

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Umělá zátěž pro testování PC zdrojů

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal PILSKÝ**
Osobní číslo: **E09B0315P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Umělá zátěž pro testování PC zdrojů**
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte a popište možnosti obvodových zapojení umělých zátěží.
2. Uveďte rešerši vývoje specifikací PC zdrojů.
3. Navrhněte a zkonstruujte umělou zátěž pro testování PC zdrojů dle požadavků posledních specifikací PC zdrojů.
4. Na umělé zátěži proveďte měření.
5. Zhodnoťte výsledky měření.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Kubík**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Kubík**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací


Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**




Doc. Ing. Jiří Hammetbauer, Ph.D.
děkan

L.S.


Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá testováním ATX napájecích zdrojů. Teoretická část je zaměřena na vlastní funkci ATX zdrojů a na principy fungování jednotlivých komponentů, ze kterých je testovací umělá zátěž sestavena.

V praktické části je proveden konkrétní výběr součástek, vlastní sestavení celé zátěže, ukázán ovládací software a v neposlední řadě vypsány celkové parametry sestavené zátěže.

Klíčová slova

Zdroj ATX; PC zdroj; ATMega32; A/D převodník; spínací relé; tranzistor; tester;

Abstract

Presented bachelor thesis is focused on testing ATX power supplies. Theoretical part is focused on actual function of ATX supplies and on principals of functioning its components, from which is artificial testing load constructed of.

The practical part is focused on actual selection of components, actual construction of the whole load, on operating software and last but not least on total parameters of constructed load.

Key words

ATX power supply; ATmega32; A/D converter; switching relay; transistor; tester;

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 7.6.2013

Michal Pílský

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Zdeňkovi Kubíkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
SEZNAM OBRÁZKŮ	11
ÚVOD.....	12
1. TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1.1 ATX ZDROJE	13
1.1.1 <i>Princip činnosti.....</i>	<i>13</i>
1.1.2 <i>Výstupní napětí a proudy; revize ATX.....</i>	<i>14</i>
1.1.3 <i>Výkon a účinnost.....</i>	<i>16</i>
1.1.4 <i>PFC – Power Factor Correction.....</i>	<i>17</i>
1.2 TRANZISTORY.....	18
1.2.1 <i>Bipolární tranzistor.....</i>	<i>18</i>
1.2.2 <i>Unipolární tranzistor.....</i>	<i>21</i>
1.3 RELÉ.....	23
1.4 A/D PŘEVODNÍKY	24
1.4.1 <i>Vzorkování, kvantování.....</i>	<i>24</i>
1.4.2 <i>Paralelní A/D převodník.....</i>	<i>25</i>
1.4.3 <i>A/D převodník s dvojí integrací.....</i>	<i>27</i>
2 PRAKTICKÁ ČÁST.....	28
2.1 UMĚLÁ ZÁTĚŽ	28
2.1.1 <i>Parametry</i>	<i>28</i>
2.1.2 <i>Výkonová větev</i>	<i>29</i>
2.1.3 <i>Chlazení</i>	<i>30</i>
2.1.4 <i>Měření napětí.....</i>	<i>31</i>
2.1.5 <i>Kalibrace</i>	<i>32</i>
2.1.6 <i>Zobrazování výsledků</i>	<i>33</i>
2.2 HARDWARE	34
2.2.1 <i>ATmega32-16PU</i>	<i>34</i>
2.2.2 <i>Displej 1604.....</i>	<i>36</i>
2.2.3 <i>Stabilizátor 78xx.....</i>	<i>37</i>
2.2.4 <i>Tranzistorové pole ULN2803A.....</i>	<i>38</i>
2.2.5 <i>Výkonový tranzistor IRFP264.....</i>	<i>39</i>
2.3 SOFTWARE.....	40
2.3.1 <i>Hlavní program.....</i>	<i>40</i>

2.3.2	<i>Inicializace programu</i>	41
2.3.3	<i>Testovací smyčka</i>	41
2.3.4	<i>Obsluha tlačítek</i>	42
2.4	DESKA PLOŠNÉHO SPOJE	43
	ZÁVĚR	44
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	45

Seznam symbolů a zkratk

cosφ	Účinitk napájecího zdroje
PFC	Power Factor Correction
ISP	In Systém Programming
DPS	Deska plošných spojů
PG	Power Good – signál, který vysílá ATX zdroj během své správné funkce
OZ	Operační zesilovač

