



Středoškolská technika 2013

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Digitální bezdrátový odpalovací pult Helena Firing v.4

Matěj Zeman

SPŠ A VOŠ PÍSEK

Karla Čapka 402, 397 11 Písek

Konzultant: Mgr. Milan Janoušek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval (a) samostatně a použil (a) jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Písku dne

Podpis:

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat lidem, kteří mi pomohli při realizaci dlouhodobé maturitní práce.

Poděkování patří:

PhDr. Josefu Havlanovi

za vedení mé odborné práce a pomoc při psaní dokumentace k výrobku,

Mgr. Milanu Janouškovi

za poskytnutí technického zázemí a pomoc při řešení problémů,

Bc. Josefu Pajerovi

za možnost vyleptání plošných spojů ve školních dílnách,

Ing. Daniele Krupičkové

za teoretický výklad k VF technice,

Rodině a přítelkyni

za podporu při realizaci projektu.

Anotace

V práci je popsán kompletní návrh a sestavení digitálního odpalovacího pultu tak, jak byl krok po kroku zhotoven. Nalezneme zde popis bezdrátových modulů, které jsou v práci použity, a také popis mikrořadičů nacházejících ve vysílací i přijímací jednotce digitálního pultu. Na závěr je v práci posuzována kvalita zpracování a funkčnosti oproti konkurenčním výrobkům osvědčených firem, ale i oproti vybranému amatérskému zařízení, které bylo náhodně zvoleno na internetu.

Klíčová slova: Digitální odpalovací pult, ohňostroje, rozbuška, palník, Atmel, Flajzar, GM

Annotation

My essay consist of complete design and detailed step-by-step construction of the digital ignition system for fireworks. Description of wireless modules and microcontrollers is included. In the conclusion I compare the production and functional quality of my product with competitive-firm products. I also collate it with home-made device choosen from the internet.

Keywords: Digital ignition system for fireworks, fireworks, detonator, pin, Atmel, Flajzar, GM

Obsah

1. Úvod do problematiky	..... str.1
1.1 Úvod do DMP, proč mě zaujaly zrovna odpalovací pulty?	
1.2 Jaký je rozdíl mezi detonátorem a odpalovacím pultem?	
1.3 Jaký je rozdíl mezi palníkem a rozbuškou?	
1.4 Teoretický návrh "Nekonečného palníku"	
2. Informace o bezdrátových modulech	..... str.3
3. Informace o obvodu ATmega8515	..... str.5
4. Informace o obvodu ATmega8	..... str.7
5. Informace o použitých montážních boxech	..... str.9
6. Návrh vysílací jednotky odpalovacího pultu	..... str.10
6.1 Rozpis ovládacích prvků na jednotce	
6.2 Multiplexování signálu	
6.3 Návrh DPS	
6.4 Stručný popis ovládacího programu pro ATmega8515	
6.5 Návrh vzhledu vysílací jednotky	
7. Návrh přijímací jednotky odpalovacího pultu	.....str.14
7.1 Rozpis ovládacích prvků na jednotce	
7.2 Demultiplexování signálu	
7.3 Stručný popis ovládacího programu pro ATmega8	
7.4 Návrh vzhledu přijímací jednotky	
8. Test zařízení	.....str.16
8.1 Test připojení uvnitř budovy	
8.2 Test připojení na volném prostranství	
8.3 Test reálného odpalu	
8.4 Shrnutí získaných dat	
9. Porovnání s komerčními produkty	.....str.18
9.1 Porovnání se zařízením TIG01 společnosti TigerServis	
9.2 Porovnání se zařízením TIG04 společnosti TigerServis	
9.3 Porovnání se zařízeními vyrobenými v domácích podmínkách	
10. Závěr	.....str.23
11. Zdroje	.....str.25
12. Přílohy	.....str.26

1. Úvod do problematiky

1.1 Úvod do DMP, proč mě zaujaly odpalovací pulty?

Jako téma mé dlouhodobé maturitní práce jsem zvolil výrobu digitálního odpalovacího pultu pro ohňostroje, nesoucí název Helena Firing v.4. Výrobě odpalovacích zařízení se věnuji již delší dobu. Mé dříve zkonstruované odpalovací pulty Helena Firing v.1, v.2, v.3 měly kladné hodnocení na soutěžích SOČ, a proto volba tématu maturitní práce vyústila ve vývoj další verze tohoto pultu. Na výběr této tematiky měla také vliv má rodina. Můj dědeček byl bezpečnostním technikem pro provádění staveb a pro provádění trhacích prací v lomech. Často mi vyprávěl o různých trhavinách a složích, se kterými se dostal do styku při výkonu své práce. Zaujalo mě povídání o detonátorech a práci s nimi. Vzhledem k tomu, že mě vždy fascinovaly ohňostroje a slyšel jsem mnoho rad od dědečka, mojí volbou byly právě odpalovací pulty.

1.2 Jaký je rozdíl mezi detonátorem a odpalovacím pultem?

Detonátor je zařízení používané pro odpal rozbušky. Je standardně zapojen buďto s nabíjecím zdrojem, který obsahuje vysokonapěťový kondenzátor, nebo s ručním alternátorem, který je připojen taktéž na vysokonapěťový kondenzátor. Zapojení s nabíjecím zdrojem má snadnou obsluhu. Při stisku nabíjecího tlačítka dojde po cca. 15 sekundách k úplnému nabití vysokonapěťového kondenzátoru, který je zapojen paralelně se spínačem, jehož vývody jsou vyústěny do výstupního terminálu. Po stisku tlačítka se kondenzátor začne vybíjet přes výstupní svorky do rozbušky, která vlivem VN rázu detonuje. Druhý typ s generátorem funguje obdobně, ovšem místo nabíjecí sekvence musíme kondenzátor nabít dostatečným natočením alternátoru. Detonátor má výstup na jediný odpalovací okruh, je tedy vhodný pro odpal na dlouhé vzdálenosti.

