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace stopek, použitelných při různých sportovních aktivitách, s možností ovládání externími signály. Stopky jsou přenosné zařízení, které může být mechanické, nebo napájeno baterií. K zobrazení měřených časů by mělo obsahovat zobrazovací prvek, například displej. Základní ovládání probíhá nejčastěji pomocí tlačítek.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MĚŘENÍ ČASU

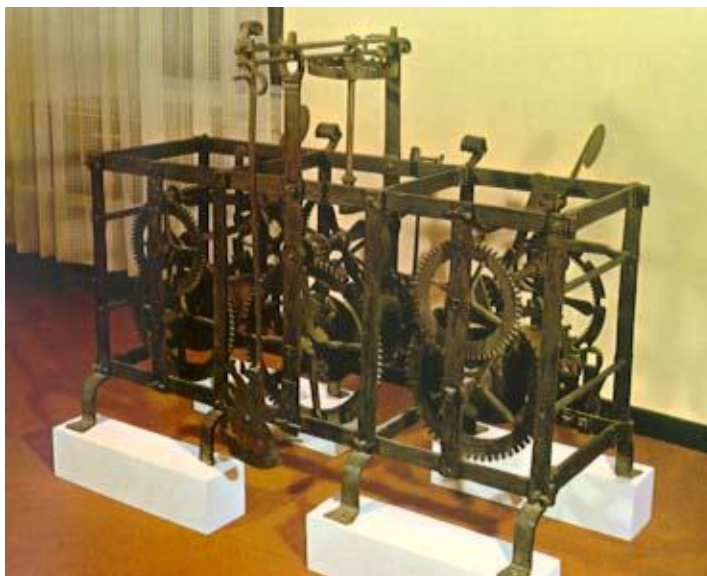
1.1 Historie hodin

Lidé již před Kristem používali měsíční kalendář – rok rozdělen na dvanáct měsíců po 30 dnech. Den měl dvanáct „dvouhodin“. Počátkem našeho kalendáře je první sluneční kalendář sestavený Egypťany. Měl 365 dnů, dvanáct měsíců po 30 dnech, k nimž se přidávalo pět přestupných dnů. Měření času probíhalo pomocí slunečních (stínových) hodin. [6]



Obrázek 1 Sluneční hodiny [17]

Od roku 239 před n. l. byl každý čtvrtý rok rozšířen ještě o jeden den. Tento kalendář se nazýval juliánský a jeho průměrná délka byla 365,25 dne, což způsobilo za 1300 let odchylku o 10 dnů. Různí vynálezci se pokoušeli vytvořit nové a nové hodiny. Po přelomu letopočtu to byly hodiny vodní, následovaly hodiny přesýpací, doutňákové, knotové a olejové. Zhruba v 10. století byly postaveny první mechanické hodiny, které byly poháněny kamennými závažími. Tento systém vydržel několik století, než konstruktéři sestrojili hodiny s kolečkovým strojkem. [6, 13]



Obrázek 2 Hodiny s kolečkovým strojkem [23]

V roce 1582 papež Gregorius změnil stávající kalendář na tzv. gregoriánský. Průměrná délka jednoho roku byla 365,2425 dne, takže chyba jednoho dne nastane za 3300 let. Kalendář však nebyl zaveden celosvětově. Záleželo na náboženském vyznání, místní kultuře a vstřícnosti obyvatel. V této době začaly technické vymoženosti, jako například natažené ocelové péro jako zdroj energie, které umožnilo výrobu menších přenosných hodin. [6, 13]

S rostoucím technickým pokrokem a rozšiřování dopravy bylo nutné zavést jednotný čas, tzv. železniční čas. Jedná se o čas místa, ležícího zhruba uprostřed železniční sítě. Např. v Belgii byl čas bruselský, v Dánsku kodaňský, ve Francii pařížský apod. Rozdíly mezi časy však způsobily potíže pro jízdní řády. Proto byl po washingtonské konferenci roku 1884 zaveden celosvětový čas, tzv. greenwichský. Vychází se od 0° poledníku greenwichského a tvoří jej 24 pásem po 15°, která se liší o 1 hodinu. [6, 9]

Hodinové strojky se stávaly složitějšími a roku 1929 byly vynalezeny křemíkem krystalu řízené hodiny, které dosahují chyby jedné sekundy za 10 let. Poté roku 1948 byly vynalezeny atomové hodiny, jejichž princip je založen na přirozených kmitech atomů. Nejpresnější hodiny na světě mají chybu jedné sekundy za 1,7 miliónu let. [12, 17]

1.2 Historie stopek

Za první stopky jsou považovány mechanické hodiny, které se daly jedním tlačítkem spustit a zastavit. Byly vynalezené v 19. století a postupem času se zdokonalovaly, když byla přidána například ručička zobrazující zlomky sekundy, nebo stopky dovolovaly pozastavit pro odečtení času a poté pokračovat v měření.



Obrázek 3 Mechanické stopky [3]

Velký přelom nastal v 80. letech dvacátého století, kdy byly vynalezeny elektronické stopky. Jejich výhodou je velká přesnost, díky odečítání digitálních čísel. Dále je můžeme propojit s externími čidly a počítačem. [20]

1.3 Současné stopky

V dnešní době mají stopky různou přesnost (počet desetinných míst), dobu, po kterou mohou stopky běžet, velikost displeje (počet řádků), hmotnost, rozměry a funkce. Mezi základní funkce digitálních stopek patří start, stop a reset. Většina digitálních stopek pak má i funkce přidání, rozdělení nebo kola. Další důležitou funkcí stopek je velikost paměti (počet časů, které si stopky zapamatují). V nastavení většiny stopek si také můžeme vybrat, zda budou zobrazovat čas ve stupnici dvanácti hodinové nebo dvaceti čtyř hodinové. Jako doplněk stopky zobrazují i datum. [20]



Obrázek 4 Současné stopky [1]

1.4 Stopky pro sportovní aktivity

1.4.1 Stopky UNI (sériová výroba)

Stopky UNI mají šestimístný displej zobrazující dvě místa pro minuty, dvě pro sekundy a dvě pro desetiny sekundy (MM:SS,99). Mohou pracovat v několika režimech (vzestupné, sestupné, s předvolbou, s automatickým nulováním) a mohou být řízeny jak z ovladače, tak i z externích čidel (optické závory, spínače). Dále mohou být doplněny o zvukový signál (většinou houkačka z alarmu) a o sériový kanál, kterým mohou řídit další displeje, nebo posílat data do PC. [21]

Chod stopek je řízen mikroprocesorem, časová základna je tvořena krystalovým oscilátorem. Přesnost chodu s odchylkou 90 sekund za rok při teplotě okolí 20 °C. Funkce START, STOP, MEZIČAS. Stopky jsou umístěny do kovové krabičky a jsou určeny do venkovního prostředí. Zobrazení naměřeného času obstarávají nejčastěji LED bodové displeje. Jedná se o číslovku poskládanou ze samostatných svítivých diod: červené nebo žluté. Tyto bodové LED displeje mohou být jednořadé nebo dvouřadé. Čísla jsou dobře

čitelná i na přímém denním světle (příklad: Jackpoty u heren). Na čelní straně stopek je plexisklo. [21]

Stopky lze napájet buď z napáječe s bezpečným napětím, nebo z externího akumulátoru 24 V. Ovladač je umístěn v kovové krabici a má 4 tlačítka, kterými lze plně ovládat chod stopek. Další možností ovládání je jednou nebo dvěma optickými závorami - START, CÍL. Na jedné straně dráhy je stojan s čidly, na druhé straně je stojan s odrazkami. Maximální šířka měřené dráhy je 2 m. Každá závora má jedno čidlo, popřípadě lze připojit závory s více snímacími prvky, např. se třemi paprsky pro závody psů (každá závora má tři čidla v různých výškách nad sebou – rozdílná velikost psů). Prodejní cena 18 000 Kč. [21]



Obrázek 5 Stopky UNI a optická závora [21]

1.4.2 Hasičské stopky (amatérská konstrukce)

Základní vlastnosti:

- měření času na šestimístném displeji minuty:sekundy:setiny (99:59:99)
- možnost uložení až 5 mezičasů + 2 koncové
- ukončení měření na 2 koncové spínače (terče)
- možnost po skončení měření listovat jednotlivé naměřené časy
- odesílání měřených časů do PC
- obsluha jedním tlačítkem
- napájení 7-24 V AC/DC, proud 100 mA

Hasičské stopky se aktivují připojením napájecího napětí. Pokud je vše v pořádku, proběhne inicializace zařízení a zobrazí se nuly (00:00:00). Současně jsou otestovány koncové snímače v terčích, zda jsou připraveny ke startu. Pokud jsou snímače v terčích v pořádku, je to signalizováno svitem červených LED diod před displejem. [18]

Spuštění měření se provede tlačítkem START. Rozběhne se čas na stopkách a zhasnou LED diody signalizující dosažení koncových snímačů na terčích. Pokud v průběhu měření dojde k dalšímu stisku tlačítka START, uloží se mezičas. Stopky se zastaví až v okamžiku, kdy jsou dosaženy oba snímače v terčích. V tento moment se čas zastaví a krátce problikne displej (proběhne odeslání časů do PC). Následně je možno krátkým stiskem tlačítka START listovat jednotlivé mezičasy, jež byly v průběhu měření uloženy. Reset zařízení se provede stiskem tlačítkem START po dobu cca 3 sekund. Celková cena součástek potřebných k výrobě je 2 600 Kč. [18]



Obrázek 6 Hasičské stopky [18]

2 MIKROPOČÍTAČE

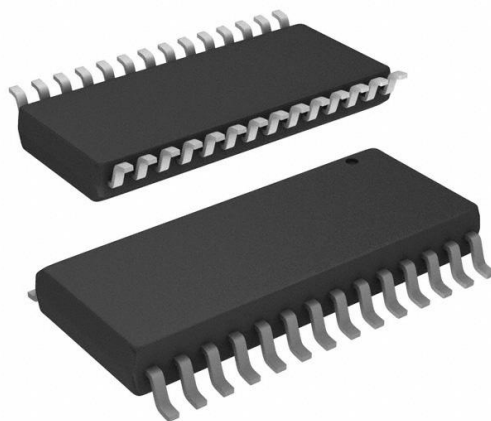
Pokrok v technologii integrovaných obvodů umožnil zmenšení rozměrů a obsažení více funkcí do jednoho integrovaného obvodu VLSI (generace výroby polovodičových čipů, která určuje míru integrace prvků na jednom čipu). Vznikl tak pojem jednočipový mikropočítač, anglicky „microcontroller“.