Seznam obrázků

<i>OBR. 1 BLOKOVÉ SCHÉMA ATX NAPÁJECÍHO ZDROJE</i>	<i>14</i>
<i>OBR. 2 ZOBRAZENÍ KONEKTORŮ ATX ZDROJE</i>	<i>15</i>
<i>OBR. 3 PRINCIP NPN A PNP TRANZISTORU</i>	<i>18</i>
<i>OBR. 4 CHARAKTERISTIKY BIPOLÁRNÍHO TRANZISTORU</i>	<i>19</i>
<i>OBR. 5 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – ZAPOJENÍ SE</i>	<i>19</i>
<i>OBR. 6 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – ZAPOJENÍ SB</i>	<i>20</i>
<i>OBR. 7 BIPOLÁRNÍ TRANZISTOR – ZAPOJENÍ SC</i>	<i>20</i>
<i>OBR. 8 UNIPOLÁRNÍ TRANZISTOR</i>	<i>21</i>
<i>OBR. 9 POROVNÁNÍ VÝSTUPNÍCH CHARAKTERISTIK UNIPOLÁRNÍCH TRANZISTORŮ</i>	<i>22</i>
<i>OBR. 10 PRINCIP RELÉ</i>	<i>23</i>
<i>OBR. 11 VZORKOVÁNÍ ANALOGOVÉHO SIGNÁLU</i>	<i>24</i>
<i>OBR. 12 KVANTOVÁNÍ ANALOGOVÉHO SIGNÁLU</i>	<i>25</i>
<i>OBR. 13 PARALELNÍ A/D PŘEVODNÍK</i>	<i>26</i>
<i>OBR. 14 A/D PŘEVODNÍK S DVOJÍ INTEGRACÍ</i>	<i>27</i>
<i>OBR. 15 ZAPOJENÍ SPÍNÁNÍ A REGULACE TRANZISTORŮ</i>	<i>30</i>
<i>OBR. 16 CHLADIČ POUŽITÝ K CHLAZENÍ KAŽDÉHO TRANZISTORU</i>	<i>31</i>
<i>OBR. 17 ZOBRAZENÍ HODNOT NA DISPLEJI BĚHEM MĚŘENÍ</i>	<i>33</i>
<i>OBR. 18 ZAPOJENÍ EXTERNÍHO OSCILÁTORU</i>	<i>35</i>
<i>OBR. 19 FUNKCE PINŮ MIKROKONTROLERU</i>	<i>36</i>
<i>OBR. 20 ZAPOJENÍ STABILIZÁTORU 7805</i>	<i>38</i>
<i>OBR. 21 TEPLTNÍ ZÁVISLOST U STABILIZÁTORU 7805</i>	<i>38</i>
<i>OBR. 22 VNITŘNÍ ZAPOJENÍ JEDNÉ VĚTVE ULN2803A</i>	<i>38</i>
<i>OBR. 23 IRFP264 – TEPLTNÍ OMEZENÍ TRANZISTORU</i>	<i>39</i>

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na zhotovení umělé zátěže pro testování ATX zdrojů. Umělá zátěž není pojata pouze jako zátěž zdroje, ale aktivně sama měří i parametry zdroje a dokáže poskytnout uživateli informace o jednotlivých hodnotách napětí zdroje. Těž umí tyto hodnoty porovnávat se specifikacemi ATX zdrojů a vyhodnotit tak, zda zdroj vyhovuje, či nevyhovuje specifikacím.

Tato práce a výrobek z ní vycházející mohou pomoci při objasňování příčin problémů u počítačů řady PC. Zdroj, zejména pokud není kvalitní, či nedisponuje potřebným výkonem, může způsobit celou řadu problémů. Jedná se o nahodilé zamrzání systému, náhodné restarty, až po poškození některého z komponentů počítače. Testery dnes existující sice umí měřit napětí ATX zdrojů, ale zdroj nezatíží. Nezatížený zdroj se může chovat zcela normálně. Pokud ale zdroj zatížíme, zahřeje se, a vlivem vzrůstající teploty mohou některé obvody vykazovat odchylky, na které již ostatní komponenty nejsou stavěné. Musí se brát v úvahu i poměrně velká šance, že poškozený zdroj může poškodit i jakoukoliv další část počítače.

V teoretické části je podrobněji popsána funkce ATX zdrojů včetně jejich blokového schématu, či tabulkových hodnot, které by měl každý zdroj splňovat. Dále je zde popsána funkce a rozdělení tranzistorů, neboť přivřené tranzistory jsou použity jako zátěž pro jednotlivé napájecí větve zdroje. Popsány jsou i spínací relé, které jsou v testeru také použity. V neposlední řadě zde nalezneme popis a příklady analogo-digitálních převodníků, které se starají o měření napětí jednotlivých větví zdroje.

V praktické části nalezneme již popis konkrétních použitých součástek, jejich hodnoty a způsoby zapojení. Dále zde nalezneme ukázky programu, který celou umělou zátěž ovládá. Jsou zde popsány též i technická data hotového výrobku, ať se jedná o elektrické vlastnosti, či o vlastní konstrukci.

1. Teoretická část

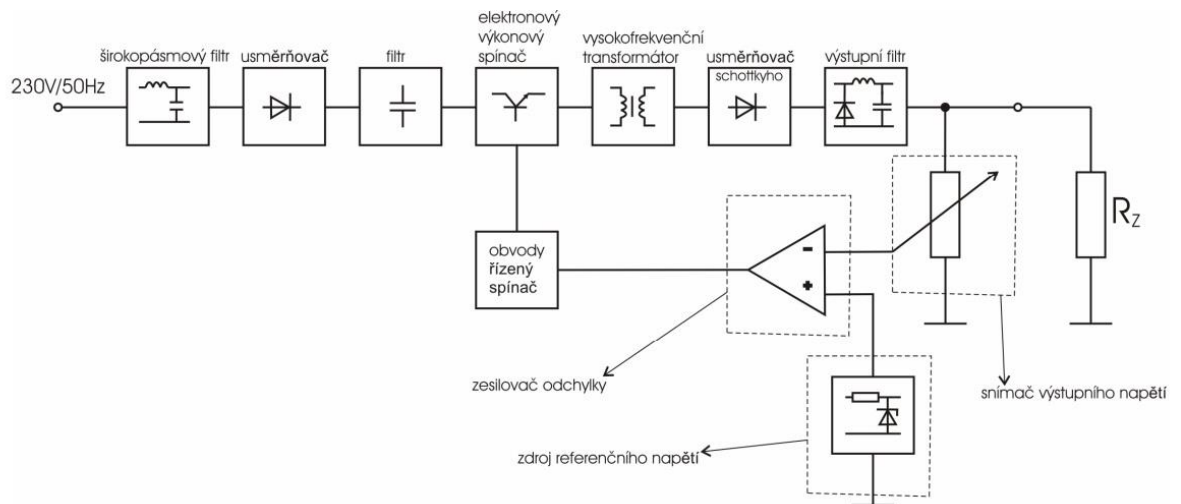
Teoretická část je zaměřena na princip činnosti, specifikace a normy ATX napájecích zdrojů, princip činnosti a rozdělení tranzistorů, které jsou použity jako umělá zátěž pro testování. Dále se zde můžeme dočíst informace o činnosti spínacích relé, či o činnosti a využití A/D převodníků. Všechny tyto části jsou prakticky použity ve výrobku, který tato práce prezentuje.