Odpalovací pult je zařízení, které se používá pro odpal nízkonapěťových palníků. Je hojně využíván při odpalech ohňostrojů, z čehož tedy vyplývá, že má více, než jeden odpalovací okruh. Standardně se vyrábějí odpalovací pulty se šesti až 180 odpalovacími okruhy. Nízkonapěťový zdroj, nejčastěji olověný akumulátor, je zde hlavním zdrojem proudu. Při stisknutí spínače odpalovacího okruhu dojde k uzavření odpalovacího obvodu a palník se zažehne.

1.3 Jaký je rozdíl mezi palníkem a rozbuškou?

Elektrický palník, zkráceně palník, je elektrické zařízení, které využívá teplo, vznikající při průchodu proudu odporovým vláknem. Vlivem protékajícího proudu se rozžhaví odporové vlákno, které zažehne primární slož. Tato slož je nanášena na vlákno, jež vzplane a v případě použití v pyrotechnickém tělese zažehne sekundární slož (střelný prach).

Rozbušky slouží k odpalování trhavin, nedoporučují se tedy používat v tělesech určených pro zábavní pyrotechniku. Místo toho, aby v rozbušce došlo k zažehnutí primární slož, dojde k zažehnutí slož detonační, která exploduje a vlivem prudce se rozpínajících žhavých plynů odpálí trhavinu.

1.4 Teoretický návrh "Nekonečného palníku"

Kromě navrhování odpalovacích pultů se věnuji i výrobě pyrotechnických palníků. Klasický palník je zkonstruován pouze pro jedno použití. Vzhledem k častým odpalům pyrotechnických slož a neustálé potřebě přísunu nových palníků mě napadlo vyrobit nekonečný palník. Jeho funkce spočívá v tom, že odporový drát je nahrazen klasickou tuhou z versatilky. Tuha klade elektrický odpor a vydrží více než jeden odpal. V praxi jsem nekonečný palník zkoušel vyrábět s tuhou z mikrotužky a výsledek byl překvapivý. Výraz nekonečný palník je nutno brát s nadsázkou. Ve skutečnosti palník vydrží při pěti sekundovém impulsu v pokojové teplotě, s použitým zdrojem 6V 4,5Ah, zhruba 14 odpalů.

2. Informace o bezdrátových modulech

V odpalovacím pultu Helena Firing v.4 jsou klíčovými prvky bezdrátové moduly, díky kterým je možné získat velice kvalitní a stabilní bezdrátový signál.

Bezdrátové moduly MTX1 a MRX1 vyrábí společnost FLAJZAR. Moduly pracují na frekvenci 868,35MHz. Jsou modulovány pomocí FSK modulace. Zabezpečení probíhá pomocí čtyřiceti zabezpečovacích bitů. Vysílací výkon vysokofrekvenčního bloku je 10dBm. Pro správné fungování modulů je potřeba anténa vyrobená z lankového vodiče o délce 8,5cm.

Vysílací modul MTX1 (obr.1.1) je napájen 3 až 12Vss, přičemž je doporučeno napájení 12V. Odběr proudu v klidovém stavu činí pouze 3uA. Takový stav nastává, jsou-li všechny vstupy rozpojeny. Odběr proudu při probíhající vysílání je 14mA. Rozměry modulu jsou 20x27x2mm.

Přijímací modul MRX1 (obr.1.2) je napájen 7 až 24V ss, přičemž doporučené napájení je 12V. Odběr proudu v klidovém stavu činí 4,7mA. Při aktivním příjmu je odběr 13,5mA při napájení 12V. Citlivost přijímače je -104dBm. Rozměry modulu jsou 45x27x15mm.

Přijímač neakceptuje žádný jiný signál, než signál naučeného vysílače. Nastavení akceptovaného vysílače probíhá stiskem tlačítka S1 LEARN na modulu přijímače. Záblesky LED diody značí režim učení. V tomto režimu stačí na požadovaném vysílači aktivovat jakýkoli vstup. Přijímač sekvenci dekoduje a uloží si adresu vysílače do paměti. Tímto způsobem lze přijímač naučit až patnáct vysílačů. Plná paměť se signalizuje tří sekundovým rozsvícením LED diody po stisku tlačítka S1 LEARN. Mazání paměti se provede přidržetím tlačítka S1 LEARN po dobu deset sekund. Adresy vysílačů zůstávají uložené v paměti i po odpojení napájení.

Garantovaný dosah při použití lankového vodiče o délce 8,5cm je na volném prostranství pět set metrů. Garantovaný dosah v budově je padesát metrů. Výrobce udává, že při použití směrové antény se může dosah zvýšit až na několik kilometrů (při přímé viditelnosti). Schémata těchto modulů a firmware pro moduly MTX1 a MRX1 jsou výrobcem utajeny.



obr. 1.1

Vysílací modul MTX1



obr. 1.2

Přijímací modul MRX1

3. Informace o obvodu ATmega8515

Ve vysílací jednotce je použit integrovaný obvod ATmega8515, který řídí všechny procesy probíhající v jednotce podle předem zapsaného programu.

Obvod ATmega8515 od firmy ATMEL je programovatelný 8bitový mikropočítač řady AVR. Jako oscilátor pro mikrořadič jsem použil interní RC oscilátor 1Mhz. Počítač má v sobě 8kB programovatelnou FLASH paměť, ve které je uložen primární program obsluhující mikrořadič. Program pro vysílací i přijímací jednotku jsem psal v programu CodeVision AVR Evaluation 5.1.

Mikrořadič má v sobě zabudované pull-up rezistory, což je značnou výhodou při použití v obvodech, kde jsou vstupem spínače. V obvodu vysílače jsou využity programovatelné porty pro signalizační LED diody, výstupní a vstupní prvky. Na obr. 2.1 můžeme vidět obvod ATmega8515 a jeho klíč. Na obr. 2.2 je vidět rozložení pinů mikrořadiče.

