

Výukový modul pro předmět programování mikro- počítačů: model NiMH akumulátoru

Educational Module for Microcontrollers Programming
Course: NiMH Accumulator Model

Miroslav Husek



nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je nastudovat vlastnosti NiMH akumulátorů, jenž jsou využívány v každodenním životě. Tuto studii pak využít pro realizaci výukového modulu, který bude simulovat tento typ akumulátoru, jejíž základem bude mikropočítač FREESCALE, který bude na základě logických signálů simulovat nabíjení a vybíjení. Dále sestrojít pomocí vývojového kitu M68EVB908GB60, který je používán při výuce „programování mikropočítačů“, ukázkovou simulaci inteligentní nabíječky.

Klíčová slova: NiMH, FREESCALE, M68EVB908GB60, mikropočítač, akumulátor.

ABSTRACT

The aim of this work is to study the properties of NiMH batteries, that are used in everyday life. Then that study use to realize simulation of this type of battery, that will be based on FREESCALE microcomputer, that will be simulate charging and discharging on base of logical pulses. Furthermore construct by M68EVB908GB60 development kit, that is used to teach „programming of microcomputers“, example of simulation smart charger.

Keywords: NiMH, FREESCALE, M68EVB908GB60, microcomputer, battery.

Tuto stranu bych chtěl věnovat panu Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D. jako poděkování za velmi cenné rady, čas strávený nad řešením této bakalářské práce a jeho vynikající přístup.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ELEKTROCHEMICKÉ HERMETICKÉ AKUMULÁTORY	11
1.1 PRIMÁRNÍ ČLÁNKY	12
1.1.1 Mokrý článek	12
1.2 SEKUNDÁRNÍ ČLÁNKY	14
1.2.1 Olověné akumulátory	14
1.2.2 Alkalické akumulátory	16
Proudové ukončení nabíjení.....	19
Teplotní ukončení nabíjení	19
Napěťové ukončení nabíjení	19
Časové ukončení nabíjení	20
1.2.3 Ni-MH akumulátory	21
2 MIKROPOČÍTAČE	25
2.1 ZÁKLADNÍ ČÁSTI MCU	25
2.1.1 Procesor	26
2.1.2 Paměť dat	26
2.1.3 Paměť programu.....	26
2.1.4 Periferní obvody.....	27
2.1.5 Sběrnice.....	27
2.2 MIKROPOČÍTAČ MC9S08SH32.....	28
2.2.1 SPI rozhraní.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
3 NÁVRH MODELU	32
3.1 POPIS MODELU	32
3.2 NÁVRH SCHÉMATU MODULU	33
3.3 NÁVRH DPS	34
3.4 VYTVOŘENÍ DPS.....	35
3.5 PÁJENÍ.....	36
3.6 PINY VYUŽÍVANÉ K FUNKCI SIMULACI NiMH AKUMULÁTORU	36
3.6.1 Vstupy	36
3.6.2 Výstupy	37
3.7 FUNKCE PROGRAMU	37
3.7.1 SPI komunikace	38
3.7.2 Komunikace SPI s posuvným registrem 74HC595.....	39
3.7.3 Komunikace SPI s D/A převodníkem	40
3.8 NABÍJECÍ CHARAKTERISTIKA.....	42
3.9 VYBÍJECÍ CHARAKTERISTIKA.....	44
3.10 REALIZACE NABÍJENÍ/VYBÍJENÍ V PROGRAMU	45
3.10.1 Vytvoření vrcholu nabíjení	46
3.11 INTELIGENTNÍ NABÍJEČKA	47
ZÁVĚR	49

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	52
SEZNAM TABULEK.....	54
SEZNAM PŘÍLOH.....	55

ÚVOD

Jednočipový mikropočítač je integrovaný obvod, který je hojně využíván ve většině elektronických zařízeních. Je využíván především pro jednoúčelové využití, jako je např.: blikavka pro jízdní kolo, otáčení krokového motorku, dálkového ovládání televizoru apod. Velká výhoda je rozměr mikropočítače. Na plošném spoji svojí velikostí nezabírá téměř žádné místo. Díky tomu pak získáváme elektronické výrobky velice malých rozměrů.

Obsahuje centrální procesorovou jednotku, má vlastní paměť, digitální vstupy a výstupy, A/D a D/A převodníky, čítače, časovače a mnoho dalších periférií a to všechno je uzavřeno v jednom pouzdře.

Všechny tyto periferie může programátor využít k realizaci programu, aby dosáhl požadované funkce mikropočítače. Využitím časovačů je možno vytvořit zpoždění, čítačem lze počítat přichozí pulsy. Jednou z hlavních komponent jsou digitální vstupy a výstupy, ke kterým lze připojit tlačítka, nebo spínače pomocí logických úrovní $\log 0$ a $\log 1$. D/A převodník je pak využíván pro vyhodnocování spojitých signálů.

NiMH akumulátory se nacházejí všude kolem nás. Jsou hojně využívány, neboť lze tyto akumulátory opakovaně dobíjet. Pro dobíjení se používají nabíječky, které lze připojit přímo do elektrické sítě 230V/50Hz. Tyto nabíječky však nenabíjejí konstantním proudem, jsou také proto nazývány jako inteligentní nabíječky.

Pro využití při výuce programování mikropočítačů je velice výhodné vytvořit simulaci NiMH akumulátoru, která bude připojena k vývojovému kitu, aby studenti mohli naprogramovat výše zmíněnou inteligentní nabíječku. Pokud by byl připojen reálný NiMH akumulátor, trvalo by několik hodin, než by byl akumulátor nabit. Tento problém bude řešit právě simulovaný akumulátor, který zkracuje tuto dobu až na několik sekund.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ELEKTROCHEMICKÉ HERMETICKÉ AKUMULÁTORY

V dnešní době se člověk neobejde bez elektrochemického akumulátoru prakticky nikde. Nalezneme je v mobilních telefonech, hodinkách, automobilech až po ponorky.

Základem každého elektrochemického akumulátoru je galvanický článek, který je tvořen dvěma elektrodami. Kladnou elektrodou (katoda) a zápornou elektrodou (anoda), které jsou umístěny v elektrolytu. Mezi jednotlivými elektrodami je umístěn také separátor.

Záporná elektroda je materiál, který při vybíjení článku oxiduje, přičemž se uvolňují elektrony.

Kladná elektroda přijímá uvolněné elektrony zápornou elektrodou.

Elektrolyt je látka schopná se v roztoku štěpit na nabitě částice (ionty) – kationty s kladným znaménkem a anionty se záporným znaménkem. Ionty umožňují vedení proudu v článku. [1]

Separátor odděluje kladnou a zápornou elektrodu, aby spolu nepřišly do styku. Může to být např. nějaká textilní látka, deska, fólie. Tento materiál musí být hlavně odolný vůči chemickému vlivu elektrolytu, musí být dostatečně mechanicky pevný. Jeho úkolem může být také zadržovat některé ionty.

Hermetické jsou nazývány proto, že jsou zcela neprodyšně uzavřené a nevyučují žádné plyny. Jsou hodně zaměňovány z plynotěsnými akumulátory v praxi, ty však na rozdíl od hermetických akumulátorů mají pojistku proti možnosti zničení zařízení, v němž se akumulátor nachází, v případě exploze.

Hermetické akumulátory lze rozdělit podle jejich tvaru a to na:

- Válcové
- Prizmatické
- Knoflíkové

Také lze dělit podle použití:

- Se zvýšenou kapacitou
- Pro všeobecné použití
- Pro rychlé nabíjení
- Pro extrémně rychlé nabíjení a vybíjení
- Pro trvalé dobíjení

- Akumulátory do zvýšených teplot
- Pro komerční účely
- Pro všeobecné použití

Elektrochemické zdroje energie jsou děleny do dvou základních skupin

1. Primární články
2. Sekundární články

1.1 Primární články

U těchto zdrojů vzniká elektrická energie za působení chemické reakce. Tyto články mají omezené množství energie, které jsou schopny dodat a následně po vybití nelze elektrickou energii obnovit. Alessandro Volta byl italský fyzik, který jako první sestrojil v roce 1799 zdroj elektrického proudu. Tento zdroj nazval Galvanický článek. Poté sestrojil Voltův sloup.

Princip primárního galvanického článku:

Je tvořen měděnou (kladná) a zinkovou (záporná) elektrodou. Obě tyto elektrody jsou ponořeny do kyseliny sírové. Pokud tyto dvě elektrody spojíme vodivým materiálem, začne probíhat chemická reakce. Měděná elektroda začne uvolňovat elektrony do elektrolytu, čímž se stává kladnou a zároveň se uvolňuje plyný vodík. Naopak zinková elektroda se v kyselině začne rozpouštět a na elektrodě zůstávají elektrony, čímž se stává tato elektroda zápornou a díky rozdílu potenciálu na obou elektrodách prochází vodivým materiálem spojujícím tyto dvě elektrody proud. Tato chemická reakce trvá až do doby, kdy je zinková elektroda naprosto rozleptána a spotřebována kyselina.

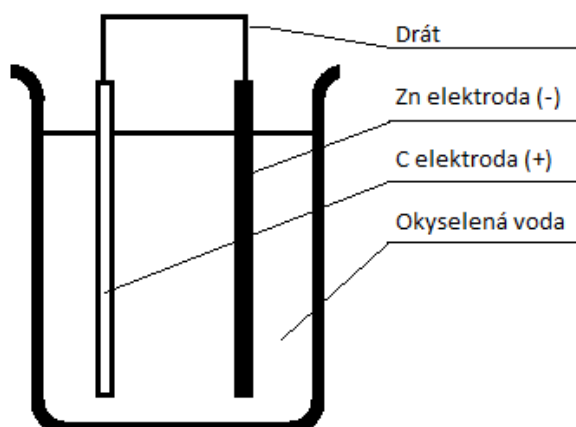
Primární galvanické články jsou rozděleny do dvou skupin:

1. Mokrý článek
2. Suchý článek

1.1.1 Mokrý článek

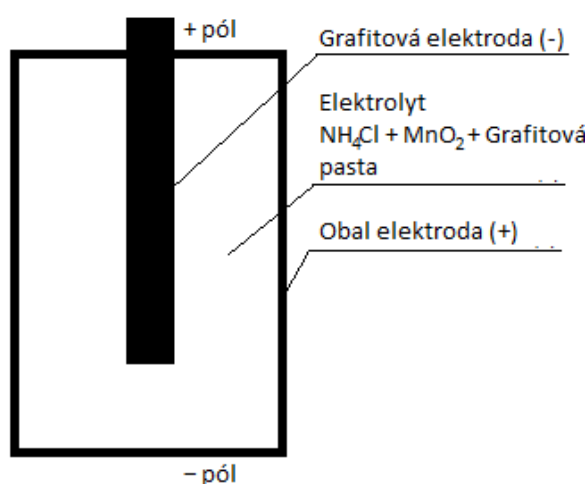
Klasickým příkladem je klasický Voltův mokrý článek, což je nádoba s okyselenou vodou, do které jsou vloženy dvě elektrody. Zinková jako záporná elektroda a uhlíková jako klad-

ná elektroda. Elektrody jsou spojené drátem a díky tomu lze naměřit mezi těmito elektrodami elektrické napětí.



Obrázek 1: Mokrý Voltův článek

Takový článek je tvořen zinkovým obalem, který zároveň tvoří kladnou elektrodu. V ose článu je pak umístěna záporná elektroda z práškového oxidu manganičitého MnO_2 , který je známý také jako burel, smíchaným s práškovým uhlíkem. Elektrolyt je tvořen vodným roztokem chloridu amonného NH_4Cl a ten je pak nasáknut do kladné elektrody. Pak už je mezi elektrodami jen separátor z papíru, který zabraňuje přímému kontaktu těchto dvou elektrod.



Obrázek 2: Suchý článek

1.2 Sekundární články

Sekundární články jsou velice výhodné jak z ekologického, tak ekonomického hlediska. Tyto články lze vybíjet a opětovně nabíjet. Ideální stav by byl, kdyby všechny elektrochemické reakce probíhaly na 100%, bohužel vlivem fyzikálních jevů tomu tak není, ale všechny tyto elektrochemické reakce jsou vratné.

Z ekonomického hlediska je pro spotřebitele výhoda taková, že stačí po vybití tohoto akumulátoru pouze dobít jeho kapacitu, čímž v dnešní době ušetří spoustu finančních prostředků.

Ekologický pohled na tento článek je také velice výrazný, neboť místo likvidace spousty primárních článků, které spotřebitel využije, je likvidace jednoho článku, který nebude po opakovaných dobíjeních plnit svůj účel, obrovským rozdílem.

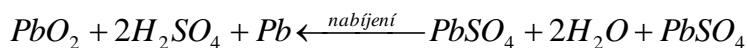
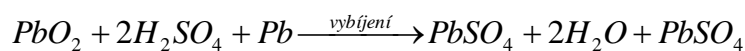
Běžně dostupné sekundární články jsou děleny do skupin podle použitého elektrochemického systému:

1. Olověné akumulátory
2. Alkalické
3. Ni-MH (metalhydridové) akumulátory
4. Li-ion akumulátory

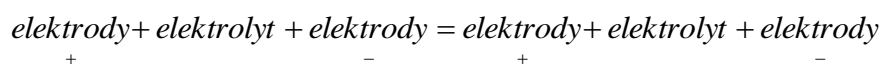
1.2.1 Olověné akumulátory

Olověné akumulátory jsou jedny z nejčastěji používaných akumulátorů. Jejich výhodou je velmi nízká cena, spolehlivost a vysoký výkon. Jeden takový článek tvoří dvě olověné desky ponořené do kyseliny sírové. Poté je možné takové články zapojovat paralelně po sadách jako kladné elektrody v kladné sady a záporné elektrody v záporné sady. Ampérhodinová kapacita takového článku je pak úměrná počtu kladných elektrod v sadě. Jmenovité napětí jednoho plně nabitého článku je 2 V a to se nemění. [1] Chemický proces v takovém akumulátoru je vratný, proto se jedná o sekundární zdroj.