1.1 ATX zdroje

ATX zdroj je jedna ze základních stavebních součástí všech dnešních počítačů třídy PC. Stará se o převod síťového napětí na malá stejnosměrná napětí, ze kterých již mohou být napájeny jednotlivé komponenty počítače. Vzhledem k důležitosti dodržení co nejpřesnějších napájecích napětí pro dnešní mikroelektroniku se obecně nevyplatí na zdroji jakkoliv šetřit. Použijeme-li nekvalitní, či poddimenzovaný napájecí zdroj, můžeme riskovat nestabilitu celého systému, nebo dokonce zničení dalších komponent počítače. Aby k tomuto nedocházelo, jsou stanoveny přesné specifikace, které by měl každý ATX napájecí zdroj splňovat a tím zaručit stabilitu a bezpečnost provozu celého systému.

1.1.1 Princip činnosti

Každý ATX zdroj se skládá z několika funkčních bloků. Nejprve se síťové napětí usměrní a vyfiltruje. Poté prochází přes výkonový spínací prvek, který jej opět rozkmitá na mnohem vyšší frekvenci, než je síťová. Jedná se o frekvence v řádech desítek až stovek kHz. Pro transformování napětí s takto vysokou frekvencí můžeme při stejném transformovaném výkonu použít mnohem menší transformátor než v případě síťového kmitočtu. Tím lze zmenšit velikost zdroje, ušetřit materiál a v neposlední řadě i výrobní náklady. Dále je transformované napětí opět usměrněno, vyfiltrováno a stabilizováno do několika větví. Každá z nich má jinou hodnotu výsledného napětí. Výsledné napětí je přes optočlen zavedeno zpět do řídicí elektroniky, která na základě změřených údajů může upravovat frekvenci výkonových spínacích prvků a tím nepřímo měnit i výstupní napětí. Drtivá většina dnes používaných ATX zdrojů má i další elektronické obvody a ochrany. Základem požadovaným u moderních ATX zdrojů je například Power Factor Correction (PFC). Dále se může se jednat o různé druhy chránící zdroj proti přetížení, zkratu, či ostatní komponenty proti přepětí.



Obr. 1 Blokové schéma ATX napájecího zdroje

1.1.2 Výstupní napětí a proudy; revize ATX

Stejně, jako se vyvíjí všechny počítačové komponenty, mění se i požadavky na její napájení. I ATX zdroje prochází různými inovacemi. Zejména se jedná o výstupní proudy, nové napájecí konektory, či jiný počet samostatných větví. [4]

Původní ATX (1995)

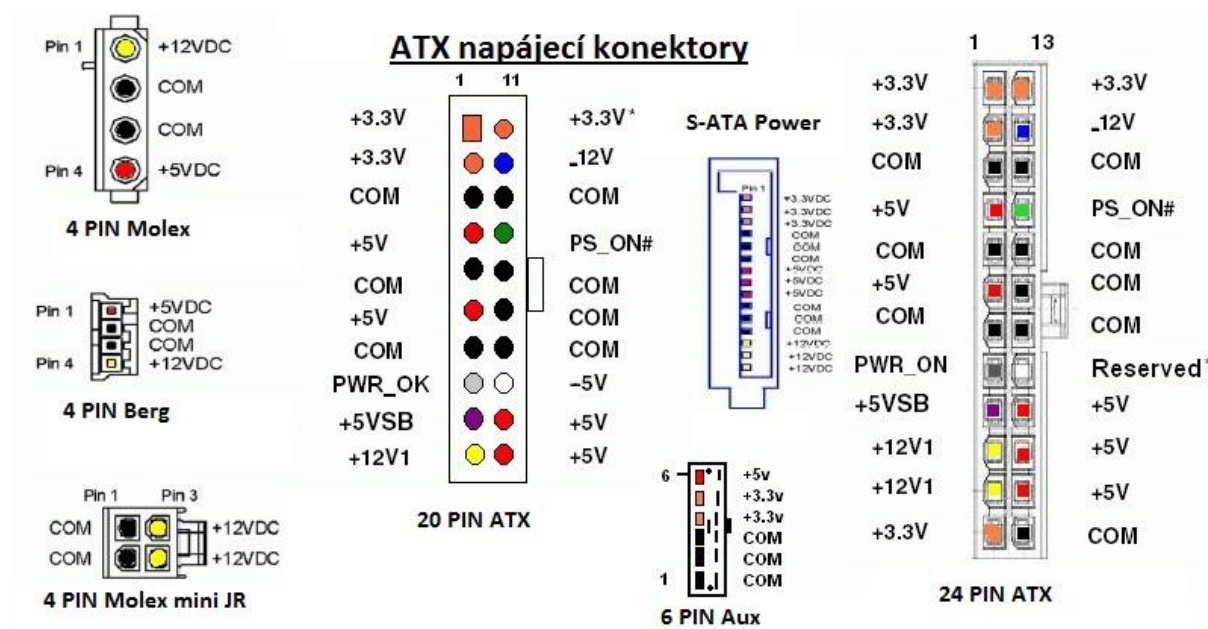
- Výstupní napětí:
 - +3,3V
 - +5V
 - +5V SB – aktivní stále – slouží k zapnutí počítače pomocí klávesnice či síťové karty
 - +12V – pouze pro ventilátory, motory u pevných disků a mechanik
 - 5V – ISA sloty
 - 12V
- U každého výstupního napětí definovaná jeho prahová úroveň
- Konektory:
 - 4 PIN Molex – pevné disky, optické mechaniky,
 - 4 PIN Berg – 3,5" disketová mechanika
 - 20 PIN Molex – napájení základní desky
 - 6 PIN Aux – napájení procesoru (přídavné napájení základní desky)