Technické specifikace:

8kB programovatelné FLASH paměti (garantováno 10.000 přepisů)

512B EEPROM paměť (garantováno 100.000 přepisů)

512B SRAM paměť

Napájecí napětí 4,5 až 5,5V

35 programovatelných V/V portů

Využití portů na vysílací straně:

PB0-7 = Vstupně-výstupní prvky

PD0-7 = Vstupně-výstupní prvky

PC0-3 = Vstupně-výstupní prvky

PC4-7= Výstupní port MTX1

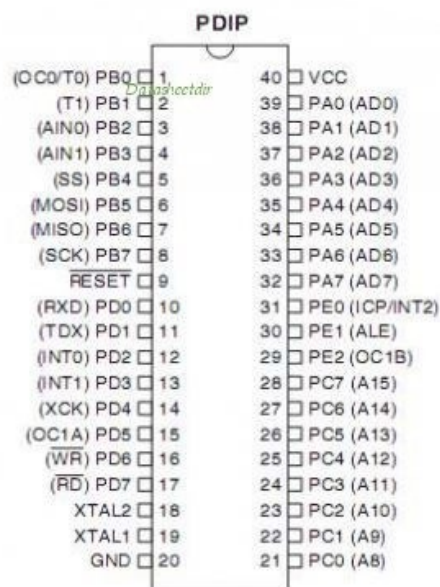
PE0-2 = Systémové LED diody

PA0-7= Výstupní port pro LCD display



obr. 2.1

Pohled na mikropočítač ATmega8515



obr. 2.2

Rozložení pinů na ATmega8515

4. Informace o obvodu ATmega8

V přijímací jednotce je použit obvod ATmega8 od firmy ATMEL. Tento mikrořadič je vysoce spolehlivým obvodem, který je o mnohem více imunní vůči venkovnímu rušení, než obvod ATmega8515. Z tohoto důvodu jsem obvod použil pro přijímací jednotku, kde v žádném případě nesmí rušení nastat.

Mikrořadič má v sobě opět pull-up rezistory, které zajišťují stabilitu při rušení obvodů okolními vlivy. Mikrořadič je vybaven třemi bránami s vstupně/výstupními programovatelnými porty.

Na obrázku 3.1 je obvod ATmega8 vyfotografován. Na obrázku 3.2 je fotografie vývodů mikrořadiče.

Technické specifikace:

8kB programovatelné FLASH paměti (garantováno 10.000 přepisů)

512B EEPROM paměť (garantováno 100.000 přepisů)

512B SRAM paměť

Napájecí napětí 4,5 až 5,5V

23 programovatelných V/V portů

Přesnější interní oscilátor než ATmega8515

Využití portů na vysílací straně:

PB1-3 = Vstupní prvky (relé)

PB4-7= Výstupní prvky

PC0-3 = Neobsazeno

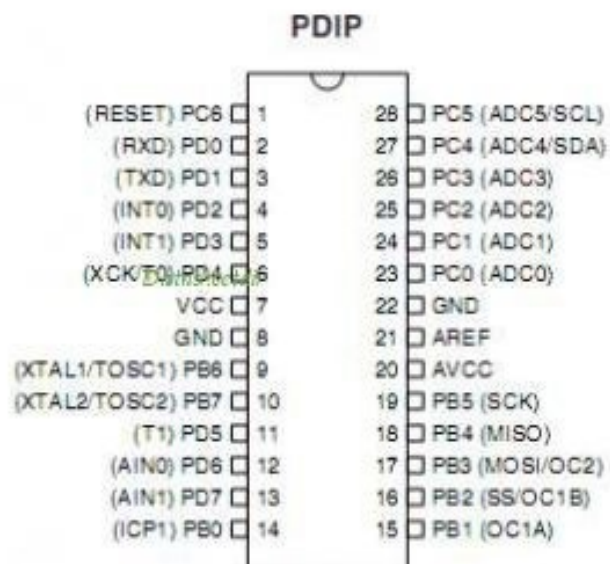
PC4-5= Výstupní prvky

PD0-3 = Výstupní prvky



obr. 3.1

Pohled na mikropočítač ATmega8



obr. 3.2

Rozložení pinů na ATmega8

5. Informace o použitých montážních boxech

Jako montážní boxy jsem zvolil řadu U-KP, které nabízí firma GM Electronics. Boxy se skládají ze dvou dílů, které sestavíme a sešroubujeme čtyřmi vruty. Jsou dodávány s nožičkami NO1. Boxy jsou vyrobeny z polystyrénu, který je vhodný pro výrobky s použitím napětí do maximálně 50V.

Tyto boxy využívám již léta z důvodu odolnosti proti mechanickému a tepelnému poškození. Krabičky mají matný hrubý povrch, který dokonale maskuje oděrky, či škrábance, způsobené běžným používáním, takže jsou tyto krabičky vhodné i do nepříznivého počasí, nebo terénu. Krabičky jsou hermeticky uzavřené.

U vysílací jednotky jsem použil box s označením U-KP23 viz. obr. 4.1. Jeho rozměry jsou 45mm(V)x190mm(Š)x138mm(H). Orientační rozměr DPS u tohoto boxu je cca. 131mm(V)x180mm(Š).



obr. 4.1

Montážní box U-KP23

U přijímací jednotky jsem použil box s označením U-KP22 viz. obr. 4.2. Jeho rozměry jsou 45mm(V)x138mm(Š)x190mm(H). Orientační rozměr DPS u tohoto boxu je cca. 131mm(V)x190mm(Š).



obr. 4.2

Montážní box U-KP22

6. Návrh vysílací jednotky odpalovacího pultu

6.1 Rozpis ovládacích prvků na jednotce

Při návrhu jednotek jsem se snažil dosáhnout co nejmenších rozměrů při použití mikrořadiče v pouzdru DIL. V dolní části plošného spoje jsou dvě řady šroubovacích konektorů. Ty slouží pro připojení externích součástek. Do první řady, označené SW1, jsou připojena odpalovací tlačítka, do druhé, označené L1, jsou připojeny signalizační LED diody, které se rozsvítí, pokud je aktivován některý z odpalovacích okruhů. V horní části jsou umístěny dvě dutinkové lišty značené LCD plug a MTX1 plug. První lišta slouží k připojení znakového LCD displaye (4x20 znaků) s řadičem HD44780. Do druhé lišty se připojí vysílací modul MTX1. Vedle dutinkové lišty pro LCD jsou tři systémové LED diody, které slouží pro signalizaci stavu mikrořadiče. Pokud svítí LED dioda označená popiskem POWER spolu s LED diodou READY, znamená to, že je mikrořadič připraven pro použití. Pokud svítí LED dioda POWER spolu s BUSSY, znamená to, že se provádí odpal, či probíhá příprava obvodu pro uvedení do pohotovostního režimu.