Mikropočítač se skládá ze tří bloků:

- vstupního/výstupního bloku, umožňující mikropočítači komunikovat s okolím
- operační paměti (hlavní paměti), v níž se uchovávají data a instrukce
- mikroprocesoru, provádějícího hlavní výpočetní operace [19]

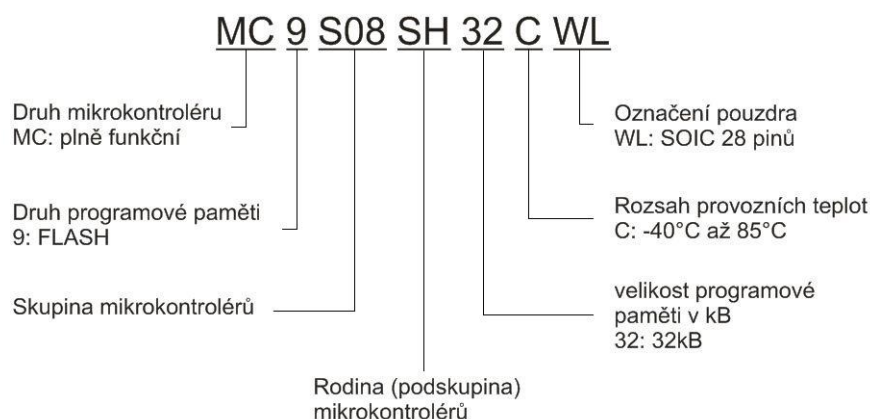
Počítače pronikly do všech oblastí života a jsou součástí měřicích přístrojů, vozidel, audiovizuálních přístrojů, mobilních telefonů, atd. Počítače v těchto aplikacích jsou v anglické literatuře označovány jako „embedded computers“, v českém překladu zabudované, nebo vložené počítače. [16]

2.1 MC9S08SH32CWL



Obrázek 7 MC9S08SH32CWL [10]

Mikropočítač MC9S08SH32CWL je členem cenově dostupné, výkonné rodiny 8-bitových mikrokontrolérů HCS08. Výrobce Freescale Semiconductor používá inteligentní systém označení.



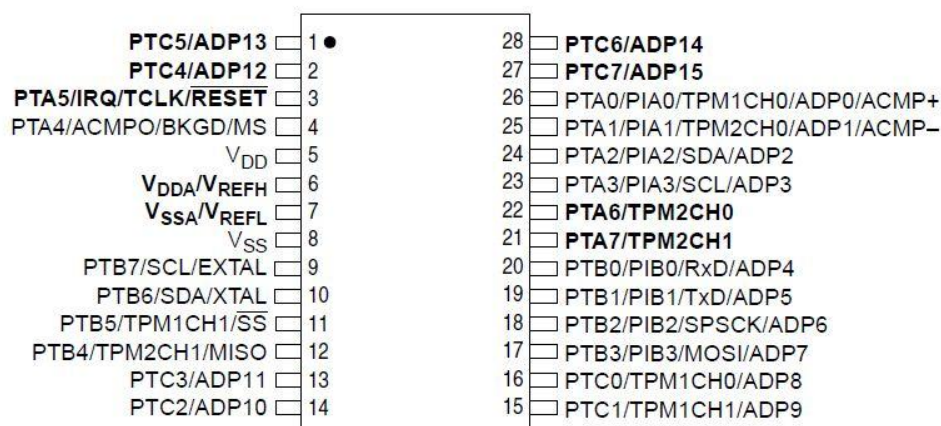
Obrázek 8 Označení mikropočítače [10]

2.1.1 Vlastnosti

Mikropočítač MC9S08SH32CWL je napájen napětím 5 V. Frekvence jádra je 40 MHz, při maximální rychlosti sběrnice 20 MHz. Zdrojem hodinového signálu může být vnitřní zdroj o frekvenci od 2 MHz do 20 MHz, nebo externí krystal o frekvenci 31,25 kHz až 38,4 kHz popřípadě od 1 MHz do 16 MHz. Mikropočítač je vybaven pamětí RAM o velikosti 1 kilobyte a FLASH pamětí (32 kilobytů). [10]

2.1.2 Zapouzdření

Mikropočítač MC9S08SH32CWL je vyroben ve 28-pinovém provedení v pouzdře SOIC.

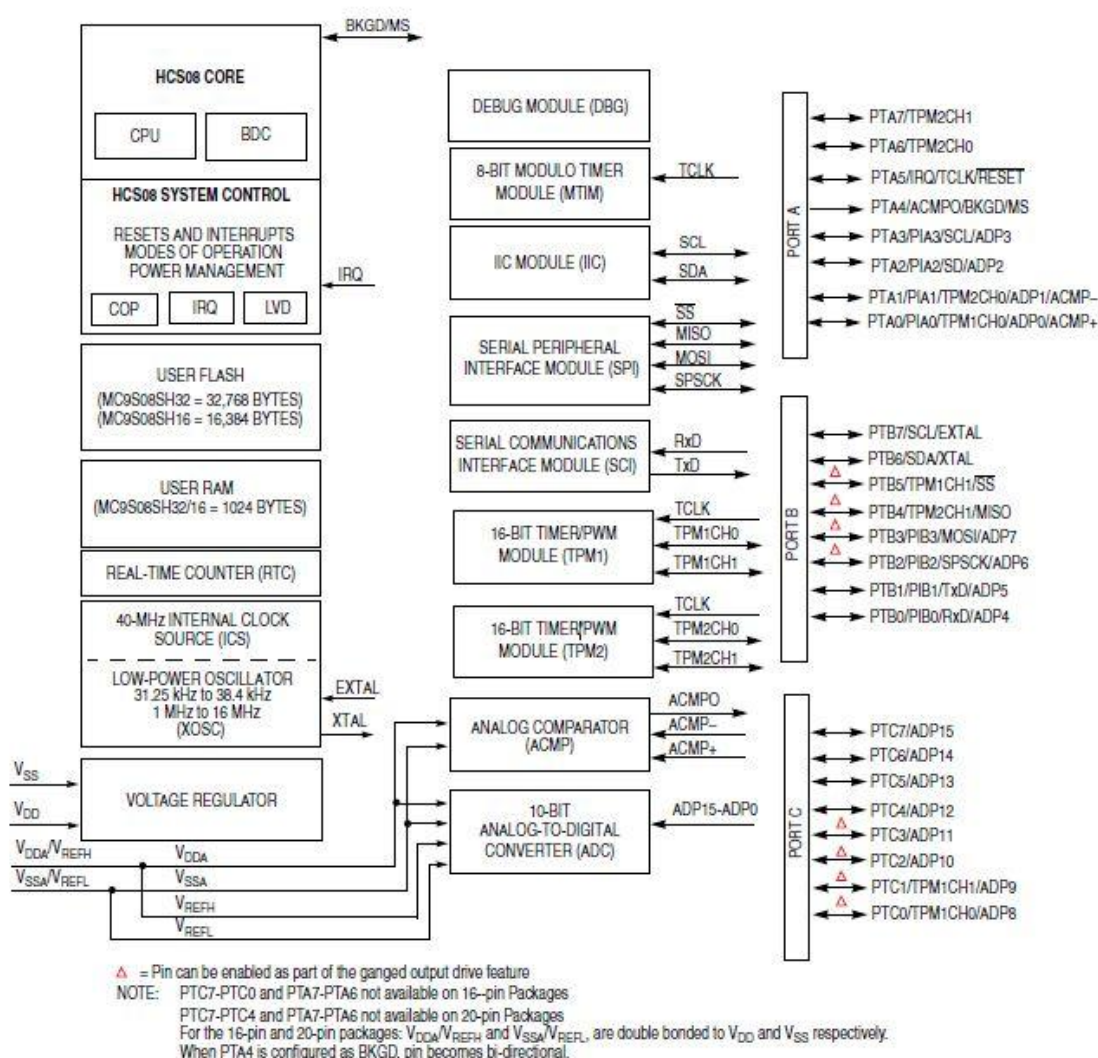


Obrázek 9 Pouzdro SOIC 28 pinů [10]

2.1.3 Periferie

Mikropočítač disponuje 16-ti kanálovým A/D převodníkem s 10-ti bitovým rozlišením, doba převodu je 2,5 μ s. Dále obsahuje dva kanály pro PMW modulaci a 8 bitový čítač s 8 bitovou děličkou pro přerušení. Rozhraní IIC umožňuje přenos až 100 kbps při maximálním zatížení sběrnice. Komunikace může probíhat přes dvě plně duplexní sériové linky. Mikropočítač dále disponuje 8 bitovým real time čítačem s možností napojení na externí zdroj signálu a také nízko-spotřebním režimem oscilátoru (1 kHz) pro cyklické buzení. [10]

Blokové schéma série mikropočítačů MC9S08SH32:

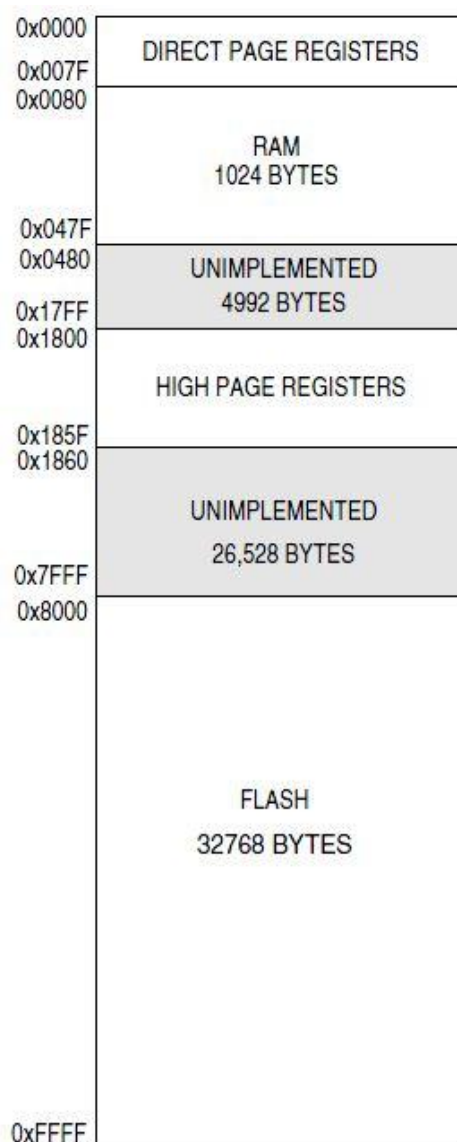


Obrázek 10 Blokové schéma série mikropočítačů MC9S08SH32 [10]