Hlavní změny během revizí 1.0 – 1.3 (2000 – 2003)

- Odebrána větev -5V
- Přejít na napájení většiny výpočetních komponent na 12V – ze zdroje jdou při stejném výkonu menší proudy, tudíž nejsou problémy v proudovém přenosu v konektorech a zmenší se ztráty ve vodičích
- Přidán 4 PIN Molex mini JR – pro napájení procesoru
- Definována hodnota minimálního odběru jednotlivých napěťových větví pro správný chod zdroje

Hlavní změny během revizí 2.0 – 2.3 (2003 – současnost)

- Přidán S-ATA napájecí konektor
- Přidány 4 PINy ke 20 PIN Molex konektoru
- Odebrán 6 PIN Aux konektor
- Napětí 12V rozděleno do dvou samostatných větví
- Minimální účinnost 70% (doporučena 80%)



Obr. 2 Zobrazení konektorů ATX zdroje

Tab.1 Tolerance napětí zdroje

Napětí [V]	Tolerance	Rozsah (min. to max.)	Zvlnění (p. to p. max.)
+5 V _{DC}	±5% (±0.25 V)	+4.75 V to +5.25 V	50 mV
-5 V _{DC}	±10% (±0.50 V)	-4.50 V to -5.50 V	50 mV
+12 V _{DC}	±5% (±0.60 V)	+11.40 V to +12.60 V	120 mV
-12 V _{DC}	±10% (±1.2 V)	-10.8 V to -13.2 V	120 mV
+3.3 V _{DC}	±5% (±0.165 V)	+3.135 V to +3.465 V	50 mV
+5 V _{SB}	±5% (±0.25 V)	+4.75 V to +5.25 V	50 mV

1.1.3 Výkon a účinnost

Výkon je jeden z nejdůležitějších parametrů každého zdroje. Určuje, kolik Wattů je zdroj schopen maximálně dodat do ostatních komponentů. Musíme ovšem dát pozor, že každý zdroj je specifikován několika různými výkony. Bývá to vždy výkon maximální, určující součet výkonů ve všech větvích zdroje. Dále jsou na štítku zpravidla napsány i maximální dílčí výkony (či proudy) jednotlivých větví, popřípadě některých dvojic větví. Například se můžeme setkat, že je uveden maximální výkon 5V a 3,3V větve dohromady. Bohužel všechna tyto data nejsou vždy směrodatná. Můžeme se setkat například s poznámkou, že uvedené hodnoty platí pro okolní teplotu 5°C. Což je v praxi teplota nereálná. Výrobce tím značně eliminuje možnost přehřívání zdroje při větší zátěži.

V případě, že není výkon zdroje dostatečný, můžeme se setkat s nestabilitou celého systému, s jeho zamrzáním, či nečekanými restarty.

Pojem účinnost se zavádí zejména kvůli vlastní spotřebě zdroje. Vyjadřuje procentuálně poměr mezi výkonem dodaným do sestavy a příkonem odebíraným ze sítě. Účinnost se může značně lišit při rozdílném zatížení zdroje. Proto je zavedena minimální hranice 70% zatížení zdroje, při které se účinnost může měřit. Dnešní ATX zdroje dosahují účinnosti přes 80%. Zbytek energie je přeměněn na teplo, které ohřívá samotný zdroj a potažmo i celý počítač.

1.1.4 PFC – Power Factor Correction

Tento obvod nijak neovlivňuje zdroj, co se týká napětí dodávaného do napájeného systému, ale ovlivňuje vliv zdroje vzhledem k napájecí síti. Každý ATX zdroj zapojený do sítě se chová jako induktivní zátěž. Zdroje bez PFC obvodu mají účinník přibližně $\cos\varphi=0,6$. To znamená, že proud ze sítě odebírá i jalový výkon a tím nejen proudově namáhá vedení, ale i deformuje původní tvar napětí v síti. Obvod PFC má za úkol účinník přiblížit co nejvíce $\cos\varphi=1$ a tím minimalizovat uvedené nepříznivé vlivy na rozvodnou síť napětí.

Obvod PFC se rozděluje na 2 základní druhy:

- Pasivní – na vstup zdroje je přidána tlumivka, která výrazně vylepšuje vlastnosti vstupních obvodů
- Aktivní – lepší korekce účinníku než pasivní. Je tvořen složitou elektronikou.