Taková chemická reakce je vyjádřena rovnicí:



Taková rovnice lze zjednodušit do tvaru:



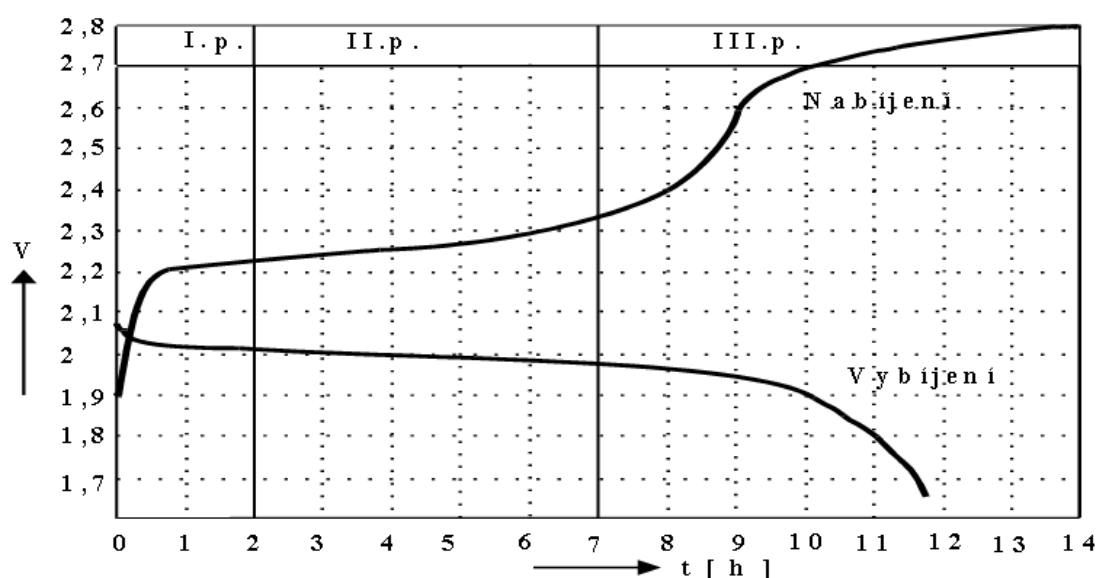
Nabíjení:

Při nabíjení elektrolyt olověného akumulátoru houstne. Jak lze vidět z předešlé rovnice nabíjení, tvoří se kyselina sírová H_2SO_4 . Jak je nabíjecí cyklus ukončen, na kladné elektrodě je tmavohnědý oxid olovičitý. Naopak na záporné elektrodě je jemný nános tmavosedého olova.

Při nabíjení je třeba dbát na bezpečnost zejména z důvodu tzv. plynování elektrod. Elektrody při nabíjení jakoby vařily, uvolňují se bubliny a to z toho důvodu, že začíná proces elektrolyzy vody, čímž se voda rozkládá na kyslík a vodík. Tato směs plynů je ve větším množství výbušná, proto je bezpečnější nabíjet ve větraných místnostech.

Vybíjení:

Při vybíjení je postup přesně opačný. Elektrolyt akumulátoru řídne, protože je spotřebovávána kyselina sírová H_2SO_4 . Také se na obou elektrodách tvoří vrstva špatně rozpustného síranu olovnatého. [2]



Obrázek 3: Křivky napětí při nabíjení a vybíjení olověných akumulátorů v závislosti na čase

Záporné elektrody olověných akumulátorů:

Druhů elektrod takového akumulátoru je více. Podle typu zvolené elektrody jsou samozřejmě ovlivňovány vlastnosti olověného akumulátoru.

➤ Velkopovrchové (Plantého) elektrody

Jsou odlévány z čistého olova o síle 7 až 12mm a životnost takového akumulátoru je udávána jako 15 až 25 let. Vydrží cca 1000 cyklů nabíjení, avšak záporným faktorem takového akumulátoru je jeho hmotnost.

➤ Mřížkové elektrody

Mřížkové elektrody jsou proti velkopovrchovým podstatně lehčí. Jsou vyráběny z olova legovaného antimonem, selenem, tellurem nebo arzenem ve tvaru mřížek. Avšak díky jejich mřížkovému profilu je snížena jejich životnost a počet cyklů nabíjení asi na 300 až 600 cyklů. Takto konstruovaný akumulátor je vhodný jako startovací.

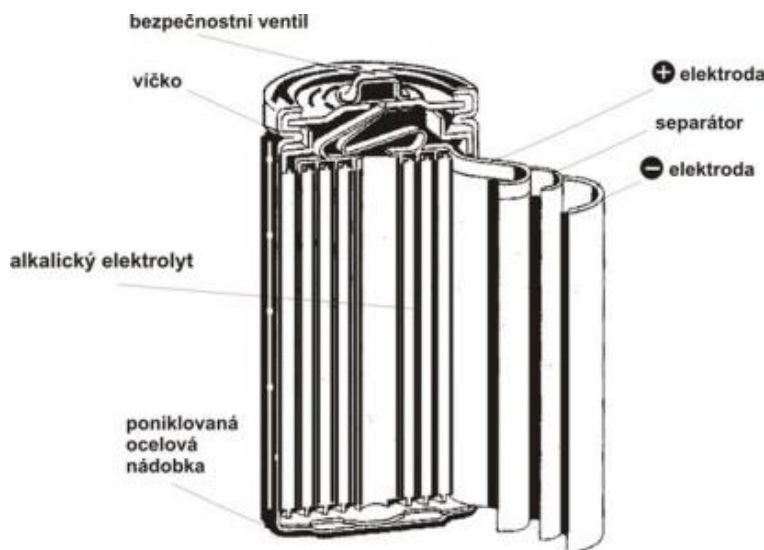
Legování je přidávání příměsí legovacího materiálu do kovu pro zlepšení jeho mechanických vlastností.

➤ Trubkové (pancéřové) elektrody

Tyto elektrody se hmotností těsně blíží mřížkovým akumulátorům, avšak jejich životnost je podstatně vyšší. Trubkové elektrody vydrží až 1500 nabíjecích cyklů. Nevýhodou je však jejich vysoký vnitřní odpor.

1.2.2 Alkalické akumulátory

Tyto akumulátory jsou běžně vyráběny bez problému v menších kapacitách v rozměrech jak AA tak AAA v plynotěsném obalu. Díky jejich neškodlivým výparům nezpůsobují žádné poruchy v přístrojích a zařízeních, ve kterých jsou použity. Jsou velmi vůči odolné mechanickým poškozením. Napětí, které lze naměřit na alkalickém akumulátoru naprázdno je rovno 1,5V. Jejich elektrolyt je tvořen roztokem hydroxidu draselného KOH , který je používán jako velmi silné sušidlo pro chemickou syntézu. Elektrody jsou tvořeny ze silně poniklovaných nebo postříbřených plechů různých kovů.



Obrázek 4: Stavba alkalického akumulátoru

Alkalické akumulátory jsou podle těchto kovů použitých ke konstrukci elektrod rozlišovány pak na:

- Nikl-kadmiové (Ni-Cd)
- Nikl-železné (Ni-Fe)
- Stříbro-zinkové (Ag-Zn)
- Stříbro-kadmiové (Ag-Cd)
- Nikl-zinkové (Ni-Zn)

Elektrody musí zajišťovat velmi dobrou mechanickou stabilitu a musí umožňovat velmi dobrý styk kladných a záporných desek s elektrolytem.

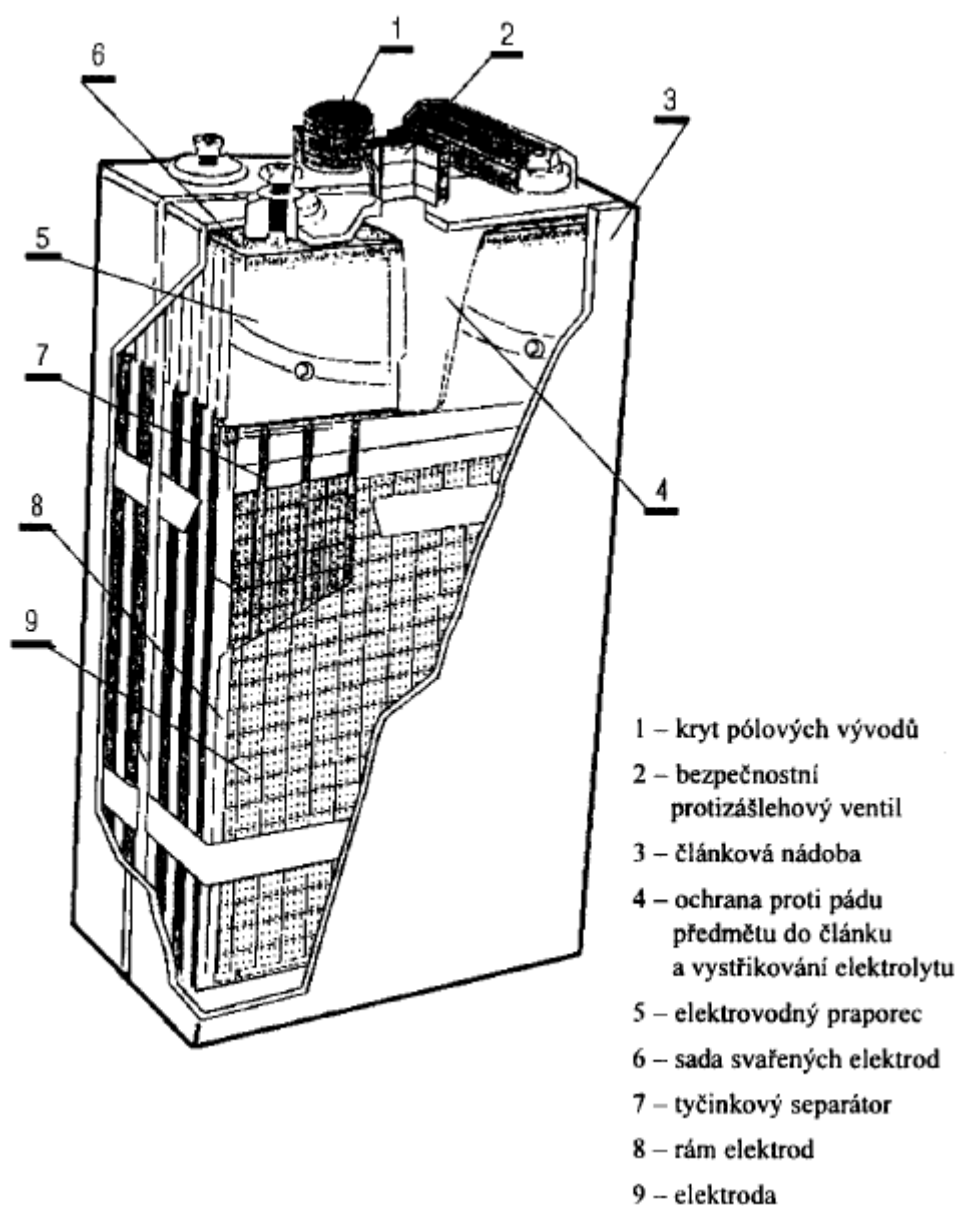
Dle konstrukčního hlediska jsou rozlišovány hlavní typy elektrod na:

- Trubkové
Toto provedení už se v dnešní době nepoužívá. Vadou byla veliká hmotnost a vysoký vnitřní odpor. Jednalo se o svinutou ocelovou trubici s aktivní hmotou uvnitř.
- Kapsové
Jsou tvořeny dvěma vzájemně spojenými ocelovými pásky, které jsou jemně perforovány. Takto spojené pásky tvoří kapsu, kde je uložena aktivní hmota. Toto konstrukční provedení je nejrozšířenější.
- Spékané (sintrované)
Na povrchu jemně perforovaného niklovaného kolektoru je spékán vysoce čistý nikl, čímž vznikne pórovitý povrch, kam je vpravena aktivní hmoty. Tyto akumuláto-

ry jsou několikanásobně dražší, než provedení s kapsovými elektrodami. Mají velice nízký vnitřní odpor.

➤ **Plastem pojené**

Obsahují plastový skelet na který je nanесena aktivní hmota. Používá se také v kombinaci se spěkanými elektrodami. Jedná se o netkanou textilií z polovodivého plastu, která je elektrolyticky poniklována. Toto poniklování vytvoří hustou síť niklových vláken, na kterou je nanесena kašovitá aktivní hmota, která je pak usušena a plastová vložka je poté vyjmuta (teplem nebo rozpuštěním). [1]



Obrázek 5: Celkové konstrukční uspořádání akumulátoru s kapsovými elektrodami [1]

Nabíjení:

Při nabíjení se vůbec nemění hustota hydroxidu draselného (elektrolytu). Je třeba je nabít na 150% jejich kapacity pro kompenzaci neefektivnosti nabíjení. Nabíjení může být prováděno i konstantním proudem.

Ukončení nabíjecího cyklu:

1. Proudové
2. Teplotní
3. Napěťové
4. Časové.

Proudové ukončení nabíjení

Metoda proudového ukončení není moc využívána. Jedná se o nabíjení ultrarychlé konstantním proudem na předem určené napětí. Jak dosáhne akumulátor daného napětí, je nabíjeno konstantním napětím. Problém může být, že akumulátor vůbec daného napětí nedosáhne.

Teplotní ukončení nabíjení

- Metoda sledováním předem dané teploty „ T_{CO} “

Nabíjení je ukončeno po dosažení předem dané teploty. T_{CO} znamená „Thermal cut-off“. Teplota je ve většině případech nastavena na 45°C. Nedoporučuje se nabíjet akumulátory s kapacitou větší jak 2Ah.

- Metoda sledováním změn teploty „ $\Delta T / \Delta t$ “

Metoda využívá sledování změn teploty v čase. Pokud je nárůst teploty pak větší jak 1°C za minutu, dochází k ukončení nabíjení.

Napěťové ukončení nabíjení

- Metoda sledování předem daného napětí „ U_{CO} “

Napětí, kterého je třeba na akumulátoru dosáhnout, je předem dáno. Většinou je určováno z katalogových údajů napěťových křivek pro daný akumulátor. Po dosažení tohoto napětí je nabíjení u konce. U_{CO} znamená „Voltage cut-off“.