2.1.4 Mapa paměti

Paměť mikropočítače tvoří RAM, FLASH paměť programu pro permanentní ukládání dat, I/O a kontrolní a stavové registry. Tyto registry jsou rozděleny do tří skupin:

- direct-page registers (0x0000 through 0x007F)
- digh-page registers (0x1800 through 0x185F)
- nonvolatile registers (0xFFB0 through 0xFFBF) [10]

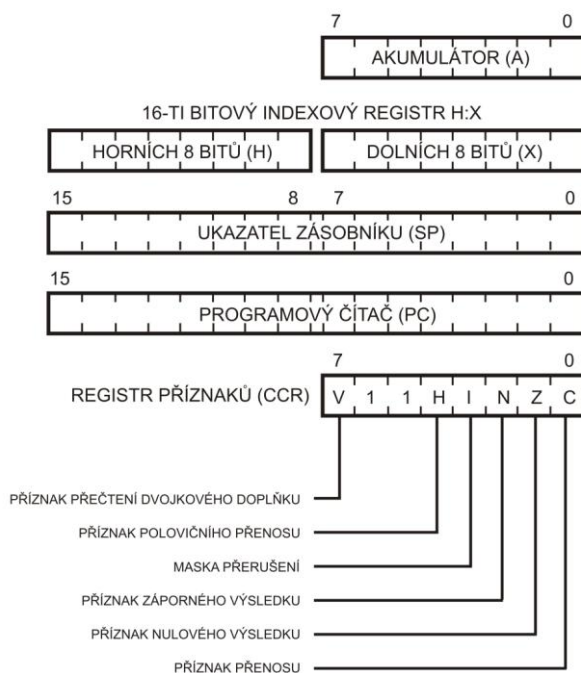


Obrázek 11 Paměťová mapa MC9S08SH32 [10]

2.1.5 Programový model a CPU registry

Programový model MC9S08SH32 tvoří osmibitový akumulátor A, který je připojen k ALU a slouží například pro binární a aritmetické operace. Dále je zde indexový registr H:X, o velikosti 16 bitů, s možností používání jako dva samostatné registry, kvůli zachování kompatibility se staršími mikropočítači. Další dva šestnáctibitové registry jsou ukazatel zásobníku SP, pracující na principu LIFO a programový čítač PC, obsahující adresu příští instrukce, nebo operandu. Posledním registrem je osmibitový registr příznaků CCR:

- 7. bit – příznak přetečení dvojkového doplňku
- 6. a 5. bit – vždy logická 1
- 4. bit – příznak polovičního přenosu
- 3. bit – maska přerušení
- 2. bit – příznak záporného výsledku
- 1. bit – příznak nulového výsledku
- 0. bit – příznak přenosu [10]



Obrázek 12 CPU registry [10]

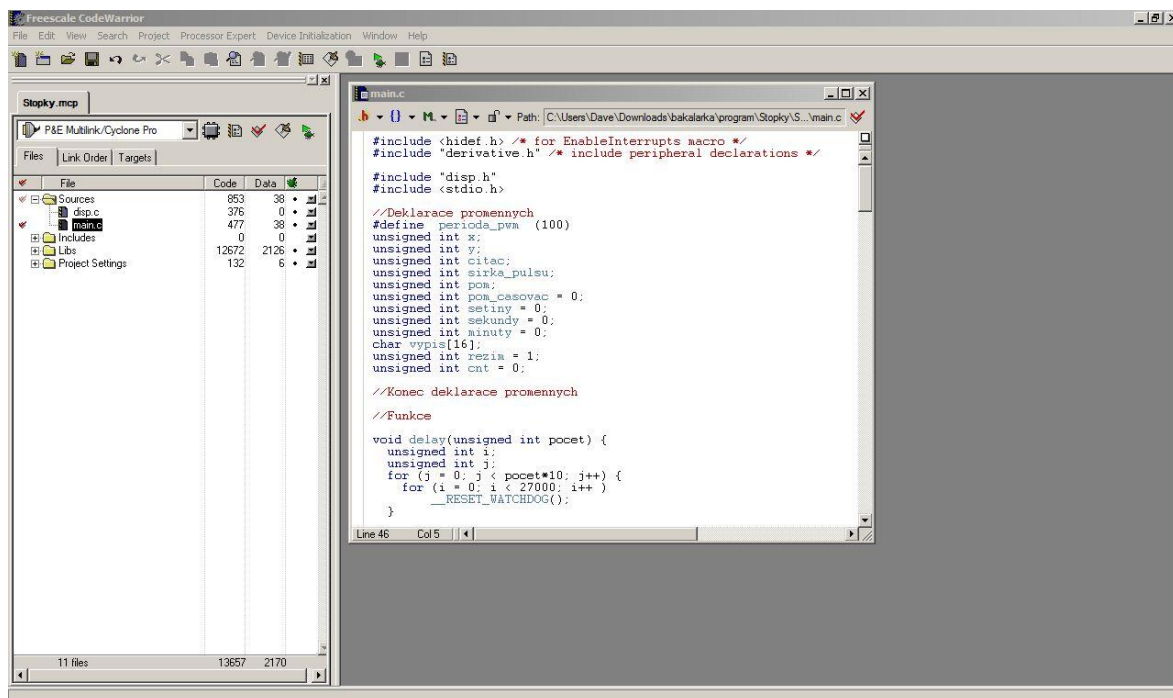
2.2 Programování mikropočítače

2.2.1 Programovací jazyk C

Jazyk C je vyšší programovací jazyk strukturovaný do přehledných bloků. Hlavním blokem, jemuž jsou všechny ostatní podřízeny, je označován jako funkce. U mikrokontrolérů se před vyvoláním programu spouští startup modul (napsaný většinou v assembleru), který inicializuje různé druhy registrů mikrokontroléru, oblastí paměti, ukazatel zásobníku a vektorů přerušení. Poté začíná běh programu funkcí s názvem main(). [14]

2.2.2 CodeWarrior IDE

Vývojové prostředí CodeWarrior IDE od firmy Freescale Semiconductor je určeno pro programování mikropočítačů ColdFire®, ColdFire+, DSC, Kinetis, Qorivva, PX, RS08 a S08. Je zaměřeno na programovací jazyky assembler, C a C++. Součástí je i debugger, který umožňuje spustit, pozastavit nebo krokovat program, nahráný v paměti mikropočítače. [7]



Obrázek 13 Ukázka vývojového prostředí CodeWarrior IDE

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 ELEKTRONICKÉ ZAPOJENÍ

3.1 Popis základních součástek

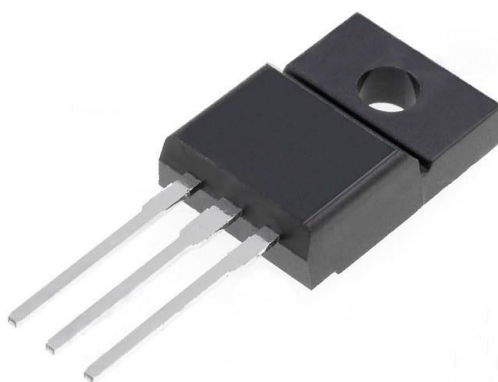
Celkový seznam součástek je obsažen v příloze P I.

Mikropočítač MC9S08SH32

Hlavním ovládacím prvkem stopek vyráběných v této bakalářské práci je 8-bitový mikropočítač uložený ve 28-pinovém pouzdře SOIC, napájený 5 V.

Stabilizátor KIA7805AP

Stabilizátor v celoplastovém pouzdře, s možností připojení chladiče a stabilizačním napětím 5 V.



Obrázek 14 Stabilizátor KIA7805AP [8]

Krystal TC38

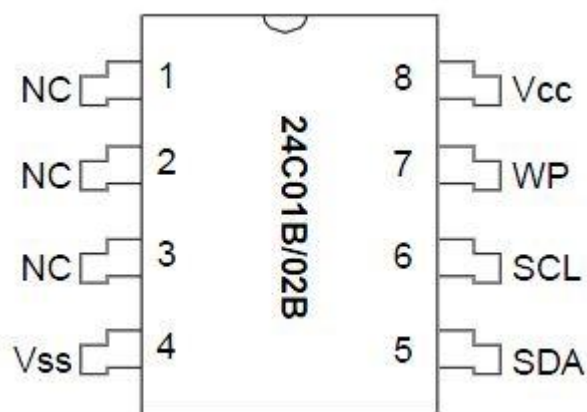
Krystal s frekvencí 32 768 kHz v teplotním rozsahu od -10 °C do +60 °C.



Obrázek 15 Krystal TC38 [8]

Paměť EEPROM 24CO2B

Elektronicky vymazatelná PROM paměť, napájená 5 V s nízkou spotřebou. EEPROM o velikosti 2 kB je uložena v 8-bitovém pouzdře SOIC a v navržených stopkách se počítá s jejím využitím pro ukládání naměřených časů a jejich pozdějším zobrazení.



Obrázek 16 EEPROM 24CO2B pouzdře SOIC 8 pinů [2]

Popis jednotlivých pinů paměti je uveden v tabulce.

Tabulka 1 Popis pinů paměti EEPROM 24CO2B

Číslo pinu	Název	Popis
1	NC	Nezapojeno.
2	NC	Nezapojeno.
3	NC	Nezapojeno.
4	V _{ss}	Napájení V _{ss} = 0.
5	SDA	Sériová adresa/data vstup/data výstup.
6	SCL	Sériové hodiny.
7	WP	Ochrana proti zápisu.
8	V _{CC}	Napájení V _{CC} = 5V.

Displej EL1602A

LCD displej 2x16 znaků s LED podsvícením a řadičem HD44780. Displej umožňuje programování vlastních znaků o rozměrech 5x8 bodů. Napájecí napětí v rozmezí: -0,3 V až +5,5 V. Popis jednotlivých pinů displeje je popsán v tabulce.