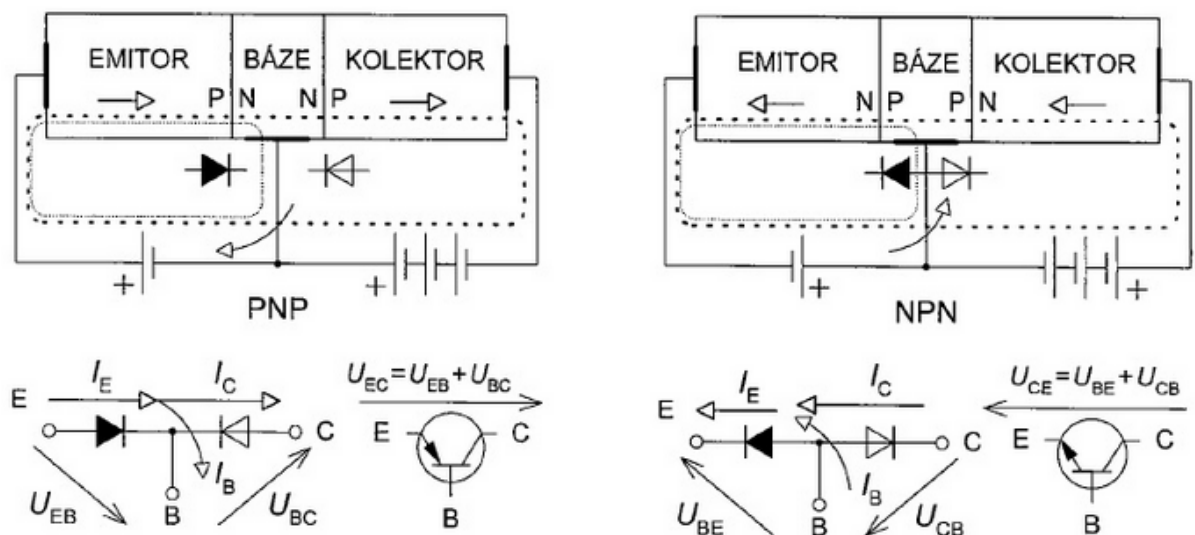
1.2 Tranzistory

Tranzistor je polovodičová součástka, která má uplatnění v elektronice jako spínač nebo zesilovač, popř. umělá zátěž.

1.2.1 Bipolární tranzistor

Bipolární tranzistor nese název dle toho, že nositeli činnosti součástky jsou oba druhy nosičů náboje. Skládá se z monokrystalické destičky, která je tvořena třemi oblastmi s různým typem vodivosti. Existují dvě verze bipolárního tranzistoru PNP a NPN. Tranzistory PNP a NPN se liší tím, že v PNP jsou základním nositelem funkce díry a v NPN elektrony.

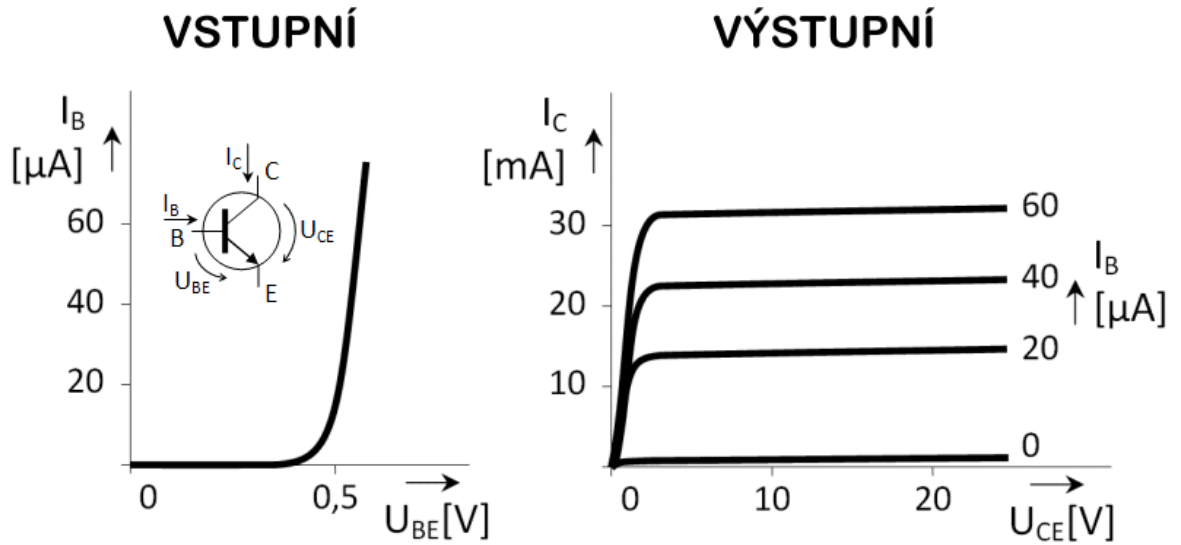
Tranzistor je tvořen emitorem, prostřední typ vodivosti se nazývá báze a poté kolektorem.



Obr. 3 Princip NPN a PNP tranzistoru

Existují 4 kombinace :

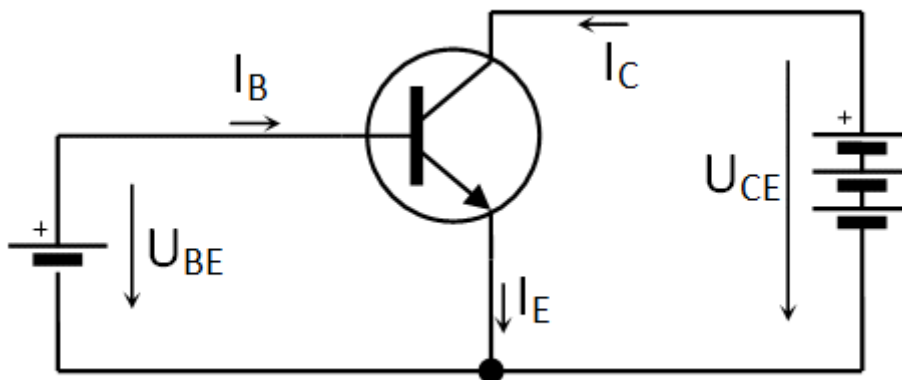
- oba přechody polarizovány závěrně – nevodivý režim – součástkou neteče proud
- oba přechody otevřeny – režim nasycení – teče velký konstantní proud
- přechod emitor-báze otevřen, přechod báze-kolektor zavřen – aktivní režim – nejčastější provozní režim bipolárního tranzistoru
- přechod emitor-báze zavřen, přechod báze-kolektor otevřen – inverzní režim – destrukce