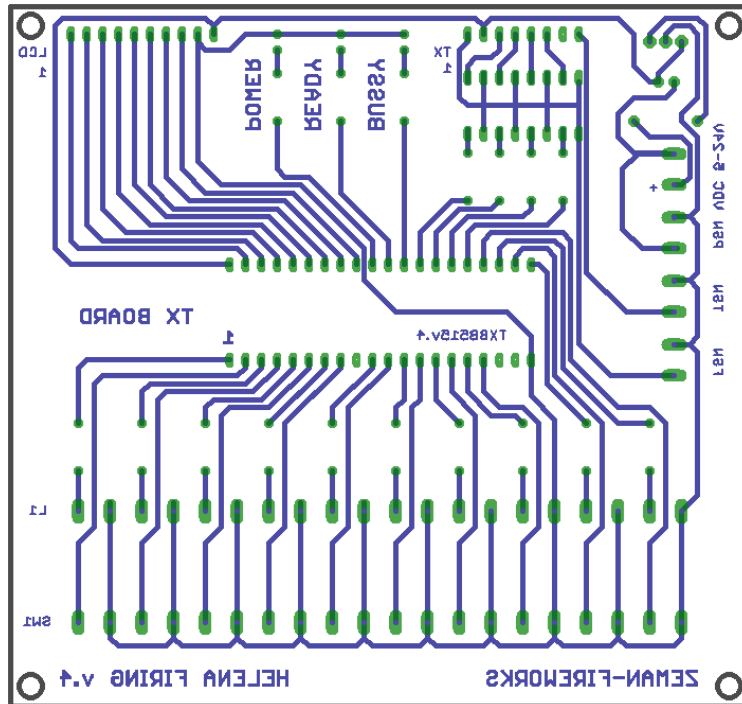
Systémové konektory jsou oddělené a nachází se na pravé straně plošného spoje. Slouží k připojení napájecího napětí 7-24VDC, zapínacího spínače, odpalovacího tlačítka a testovacího tlačítka. Na liště označené L1 jsou v sérii připojeny předřadné odpory s hodnotou 220 Ohmů, které jsou předpřipraveny pro přímé připojení LED diod.

Celkový odběr proudu při 12V je v klidovém stavu 800mA a při odpalu 849mA.

6.2 Multiplexování signálu

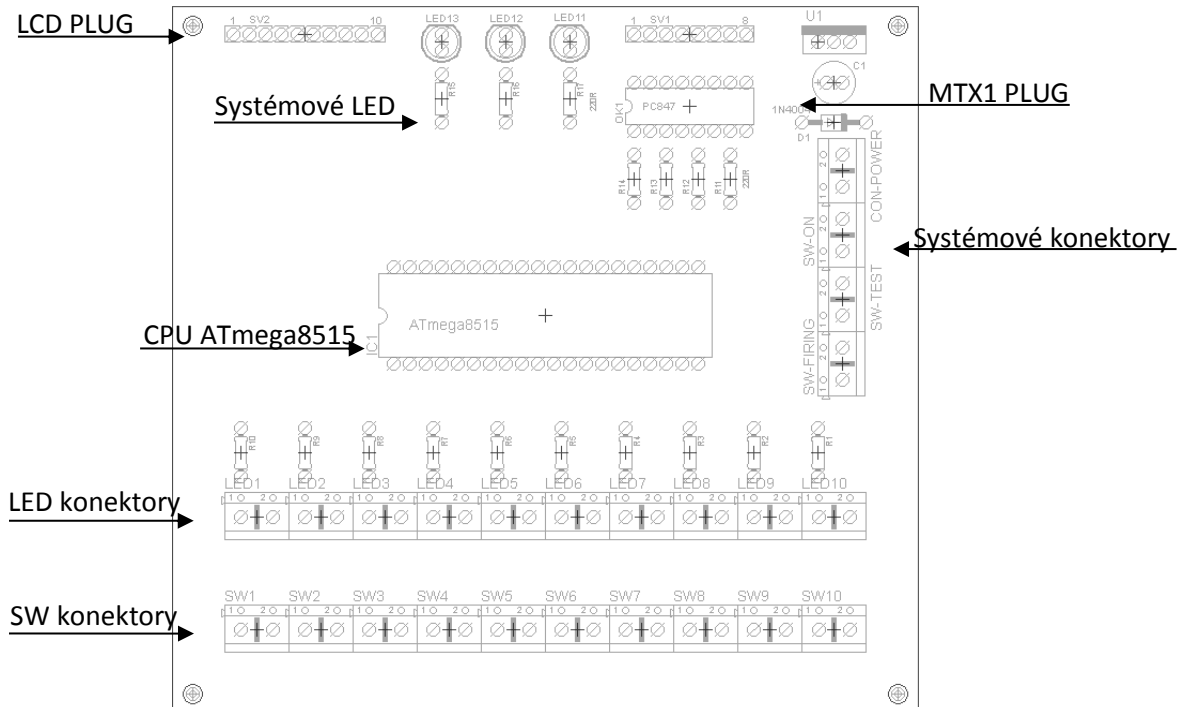
Protože na bezdrátových modulech je pouze šest vstupně/výstupních portů, musel jsem datový signál, přicházející z mikrořadiče, multiplexovat. To jsem realizoval přímo v programu pro mikrořadič. Pro multiplexování deseti výstupů je nutno použít čtyři bity. Takového výsledku jsem dosáhl při výpočtu 2^n , v mém případě $2^4 = 16$, což postačuje pro bezdrátový přenos deseti bitů. Jako výstup jsem použil poslední čtyři bity na portu C. Tyto bity jsou připojeny ke čtyřem optočlenům, jež se nacházejí v obvodu PC347, který spíná jednotlivé vstupy na modulu MTX1.