- Metoda sledování vrcholu napětí „ PKV “

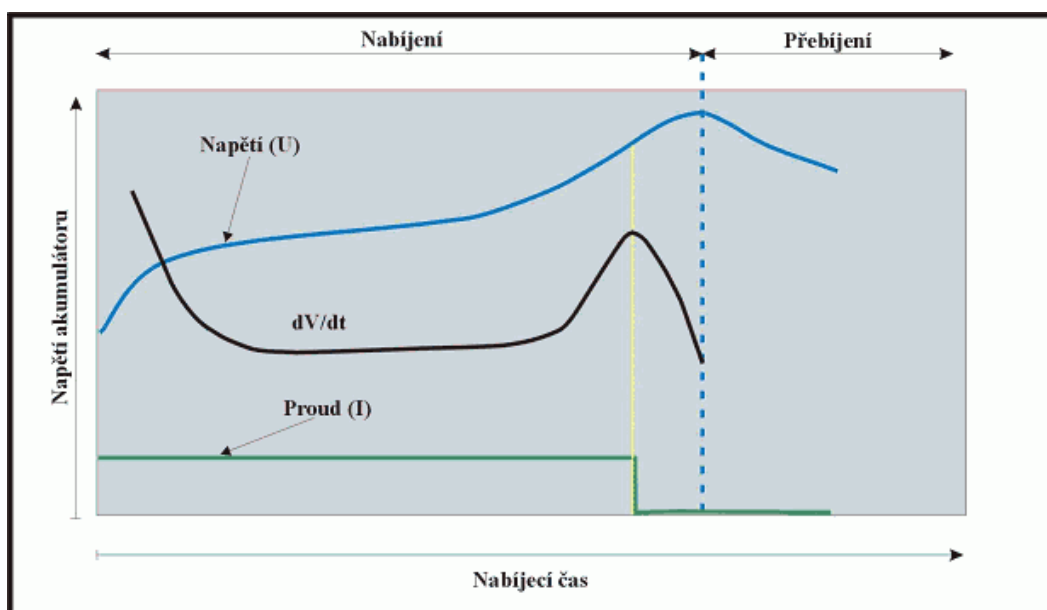
Z anglického „Peak voltage detection“. Na akumulátoru je zachycováno nejvyšší napětí. V momentě vrcholu je nabíjení ukončeno. Využívá se u rychlého nabíjení. Tato metoda však není vhodná pro nabíjení za jiných okolních teplot než pokojových, protože teplota velice ovlivňuje průběh napětí na akumulátoru.

- Metoda sledování poklesu napětí na konci nabíjení „ $-\Delta U$ “

Tato metoda je asi nejznámější a nejpoužívanější, která je využívána hlavně u komerčních nabíječek. Při dosažení stavu nabití, začne na akumulátoru klesat napětí. Pokud je tento pokles větší jak 10mV, je nabíjení ukončeno. Dochází však ke krátkému přebíjení akumulátoru a tím k jeho zahřívání, což snižuje životnost tohoto zdroje napětí.

- Metoda sledování napěťové špičky druhé derivace napětí v čase „ d^2U / dt^2 “

Druhá derivace je v matematice využívána pro hledání inflexního bodu, což je zde ten samý případ. V místě inflexního bodu je nabíjení ukončeno.



Obrázek 6: Nabíjení metodou

Časové ukončení nabíjení

Tato metoda je používána asi nejčastěji u zkušebních akumulátorů. Po stanoveném čase se nabíjecí cyklus ukončí. Tato doba je dlouhá 14-16 hodin. Normy předepisují nabíjecí proud $0,1I_r$ a neměl by překročit větší hodnotu, než $0,2I_r$.

Konkrétně pro potřebnou dobu nabití platí:

$$t = \frac{C_{jm} \cdot 1,5}{I_n}$$

Kde:

C_{jm} - Jmenovitá kapacita [Ah]

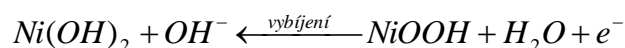
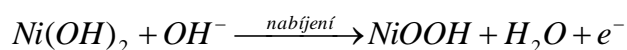
1,5 – nabíjecí faktor

I_n - nabíjecí proud [A]

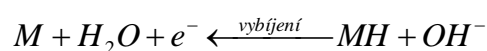
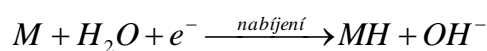
1.2.3 Ni-MH akumulátory

NiMH akumulátory (metal-hydridové) jsou ve srovnání s ostatními druhy akumulátorů podstatně mladší (cca 20 let). Jejich velká výhoda je proti NiCd akumulátorům v přibližně dvojnásobně větší kapacitě, avšak proti ostatním článkům, které mají napětí naprázdno okruh 1,5V, tak u metal-hydridových je to pouze 1,2V.

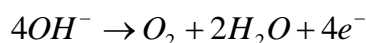
Kladná elektroda NiMH akumulátorů má stejnou konstrukci a stejné složení aktivní hmoty jako kladná elektroda NiCd akumulátorů, to znamená, že elektrochemické změny probíhající při nabíjení a vybíjení jsou shodné a jsou popsány následující rovnicí:



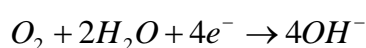
Záporná elektroda obsahuje jako elektrochemicky aktivní látku kovovou slitinu, která je schopná během nabíjení a vybíjení vázat a uvolňovat vodík podle následující rovnice:



V průběhu přebíjení se na kladné elektrodě uvolňuje kyslík dle rovnice:



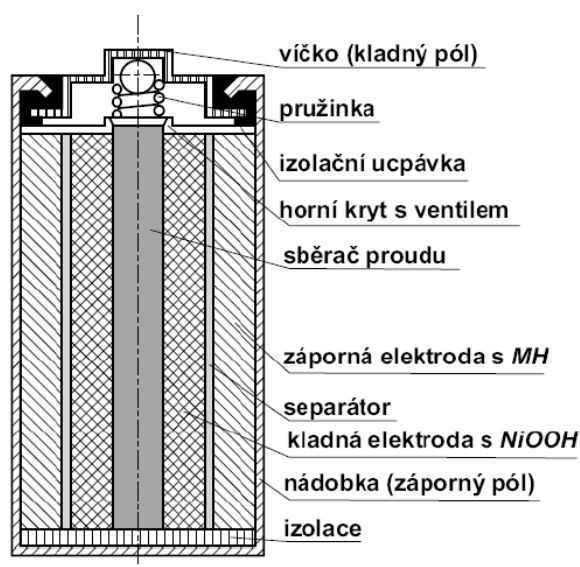
Akumulátor musí být zhotoven tak, aby po dosažení plného nabití kladné elektrody zůstala část aktivní hmoty záporné elektrody nenabitá. Kyslík vznikající při přebíjení na kladné elektrodě prochází porézním separátorem na zápornou elektrodu, kde je redukován dle rovnice:



Plynný kyslík je takto vázán, současně je oxidována aktivní hmota záporné elektrody, která pak nemůže být plně nabitá a nedochází tak na ní k vývinu vodíku v průběhu přebíjení. Tento děj se nazývá rekombinace a umožňuje hermetizaci NiMH akumulátorů. [3]

Elektrolyt NiMH akumulátoru je opět tvořen roztokem hydroxidu draselného KOH . Jednotlivé elektrody jsou odděleny separátorem ze syntetických vláken.

Konstrukce:



Obrázek 7: Konstrukční řešení NiMH akumulátoru

Válcové a prizmatické (kvádrové) jsou vyráběny s vypékanou (sintrovanou) kladnou elektrodou. Záporná elektroda je pak vyráběna s využitím niklové pěny a pojenou plastem. Knoflíkové provedení je vyráběno s oběma elektrodami prolisovanými plastem pojenými. NiMH akumulátory jsou vyráběny ve velikostech AAA, AA, C, D.

Využití:

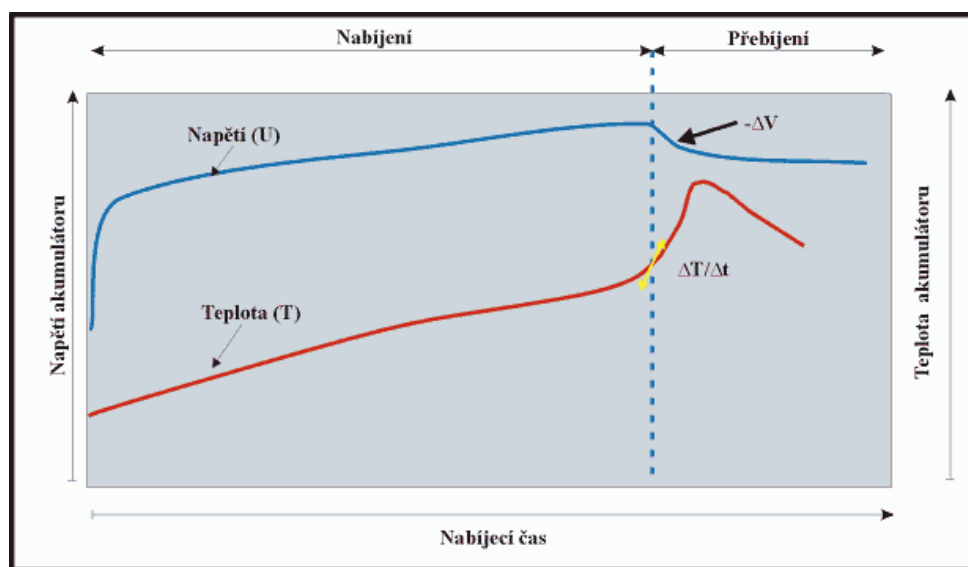
Válcové NiMH akumulátory jsou díky své vysoké kapacitě hojně využívány v mobilní technice, videokamerách, netboocích, akumulátorovém nářadí, svítilnách a dalších elektronických zařízeních.

Prizmatické NiMH akumulátory jsou taktéž využívány v mobilní technice, CD přehrávačích, walkmanech, snímačích čárových kódů apod. Jejich výhodou je také to, že je možno sestavit baterie bez nevyužitých prostorů.

Knoflíkové NiMH akumulátory jsou pak hojně využívány na základních deskách ve výpočetní technice pro zálohování pamětí. Můžeme se také setkat s atypickým tvarem oválu. [3]

Nabíjení:

Jako u NiCD akumulátorů, je více možností, jak sledovat akumulátor při nabíjení. Rozsahy povolených nabíjecích teplot jsou dány výrobcem a musí být bezpodmínečně dodrženy.



Obrázek 8: Nabíjecí křivka NiMH akumulátoru

Proudové nabíjení:

➤ Normální nabíjení

Tato metoda je možná jak pro NiCD akumulátor, tak pro NiMH. Dobíjení je prováděno 12 až 16 hodin konstantním proudem $0,1I_t$. Je doporučeno spíše pro dlouhodobě skladované akumulátory. Povolený rozsah nabíjecích teplot je 0°C až do 50°C .

➤ Zrychlené nabíjení

Zrychlené nabíjení, jak už název napovídá, je velice podobné normálnímu nabíjení, ale je prováděno vyšším proudem, čímž se zkrátí doba nabíjení. To však omezi teplotní rozsah. Nabíjení je prováděno 4-5 hodin nabíjecím proudem $0,3I_t$ s povoleným teplotním rozsahem $+5^{\circ}\text{C}$ až $+35^{\circ}\text{C}$, nebo 7-8 hodin s nabíjecím proudem $0,2I_t$, kde je hranice teploty stanovana až na $+50^{\circ}\text{C}$.

➤ Rychlé nabíjení

Tato metoda trvá 1-2 hodiny, nedoporučuje se však jako u předchozích ukončení časem, ale ukončení teplotní nebo napětíové. Nabíjecí proud je dán od $0,5I_t$ do $1I_t$ při rozsahu nabíjecích teplot $+10^{\circ}\text{C}$ až $+40^{\circ}\text{C}$.

➤ Velmi rychlé nabíjení

Tato metoda dobíjí proudem $1I_t$ až $4I_t$, což umožňuje zkrácení času až na 15-60 minut. Sledování ukončení napětí je však už sledováno alespoň třemi způsoby, což už vede k inteligentním nabíječkám.

➤ Trvalé dobíjení

Časově neomezené dobíjení konstantním proudem o hodnotě $0,05I_t$ až $0,06I_t$ nemá negativní vliv na dobíjený akumulátor. Můžeme se také setkat s akumulátory přesně určené ke trvalému nabíjení, kde je hodnota dobíjecího proudu až $0,1I_t$. Takové akumulátory se používají pro např. nouzové osvětlení, záložní zdroje.

➤ Konzervační dobíjení

Tato metoda slouží pouze pro již nabité akumulátory pro kompenzaci ztráty kapacity samovybíjením akumulátoru. Konzervační proud je obvykle $0,025I_t$ až $0,05I_t$. Většina nabíječek NiMH akumulátorů po nabití do plné kapacity přepne právě na dobíjení konzervačním proudem. [3]

2 MIKROPOČÍTAČE

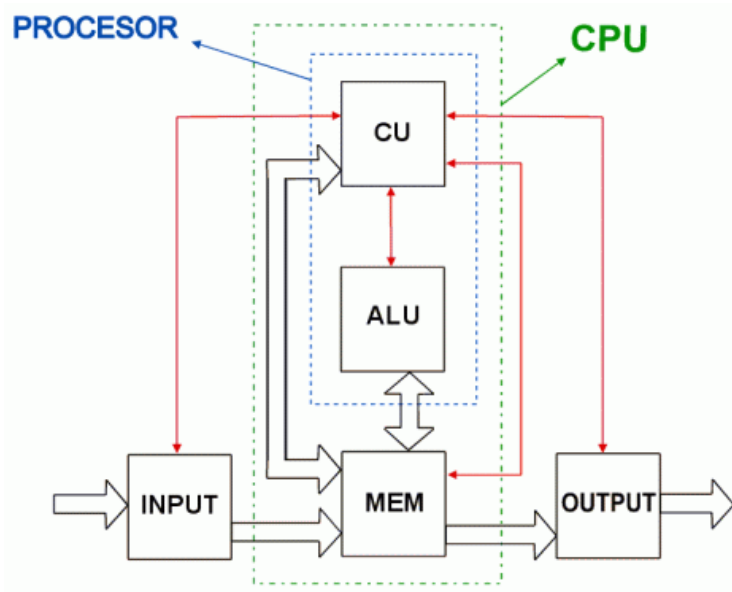
2.1 Základní části MCU

Mikropočítač jako takový se tváří jako black-box, který v sobě obsahuje spousty dalších součástek a periférií. Jedná se o poměrně malou součástku, která funguje na bázi CMOS logiky.