Tabulka 2 Popis pinů displeje EL1602A

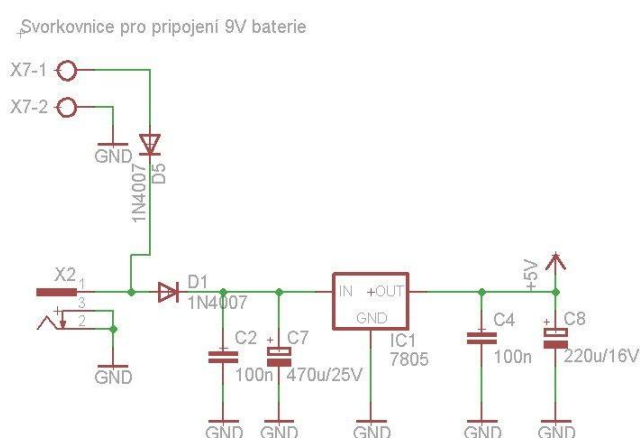
Číslo pinu	Název	Popis
1	V_{SS}	Napájení $V_{SS} = 0$.
2	V_{DD}	Napájení $V_{DD} > V_{SS}$.
3	V_O	Napájecí napětí pro LCD.
4	RS	Registrace výběru vstupu (High – data, Low – instrukce).
5	R/W	Čtení/zápis (High – čtené, Low – zápis).
6	E	Potvrzovací signál, pro čtení/zápis.
7	DB0	Oblast dolních čtyř bitů datové sběrnice. Slouží ke komunikaci mezi mikropočítačem a displejem. Nepoužívá se při 4-bitové komunikaci.
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	Oblast horních čtyř bitů datové sběrnice. Slouží ke komunikaci mezi mikropočítačem a displejem.
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	A	Napájení pro LED podsvícení (+).
16	K	Napájení pro LED podsvícení (-).

3.2 Návrh schématu

Kreslení schématu je provedeno v programu EAGLE verze 5.11.0. Celkové schéma stopek je obsaženo v příloze P II.

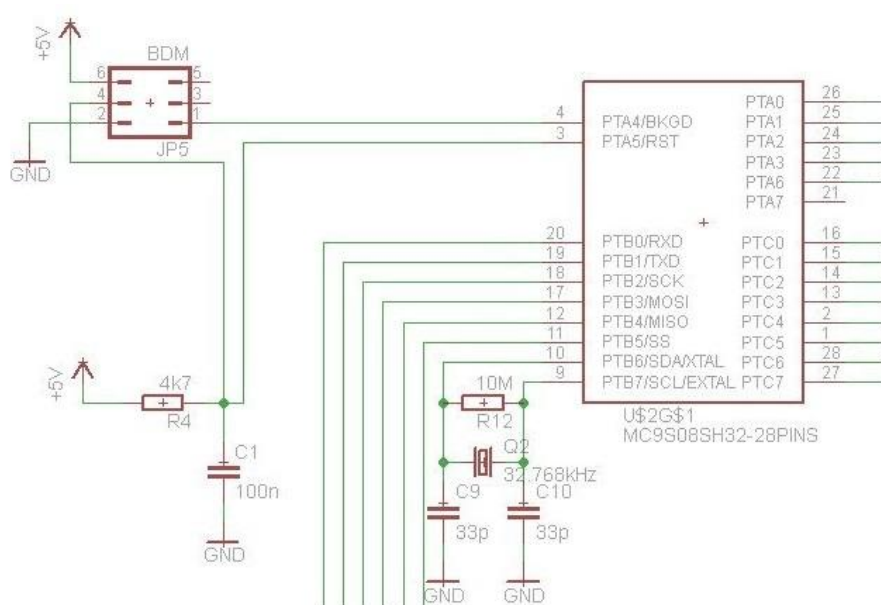
3.2.1 Napájení

Celé zařízení lze napájet pomocí 9 V baterie, připojené přes svorkovnici AK500/2, nebo 9 V zdrojem, připojeným souosým konektorem DCI o průměru 5,5 mm.



Obrázek 17 Schéma napájení stopek

3.2.2 Mikropočítač, programátor a krystal



Obrázek 18 Schéma zapojení mikropočítače

Na stopkách je vyvedena šestice pinů, ke kterým se připojuje BDM konektor programátoru. S mikropočítačem je propojen pomocí pinů PTA4 a PTA5. K pinům PTB6 a PTB7 je připojen krystal. Celkový souhrn zapojení pinů mikropočítače je zobrazen v tabulce.

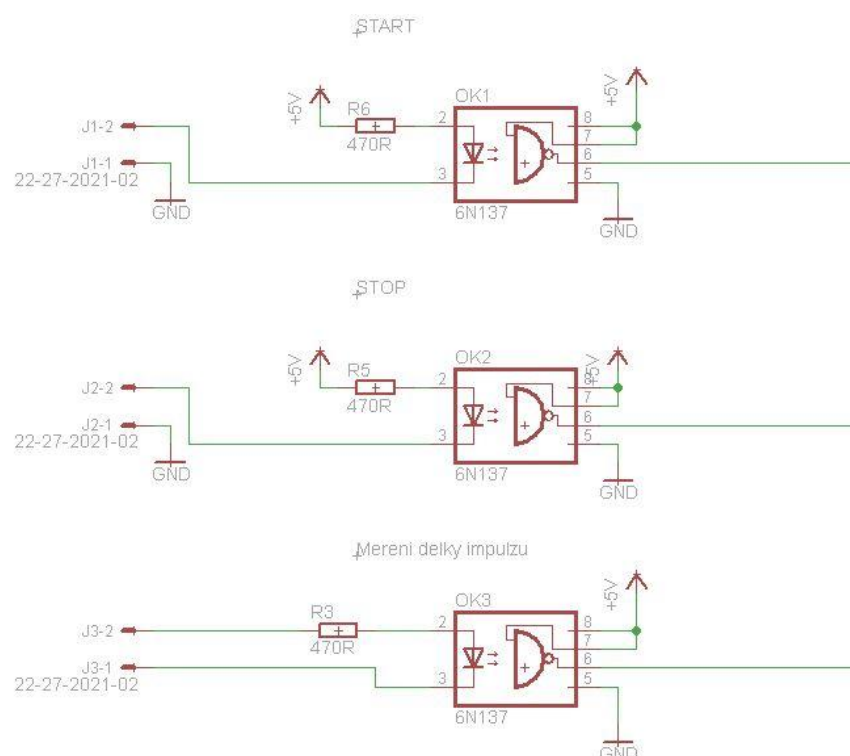
Tabulka 3 Propojení pinů mikropočítače

Číslo pinu	Primární označení	Propojení na desce
1	PTC5	RS pin displeje.
2	PTC4	E pin displeje.
3	PTA5	Reset pin BDM konektoru.
4	PTA4	BGND pin BDM konektoru.
5	VDD	Napájení 5V.
6	VDDA	Napájení 5V.
7	VSSA	Napájení 0V.
8	VSS	Napájení 0V.
9	PTB7	Krystal.
10	PTB6	Krystal.
11	PTB5	Zvuková signalizace.
12	PTB4	Podsvícení displeje.
13	PTC3	DB7 pin displeje.
14	PTC2	DB6 pin displeje.
15	PTC1	DB5 pin displeje.
16	PTC0	DB4 pin displeje.
17	PTB3	Tlačítko 4.
18	PTB2	Tlačítko 3.
19	PTB1	Tlačítko 2.
20	PTB0	Tlačítko 1.

21	PTA7	Nezapojen.
22	PTA6	Externí měření délky impulsu.
23	PTA3	SCL pin paměti EEPROM.
24	PTA2	SDA pin paměti EEPROM.
25	PTA1	Externí start.
26	PTA0	Externí stop.
27	PTC7	Výstup 1.
28	PTC6	Výstup 2.

3.2.3 Ovládání externím signálem

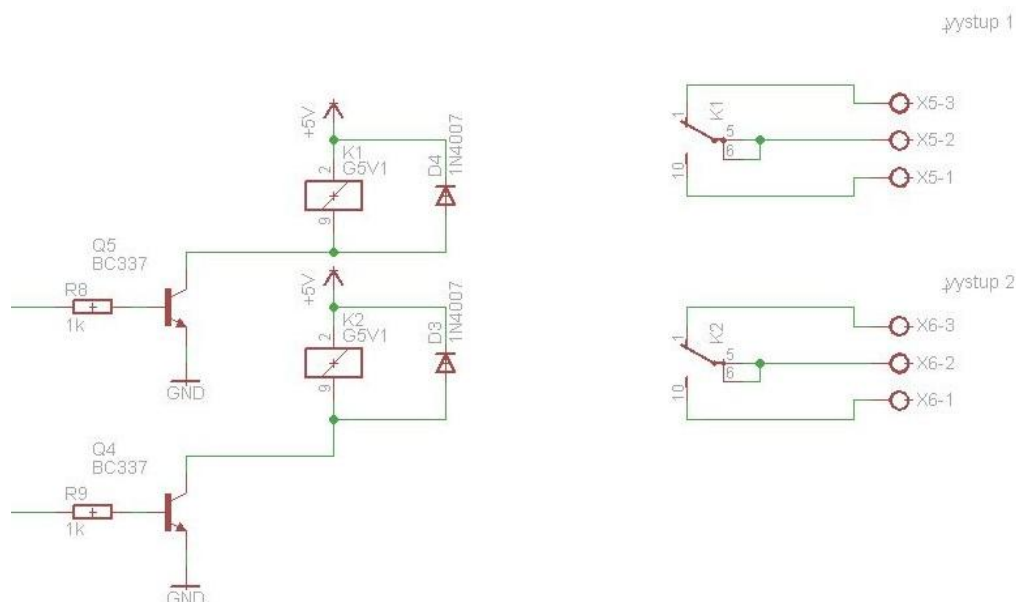
Měření času lze ovládat externími signály. Pomocí tří konektorů lze externím signálem spouštět měření času, zastavovat měření času, nebo měřit délku vysílaného signálu. Tyto externí signály jsou od mikropočítače galvanicky odděleny optočlenem 6N137.