6.3 Návrh DPS



obr. 5.1

DPS vysílací jednotky (zmenšeno)



obr 5.2

Rozmístění součástek na DPS vysílací jednotky

6.4 Stručný popis ovládacího programu pro ATmega8515

Pro mikrořadič je nutné napsat program, který bude řídit a vyhodnocovat vstupně/výstupní data. Program jsem realizoval následujícím způsobem: Na začátku programu jsou vloženy knihovny mega8515.h, delay.h a knihovna alcd.h. Knihovna mega8515.h je potřebná pro správnou funkčnost obvodu ATmega8515. Definuje jeho funkce, vstupně/výstupní porty a jeho registry. Knihovna delay.h slouží pro nadefinování obsluhy zpoždění. Poslední knihovna alcd.h slouží jako knihovna pro alfanumerický display použitý v obvodu.

V programu jsou poté nadefinovány uživatelské znaky pro alfanumerický display. Display použitý v obvodu nepodporuje českou znakovou sadu, a proto se musí doplnit uživatelskými znaky. Použil jsem znaky "á, č, ě, ž, í, ý, š" a uživatelský znak "bomba", který je využit u loga ZEMAN-FIREWORKS při spouštění jednotky. V samotném programu jsou uživatelské znaky vyvolávány příkazem `lcd_putchar("Číslo znaku");`.

Po zapnutí zařízení dojde ke spuštění mikrořadiče a začnou se vykonávat funkce napsané v programu. Nejprve začne vypisování typu odpalovacího pultu. Poté dojde k testu LED signalizace, který postupně aktivuje všechny výstupy na konektorech L1 a poté na 100ms aktivuje všechny LED diody v signalizačním okruhu. V tu dobu jsou aktivní systémové LED POWER a LED BUSSY. Po testu signalizačních LED diod přejde mikrořadič do pohotovostního stavu, který poznáme rozsvícením LED READY. Na LCD se zobrazí: "Čekám na odpal, Stiskni tlačítko!". V tu chvíli můžeme začít odpalovat. Pokud je aktivní jeden ze spínačů, přečte se na vstupu SW1 až SW10 stav tlačítek, vyhodnotí se, který spínač je sepnut a vykoná se instrukce, přiřazená tomuto spínači. Po přechodu do odpalovacího režimu se rozsvítí systémová LED BUSSY. Dojde k aktivaci výstupu a k aktivaci příslušné signalizační LED. Dále začne vypisování informací na displayi.

Celý odpalovací proces trvá po stisku tlačítka cca. 750ms. To je impuls, který při dostatečném proudu na odpalovací stačí k zážehu palníku. Při podržení tlačítka je vysílání po deseti sekundách z bezpečnostních důvodů přerušeno. Při odpalování nalezneme na posledním řádku LCD displaye adresu odpalu, která nám v hexadecimálním kódu zobrazuje stav brány PORTC 4-7. Písmeno B signalizuje aktivní LED BUSSY, písmeno R aktivní LED READY a písmeno P signalizuje funkčnost obvodu.

6.5 Návrh vzhledu vysílací jednotky

Při návrhu vzhledu jsem vycházel z designu svých předešlých výrobků. Ve spodní části boxu jsou osazena tlačítka a signalizační LED diody. V levém horním rohu je poté umístěn znakový 4x20 znakový LCD display a vedle něho systémové spínače. Uvnitř boxu je po pravé straně umístěna DPS, která je k boxu přišroubována čtyřmi šroubky a je podložena distančním sloupkem. V levé části se nachází vysílací modul MTX1. Design finálního výrobku je na obr.5.3



obr. 5.3

Design finálního výrobku

7. Návrh přijímací jednotky odpalovacího pultu

7.1 Rozpis ovládacích prvků na jednotce

Přijímací jednotka je řešena pomocí obvodu ATmega8. Jsou zde použity pouze výstupní konektory, na které jsou připojena relátka spolu se signalizačními LED diodami, oznamujícími právě probíhající odpal. Odpalovací svorky na vrchu jednotky jsem použil z důvodu vysoké odolnosti proti mechanickému namáhání a snadného připojení palníků.

Systémové svorky jsou celkem tři. Jsou označeny nápisy 7-24VDC, PSW, BUZZ. Konektor s označením 7-24VDC slouží k připojení napájení, konektor PSW k připojení zapínacího spínače a konektor BUZZ pro připojení piezoměniče. Piezoměnič slouží pro zvukovou signalizaci dosahu signálu od přijímací jednotky k vysílací.

Do dutinkové lišty označené MRX1 plug se připojuje přijímací modul MRX1. Výstup je pak vyveden do relátek REL1 až REL4 a podle předem definovaných adres spíná vstupní porty, které jsou poté mikrořadičem demultiplexovány a vyhodnoceny. V případě úspěšného příjmu se aktivuje relátka s označením OUT1 - OUT10.

7.2 Demultiplex signálu

Demultiplex přijatého signálu se provádí programově. Aby nedošlo k chybě přenosu, je čtení vstupů pozdrženo. Prodleva je nastavena z důvodu rozdílných časů potřebných pro konečné sepnutí výstupů relátek na 200ms. Taková prodleva je více než dostačující. Výrobce použitých relátek udává, že doba úplného sepnutí relátka je přibližně 28ms. Demultiplex se provádí pomocí předem přidělených adres od vysílače, kde jsou nastaveny stejné hodnoty pro určité odpalovací okruhy.