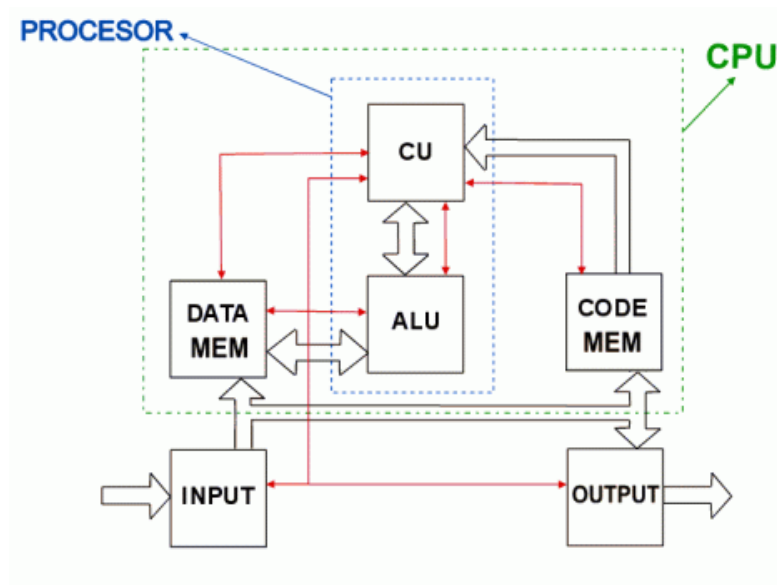
Funkčně lze mikropočítač rozdělit do základních čtyř částí, jež jsou svázány datovou, adresovou a řídicí sběrnici:

- Procesor
- Paměť dat
- Paměť programu
- Periferní obvody

MCU mají dvě různé koncepce, na kterých jsou postaveny. Jsou to Von-Neumannova koncepce a Harvardská koncepce.



Obrázek 9: Von-Neumannova koncepce



Obrázek 10: Harvardská koncepce

2.1.1 Procesor

Procesor, nebo-li také CPU, je srdcem a mozkiem celého počítače. Řídí činnost celého počítače, stará se o správné zpracování instrukcí uložených v paměti programu. Řídí také tok dat jak ze vstupů do počítače, tak na výstupech mikropočítače pro správnou komunikaci s okolím. Podle počtu bitů, které dokáže procesor zpracovat je pak rozdělení na 8bitový, 16bitový, 32bitový atd. Bitová šířka procesoru však nemusí být shodná s šířkou datové sběrnice. Například u 16 bitového procesoru s 8bitovou datovou sběrnicí je vnitřní slovo procesoru zpracováváno na jednu, avšak přeneseno datovou sběrnicí pak musí být nadvoakrát jako dvě 8bitová slova, čímž se ale také zpomaluje činnost počítače. [4]

2.1.2 Paměť dat

Paměť dat slouží hlavně k uchovávání mezivýsledků jednotlivých výpočtů, uložení vstupních hodnot apod. Paměť dat je zásadně typu RAM. U Harvardské koncepce je paměť dat na samostatné jednotce. Pokud se jedná o Von-Neumannovu koncepci, tak jsou obě paměti, jak paměť dat, tak paměť programu, realizovány jednou paměťovou jednotkou RAM. [4]

2.1.3 Paměť programu

Paměť programu obsahuje různé instrukce, které zajišťují požadovaný chod mikropočítače, obsahuje také neměnné tabulky a konstanty, které mohou být dále využity v programu. V mnoha případech je program v paměti uložen tak, aby ho dále nešlo změnit. Jedná se o

mikropočítač předem určený pro danou činnost. Taková konkrétní činnost může být myšlena jako např. blikáčka na kolo, dálkové ovládání televizoru apod. Takový program je poté uložen v paměti, do které nelze zapisovat, ale pouze číst (ROM, EPROM, EEPROM a FLASH). V jiných případech je třeba paměť programu měnit, k čemuž se používá paměť RAM, která je přepisovatelná. [4]

2.1.4 Periferní obvody

Mezi periferní obvody patří velká škála obvodu. Jak už vstupně/výstupní obvody pro komunikaci s okolím, čítače, časovače, D/A převodníky, A/D převodníky apod.

Vstupně/výstupní obvody jsou většinou rozděleny do bran (portů). Tyto Brány mohou být pak paralelní nebo sériové. Pokud se jedná o sériovou komunikaci, je slovo přenášeno bit po bitu, což je pomalejší v případě čtení/zápisu, ale díky tomuto přenosu vzniká vyšší úspora vodičů, neboť u paralelního přenosu je celé slovo přeneseno najednou, takže např. pro přenos 4bitového slova je třeba 4 vodičů.[4]

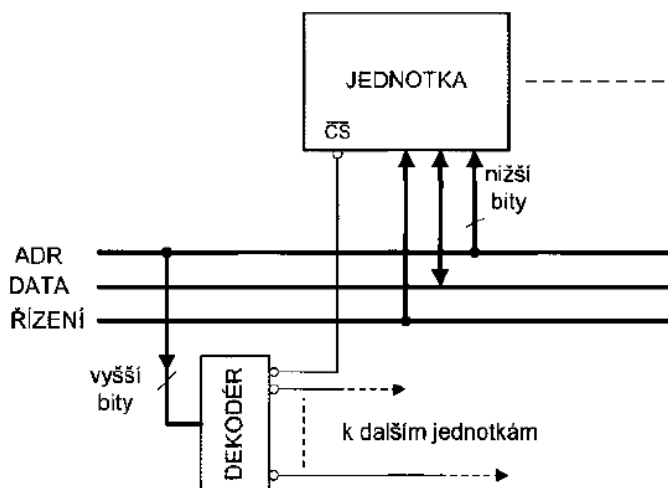
Další často používanou periferií je čítač, který slouží k čítání jednotlivých impulzů, které mu jsou přivedeny na vstup v podobě Log1. Takový čítač může pracovat s příchozím signálem a zpracovávat ho buď na náběžnou hranu, nebo na sestupnou hranu, což je změna úrovně napětí buď na začátku pulz, nebo na konci.

Časovač čítá pevný kmitočet, který je odvozen od hodinového signálu mikropočítače.

Hojně využívané periferie jsou také D/A a A/D převodníky, což jsou převodníky z digitálního (číslicového) signálu na analogový a opačně v případě A/D. Slouží například ke zpracování vstupního analogového spojitého signálu např. otáčení potenciometru, kdy se hodnota na vstupu mění spojitě. U D/A převodníků je na vstup přivedena číslicová hodnota, která poté vyjadřuje úroveň konkrétního napětí na výstupu převodníku.

2.1.5 Sběrnice

Veškerý přenos datových signálů je realizován pomocí sběrnice, která je bohužel schopná v jeden moment komunikovat vždy pouze s jednou jednotkou. Nejprve se vykoná jedna instrukce a po ní lze vykonávat další instrukci, nikdy nelze provádět dvě zároveň.



Obrázek 11: Připojení jednotky na sběrnice

➤ Adresová sběrnice

Tato sběrnice je jednosměrná a udává, která jednotka, nebo paměť, kam se budou ukládat data, bude komunikovat a přenášet data. Ta je připojená na adresový dekodér, jehož výstupy poté vybírají jednu z jednotek, či paměť a povolují jí činnost.

➤ Datová sběrnice

Datová sběrnice je většinou obousměrná a slouží k přenosu dat mezi jednotkami, či pamětí. Jak adresová sběrnice vybere jednotku, se kterou se bude komunikovat, datová sběrnice vyšle veškerá data dané jednotce. Jak již bylo výše řečeno, datová sběrnice nemusí mít stejnou bitovou šířku, jakou má procesor. Většinou jsou to násobky 8bitů.

➤ Řídicí sběrnice

Řídicí sběrnice slouží k přesnému časování a řízení čtení, či zápisu.

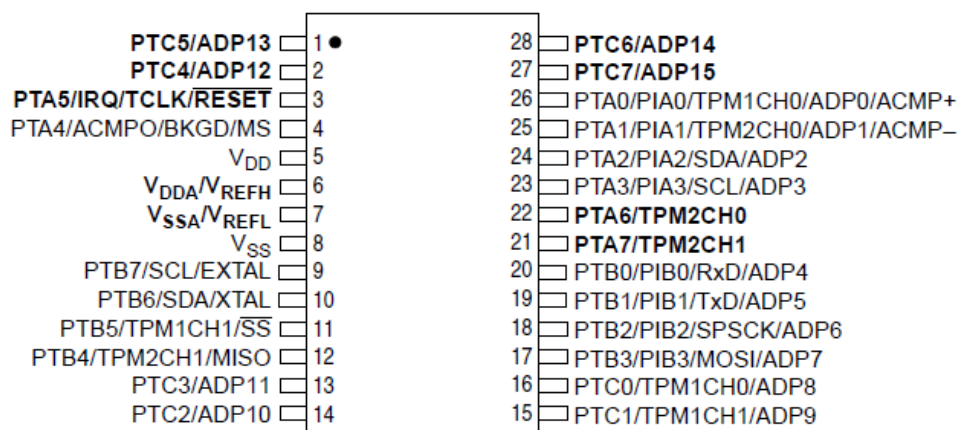
2.2 Mikropočítač MC9S08SH32

Mikropočítač MC9S08SH32, který je použit v této bakalářské práci, je členem rodiny HCS08 8 bitových mikropočítačů, který je velice výhodný poměrem nízká cena / vysoký výkon. Všechny MCU této rodiny mají rozšířené jádro s různými moduly, velikostmi a typy pamětí a dodávány jsou v různých pouzdrech. Použitý zde je konkrétně v SOIC 28 pouzdře. Výhodou je také možnost přenosu dat jak přes SCI, tak SPI, možnost přerušování (IRQ), množství vstupně/výstupních portů a časovač.[5]

Funkce dostupné v řadě MC9S08SH32:

Tabulka 1: Souhrn funkcí, kterými disponuje MCUMC9S08SH32 [5]

Feature	9S08SH32				9S08SH16		
FLASH size (bytes)	32768				16384		
RAM size (bytes)	1024						
Pin quantity	28	20	16	28	20	16	
ACMP	yes						
ADC channels	16	12	8	16	12	8	
DBG	yes						
ICS	yes						
IIC	yes						
IRQ	yes						
MTIM	yes						
Pin Interrupts	8						
Pin I/O ¹	23	17	13	23	17	13	
RTC	yes						
SCI	yes						
SPI	yes						
TPM1 channels	2						
TPM2 channels	2						
XOSC	yes						

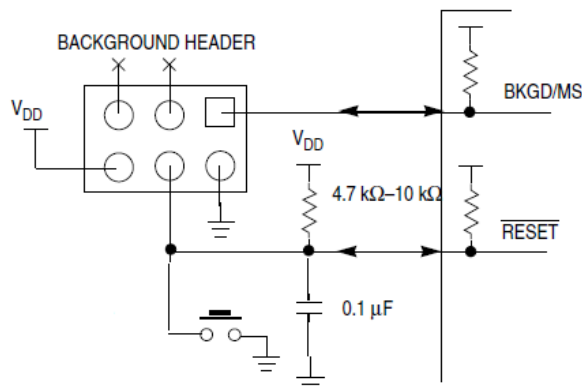


Obrázek 12: Rozložení pinů na konkrétním pouzdře SOIC 28[5]

Jak je možno vidět, pouzdro má 28 pinů, které jsou rozděleny do jednotlivých bran.

V_{DD} (+5V) a V_{SS} (GND) piny jsou pro připojení napájecího napětí, které potom napájí celý obvod a všechny jeho výstupy. Mezi tyto dva piny se běžně přidává 100nF tantalový, nebo keramický kondenzátor pro potlačení vysokofrekvenčních šumů. [5]

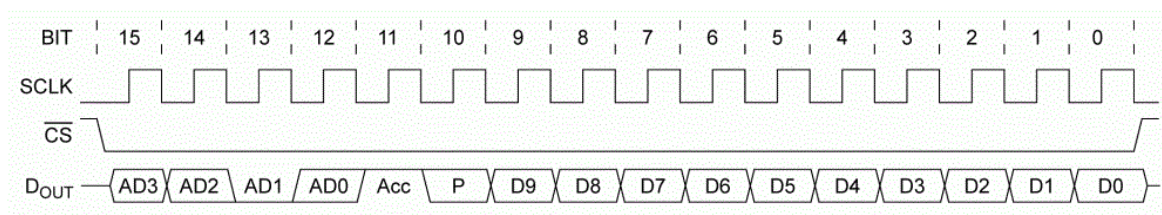
Je zde také na pinu PTA5 vstup s označením \overline{RESET} , na který je běžně připojeno tlačítko, které uvede mikropočítač do původního nastavení.



Obrázek 13: Schéma zapojení RESET vstupu [5]

2.2.1 SPI rozhraní

SPI, neboli sériové periferní rozhraní slouží k full-duplexní komunikaci bit po bitu. Je používáno hlavně v rámci plošného spoje. K takovému přenosu je potřeba minimálně tři vodiče. Jsou jimi chip-select, clock a datový vodič. Komunikace probíhá tak, že chip-select vybere jednotku, se kterou bude probíhat komunikace, clock, který je na obrázku č.12 označen jako SPSCCK na portu PTB2, synchronizuje jednotku a MCU na stejný hodinový signál a při tomto hodinovém signálu je přenášeno datové slovo pomocí datového výstupu značeného na obrázku č. 12 jako MOSI na pinu PTB3. Je jasné, že velikost přenášeného slova ovlivňuje, jak dlouho bude přenos trvat resp. Kolik hodinových pulzů na SPSCCK bude potřeba.