Obrázek 19 Schéma ovládání externím signálem

3.2.4 Výstupy ovládané mikropočítačem

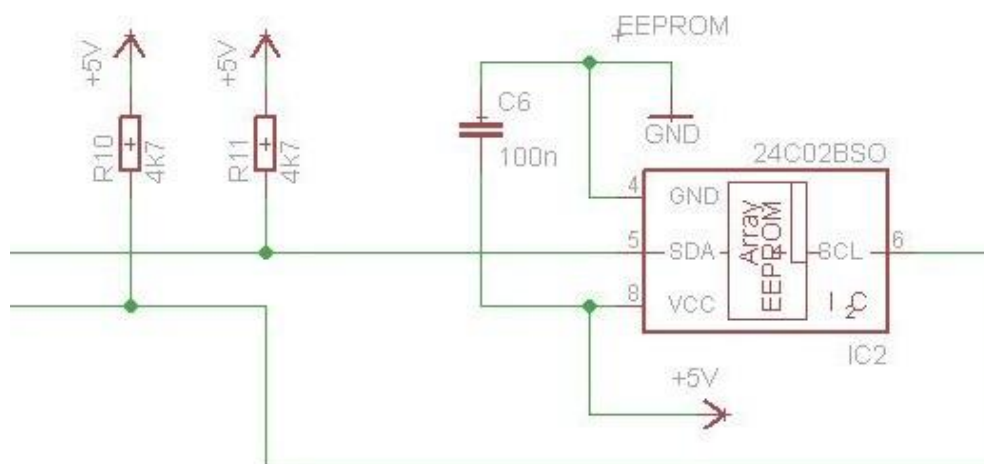
Piny mikropočítače PTC6 a PTC7 jsou spojeny s bipolárními tranzistory NPN, které jsou připojeny k elektromagnetickým relé G5V1 s DC cívkou. Relé přepíná dva výstupy, které mohou sloužit pro připojení externích zařízení (např. zvuková, nebo světelná signalizace).



Obrázek 20 Schéma dvou výstupů

3.2.5 Ukládání časů

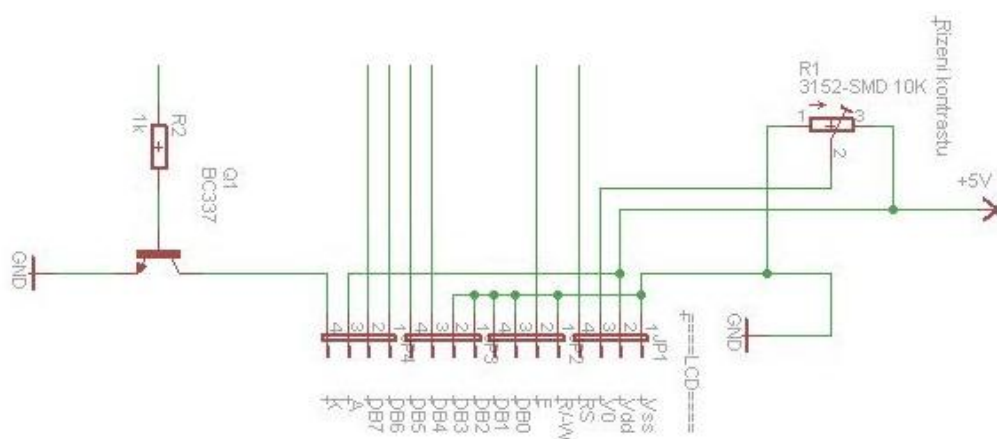
K ukládání časů, popřípadě mezičasů měření slouží sériová EEPROM o velikosti 2 kB.



Obrázek 21 Schéma zapojení EEPROM

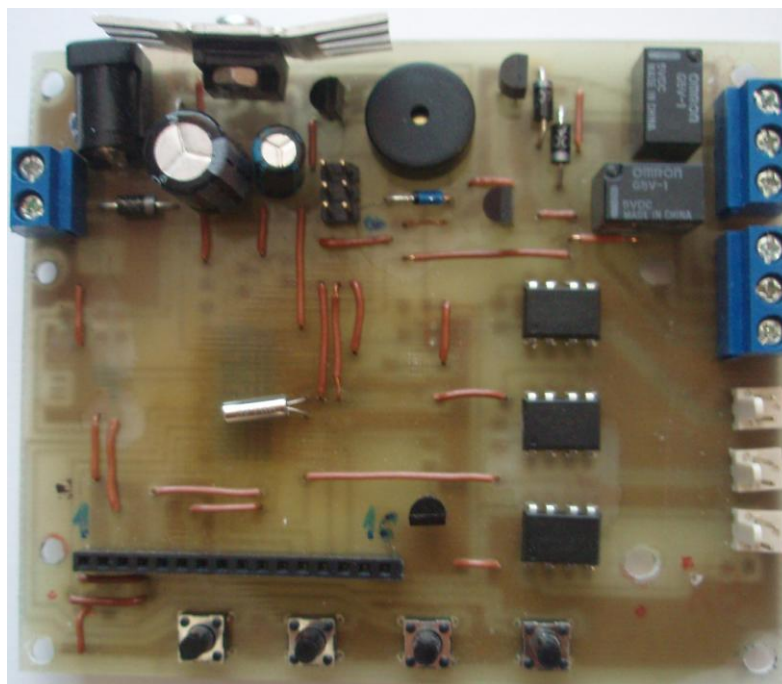
3.2.6 Displej

Hlavním výstupem z mikropočítače je dvouřádkový displej. S počítačem jsou spojeny piny DB4-DB7 pro 4-bitovou komunikaci, dále piny RS a E. Řízení podsvícení probíhá z pinu mikropočítače PTB4 a je zapojeno přes bipolární tranzistor NPN. Ovládání kontrastu je manuální přes trimr.

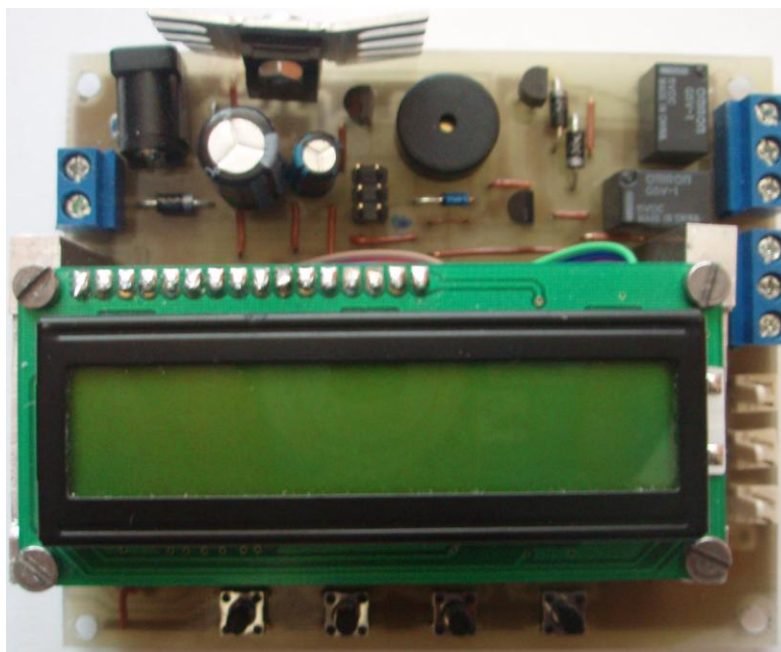


Obrázek 22 Schéma zapojení displeje

3.3 Osazená DPS



Obrázek 23 Osazená deska bez displeje



Obrázek 24 Osazená deska s displejem

Pro ochranu DPS a jednotlivých součástek byl vyroben ochranný kryt z plexiskla o tloušťce 2,5 mm se stříbrným nátěrem. S nasazeným krytem lze ke stopkám připojit zařízení ovládající externí signály, přístroje ovládané výstupem ze stopek a oba typy napájení. Připojení programátoru je možné pouze se sejmutým ochranným krytem. Deska DPS je uchycena pomocí 4 šroubů.



Obrázek 25 Hotové stopky s ochranným krytem

4 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

4.1 Ovladač displeje

Ovladač displeje je uložen v souboru disp.c.

Funkce dinit()

Před inicializací a spuštěním displeje je nutné počkat cca 15 ms až 100 ms po zapnutí napájení, aby byl displej připraven přijímat příkazy. Poté je třeba nastavit port C mikropočítače tak, aby se dal displej ovládat:

```
//Logické 0 na výstupu
```

```
PTCD &= 0b11000000;
```

```
//Vypnutí pull-up rezistorů
```

```
PTCPE &= 0b00111111;
```

```
//Nastavení pinů jako výstupy
```

```
PTCDD |= 0b00111111;
```

Dalším krokem je nastavení 4-bitové komunikace, pomocí opětovného zápisu logické 1 na piny DB3 a DB4. Po tomto kroku je displej připraven přijímat data pomocí funkce `write_cmd()`:

```
//Nastavení počtu řádků displeje na 2, velikost fontu 5x8 bodů, 4-bitová komunikace
```

```
write_cmd(0x28);
```

```
//Po zápisu znaku posouvat kurzor doprava
```

```
write_cmd(0x06);
```

```
//Zapnutí displeje, vypnutí zobrazení kurzoru, vypnutí blikání kurzoru
```

```
write_cmd(0x0C);
```

```
//Smazání displeje, nastavení kurzoru na počáteční pozici
```

```
write_cmd(0x01);
```

Funkce dcls()

Smazání displeje a nastavení kurzoru na počáteční pozici probíhá zápisem příkazu `write_cmd(0x01)`.

Funkce dtext(const char* text)

Výpis libovolného textového řetězce předávaného v proměnné `text`. Postupně se vypisují jednotlivé znaky pomocí funkce `write_data(*text)`.

Funkce setcursor(char line, char column)

Nastavení kurzoru na požadovanou pozici. V proměnné `line` se předává hodnota řádku, v `column` hodnota sloupce.

Dalšími funkcemi ovladače displeje jsou `write_data(char data)` pro výpis na displej, `write_cmd(char cmd)` pro zápis příkazu displeje a čekací smyčky, zajišťující potřebnou dobu pro vykonání funkcí displeje.

4.2 Hlavní program

Hlavní program je uložen v souboru `main.c`.