7.3 Stručný popis ovládacího programu pro ATmega8

I v přijímací jednotce je použit hlavní program, který vyhodnocuje přijaté adresy, demultiplexuje je a podle toho aktivuje příslušné výstupní okruhy. Na začátku programu jsou vloženy knihovny mega8.h a delay.h. Význam těchto knihoven je popsán již v kapitole 6.4 Po zapnutí zařízení dojde ke spuštění mikrořadiče a začnou se vykonávat funkce napsané v programu. V tu chvíli je zařízení připraveno pro odpal. Celá smyčka je napsána v podmínce if. Pokud je aktivní jedno, nebo více vstupních relátek, přečte se na vstupech PORTB 0-3 stav a vyhodnotí se, která relátka jsou sepnuta. Podle toho se vykoná přiřazená instrukce, dojde k aktivaci výstupu a k aktivaci příslušné signalizační LED.

7.4 Návrh vzhledu přijímací jednotky

Uprostřed boxu je umístěn obvod ATmega8, v pravé části stabilizátor. V levé části se nachází vysílací modul MTX1. Design finálního výrobku je na obr. 6.1.



obr. 6.1

Design finálního výrobku

8. Test zařízení

Test zařízení jsem provedl z důvodu zjištění stability a bezpečnosti jednotek. Testy byly prováděny při následujících parametrech:

Vysílač:

Napájení 12V 3,7Ah, lankový vodič 8,5cm jako anténa.

Přijímač:

Napájení 12V 3,7Ah, lankový vodič 8,5cm jako anténa.

Počasí:

Jasno, sníh 37cm

8.1 Test připojení uvnitř budovy

Zařízení bylo testováno v šestipatrovém panelovém domě, konkrétně mezi přízemím a posledním patrem a mezi přízemním bytem a bytem v posledním patře (přes tři betonové zdi).

Test mezi přízemím a posledním patrem dopadl podle očekávání úspěšně. Pokus o spojení byl proveden 10x při běžném provozu a 26x při záměrném rušení. Při běžném provozu nedošlo ke ztrátě, ani k chybě spojení. Při záměrném rušení jsem použil přenosnou radiostanici, horkovzdušný fén, mobilní telefon a VN trafo televizoru. Tyto čtyři rušivé složky jsem zkoušel aktivovat postupně i naráz. Během tohoto testu nedošlo ke ztrátě spojení, ani k chybě spojení. V uzavřeném prostoru je kvalita a síla signálu dostačující.

Test mezi přízemím a bytem v posledním patře dopadl uspokojivě. Pokus o spojení byl opět proveden 10x při běžném provozu a 18x při záměrném rušení. Při běžném provozu došlo 2x ke ztrátě spojení, k chybě spojení nedošlo. Při záměrném rušení (viz. výše) došlo 1x ke ztrátě spojení a k chybě spojení nedošlo.

Z výsledků vyplývá, že spojení je bezpečné i při nedostatečné síle signálu. Nemůže tedy dojít k náhodnému odpalu, a to ani při rušení okolními vlivy. Z důvodu horších podmínek pro přenos byla ztráta spojení očekávána.

8.2 Test připojení venku

Zařízení bylo testováno na volném prostranství. První test probíhal při přímé viditelnosti vysílač - přijímač. Další test probíhal při ztížených podmínkách, kdy překážkou mezi vysílačem a přijímačem byl kopec.

Při testu přímé viditelnosti jsem zkusil odlišné vzdálenosti. Do vzdálenosti 500m nedošlo ke ztrátě, ani k chybě spojení. Teprve při cca. 740m došlo k trvalému výpadku spojení (pokus prováděn na Nejvyšším bodě v Písku).

Při testu nepřímé viditelnosti jsem zkusil stejné vzdálenosti, jako u testu přímé viditelnosti. K trvalému výpadku spojení došlo při cca. 410m (nevzdušnou vzdáleností).

8.3 Vyhodnocení získaných výsledků

Ze získaných informací vyplývá, že výrobcem udané parametry byly dodrženy. Při testech se nestalo, že by došlo k chybě spojení, což by mohlo mít za následek náhodné odpálení okruhů. Tyto moduly jsou tedy vysoce kvalitně zpracovány a jednotky budou při použití těchto modulů zcela bezpečné. Průměrný dosah, vezmeme-li v potaz nejlepší výsledky, je uvnitř budovy cca. 42m a na volném prostranství cca. 600m.

9. Porovnání s komerčními výrobky

V dalším kroku mé práce jsem chtěl porovnat rozdíl v kvalitě a ceně u mého výrobku a u výrobků konkurenčních firem. K porovnání zařízení s komerčními výrobky jsem si vybral dva profesionálně vyráběné odpalovací pulty od společnosti TigerServis a jeden amatérsky vyrobený pult.

9.1 Porovnání se zařízením TIG01 společnosti TigerServis

Jako první odpalovací pult od firmy TigerServis jsem si vybral zařízení s názvem TIG01 (obr. 7.1). Zařízení se skládá ze dvou částí. TIG01A je odpalovací pult, na kterém jsou umístěny ovládací prvky. Má deset přepínačů se signalizační LED diodou, ochranné tlačítko FIRE, systémový vypínač a ukazatel úrovně nabití baterie.

Zdroj napětí je interní 6x1,5V AA, velikost odpalovacího napětí je 9V, velikost odpalovacího proudu max. 5A. Vstupy pro odpal lze aktivovat jednotlivě, nebo najednou. Maximální délka přívodních vodičů je závislá na odporu použitého vodiče (Max. 10Ohmů).