Obrázek 14: Schéma SPI komunikace v jednotlivých hodinových pulzech

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH MODELU

Cílem celé práce je takový, aby se plošný spoj, jenž je zapojen na základní desce vývojového kitu, choval jako skutečný akumulátorový článek resp. 4 kusy Ni-MH článků. Tento připojený modul eliminuje možnost zničení skutečných článků, které by mohly být za vývojovým kitem zapojeny. Pro tuto simulaci byl použit mikropočítač MC9S08SH32. Tento mikropočítač bude v laboratorních úlohách připojen k vývojovému kitu M68EVB908GB60, který bude sloužit k celkovému řízení tohoto simulovaného akumulátoru, aby se choval na výstupu tak, jak je požadovaná veličina klasického akumulátoru nazývaného také „nabíjecí baterie“.

Při návrhu takového modelu bylo třeba také dbát na parametry vývojového kitu, protože tento modul nesměl zasahovat do ostatních periférií, které by překrýval, nebo zabraňoval v manipulaci.

Tato DPS je postavena hlavně na mikropočítači MC9S08SH32, který zpracovává veškeré instrukce, a poté všechny výpočty předá D/A převodníkům MCP4822 a posuvnému registru 74HC595D, který má zobrazovat hodnotu napětí akumulátoru na bar-grafu po stisku tlačítka č.1 až č.4.

Pro výstup analogového signálu byl použit D/A převodník MCP4822. Tento převodník má dva výstupy. Výstup A a výstup B, proto jsou na desce plošného spoje umístěny tyto převodníky dva. Tím dostaneme celkem 4 různé analogové výstupy, na kterých je dostupné napětí simulovaných akumulátorů.

3.1 Popis modelu

DPS je o rozměrech 60×81mm. Jedná se o oboustrannou desku, která je na místech pro přechod z jedné strany na druhou pronýtována.

Části modelu:

- Mikropočítač MC9S08SH32
- Posuvný registr 74HC595
- D/A převodníky MCP4822
- Bar-graf složený z 10 LED diod
- Ovládací tlačítka
- Tlačítko RESET

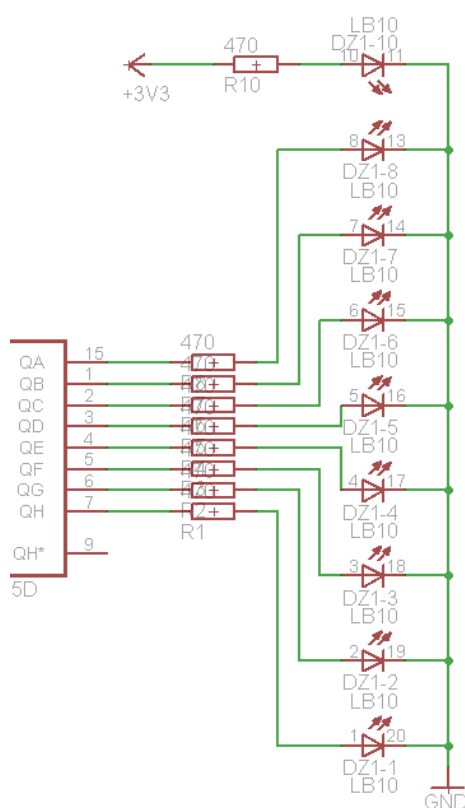
- BDM konektor
- 10 pinový konektor pro připojení analogové portu vývojového kitu
- 14 pinový konektor pro připojení MCU portu vývojového kitu
- Pasivní prvky (rezistory, kondenzátory)

3.2 Návrh schématu modulu

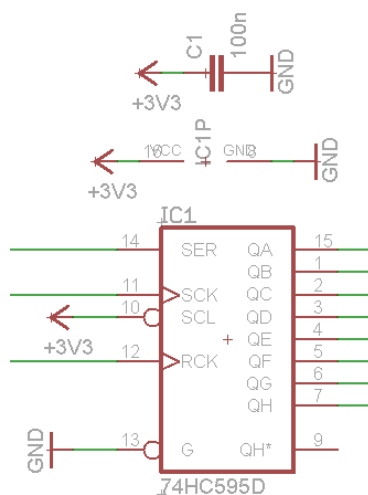
Schéma plošného spoje bylo navrženo v softwaru Eagle ve freeware verzi. Do tohoto softwaru bylo nutné přidat knihovnu mikropočítače MC9S08SH32 a knihovnu D/A převodníku MCP4822, které v této verzi softwaru chyběly. Tyto knihovny mají přímo vymodelovanou součástku na její reální rozměr a její jednotlivé piny jsou řádně označeny.

Celý obvod je napájen napětím o hodnotě 3,3V, čímž byl ušetřen návrh samostatného zdroje napětí, protože napětí 3,3V je připojeno přímo z desky vývojového kitu.

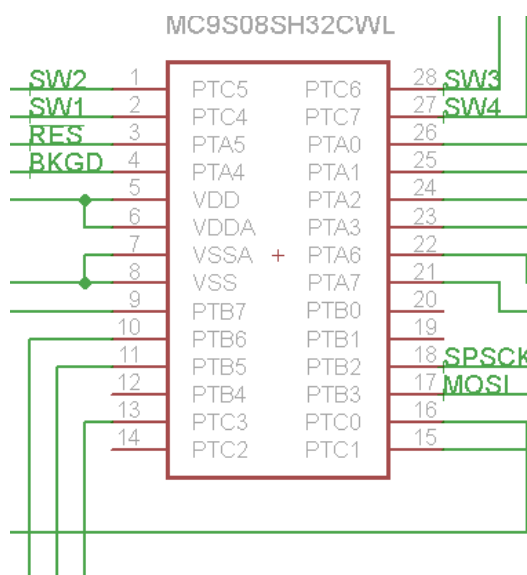
Bylo třeba propojit datové vodiče jednotlivých periférií, přivést hodinový impuls pro synchronizaci a vhodně zapojit jednotlivé vstupy a výstupy pro jednodušší práci při programování.



Obrázek 15: Zapojení LED diod k posuvnému registru



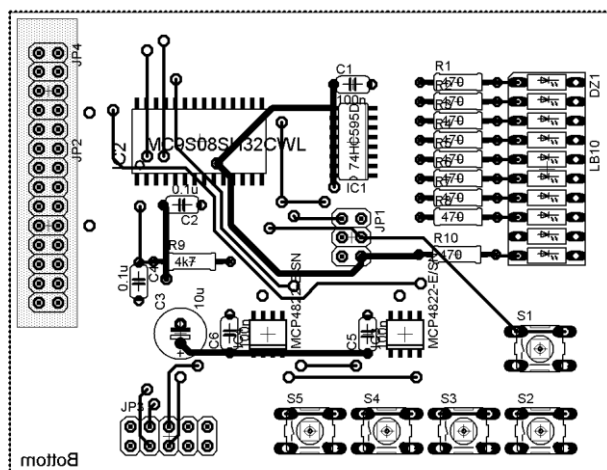
Obrázek 16: posuvný registr 74HC595



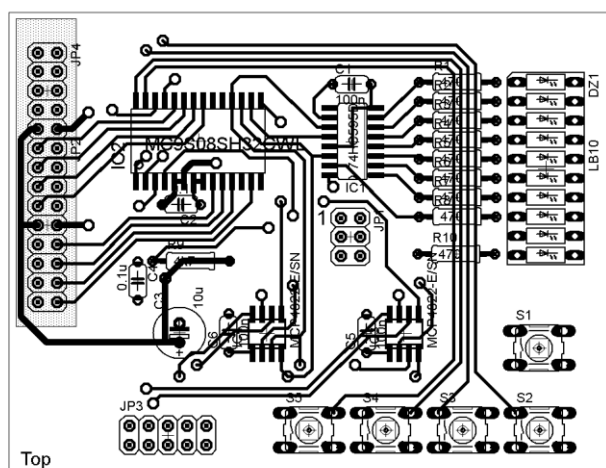
Obrázek 17: mikropočítač MC9S08SH32

3.3 Návrh DPS

Plošný spoj musel být vzhledem k množství vedených cest navrhnout z obou stran TOP a BOTTOM. Ovládací tlačítka byla umístěna do pravého spodního rohu. Bar-graf je pak umístěn v pravém horním rohu. Konektor pro připojení analogového portu z vývojového kitu je pak ve spodní levé, aby byla délka propojovacího kabelu co nejmenší. Celá tato deska pak musí držet za 14 pinový konektor zasazený do MCU portu kitu. Cesty musely být navrženy co nejkratší. Signálové cesty jsou 0,4mm silné. Cesty zdroje napětí jsou pak silnější a to 0,85mm.



Obrázek 18: Bottom vrstva plošného spoje



Obrázek 19: Top vrstva plošného spoje

3.4 Vytvoření DPS

Pro vytvoření takového plošného spoje bylo třeba vytisknout na průhlednou folii stranu Top a stranu Bottom. Na kuprexit, což je laminátová deska s mědí, byla přiložena jedna ze stran (Top, Bottom) a kuprexit byl osvícen. Po osvícení následovalo vyvolání ve vývojce, což je vodný roztok NaOH, který odplaví osvícené části fotocitlivé vrstvy. Poté se deska leptala v roztoku chloridu železitého. Po vyleptání se odstranil fotocitlivý lak a deska byla připravena k pájení.

Po vytvoření DPS bylo třeba měděný povrch ošetřit lakem. Dále bylo třeba vyvrtat jednotlivé díry, kudy byly protaženy nožičky součástek. Díry byly vrtány vrtákem o průměru 0,5mm. Díry pro pronýtování desky musely být vyvrtány na průměr 1mm.

3.5 Pájení

Součástky byly pájeny pomocí mikro pájky za teploty kolem 280°C měkkou pájkou. Bylo nutné řádně zohýbat nožičky rezistorů a kondenzátorů, aby dobře dosedly do vyvrtaných děr. Také pronýtované části byly ošetřeny trochou cínu, aby nevznikl náhodou nějaký studený spoj. Plošky pro SMD součástky byly prvně pocínovány a až následně byla každá součástka zapájena na plošný spoj. U SMD součástek bylo také třeba věnovat pozornost teplotě samotné součástky, zejména mikropočítači MC9S08SH32, aby nebyl poškozen příliš vysokou teplotou.

3.6 Piny využívané k funkci simulaci NiMH akumulátoru

Bylo třeba rozpočítat kolik bude třeba vstupních a výstupních pinů, které budou snímat stisky tlačítek, odesílat data na jednotlivé periferie, a které budou řešit komunikaci s vývojovým kitem.

3.6.1 Vstupy

Tlačítka:

- PTA5 – RESET
- PTC4 – TLAČÍTKO Č.1
- PTC5 – TLAČÍTKO Č.3
- PTC6 – TLAČÍTKO Č.3
- PTC7 – TLAČÍTKO Č.4

Výstupy pro ovládání vybíjení:

- PTA2 →PTC6 na vývojovém kitu
- PTA3 →PTC4 na vývojovém kitu
- PTA6 →PTC2 na vývojovém kitu
- PTA7 →PTC0 na vývojovém kitu

Výstupy pro ovládání nabíjení:

- PTC3 →PTD1 na vývojovém kitu
- PTB5 →PTD3 na vývojovém kitu
- PTB6 →PTD5 na vývojovém kitu
- PTB7 →PTD7 na vývojovém kitu

3.6.2 Výstupy

Hodinový impulz (SCLK): PTB2

Data (MOSI): PTB3

Chip-select:

- Posuvný registr 74HC595: PTC0
- D/A převodník MC4822: PTA0
- D/A převodník MC4822: PTA1

Přepínač výstupů na MC4822: PTC1

Analogový výstup D/A převodníků vede na vývojovém kitu na:

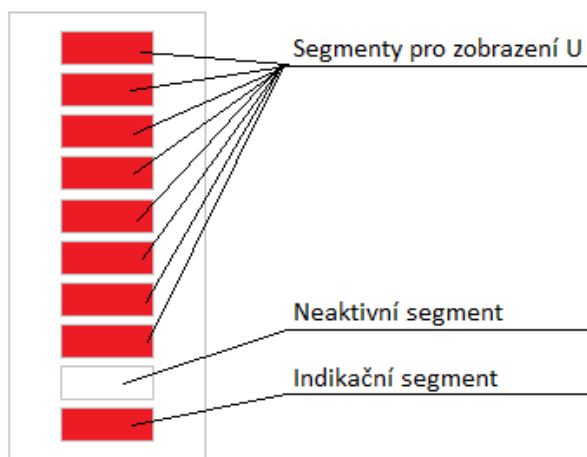
- D/A převodník č.1: PTB2, PTB3
- D/A převodník č.2: PTB4, PTB5

3.7 Funkce programu

Program simuluje nabíjení a vybíjení akumulátoru NiMH, bylo tedy potřeba vycházet z nějaké nabíjecí křivky skutečné baterie a tento průběh poté graficky zobrazit a na analogových výstupech D/A převodníků dostat téměř reálné napětí.

K mikropočítači MC9S08SH32 jsou připojena na porty PTC4, PTC5, PTC6 a PTC tlačítka, která jsou dále připojena na GND, čímž je vstup MCU uzemňován a sepnutí je tedy vyhodnoceno při úrovni Log0. Tato tlačítka složí k přepínání zobrazení jednotlivých napětí akumulátorů, neboť jsou simulovány hned 4 NiMH články a na DPS je pouze jeden bar-graf s jedním posuvným registrem 74HC595.

Jak již je výše zmíněno, bar-graf je připojen k posuvnému registru, který je řízen přes SPI rozhraní mikropočítačem. Bar graf se skládá z 10 diodových segmentů. Pro grafické zobrazení úrovně napětí akumulátoru je využito pouze horních 8 segmentů. Nultý segment je při připojen na napájecí napětí přes rezistor 470Ω , který funguje jako indikace provozuschopnosti.



Obrázek 20: Bar-graf zobrazující úrovně napětí

Na posuvný registr jsou poté z mikropočítače posílána přes SPI data ve formátu 8bitového slova, které pak pomocí jedniček a nul ve slově určuje, který segment bude svítit a který ne. Např. při slově 0b00000011 budou svítit pouze spodní dva segmenty. K tomu samozřejmě napevno připojený k napájecímu napětí indikační segment.