Přehled hlavních proměnných

Proměnné typu `unsigned int`:

- `setiny` – počítadlo setin
- `sekundy` – počítadlo sekund
- `minuty` – počítadlo minut
- `run` – stav stopky (0 – stopky jsou zastaveny, 1 – stopky běží)
- `zmena` – pomocná proměnná, indikující kdy se má celý display smazat (0 – nemazat displej, 1 – smazat displej)
- `rezim` – informace, ve kterém se nachází stopky režimu (1 – režim 1, 2 – režim 2, 3 – režim 3, 4 – režim 4)
- `mezicas` – pořadí uloženého mezičasu (0 – žádný mezičas)

- nastavení – informace zda jsou stopky v režimu nastavení, popřípadě ve kterém nastavení (0 – běžný režim, 1 – režim nastavení 1, 2 – režim nastavení 2 atd.)
- podsvícení – intenzita podsvícení udávaná v %
- zvuky – zvuk při stisku tlačítek (0 – zvuky vypnuty, 1 – zvuky zapnuty)

Proměnné typu int:

- ext_start – povolení/zakázání spuštění stopování času externím signálem (1 – externí start povolen, 0 – externí start zakázán)
- ext_stop – povolení/zakázání zastavení stopování času externím signálem (1 – externí stop povolen, 0 – externí stop zakázán)
- ext_reset – povolení/zakázání restartu externím signálem (1 – externí reset povolen, 0 – externí reset zakázán)
- ext_mezicas – povolení/zakázání mezičasu externím signálem (1 – externí mezičas povolen, 0 – externí mezičas zakázán)
- vystup1 – povolení/zakázání prvního výstupu (1 – první výstup povolen, 0 – první výstup zakázán)
- vystup2 – povolení/zakázání druhého výstupu (1 – druhý výstup povolen, 0 – druhý výstup zakázán)

Proměnná typu char:

- vypis[17] – pomocná proměnná pro převod čísla na posloupnost zobrazitelných znaků na displeji. Maximální délka je omezena na 16 (délka řádků displeje) plus ukončovací znak „/0“

Funkce main()

Inicializace programu začíná nastavením registrů portů A, B a C. Jako vstupy jsou definovány pozice 0, 1 a 6 portu A (zde jsou připojeno ovládání externími signály) a pozice 0 až 3 portu B (připojení ovládacích tlačítek). Pro tyto pin je nutné zapnout pomocné pull-up rezistory. Jako výstupy jsou definovány na portu B pozice 4 (poosvětlení displeje), 5 (zvuková signalizace) a na portu C pozice 6 a 7 (ovládání výstupů). Zbytek portů je nastaven následnou inicializací displeje funkcí dinit().

Dalším krokem je nastavení registrů:

- ICS1 a ICS2 – nastavení časování z externího krystalu
- PTBxx – přerušení při zmáčknutí tlačítka
- PTAXx – přerušení externím signálem
- TPM1xx – hardwarové přerušení pro pískot bzučáku
- TPM2xx – hardwarové přerušení pro podsvícení displeje a časovač pro stopování času

Na závěr inicializace je nutné provést příkaz `EnableInterrupts` pro povolení přerušení. Po ukončení této fáze pracuje program opakovaně v nekonečném for cyklu. Tento cyklus obstarává výpis dat na displej v přehledné formě pro uživatele. Nejprve je testována podmínka, zda byla indikována velká změna (např. přechod mezi režimy). V případě, že ano, smaže se celý displej. Následuje podmínka pro zvuk tlačítek. Pokud je zvuk tlačítek povolen, nastaví se registr `TPM1C1V` na hodnotu 100 a hardwarová modulace se postará o vydávání zvukového signálu po dobu jedné otočky for cyklu. Poté je hodnota registru `TPM1C1V` přepsána na 2000 a zvukový signál není vydáván.

Následuje větvení programu, dle zvoleného režimu a případného nastavení. Příklad pro režim 1, kdy se má vypsát čas a mezičas:

```
//Podmínka větvení
```

```
if(rezim == 1 && nastaveni == 0) {
```

```
    setcursor(1,0);                //Nastavení kurzoru na počáteční pozici
```

```
    vypis_cas(minuty,sekundy,setiny); //Výpis času
```

```
    setcursor(1,14);               //Nastavení kurzoru na konec prvního řádku
```

```
    dtext("R1");                   //Popis, že se jedná o režim 1
```

```
//Pokud je zaznamenaný nějaký mezičas
```

```
if(mezicas > 0) {
```

```
    setcursor(2,1);                //Nastavení kurzoru na počátek druhého řádku
```

```
    sprintf(vypis, "%2d", mezcias); //Převod čísla na zobrazitelný znak na displeji
```

```

dtext(vypis);                                //Výpis pořadí mezičasu

dtext(". ");                                //Výpis tečky za pořadím mezičasu

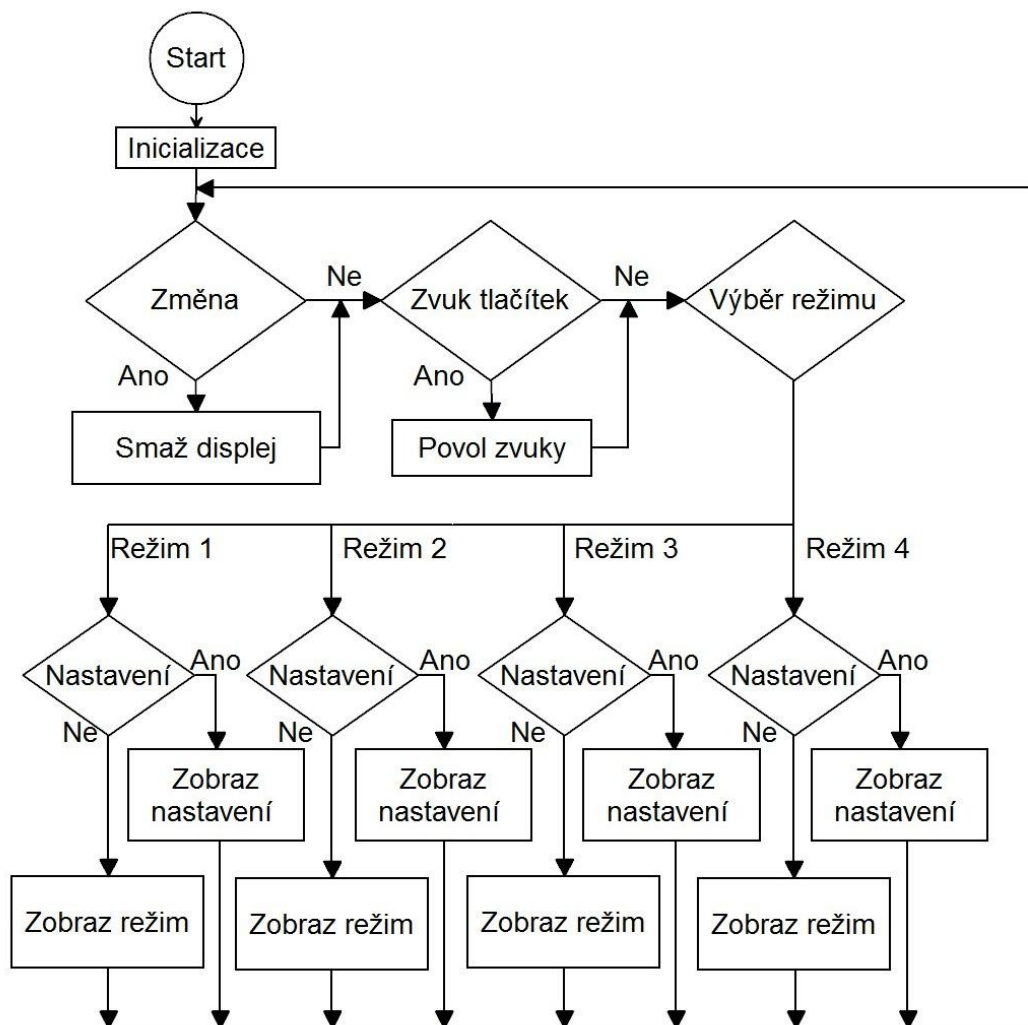
vypis_cas(minuty2,sekundy2,setiny2);        //Výpis mezičasu

}

}

```

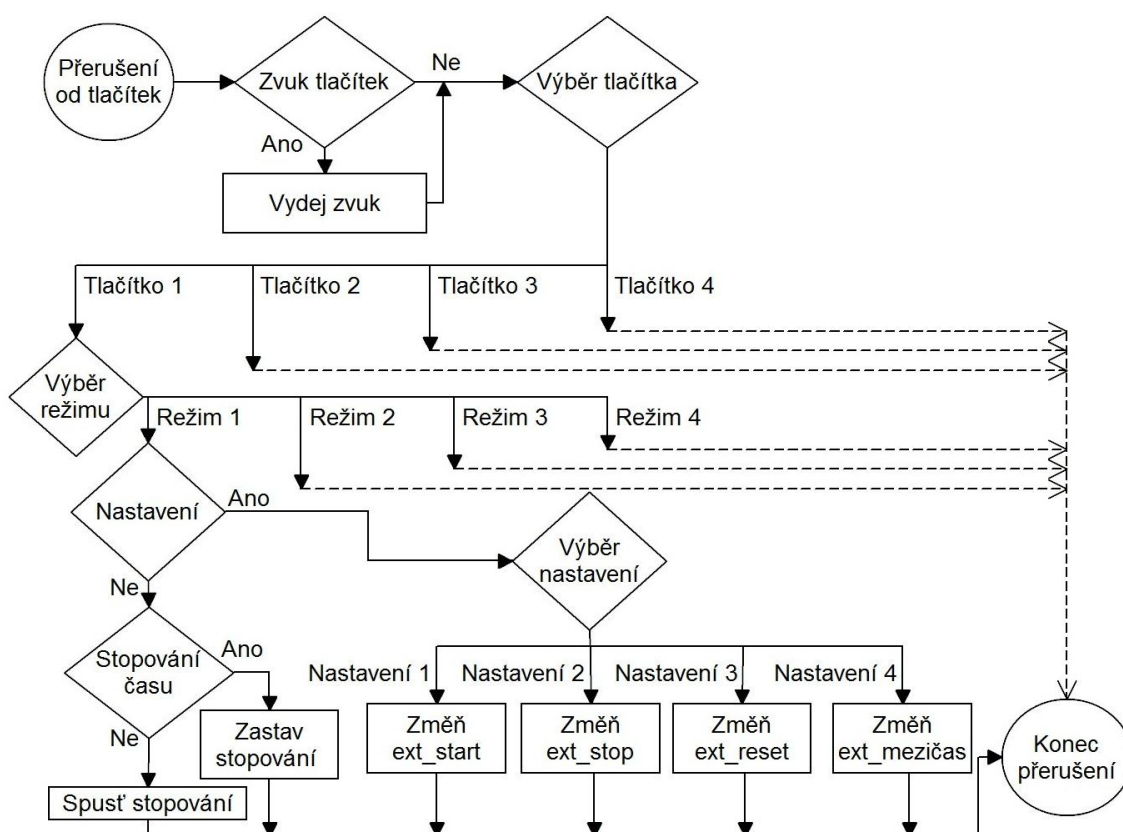
Celkové rozvětvení funkce main a její průběh je znázorněn ve vývojovém diagramu:



Obrázek 26 Vývojový diagram funkce main

Přerušení při zmáčknutí tlačítka

Při stisku jednoho ze čtyř tlačítek se vyvolá obsluha přerušení interrupt void tlacitko1(void). Nejprve počká mikropočítač pár milisekund na doznění zákmitů tlačítka a poté vyhodnotí podmínku, zda jsou povoleny zvuky při stisku. Následuje rozsáhlé větvení programu, dle pořadí zmáčknutého tlačítka, čísla režimu a případného nastavení. Na vývojovém diagramu je ukázka části obsluhy přerušení v případě stisknutého tlačítka 1 a aktivního režimu 1.