PRO: Ochranné tlačítko FIRE
Vzhled produktu, 10 odpalovacích okruhů

PROTI: Na ovládacím pultu jsou přepínače místo tlačítek
Drátový odpal (vzdálenost max. 100m)
Cena



obr. 7.1

Kompletní zařízení TIG01 od společnosti TigerServis

Největším nedostatkem je dle mého názoru omezení maximální vzdálenosti pultu a odpalovače 10ohmovým vodičem. Normy udávají, že minimální bezpečná vzdálenost od pyrotechnických těles druhé kategorie je 15m a od těles třetí kategorie minimálně 250m, z čehož plyne, že pro odpal profí ohňostrojů je tento pult nedostačující. Je však vhodný pro odpálení filmových efektů a menší pyrotechniky, např. raket, fontán a podobných méně nebezpečných věcí.

Cena kompletu, který zahrnuje úplný modul TIG01 spolu s přívodním kabelem a přepravním kufříkem činí neuvěřitelných 9 640Kč. Při propočtu ceny potřebných součástek jsem se dostal na cenu 1280Kč. Výrobek je tedy zbytečně předražený a jeho koupi bych nedoporučoval.

9.2 Porovnání se zařízením TIG04 společnosti TigerServis

Dalším zařízením, které jsem si vybral, je opět zařízení od společnosti TigerServis, tentokrát nesoucí název TIG04 (obr. 7.2). Tento komplet vypadá o něco profesionálněji. Má 20 výstupních okruhů, digitální stopky a možnost připojit palníky přímo na odpalovací modul. Obsahuje externí akumulátor 12V, velikost odpalovacího napětí je 12V a velikost odpalovacího proudu max. 5A. Počet odpálení v sériovém zapojení je maximálně 20x4 palníků. Maximální délka vedení je opět závislá na odporu vodiče (100hmů). Měřič času je ovládán manuálně a zobrazuje údaj do 99:59 (mm,ss).

PRO: Odolný design
Možnost připojení palníku na modul. Stopky
20 odpalovacích okruhu

PROTI: Délka kabelu 100m
Cena



obr. 7.2

Kompletní zařízení TIG04 od společnosti TigerServis

Délka přívodních vodičů opět neodpovídá normám. Tento nedostatek ovšem vyvažuje možnost připojení palníků rovnou na modul odpalovače. Odolný design se velice hodí při přenášení a při manipulování se zařízením. Dvacet odpalovacích okruhů už stačí na odpal většího ohňostroje. Stopky jsou velikou výhodou při nutnosti odpalovat v přesných časových intervalech. Kompletní cena této sestavy činí rovných 20 000Kč. Při porovnání s předchozím typem TIG01 je cena více než dobrá, ale pořád zbytečně vysoká.

9.3 Porovnání s amatérským zařízením

Dalším zařízením, které jsem vybral bylo Tenline-B (obr. 7.3). Tento odpalovací pult je umístěn v hliníkové krabičce domácí výroby. Má deset výstupů, je drátový a má konektor pro externí zařízení na 12V. Obvod je založen na bázi spínačů. Výrobce udává, že vedení nemůže být delší než 100stop a musí obsahovat nejméně 20-žilový vodič. K dispozici je LED zkušec odpalovacích okruhů.

PRO: Design
Vysoký výstupní proud

PROTI: Absence zabezpečení
Primitivní obvod



obr. 7.3

Odpalovací zařízení Tenline-B

Zařízení splňuje normy pro odpalování pyrotechnických těles druhé třídy nebezpečnosti. Sám konstruktér používá tento odpalovací pult pro odpalování a testování amatérsky vyrobených raket. Při stisku tlačítka se deaktivuje testovací obvod LED diod a dojde k přivedení napětí na výstupní svorky odpalovače. Zařízení je vzhledem ke své jednoduchosti vysoce spolehlivé.

10. Závěr

Při porovnávání jednotlivých výrobků jsem dospěl k názoru, že mé zařízení je cenově výhodnější, než konkurenční výrobky. Můj odpalovací pult jsem sestavil za 4.847Kč. Při vývoji jsem se snažil navrhnout co nejlepší vzhled zařízení a co nejkvalitnější provedení s ohledem na nízkou cenu výrobních nákladů. Troufám si říci, že jsem požadavky splnil. V budoucnu bych chtěl přejít na sériovou výrobu tohoto pultu, ovšem nízký věk mi to zatím nedovoluje.

V práci jsem nehodnotil pouze vzhled jednotlivých zařízení, ale také spolehlivost a bezpečnost výrobků. Zařízení pro odpal pyrotechnických těles musí být vyráběno podle zvláštních předpisů. Musí být zabezpečeno proti nechtěnému odpalu, obsahovat více než osm okruhů, zažehnout pyrotechnické těleso s maximálním zpožděním 350ms a vydržet nepříznivé povětrnostní podmínky, jakými jsou například déšť, bouřka a silný vítr. Minimální vzdálenost od pyrotechnických těles druhé kategorie je 15m, od těles třetí kategorie 250m a od těles čtvrté kategorie minimálně 400m. To vše mnou navržený pult Helena Firing v. 4 splňuje. První z uvedených zařízení TIG01 by se správně do kategorie pyrotechnických odpalovačů neměl vůbec zařazovat. S jeho nízkým dosahem je odpalování pyrotechnických těles druhé kategorie nepřijatelné a hodí se tedy k odpalování pyrotechnických efektů, kterými jsou například dýmovice. Firma Tigerservis, vyrábějící toto zařízení, původně nabízí pult pouze k odpalu tzv. filmové pyrotechniky, která je bezpečná a nehrozí popálení, nebo jiné zranění osob, které jsou v okruhu 5m od tělesa.

V budoucnu se chystám své zařízení ještě vylepšit o komunikaci s počítačem pomocí speciálního softwaru, na kterém již pracuji a který zatím funguje bez sebemenších potíží. Dále bych chtěl do zařízení nahrát nový, vylepšený firmware, který by umožňoval sekvenční odpal a možnost programování jednotlivých sekcí pro pyrotechniku. To by měl splňovat budoucí odpalovací pult Helena Firing v. 5, který bude obsahovat zabudovaný akumulátor a bude komunikovat prostřednictvím bezdrátových modulů od firmy Flajzar, nebo v nepříznivých podmínkách prostřednictvím předdefinovaných dat pomocí GSM modulů.