Rozlišitelnost jednotlivých segmentů je v programu navrhnutá na 0.193V. Tato hodnota byla vypočítána ze vzorce:

$$K = \frac{1.55V}{n} (\text{Volt} / \text{segment})$$

Kde:

K → rozlišitelnost

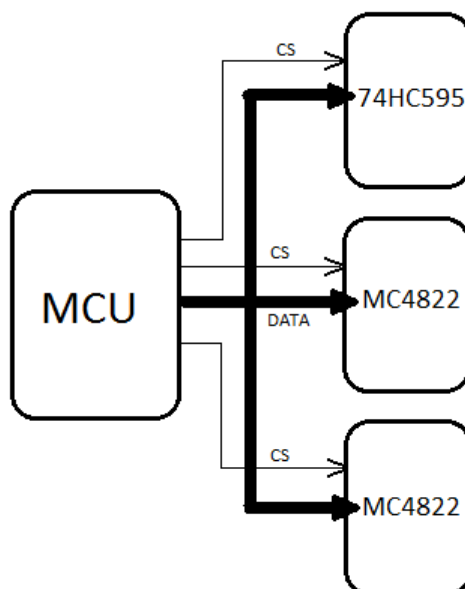
n → počet segmentů, na kterých se bude zobrazovat

1.55V → Hodnota napětí při plném nabití akumulátoru

3.7.1 SPI komunikace

Komunikace přes SPI je pro všechny periferie na DPS (D/A převodníky, posuvný registr) společná. Ke všem vede společný vodič MOSI (datový) a ke všem vede také společný SPCLK (hodinový pulz). Ke každému z nich pak vede také CS (chip-select), který už ale není společný, ale každá jednotka má svůj. CS slouží k vybírání jednotek, která bude momentálně komunikovat s MCU. CS nastaví např. posuvnému registru Log1 a spustí se komunikace s MCU zápisem do SPI registru, SPCLK je synchronně sladěno s posuvným registrem, takže může začít přenos a data jsou postupně bit po bitu posílána na datový vstup registru. Po předání celého slova je posuvnému registru CS nastaven na Log0 a je spuštěna nová komunikace. Na chip-

select D/A převodníku je poslána Log0, protože jeho vstup CS je negovaný. Je třeba otestovat, zda neprobíhá nějaká komunikace. Pokud je tato podmínka splněna, SPI předá data na datový vstup MCP4822.



Obrázek 21: schéma SPI komunikace

3.7.2 Komunikace SPI s posuvným registrem 74HC595

Funkce vytvořená v programu nese název barograf. Tato funkce nemá žádnou návratovou hodnotu, tudíž je typu „void“. Přebíraný parametr této funkce je reálné číslo typu „float“ s názvem input. Tento typ proměnné je zvolen z důvodu desetinných míst, které získáváme z nabíjecí a vybíjecí charakteristiky akumulátoru viz níže v kapitole „Nabíjecí charakteristika“ a „Vybíjecí charakteristika“.

Tento vstupní parametr je dále srovnávám s přesně danými hodnotami, které vyjadřují násobky rozlišení, což je číslo 0,193V. Pokud je tedy číslo, které vstupuje do této funkce větší jak nula a zároveň menší jak 0,193, je na vstup posuvného registru posláno 8 bitové slovo ve tvaru 0b00000001 pomocí lokální proměnné output, která je typu „unsigned char“. Tím zajistíme, že bude rozsvícen pouze nejnižší bit bar-grafu, který je na posuvný registr připojen. Dále jsou podmínky zvyšovány opět s krokem 0,193, takže je srovnáváno číslo v mezích 0,193 až 0,386 a bity jsou pak rozsvíceny dva spodní, tedy na vstup převodníku je posláno slovo ve tvaru 0b0000001. Takto je srovnáváno až do hodnoty 1.351 kde už je pouze řešeno, jestli je číslo větší nebo rovno.

Poté je otevřená komunikace pomocí chip-selectu, který vede z MCU na registr. Pak je kontrolováno, zda neprobíhá nějaký jiný přenos cyklem while (SPIS_SPTEF). Pomocí cyklu while (SPIS_SPRF == 0) je vyhodnocováno, za už je přenos u konce, nebo nikoli. Takže cyklus běží stále do té doby, dokud není přenos u konce. Pak je proveden zápis do proměnné temp, protože SPI komunikace je full-duplexní a bez zápisu by nefungoval. Tento zápis je také ošetřen kontrolou, zda už je zápis u konce. Nakonec je celá komunikace uzavřena odebráním chip-selectu posuvnému registru.

```
void barGraf (float input)
{
    unsigned char output;
    if (input > 0 && input <= 0.193)
        output = 0b00000001;
    else if (input >= 0.193 && input <= 0.386)
        output = 0b00000011;
    else if (input >= 0.386 && input <= 0.579)
        output = 0b00000111;
    else if (input >= 0.579 && input <= 0.772)
        output = 0b00001111;
    else if (input >= 0.772 && input <= 0.965)
        output = 0b00011111;
    else if (input >= 0.965 && input <= 1.158)
        output = 0b00111111;
    else if (input >= 1.158 && input <= 1.351)
        output = 0b01111111;
    else if (input >= 1.351)
        output = 0b11111111;
    REGISTERCS = 0;
    while(SPIS_SPTEF==0);
    SPID = output;
    //Přijem dat
    while(SPIS_SPRF==0);
    temp=SPID;
    while(SPIS_SPTEF==0);
    REGISTERCS = 1;
}
```

Obrázek 22: funkce pro SPI komunikaci s posuvným registrem

3.7.3 Komunikace SPI s D/A převodníkem

Tato funkce je poněkud složitější oproti komunikaci s posuvným registrem, neboť do D/A převodníku je posíláno 16 bitové slovo a MCU je 8 bitový. Z toho důvodu je třeba provést SPI komunikace dvě, kde se pošle horní byte a spodní byte.

W-x	W-x	W-x	W-0	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x	W-x
$\overline{A/B}$	—	\overline{GA}	\overline{SHDN}	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
bit 15								bit 0								

Obrázek 23: Schéma slova, posílaného na 12 bitový D/A převodník MC4822 [6]

Popis přenášených bitů:

\overline{A}/B určuje, zda je ovlivňován výstup A, nebo B

– Nepostatný bit u tohoto převodníku

\overline{GA} Zisk na výstupu převodníku (2x/1x)

\overline{SHDN} Bit povolující výstup

$D11-D0$ Vstupující bity vyjadřující hodnotu výstupu

Pro hodnotu výstupního napětí poté platí vzorec:

$$V_{OUT} = \frac{V_{REF} * D}{2^n}$$

V_{REF} referenční napětí D/A převodníku – 2,048V

D Hodnota, která vstupuje: $D11-D0$

n Hodnota vyjadřující kolika bitový převodník je použit. V tomto případě je to 12

Samotná funkce s názvem DAC1 nebo DAC2 v programu je bez návratové hodnoty, tedy „void“. Není třeba vracet nějakou hodnotu, protože veškerý obsah je poslán přímo na vstup D/A převodníku, který vše vyhodnotí.

Funkce přebírá dva parametry. Jeden je typu „unsigned char“ s názvem channel, pro vybrání kanálu, což je určení výstupu pomocí bit \overline{A}/B . Druhý parametr je celočíselný typu „int“ s názvem value, který udává hodnotu napětí na výstupu D/A převodníku.

Horní byte, který je posílán jako první, je téměř daný až na kanál, který sa nachází na nejvyšším bitu viz Obr. 21. Jelikož je třeba povolit výstup a zisk nechat 1x, tak \overline{GA} a \overline{SHDN} bude v Log1. Pak je zde napsána podmínka pro kanál, která porovnává pouze číslo 1, nebo jakékoli jiné číslo v parametru channel. Pokud je channel zvolen jako 1, je výstup nastaven na V_A . V případě jiného čísla, je zvolen výstup V_B .

Horní byte má tedy dvě možné varianty:

Varianta kanál = 1: 0b00110000

Varianta kanál != 1: 0b10110000

Protože se nachází v horním byte také 4 bity vstupní hodnoty, musí být tyto 4 bity z parametru value separovány a to tak, že je číslo přetypováno na „unsigned char“ a rotováno o 8 bity vpravo a poté je proveden logický součet s horním bytem.

Po těchto operacích může být proveden SPI přenos na D/A převodník. Obdobně jako u posuvného registru je přidělen chip-select, což je zde konstanta pro port CS nazvaná DAC1CS a je prováděna kontrola, zda již není v daný moment zapisováno. Pokud jsou tyto podmínky splněny, je sériově poslán horný byte, proveden zápis do lokální proměnné temp a následně je poslán spodní byte, což je hodnota value, která je opět ve tvaru „unsigned char“ díky přetypování. Proveden poslední zápis do proměnné temp a přenos je ukončen. Nakonec je odebrán chip-select.

```
void DAC1 (unsigned char channel, int value)
{
    unsigned char byte1, temp;
    if (channel == 1)
        byte1 = 0b00110000;
    else
        byte1 = 0b10110000;
    byte1 = byte1 | (unsigned char) (value >> 8);
    DAC1CS = 0;
    while (SPIS_SPTEF == 0);
    SPID = byte1;
    while (SPIS_SPRF == 0);
    temp = SPID;
    while (SPIS_SPTEF == 0);
    SPID = (unsigned char) value;
    while (SPIS_SPRF == 0);
    temp = SPID;
    while (SPIS_SPTEF == 0);
    DAC1CS = 1;
}
```

Obrázek 24: funkce pro SPI přenos na D/A převodník

Jelikož jsou zde použity dva D/A převodníky, jsou tyto funkce napsány dvě. Jsou téměř totožné až na port chip-selectu, který musí mít každý D/A převodník svůj vlastní. V případě funkce DAC2 je chip-select konstanta s názvem DAC2CS.

3.8 Nabíjecí charakteristika

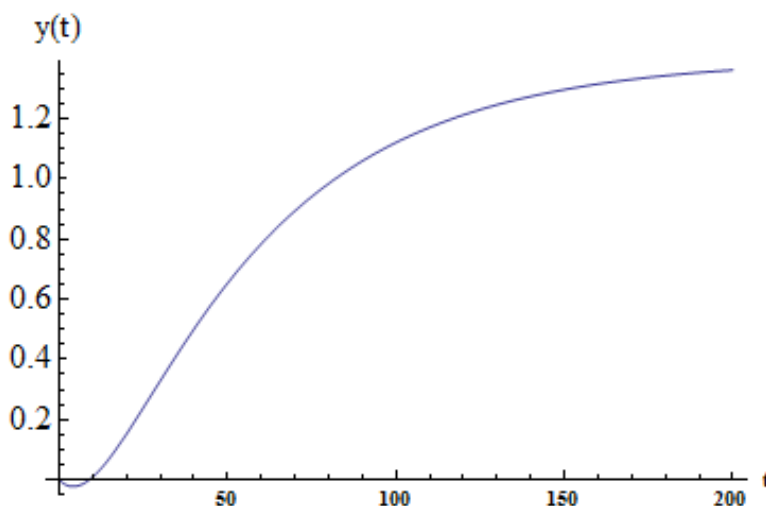
Je to exponenciální funkce vyjadřující velikost napětí v závislosti na čase. U běžných akumulátorů se jedná o časové hodnoty v rozmezí 1 – 18 hodin. Pro tuto simulaci byl čas zkrácen na cca 60 sekund. Bylo třeba co nejlépe se přiblížit reálným hodnotám, jež jsou obvyklé pro NiMH akumulátory. Napětí na těchto hermetických akumulátorech bývá při plném napětí 1,5V.

Musí být také dosaženo takzvaného vrcholu funkce a následného klesání, které je typické pro přebíjení akumulátoru a jež je nežádoucí pro akumulátor, z důvodu poškozování.

Napětí nejprve prudce vzrůstá a postupným přibližováním se plnému napětí se růst snižuje. Před plným nabitím pak opět prudce vzroste a dosažením vrcholu „peak“ se objeví pozvolné klesání.

Zvolená exponenciální funkce

$$y_1(t_1) = 1.4 - 2.06e^{-0.02t_1} + 0.66e^{-0.08t_1}$$



Obrázek 25: průběh exponenciální funkce

Funkce se na začátku vyskytuje pod osou x v záporných hodnotách, proto je poté programově průběh ošetřen.

Funkce pro dosažení hodnoty „peak“

U této funkce bylo především nutné vyřešit čas, ve kterém bude začínat a také hodnoty, což jsou vlastně matematické posuny po ose x a po ose y.

Jedná se o lineární funkci $y = kx + q$, kde:

k – sklon funkce

x - čas

q – posun po ose y

$$y_2(t_2) = y_1(t_{\max}) + 0.01t_2$$

$y_1(t_{\max})$ - funkční hodnota předešlé exponenciální funkce v čase, kdy dojde ke změně průběhu pro zajištění posunu po ose y.