Obrázek 27 Vývojový diagram části obsluhy přerušení

5 OVĚŘENÍ ČINNOSTI

K ověření základní činnosti stopek (měření času) je použito srovnání s počítačovým programem Stopky 2.51. [22]

V náhodných časových intervalech jsem spouštěl a zastavoval běh obou stopovacích zařízení a výsledky zaznamenával do tabulky.

Tabulka 4 Ověření činnosti stopek

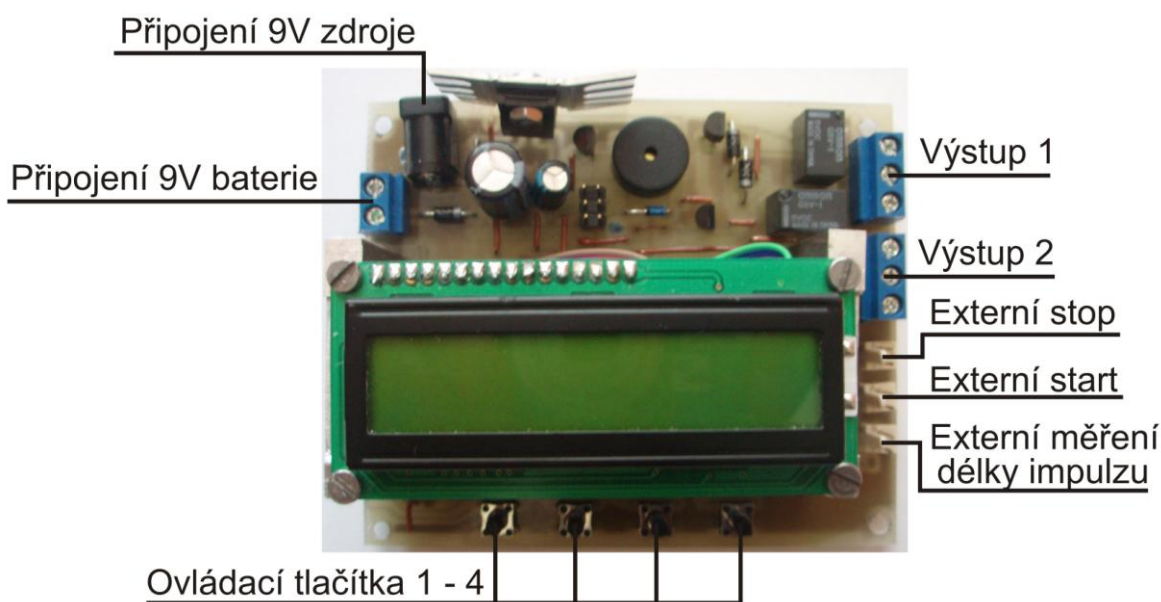
Čas testovaných stopek	Stopky 2.51	Rozdíl v setinách
0:10,22	0:10,25	-3
0:40,23	0:40,20	3
1:10,29	1:10,28	1
1:43,95	1:43,95	0
2:9,91	2:9,89	2
2:56,6	2:56,9	-3
3:34,56	3:34,56	0
4:20,17	4:20,17	0
5:42,1	5:41,98	3
6:35,93	6:35,90	3
7:49,25	7:49,24	1
8:53,95	8:53,92	3
9:51,26	9:51,28	-2
11:40,60	11:40,58	2
14:34,96	14:34,99	-3
19:28,5	19:28,8	-3
25:1,39	25:1,38	1
28:31,88	28:31,88	0

35:22,62	35:22,60	2
42:57,39	42:57,40	-1
49:43,11	49:43,13	-2
53:20,93	53:20,91	2
68:39,69	68:39,67	2
76:6,28	76:6,30	-2
89:11,73	89:11,72	1

V celém intervalu se vyskytuje chyba měření maximálně 3 setiny, která je s největší pravděpodobností způsobena výběrem metody – nedochází k úplně synchronnímu stisku tlačítek pro spuštění, respektive zastavení měření (tlačítko pro ovládání stopek a klávesnici počítače jsem mačkal za pomoci obou rukou). Cílem tohoto ověření funkčnosti stopek bylo potvrzení správnosti čítání času. Chyba by nebyla v kratších úsecích patrná, proto jsou stopky ověřeny v delším časovém intervalu. Pokud by byla odchylka způsobena chybou kmitočtu krystalu, nebo použitím nevhodného algoritmu při čítání času, docházelo by k nárůstu, popřípadě poklesu chyby s rostoucím časem. K tomuto však po čase 89 minut a 11 sekund nedochází.

6 NÁVOD K OBSLUZE

Po připojení napájení lze stopky ovládat čtyřmi tlačítky. Tlačítko 1 slouží primárně jako spouštění stopování/odpočítávání času, nebo generování signálu. Tlačítkem 2 se v závislosti na zvoleném režimu zapisuje mezičas, případně restartuje čas. Všechny režimy mají společná tlačítka 3 a 4, která slouží k volbě nastavení konkrétního režimu, resp. k přepínání mezi jednotlivými režimy.



Obrázek 28 Základní popis ovládání stopek

Ovládání externími signály

Ke stopkám lze připojit externí zařízení jako např. optické závory nebo spínače sloužící k ovládání měření. Externí start a stop se dají ovládat pomocí jednoduchého zkratování příslušných vodičů. Externí měření délky impulzu je možné pomocí přivedení napětí. Všechny tři vývody jsou od mikropočítače odděleny optočlenem.

Popis jednotlivých režimů

Režim 1 – stopování času

Klasický režim, ve kterém probíhá stopování času s možností ovládání externími signály. Tlačítkem 1 se spouští a zastavuje měření. Tlačítko 2 slouží pro zachycení mezičasu

(maximální počet mezičasů: 99) a při zastavení stopování pro restart. Tlačítkem 3 je možné přejít do režimu nastavení, kde je možné povolit/zakázat ovládání externími signály.



Obrázek 29 Zobrazení režimu 1

Režim 2 – odpočet času

V režimu odpočítávání času lze tlačítkem 1 spustit/pozastavit odpočet. Tlačítkem 2 se restartuje doba odpočtu na předem nastavenou hodnotu v nastavení, kam se dostaneme tlačítkem 3. Dále lze povolit/zakázat ovládání externími signály a povolit/zakázat výstup při ukončení odpočtu.



Obrázek 30 Zobrazení režimu 2

Režim 3 – generování signálu

V tomto režimu stopky generují signál v předem zvoleném časovém rozmezí a poté vyhodnocují rychlost uživateli reakce. Generování signálu se spouští tlačítkem 1. Jakmile uživatel uslyší zvukovou signalizaci, stiskne tlačítko 2 a na displeji se vypíše rychlost jeho reakce. Časové rozmezí lze nastavit tlačítkem 3, stejně jako povolit/zakázat ovládání externími signály.



Obrázek 31 Zobrazení režimu 3

Režim 4 – nastavení

V režimu nastavení lze nastavit hodnotu podsvícení v procentech, kdy 0% znamená, že je podsvícení vypnuto. Po stisku tlačítka 3 lze také zapnout/vypnout zvuk tlačítek při stisku. Změna konkrétních hodnot se provádí tlačítky 1 a 2.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl návrh a realizace stopek, použitelných při různých sportovních aktivitách, s možností ovládání externími signály.

Jako hlavní ovládací prvek byl zvolen 8-bitový mikropočítač MC9S08SH32CWL z rodiny HCS08 a zobrazování časů probíhá na dvouřádkovém LCD displeji EL1602A. Celý přístroj je tvořen jednou deskou plošného spoje a mimo mikropočítače a displeje obsahuje také konektor pro připojení zdroje napájení, krystal pro externí řízení hodinového kmitočtu, BDM konektor pro připojení programátoru, piezzo bzučák pro zvukovou indikaci, tři konektory pomocí kterých lze externím signálem spouštět měření času, zastavovat měření času, nebo měřit délku vysílaného signálu, dva výstupy pro připojení externích zařízení a čtyři tlačítka pro ovládání stopek. Zařízení je umístěno do ochranného obalu, aby se zamezilo poškození citlivých součástek.

Softwarově jsou ve stopkách naprogramovány tři režimy stopování času a jeden režim nastavení. V režimu 1 probíhá klasické měření času s možností mezičasu. Maximální doba měření stopek je programově omezena na 99 minut, 59 vteřin a 99 setin. Nejvyšší počet mezičasů je 99. V režimu 2 se čas odpočítává od předem zvolené hodnoty a po dosažení nuly je možnost zapnutí výstupu (např. připojení světelné signalizace). Režim 3 slouží ke generování náhodného signálu v nastavitelném časovém intervalu. Poslední čtvrtý režim slouží jako nastavení podsvícení displeje a zapnutí/vypnutí zvuku tlačítek.