Zařízení Helena Firing v. 4 bude používáno při odpalování ohňostrojů. Zařízení vyniká vysokou stabilitou signálu, lehkou ovladatelností a líbivým vzhledem. Obsluhovat tento pult zvládne i naprostý amatér, vzhledem k jednoduchosti ovládacích prvků. Toho by se dalo využít při výrobě odpalovacích pultů pro širokou veřejnost. Při používání těchto zařízení

by se zajisté zvýšila bezpečnost při práci s pyrotechnickými tělesy a hrozily by menší ztráty na životech, které jsou většinou způsobeny neodbornou manipulací s těmito tělesy.

Při návrhu "nekonečného palníku" jsem došel k závěru, že výrobu tohoto palníku bych mohl nabídnout jedné z firem, zabývajících se profesionální výrobou palníků. Jedná se totiž o poměrně žádané zboží a myslím si, že by se nejen snížila spotřeba střelného prachu, který v tomto nekonečném palníku můžeme úplně vynechat, ale snížily by se i provozní náklady pro odpal pyrotechnických těles a tím by firmy, zabývající se odpalem ohňostrojů ušetřily na materiálu. Nekonečný palník je zařízení velice spolehlivé. Jediným nedostatkem je, že při odpalu protéká tuhou veliký odpalovací proud (desítky A), což by znamenalo nutnost zvýšení kapacit akumulátorů, které jsou v nynějších odpalovacích pultech.

Tímto bych chtěl shrnout přínos mé práce. Vyrobil jsem zařízení finančně nenáročné a kvalitně zpracované, které má jednoduchou obsluhu, líbivý vzhled a veliký dosah. Z tohoto zařízení budou použity základy pro vývoj další verze odpalovacího pultu, který bude mít stejný vzhled, ale o mnoho více funkcí. Plošný spoj projde minimalizací a tudíž bude možné použití stávajících boxů, ve kterých jsou umístěny jednotky odpalovacího pultu. Výroba nekonečného palníku bude navržena firmě, která se zabývá jejich vývojem a při případné spolupráci se pokusím zrealizovat i sériovou výrobu digitálního odpalovacího pultu Helena Firing v. 4.

Veškerá dokumentace, týkající se odpalovacího zařízení Helena Firing v.4, je v mém vlastnictví a nepřeji si, aby byla dále zveřejňována. Toto omezení se týká dokumentace, návrhu plošných spojů pro vysílací jednotku, schémat pro vysílací a přijímací jednotku, návrhu designu vysílací a přijímací strany, softwaru pro vysílací a přijímací stranu a vlastního zařízení Helena Firing v.4.

Kopírování, či napodobování jakýchkoliv výše zmiňovaných materiálů je dovoleno pouze s mým svolením.

11.Zdroje

Informace ohledně vysílače MTX1 + fotografie

<http://www.flajzar.cz/dalkove-ovladani-rf-868434mhz/mtx1-mikromodul-vysilace-3-az-12v.htm>

(staženo 1.2.2013)

Informace ohledně přijímače MRX1 + fotografie

<http://www.flajzar.cz/dalkove-ovladani-rf-868-434mhz/mrx1-mikromodul-prijimace.htm>

(staženo 1.2.2013)

Fotografie ATmega8515

<http://www.gme.cz/mikroprocesory-atmel-avr-mega/atmega8515-16pu-p432-207/>

(staženo 5.2.2013)

Obrázek vývodů ATmega8515

<http://www.datasheetdir.com/ATMEGA8515+AVR-microcontrollers>

(staženo 5.2.2013)

Fotografie ATmega8

<http://www.gme.cz/mikroprocesory-atmel-avr-mega/atmega8-16pu-p432-201/>

(staženo 18.2.2013)

Obrázek vývodů ATmega8

<http://www.datasheetdir.com/ATMEGA8+AVR-microcontrollers>

(staženo 18.2.2013)

Informace ohledně integrovaného obvodu ATmega8515

<http://www.gme.cz/dokumentace/432/432-207/dsh.432-207.1.pdf>

(staženo 5.2.2013)

Obrázek montážního boxu U-KP22

<http://www.gme.cz/plastove-krabicky-univerzalni/u-kp22-p622-423/>

(staženo 5.2.2013)

Obrázek montážního boxu U-KP23

<http://www.gme.cz/plastove-krabicky-univerzalni/u-kp23-p622-424/>

(staženo 5.2.2013)

Informace ohledně zařízení TIG01 + fotografie

<http://tigerservis.cz/ohnostroje/stranky/cestina/tig01.html>

(staženo 15.2.2013)

Informace ohledně zařízení TIG04 + fotografie

<http://tigerservis.cz/ohnostroje/stranky/cestina/tig04.html>

(staženo 15.2.2013)

Informace ohledně amatérského zařízení Tenline-B + fotografie

<http://www.webcomsknkwrks.com/pyroctrl.htm>

(staženo 15.2.2013)

12. Přílohy

DOKUMENTY:

příloha č.1 - schéma vysílací strany

příloha č.2 - deska plošných spojů vysílací strany

příloha č.3 - schéma přijímací strany

SOUBORY (CD):

příloha č.1 - složka Vysílač - Vše ohledně vysílací jednotky. Obsahuje schéma, návrh DPS program v C a v ASM, fotodokumentaci a polep.

příloha č.2 - složka Přijímač -Vše ohledně přijímací jednotky. Obsahuje schéma, program v C, fotodokumentaci a polep.

příloha č.3 - složka Obrázky - Veškeré fotografie použité v této dokumentaci.

příloha č.4 - soubor Dokumentace HFv4.docx - Kompletní dokumentace k výrobku

příloha č.5 - soubor Prezentace HFV.4.pptx - Prezentace k výrobku