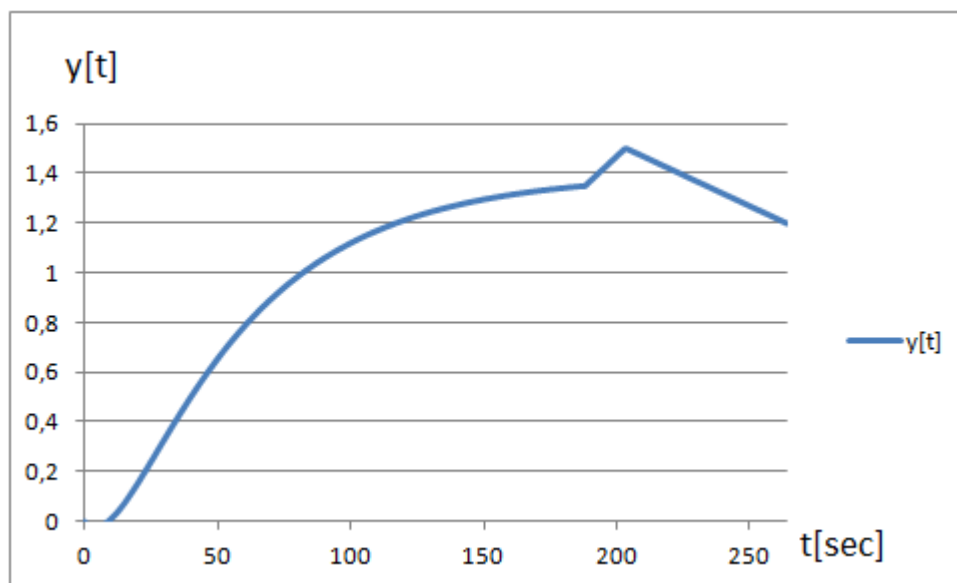
t_2 časový průběh, který musí začít opět od 0

0.01 - sklon lineární funkce

Funkce pro klesání (přebíjení)

Tato funkce je velmi podobná funkci pro dosažení vrcholu, avšak musí mít záporný trend pro získání pozvolného klesání a menší sklon.

$$y_3(t_3) = y_2(t_{2\max}) - 0.005t_3$$

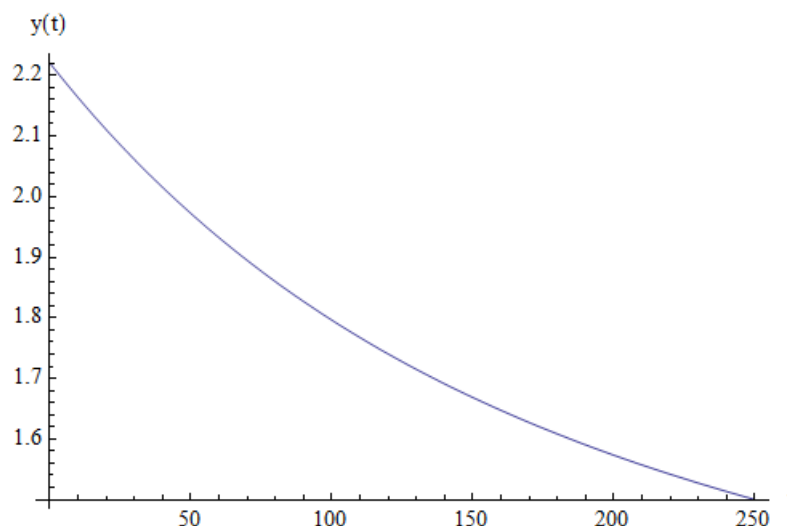


Obrázek 26: Celkový průběh napětí na akumulátoru

3.9 Vybíjecí charakteristika

Jedná se o inverzní funkci první části nabíjecí exponenciální funkce s delšími časovými konstantami t . Funkce pouze odebíraným proudem snižuje napětí akumulátoru až k nule.

$$y(t) = -1.5 + 3.06e^{-0.0002t} + 0.66e^{-0.008t}$$



Obrázek 27: vybíjecí charakteristika

3.10 Realizace nabíjení/vybíjení v programu

Programově složitější část je řešení nabíjení akumulátoru, kde je třeba docílit již výše zmíněného vrcholu a následného klesání. Funkce pro řešení exponenciální části přebírá parametr typu „int“, kde je vkládána hodnota času podle hodinového přerušení.

Aby napětí nestoupalo tak rychle, ale nabíjení bylo simulováno alespoň minutu, je impuls přerušení čítán do 100 a poté inkrementuje jednotlivé časové údaje pro každý simulovaný akumulátor. Každý funkční průběh má svoji vlastní časovou základnu, taktéž je tomu při vybíjení, kde je časová základna také odlišná od nabíjecí.

U inkrementace časové základny je třeba porovnat, zda je na jednotlivých portech určených k nabíjení Log1, či nikoli. Musí být ošetřeno, jestli není akumulátor přebíten, přičemž program signalizuje zničení akumulátoru a již nelze nabíjet a vybíjet. Také je zde ošetřeno, jestli náhodou není momentálně nabíjeno a vybíjeno zároveň.

Při splnění všech těchto podmínek je časová základna v provozu a je přiváděna na funkci nabíjení resp. vybíjení.

Funkce pro nabíjení nese název CHARGEFCN. Poté je do jednotlivých výpočtů mocnin pomocí funkce `pow(float, float)` dosazován daný časový údaj a celý výsledek je vrácen jako „float“ hodnota. Je zde také ošetřen úsek funkce, kdy se na začátku nachází pod osou x v záporných hodnotách pomocí jednoduché podmínky, kde je porovnáván výsledek funkce s nulou a podle toho, zda je v kladných hodnotách, vrací přímo výsledek a pokud je v záporných hodnotách, vrací nulu.

```
float CHARGEFCN (int time)
{
    float fcn;
    float exp1;
    float exp2;
    exp1 = -0.02*time;
    exp2 = -0.08*time;
    fcn = 2.06*pow(2.718,exp1);
    fcn = -fcn + 0.66*pow(2.718,exp2);
    fcn = 1.4 + fcn;
    if (fcn <= 0)
        return 0;
    else
        return fcn;
}
```

Obrázek 28: exponenciální funkce pro nabíjení v programu

Funkce pro vybíjení je pojmenována DISCHARGEFCN a také přebírá časovou základnu, avšak vybíjecí. Výstupní hodnota typu „float“ je pak vypočítána také pomocí mocnění funkcí pow (float, float). Zde musí být také ošetřeno překročení nuly, avšak z důvodu ukončení vybíjení, neboť už by nemělo být co vybíjeno.

```
float DISCHARGEFCN (int time)
{
    float fcn;
    float exp1;
    float exp2;
    exp1 = -0.002*time;
    exp2 = -0.02*time;
    fcn = 2.06*pow(2.718,exp1);
    fcn = fcn + 0.66*(2.718,exp2);
    fcn = -1.4+fcn;
    if (fcn > 0)
        return fcn;
    else if (fcn <= 0)
    {
        return 0 ;
    }
}
```

Obrázek 29: Exponenciální funkce pro vybíjení

3.10.1 Vytvoření vrcholu nabíjení

Tato část je složena z několika podmínek, jež jsou porovnávány. Je řešena hodnota, při které je třeba změnit nabíjení na první lineární část a pak při hodnotě napětí 1,55V naopak změnit průběh na zápornou druhou lineární část.

K tomu, aby bylo možné tyto průběhy skloubit dohromady, je nutné mít další proměnnou tmpfcnOutput_X, což je zálohovací proměnná typu „float“, která si uchovává hodnotu aktuální funkce a vytvoří tak poté posun na ose y pro další funkci. Další důležitou proměnnou

je tmptimerInc_X, která naopak uchovává čas, který už proběhl a je nutno jej odečíst od hodnoty časové základny, aby šel čas opět od nuly při dalším průběhu funkce. Indikační proměnná typu „unsigned char“ je proměnná peak, která signalizuje dosažení vrcholu.

Je tedy porovnáváno, zda je dosažena hodnota 1.351, která je také shodná s rozsvícením posledního segmentu bar-grafu. Musí zde být ale také podmínka, že nesmí být peak v Log1, protože funkce ještě dosáhne hodnoty 1.351. Pokud je tedy podmínka splněna, nastává změna průběhu funkce na lineární kladnou část.

Zde v těle této podmínky této je dále porovnáváno, jestli hodnota funkce dosáhla 1.5. Pokud ano, musí být proměnná peak překlopena na Log1, aby se již nedostala do standardního průběhu exponenciální funkce, ale do těla podmínky, která už jenom řeší, zda je peak v Log1 a zde je záporná lineární část.

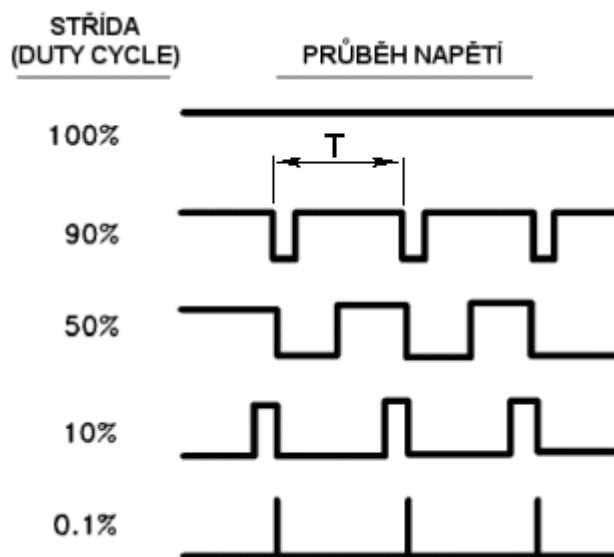
Při klesnutí pod 1.3 je pak zapsáno na proměnnou err Log1, která slouží k signalizaci zničení akumulátoru.

```
if (fcnOutput < 1.351 && peak1 != 1)
{fcnOutput = CHARGEFCN (timerInc_1);tmptimerInc_1 = timerInc_1;tmpfcnOutput = fcnOutput;}
else if (fcnOutput >= 1.351 && peak1 != 1)
{
    fcnOutput = tmpfcnOutput + (0.01*(timerInc_1 - tmptimerInc_1));
    if (fcnOutput >= 1.5)
    {
        tmpfcnOutput = fcnOutput;
        tmptimerInc_1 = timerInc_1;
        peak1 = 1;
    }
}
else if (peak1 == 1)
{
    fcnOutput = tmpfcnOutput - (0.005*(timerInc_1 - tmptimerInc_1));
    if (fcnOutput <= 1.3)
    {
        err1 = 1;
        fcnOutput = 0;
    }
}
```

Obrázek 30: Programové řešení celkového průběhu napětí na výstupu

3.11 Inteligentní nabíječka

Na nabíjecí/vybíjecí vstup je připojen zdroj proudu, který je modulován pomocí PWM modulace. Jedná se o přerušovanou dodávku napětí, čímž je ovlivňován proud.



Obrázek 31: průběh PWM modulace

Průběh má svoji periodu a z té se sleduje střída, což je podíl sepnutého a vypnutého zdroje. Viz. Obrázek 29.

Na vstupy PTB2, PTB3, PTB4 a PTB5 nabíjení akumulátorů je přiváděna PWM modulace, kterou jsou nabíjeny.

Nabíječka musí hlídat napětí na výstupu akumulátorů. Aby byla inteligentní, musí využívat více metod. Zde je to napětí, kterého by měl plně nabitý akumulátor dosáhnout a poté je vyhodnocován peak, který je detekován při změně napětí na akumulátoru směrem dolů. Jakmile je detekován peak, je nabíjení ukončeno.

Nabíjení je řízeno časovým přerušením, které čítá jednotlivé pulzy a nastavenými hodnotami pomocí tlačítek na vývojovém kitu jsou poté rozděleny na úroveň Log0 a Log1, čímž je vytvořena střída PWM modulace.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit model, který simuluje nabíjecí a vybíjecí cykly NiMH akumulátoru. Tento model má sloužit k výuce programování mikropočítačů pro studenty UTB. Simulace měla být vytvořena z důvodu, že běžné reálné akumulátory se nabíjí několik hodin a tento model zkrátí potřebnou dobu k nabití několikanásobně až na 60 sekund.

Pro vytvoření takového modelu bylo potřeba navrhnout hardwarovou část, která se postavila na práci mikropočítače MC9S08SH32. K němu bylo třeba využít správné součástky potřebné ke správné simulaci. K mikropočítači byly připojeny D/A převodníky pro analogový výstup napětí a posuvný registr pro zobrazování průběhu napětí.

V programu EAGLE byl vytvořen celý obvod a navrhnutá oboustranná deska plošného spoje. Deska byla vyvolána foto-cestou a následným naleptáním. Deska byla osazena součástkami za pomoci měkkého pájení.

Program byl vytvořen v softwaru CodeWarrior v 10.0.2 od firmy Freescale. Naskytlo se mnoho problémů, které bylo třeba vyřešit po softwarové stránce, jako například řešení časů pro změny funkcí, nebo přechod z nabíjení do vybíjení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CENEK, CSC., Doc. RNDr. Miroslav, Ing. Václav HODINÁŘ, RNDr. Jiří JINDRA, CSC., Josef KOZUMPLÍK a Antonín SVOBODA. *Akumulátory a baterie*. Lohenická 111, 190 17 Praha 9 - Vinoř: STRO.M Praha, 1996.
- [2] HAMMERBAUER, PH.D., Doc.Ing.Jiří. Olověné akumulátory. In: [online]. [cit. 2014-06-03]. Dostupné z: <http://www.renerga.cz/content/file/AKUMUL%C3%81TORY%20TEORIE%202.PDF>
- [3] Battex [online]. [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://www.battex.info/elektrochemicke-zdroje-proudu-obecne/rozdeleni>
- [4] PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-110-1.
- [5] FREESCALE SEMICONDUCTOR. MC9S08SH32: Data sheet. Denver, Colorado: Freescale Semiconductors, 2008. Dostupné z: http://cache.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08SH32.pdf
- [6] MICROCHIP TECHNOLOGY INC. *MCP4822: DataSheet*. 2355 West Chandler Blvd.: Microchip technology Inc., 2010. Dostupné z: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22249A.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MCU	Micro controller unit
D/A	Digital-analog.
A/D	Analog-digital
LED	Light emitting diode
RAM	Random access memory
SOIC	Small outline integrated circuit
TTL	Tranzistor-Tranzistor logic
MISO	Master in Slave out
SPSCK	Hodinový pulz pro SPI
SMD	Surface mount Device
DPS	Deska plošného spoje
SPI	Seriál Peripheral Interface
SCI	Seriál Cummunications Interface
GND	Ground
NiCD	Nikl-Kadmium
NiMH	Metal-hydrid
PKV	Peak Voltage detection
DAC	Digital Analog converter
CS	Chip Select
PWM	Pulse Wave modulation