Řešení této bakalářské práce spojené se studiem odborné literatury mi pomohlo k získání cenných zkušeností s návrhy elektrotechnických zapojení a následně jejich praktickou realizací. Vytvořené stopky byly testovány v různých režimech a potvrdila se jejich plná funkčnost. Díky integrovanému programovacímu rozhraní je navíc možno snadno upravit ovládací program a vylepšit nebo doplnit tak jeho funkčnost.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Goal of this bachelor thesis was the design and implementation of stopwatch, applicable to different sports activities, with the possibility of external control signals.

As the main control was chosen 8-bit microcontroller MC9S08SH32CWL from family HCS08 and viewing time being the two-line LCD display EL1602A. The whole apparatus is composed of one printed circuit board and besides microcomputer and display also includes a connector for power supply, external crystal clock frequency control, BDM connector for programmer, piezzo buzzer for sound indication, three connectors to an external trigger signal timing, stopping time measurement, or measuring the length of the transmitted signal, two outputs for connecting external devices, and four buttons to control the stopwatch. The device is placed in protective packaging to avoid damage to sensitive components.

The software of the stopwatch supports three modes for measuring time and one setup mode. In Mode 1 takes place the classic timing with option of split time. The maximum measurement time is programmable limited to 99 minutes, 59 seconds and 99 hundredths of seconds. The highest number of split times is 99. In mode 2, the time counts down from pre-selected value, and upon reaching zero output power is possible (e.g. connecting signal lights). Mode 3 is used to generate a random signal in selectable time interval. The last, fourth mode is used to adjust backlight brightness and turn on/off button sounds.

Solution of this bachelor thesis connected with the study of specialized literature helped me to gain valuable experience in design of electrical connections and then their practical realization. Created stopwatch were tested in different modes and confirmed their full functionality. Thanks to the integrated programming interface it is also possible to easily modify the control program and improve or add its functionality.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ABC sport. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.abcsport.cz/ruzne-stopky-katskup193.php>
- [2] ATMEL: Products. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc0180.pdf>
- [3] Bazar hodinek: Hodinky mechanické stopky 65 mm. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.ceske-kralovstvi.cz/357,stopky-65-mm.html>
- [4] BURGER, Ivan. Stykové obvody mikropočítačů. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1990, 309 s. ISBN 80-050-0615-2.
- [5] CATSOULIS, John. Designing embedded hardware. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2005, 377 s. ISBN 05-960-0755-8.
- [6] FRANČEOVÁ-ABRAHAMOVÁ, Eva. *Letní čas v Evropě: (roky, dny, hodiny-)*. 1. vyd. Praha: Vodnář, 2000, 152 s. ISBN 80-862-2618-2.
- [7] FREESCALE: CodeWarrior Development Tools. [online]. [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: http://www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?code=CW_HOME
- [8] GM Electronic: Elektronika, kterou znáte. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/>
- [9] HÄUßERMANN, Martin. *Náramkové hodinky od roku 1925 dodnes*. V Praze: Slovart, 2008. ISBN 978-80-7209-966-5.
- [10] HCS08 Microcontrollers. FREESCALE, Inc. Freescale [online]. 2011 [cit. 2012-01-17]. Dostupné z: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/homepage.jsp?code=8BITMCU>
- [11] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. EAGLE pro začátečníky, uživatelská a referenční příručka. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.
- [12] LHOTE, Gilles a Jean LASSAUSOIS. *Svět hodinek*. Překlad Jitka Matějů. Praha: Rebo, 1996, 141 s. ISBN 80-858-1560-5.

- [13] LOHBERG, Rolf. *1000 hodiněk: technika, přesnost, elegance*. Vyd. 1. V Praze: Knižní klub, 2008, 336 s. ISBN 978-80-242-2077-2.
- [14] MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMELE AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Vyd. 1. Praha: BEN, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
- [15] MYSLÍK, Jiří. Elektrické obvody. 2. vyd. Praha: BEN, 1998, 255 s. ISBN 80-860-5619-8.
- [16] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-730-0110-1.
- [17] Přesný čas online. [online]. [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: <http://www.presny-cas-online.cz>
- [18] Sakul.cz: Elektronické konstrukce a mnoho dalšího. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: http://www.sakul.cz/elektronika-stopky_pro_hasice.php
- [19] STARÝ, Jaroslav. Mikropočítač a jeho programování. 2. dopl. vyd. Praha: SNTL, 1987, 254 s. ISBN 04-001-87.
- [20] Stopky.info: informace a zajímavosti o stopkách. [online]. [cit. 2012-05-01]. Dostupné z: <http://www.stopky.info>
- [21] Svoboda - elektro: Elektronické stopky digitální a analogové. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.svobodaelektro.cz/Sport.html>
- [22] Šebetovský Jan: Stopky. [online]. [cit. 2012-05-30]. Dostupné z: <http://www.stopky.sebetovsky.cz>
- [23] Způsoby měření času. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.museumonline.at/1999/schools/classic/sternberk/mereni.htm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analogově digitální převodník (analog/digital).
AC	Střídavý proud (alternating current).
ALU	Aritmeticko-logická jednotka (arithmetic logic unit).
BDM	Konektor pro připojení programátoru (Backround Debugging Module).
CCR	Registr příznaků (Condition Code Register).
DC	Stejnoseměrný proud (direct current).
DCI	Napájecí souosý konektor.
DPS	Deska plošných spojů.
FLASH	FLASH paměť.
I/O	Vstup/Výstup (Input/Output).
IIC	Sběrnice (Internal-Integrated-Circuit Bus).
kB	Jednotka objemu dat (kilobyte).
Kbps	Jednotka přenosové rychlosti (kilobite per second).
Kč	Koruny české.
kHz	Jednotka frekvence (Kilohertz).
LCD	Displej z tekutých krystalů.
LED	Dioda emitující světlo (Light-Emitting Diode).
LIFO	Způsob manipulace s daty (Last In – First Out).
m	Jednotka délky (metr).
mA	Jednotka proudu (miliampér).
MHz	Jednotka frekvence (Megahertz).
NPN	Uspořádání polovodičů v tranzistoru.
PC	Osobní počítač (personal computer).
PWM	Pulsně šířková modulace (Pulse Width Modulation).

RAM	Paměť s libovolným přístupem (Random-Access Memory).
ROM	Paměť pouze pro čtení (Read-Only Memory).
SOIC	Druh zapouzdření (small outline IC).
SP	Ukazatel zásobníku (stack pointer).
V	Jednotka napětí (Volt).
VLSI	Míra integrace polovodičových prvků (Very-large-scale integration).
μs	Jednotka času (mikrosekunda).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Sluneční hodiny [17]	11
Obrázek 2 Hodiny s kolečkovým strojkem [23]	12
Obrázek 3 Mechanické stopky [3]	13
Obrázek 4 Současné stopky [1].....	14
Obrázek 5 Stopky UNI a optická závora [21]	15
Obrázek 6 Hasičské stopky [18]	16
Obrázek 7 MC9S08SH32CWL [10].....	17
Obrázek 8 Označení mikropočítače [10]	18
Obrázek 9 Pouzdro SOIC 28 pinů [10].....	18
Obrázek 10 Blokové schéma série mikropočítačů MC9S08SH32 [10].....	19
Obrázek 11 Paměťová mapa MC9S08SH32 [10].....	20
Obrázek 12 CPU registry [10]	21
Obrázek 13 Ukázka vývojového prostředí CodeWarrior IDE	22
Obrázek 14 Stabilizátor KIA7805AP [8].....	24
Obrázek 15 Krystal TC38 [8]	24
Obrázek 16 EEPROM 24CO2B pouzdře SOIC 8 pinů [2].....	25
Obrázek 17 Schéma napájení stopek	27
Obrázek 18 Schéma zapojení mikropočítače	27
Obrázek 19 Schéma ovládání externím signálem	29
Obrázek 20 Schéma dvou výstupů.....	30
Obrázek 21 Schéma zapojení EEPROM	30
Obrázek 22 Schéma zapojení displeje	31
Obrázek 23 Osazená deska bez displeje	31
Obrázek 24 Osazená deska s displejem	32
Obrázek 25 Hotové stopky s ochranným krytem	32
Obrázek 26 Vývojový diagram funkce main	37
Obrázek 27 Vývojový diagram části obsluhy přerušení	38
Obrázek 28 Základní popis ovládání stopek	41
Obrázek 29 Zobrazení režimu 1	42
Obrázek 30 Zobrazení režimu 2.....	42
Obrázek 31 Zobrazení režimu 3.....	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Popis pinů paměti EEPROM 24CO2B	25
Tabulka 2 Popis pinů displeje EL1602A	26
Tabulka 3 Propojení pinů mikropočítače	28
Tabulka 4 Ověření činnosti stopek	39

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Seznam součástek
- P II Schéma zařízení
- P III Plošný spoj (s vypnutým zobrazením součástek v programu EAGLE)
- P IV CD s bakalářskou prací a zdrojovými kódy
- P V Funkční prototyp stopek

PŘÍLOHA P I: SEZNAM SOUČÁSTEK

Referenční označení	Množství	Typ, popis
C1 – C6	6	C1206 keramický kondenzátor 100 nF.
C7	1	E2,5-6 elektrolytický kondenzátor 470 μ F/25 V.
C8	1	E2,5-6 elektrolytický kondenzátor 220 μ F/16 V.
C9 – C10	2	C1206 keramický kondenzátor 33 pF.
D1, D3 – D5	4	1N4007 dioda 1000 V/1 A.
D2	1	1N4148 dioda 75 V/0,2 A.
IC1	1	7805 plastový stabilizátor.
IC2	1	24C02B sériová EEPROM.
J1 – J3	3	22-27-2021-02 konektor MOLEX.
JP1 – JP4	4	1x4-pinový jumper.
JP5	1	2x3-pinový jumper.
K1 – K2	2	G5V1 elektromagnetické relé s DC cívkou.
OK1 – OK3	3	6N137 optočlen.
Q1, Q3 – Q5	4	BC337 bipolární NPN tranzistor.
Q2	1	TC38H krystal 32 768 kHz.
R1	1	3152-SMD 10K trimr.
R2 – R13	12	R1206 odpor (1 k Ω , 470 Ω , 10 M Ω).
S1 – S4	4	Tlačítkový spínač.
SG1	1	KPE-166 piezo audio indikátor.
U\$2	1	MC9S08SH32 mikropočítač.
X2	1	DC napájecí konektor.
X5 – X7	3	AK500/3 a AK500/2 svorkovnice.

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAŘÍZENÍ