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mokrý Voltův článek	13
Obrázek 2: Suchý článek	13
Obrázek 3: Křivky napětí při nabíjení a vybíjení olověných akumulátorů v závislosti na čase	15
Obrázek 4: Stavba alkalického akumulátoru	17
Obrázek 5: Celkové konstrukční uspořádání akumulátoru s kapsovými elektrodami [1]	18
Obrázek 6: Nabíjení metodou	20
Obrázek 7: Konstrukční řešení NiMH akumulátoru	22
Obrázek 8: <i>Nabíjecí křivka NiMH akumulátoru</i>	23
Obrázek 9: Von-Neumannova koncepce	25
Obrázek 10: Harvardská koncepce	26
Obrázek 11: Připojení jednotky na sběrnice	28
Obrázek 12: Rozložení pinů na konkrétním pouzdře SOIC 28[5].....	29
Obrázek 13: Schéma zapojení RESET vstupu [5]	30
Obrázek 14: Schéma SPI komunikace v jednotlivých hodinových pulzech	30
Obrázek 15: Zapojení LED diod k posuvnému registru	33
Obrázek 16: posuvný registr 74HC595	34
Obrázek 17: mikropočítač MC9S08SH32	34
Obrázek 18: Bottom vrstva plošného spoje	35
Obrázek 19: Top vrstva plošného spoje.....	35
Obrázek 20: Bar-graf zobrazující úroveň napětí.....	38
Obrázek 21: schéma SPI komunikace	39
Obrázek 22: funkce pro SPI komunikaci s posuvným registrem.....	40
Obrázek 23: <i>Schéma slova, posílaného na 12 bitový D/A převodník MC4822 [6]</i>	40
Obrázek 24: funkce pro SPI přenos na D/A převodník	42
Obrázek 25: průběh exponenciální funkce	43
Obrázek 26: Celkový průběh napětí na akumulátoru	44
Obrázek 27: vybíjecí charakteristika	45
Obrázek 28: exponenciální funkce pro nabíjení v programu.....	46
Obrázek 29: Exponenciální funkce pro vybíjení	46
Obrázek 30: Programové řešení celkového průběhu napětí na výstupu	47

Obrázek 31: průběh PWM modulace.....	48
--------------------------------------	----

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Souhrn funkcí, kterými disponuje MCUMC9S08SH32 [5]</i>	29
--	----

SEZNAM PŘÍLOH

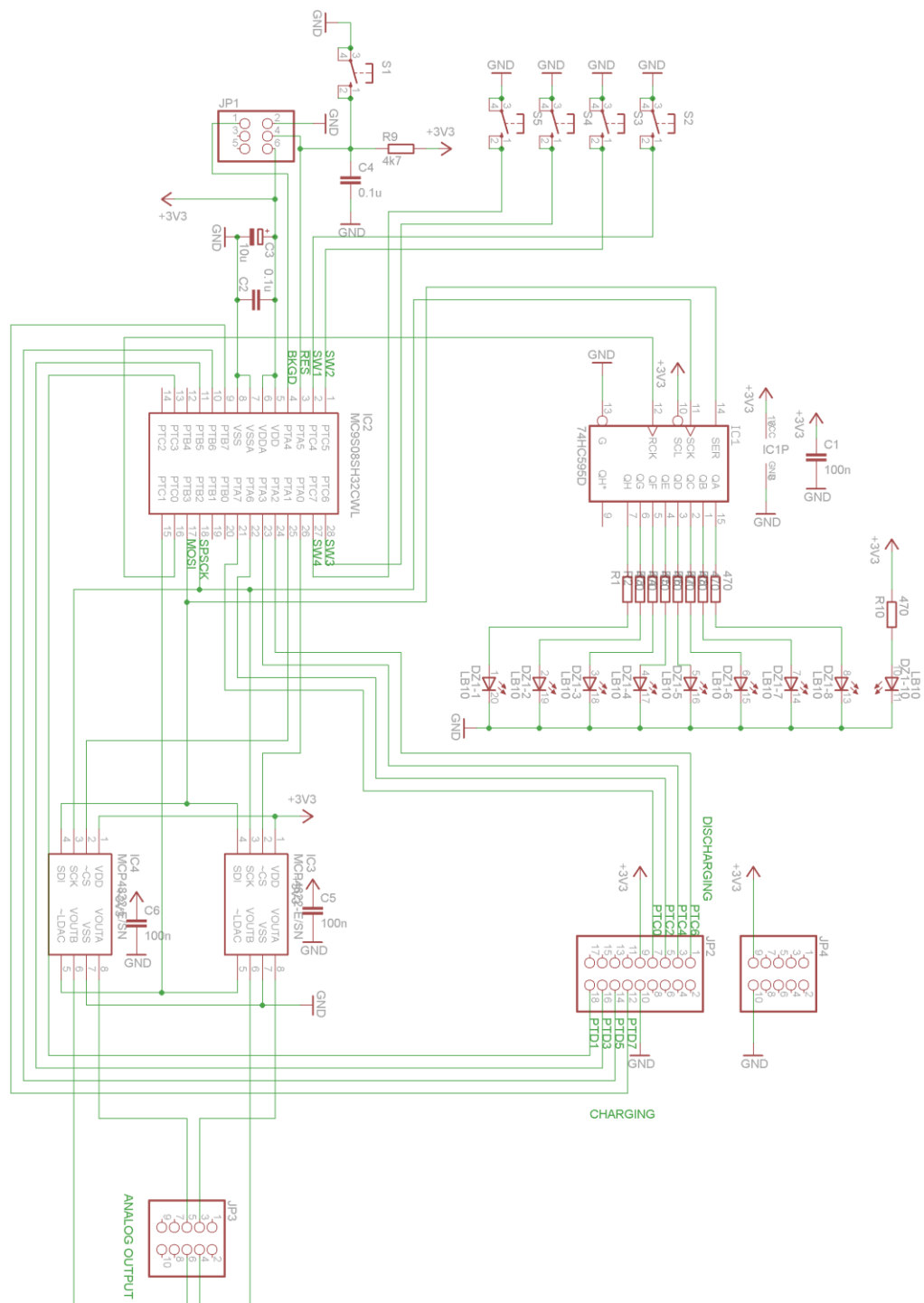
PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ DPS

PŘÍLOHA P II: MOTIVY DPS

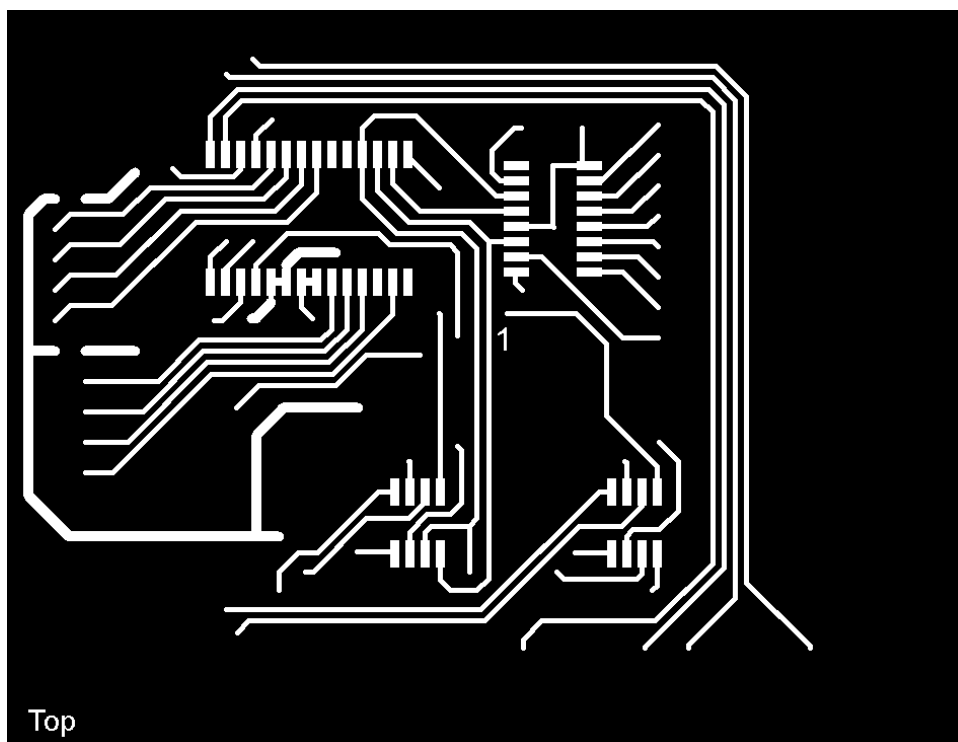
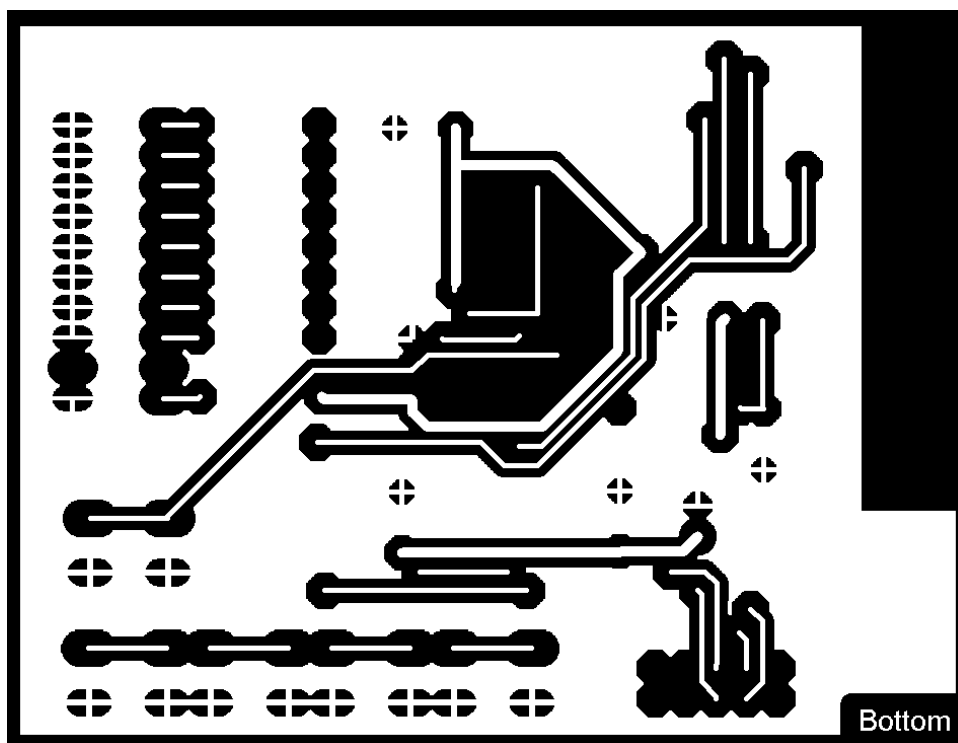
PŘÍLOHA III: OSAZENÍ SOUČÁSTEK

PŘÍLOHA IV: SEZNAM SOUČÁSTEK

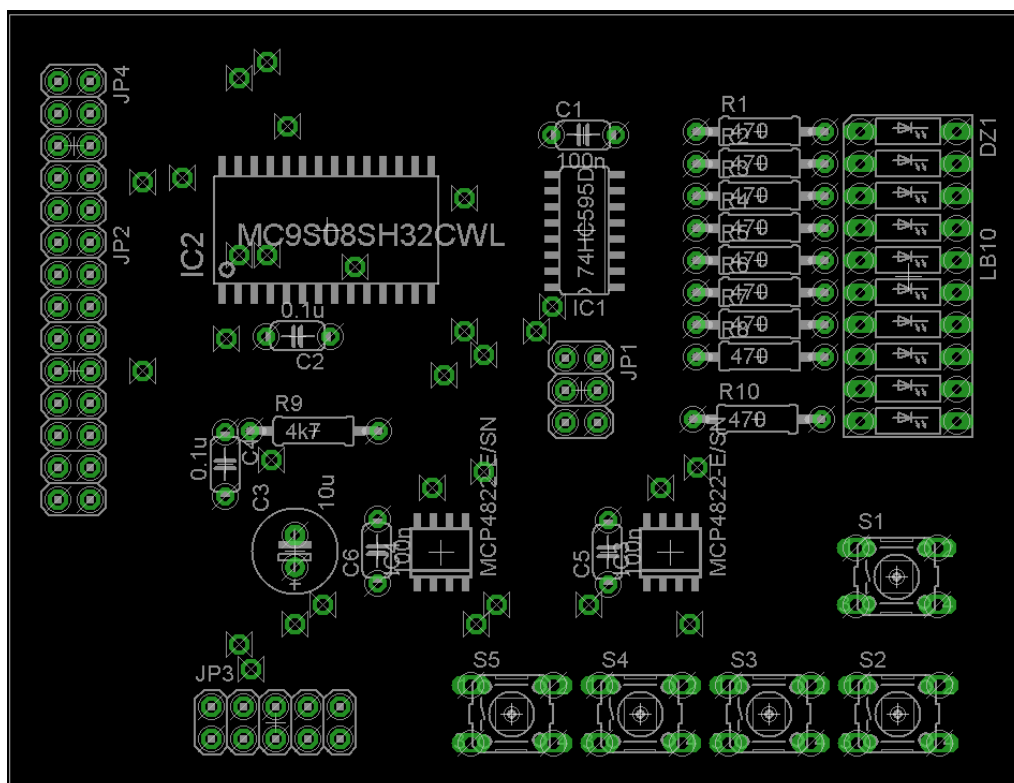
PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ DPS



PŘÍLOHA P II: MOTIVY DPS



PŘÍLOHA P III: OSAZENÍ SOUČÁSTEK



PŘÍLOHA P IV: SEZNAM SOUČÁSTEK

Jméno	Typ	Popis
R1	470Ohm	Rezistor
R2	470Ohm	Rezistor
R3	470Ohm	Rezistor
R4	470Ohm	Rezistor
R5	470Ohm	Rezistor
R6	470Ohm	Rezistor
R7	470Ohm	Rezistor
R8	470Ohm	Rezistor
R9	470Ohm	Rezistor
R10	470Ohm	Rezistor
C1	100nF	Kondenzátor
C2	100nF	Kondenzátor
C3	10uF	Kondenzátor
C4	100nF	Kondenzátor
C5	100nF	Kondenzátor
C6	100nF	Kondenzátor
MC9S08SH32	MC9S08SH32	Mikropočítač
MCP4822	MCP4822	D/A převodník
MCP4822	MCP4822	D/A převodník
74HC595	74HC595	Posuvný registr
JP1	6-pin	konektor
JP2	18-pin	konektor
JP3	10-pin	konektor

JP4	10-pin	konektor
LB10	LED	Bar-graf
S1	S1	tlačítko
S2	S2	tlačítko
S3	S3	tlačítko
S4	S4	tlačítko
S5	S5	tlačítko