Obr. 4 Charakteristiky bipolárního tranzistoru

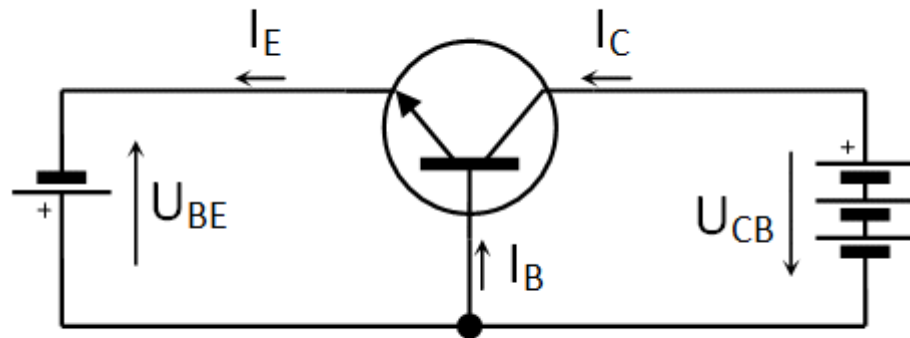
Existují 3 základní zapojení tranzistoru: [5]

Společný emitor SE:



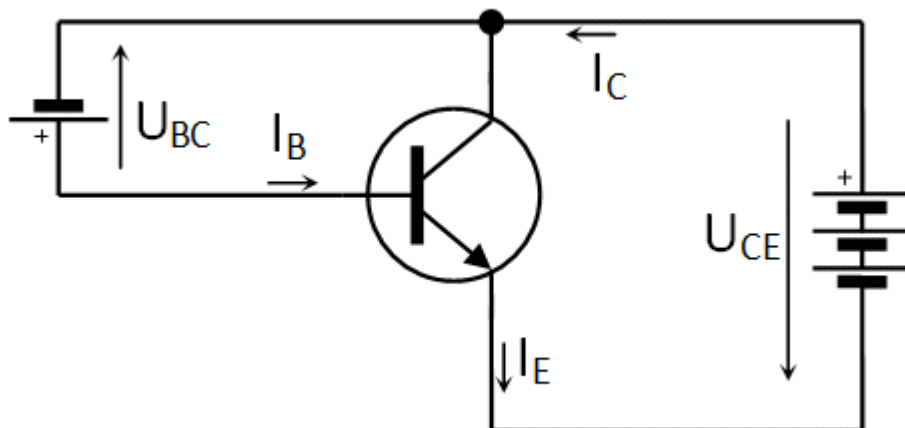
Obr. 5 Bipolární tranzistor – zapojení SE

Společná báze – SB:



Obr. 6 Bipolární tranzistor – zapojení SB

Společný kolektor – SC:



Obr. 7 Bipolární tranzistor – zapojení SC

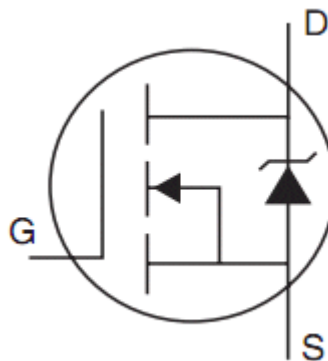
Tab.2 Vlastnosti základních zapojení tranzistoru

Veličina	SE	SB	SC
Vstupní odpor	malý až střední	velmi malý	velmi velký
Výstupní odpor	velký	velmi velký	velmi malý
Napěťové zesílení	velké	velmi velké	< 1
Proudové zesílení	velké	< 1	velké
Výkonové zesílení	velké	malé až střední	malé až střední

1.2.2 Unipolární tranzistor

Unipolární tranzistor je polovodičová součástka, ve které je tok nosičů proudu řízen příčným elektrickým polem. Rozdíl oproti bipolárnímu tranzistoru je, že nositeli náboje jsou pouze většinové nosiče. Činnost menšinových nosičů má parazitní charakter.

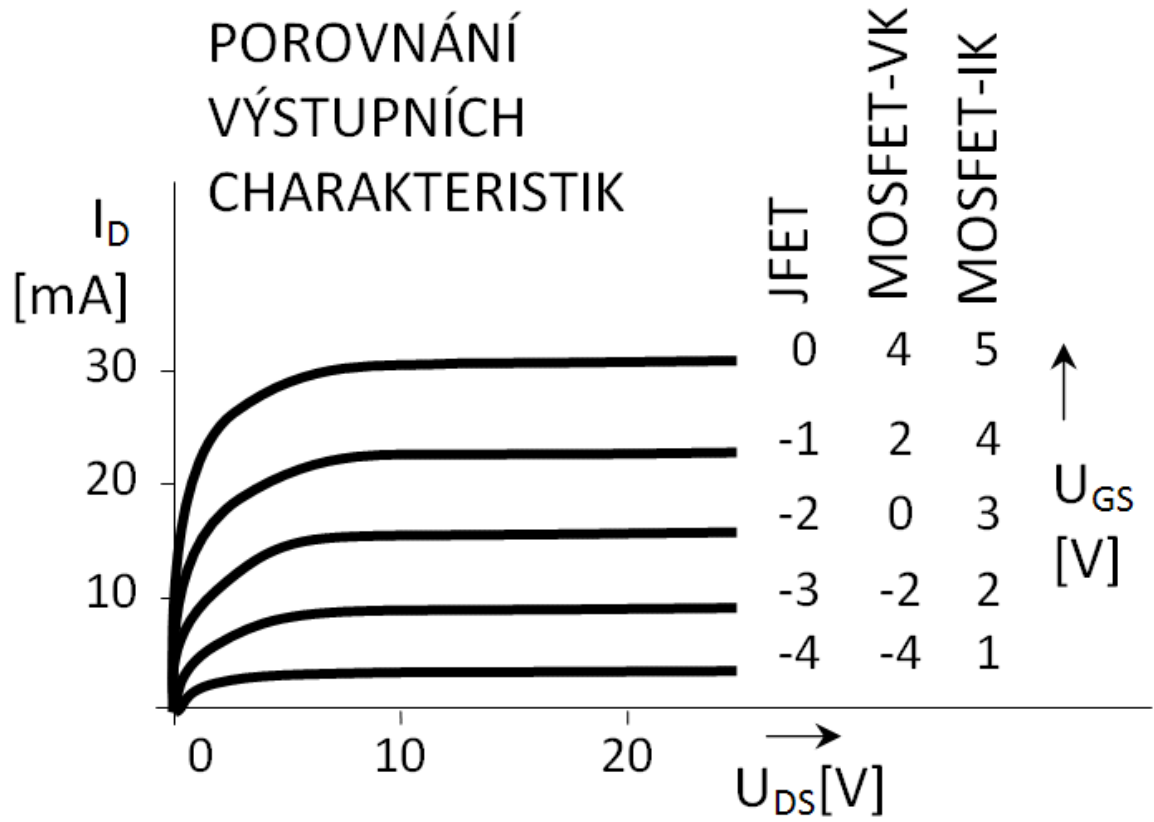
Při konstrukci se používají tzv. polovodiče význačného typu N ($N \gg P$) a typu P ($P \gg N$).



Obr. 8 Unipolární tranzistor

Základní typy unipolárních tranzistorů:

- **JFET** – Junction Field Effect Tranzistor
Tranzistor je bez přiloženého napětí mezi Gate a Source otevřený. Záporným napětím mezi Gate a Source lze zmenšit vodivost kanálu mezi elektrodami Source a Drain.
- **MOSFET** – Metal Oxid Semiconductor Field Effect Tranzistor
U těchto tranzistorů rozlišujeme dva základní druhy. Jsou to MOSFET tranzistory s indukovaným kanálem, které jsou bez přiloženého napětí mezi Gate a Source zavřené, a MOSFET tranzistory s vodivým kanálem, které jsou již bez přiloženého napětí z části otevřené. Oba druhy těchto tranzistorů lze za pomoci kladného napětí mezi svorkami Gate a Source otevřít. Tranzistor s vodivým kanálem lze přiložením záporného napětí na téže svorky i přivřít, či zcela uzavřít. [6]



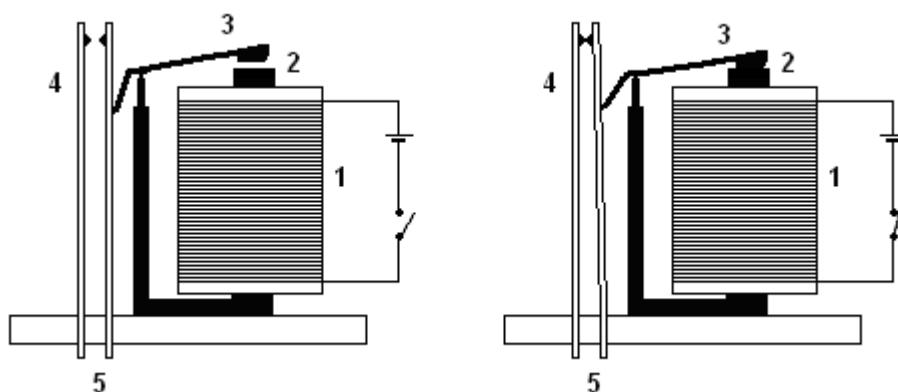
Obr. 9 Porovnání výstupních charakteristik unipolárních tranzistorů

1.3 Relé

Relé je mechanický spínací prvek, který je tvořen z elektromagnetu (1), pohyblivé kotvy (3) a spínacího kontaktu (4). Slouží k spínání velkých proudů proudem malým, či ke galvanickému oddělení různých částí obvodu.

Relé má zpravidla 2 stavy, které lze přepínat proudem do cívky elektromagnetu. Pokud do cívky nepřivedeme žádný proud, relé zůstává v klidu. V tomto stavu zůstává mechanický spínací kontakt rozpojen. Po přivedení proudu do vinutí cívky se jádro cívky zmagnetizuje, čímž k sobě přitáhne jednu část kotvy. Kotva se překlopí dle úchytné osy a její druhá část zatlačí na mechanický kontakt, který zkratuje výstupní svorky. Po odpojení proudu se relé opět vrací do klidové polohy. Při návratu do klidové polohy se vlivem indukčnosti vnitřní spínací cívky mohou objevit na ovládacích svorkách relé napěťové špičky. Proto je doporučeno k ovládacímu obvodu relé připojit paralelně diodu v závěrném směru. Napěťová špička má opačnou polaritu než otevírací napětí a dioda ho zkratuje.

Relé je možno vytvořit v různých variantách. Mohou mít víc vzájemně oddělených spínaných větví, či se nemusí v klidovém stavu mechanické kontakty rozpojovat, ale mohou je pouze přepínat na jiné vývody. Taková relé se nazývají přepínací.



Obr. 10 Princip relé

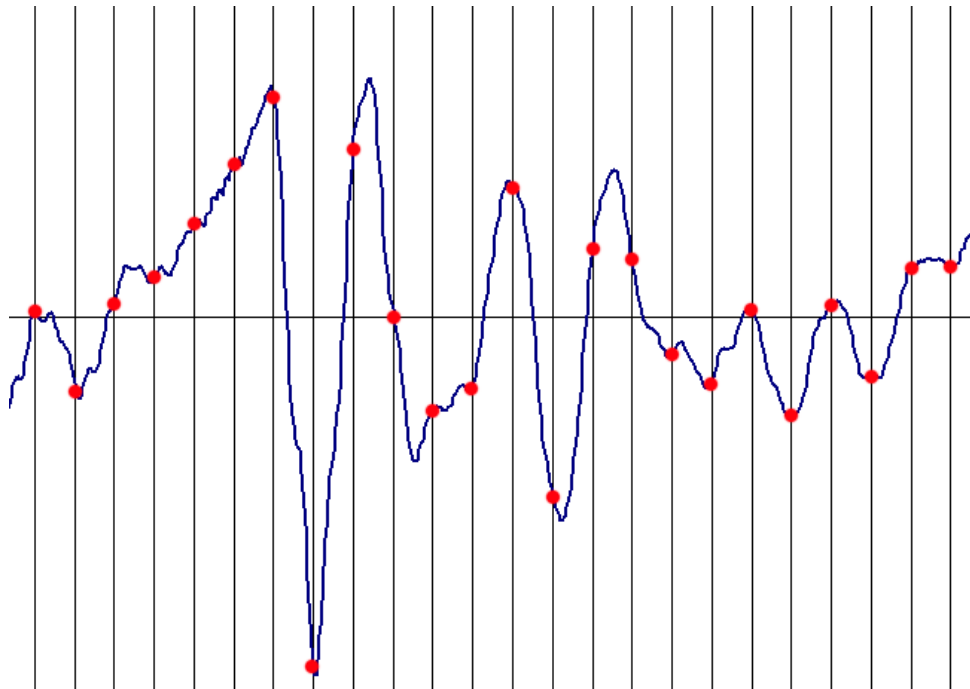
1.4 A/D převodníky

Tyto převodníky slouží k převodu analogového signálu na digitální. Tato operace je třeba při zpracovávání jakéhokoliv analogového signálu digitálně. Vzhledem k dnešnímu využití číslicové techniky v téměř všech odvětvích vzniká nutnost používání A/D převodníků pro pestrou škálu čidel, či signálů. Můžeme říci, že značná část čidel neelektrických veličin (pohybová čidla, čidla teploty, tlaku atd.) mají analogový výstup. Proto jsou A/D převodníky u řad mikroprocesorů, kde se počítá s využíváním některých čidel, již integrovány. [7]

1.4.1 Vzorkování, kvantování

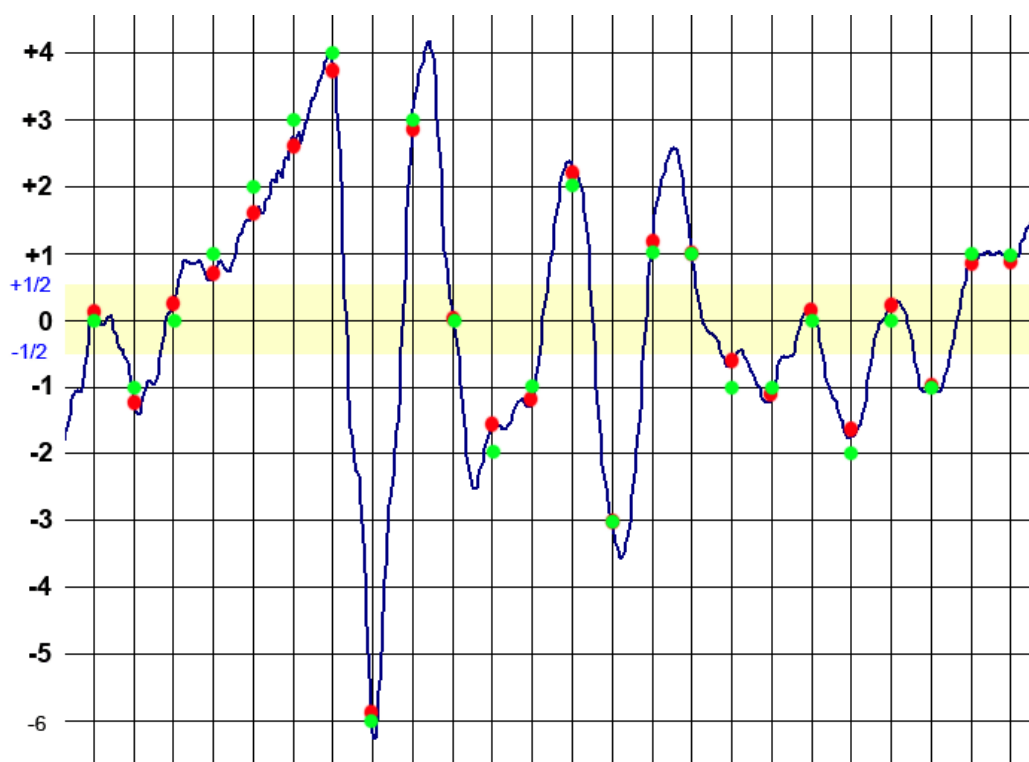
Každý převod analogového signálu na digitální se skládá ze dvou fází:

Vzorkování – Každý analogový (spojitý) signál se skládá z nekonečného množství bodů, které nelze zcela zaznamenat. Proto se zavádí takzvané vzorkování. Je to operace, při které se po určité době odeberou jednotlivé úrovně analogového signálu. Frekvence vzorkování by měla být dle Shannonova teorému 2x větší, než nejvyšší frekvence zaznamenávaného analogového signálu. Pokud je frekvence vzorkování nižší, dochází k jevu zvanému aliasing a je způsobeno nenávratné zkreslení zaznamenávaného signálu.



Obr. 11 Vzorkování analogového signálu

Kvantování – Pokud je signál navzorkován, je potřeba naměřené hladiny jednotlivých vzorků zaznamenat do paměti. Ovšem dnešní výpočetní technika umí zaznamenat čísla jen s konečnou přesností. Proto si musíme nadefinovat určité kvantizační úrovně a jednotlivé vzorky přiřadit k nejbližší úrovni, kterou již lze zaznamenat. Počet zaznamenaných úrovní je n -tá mocnina čísla 2, kde n je počet bitů binárního výsledku. Maximální chyba při kvantování je rovna polovině velikosti jedné kvantizační úrovně. Obvykle mají převodníky rozlišení 8 nebo 16 bitů, což odpovídá 256, respektive 65536, kvantizačních úrovní.



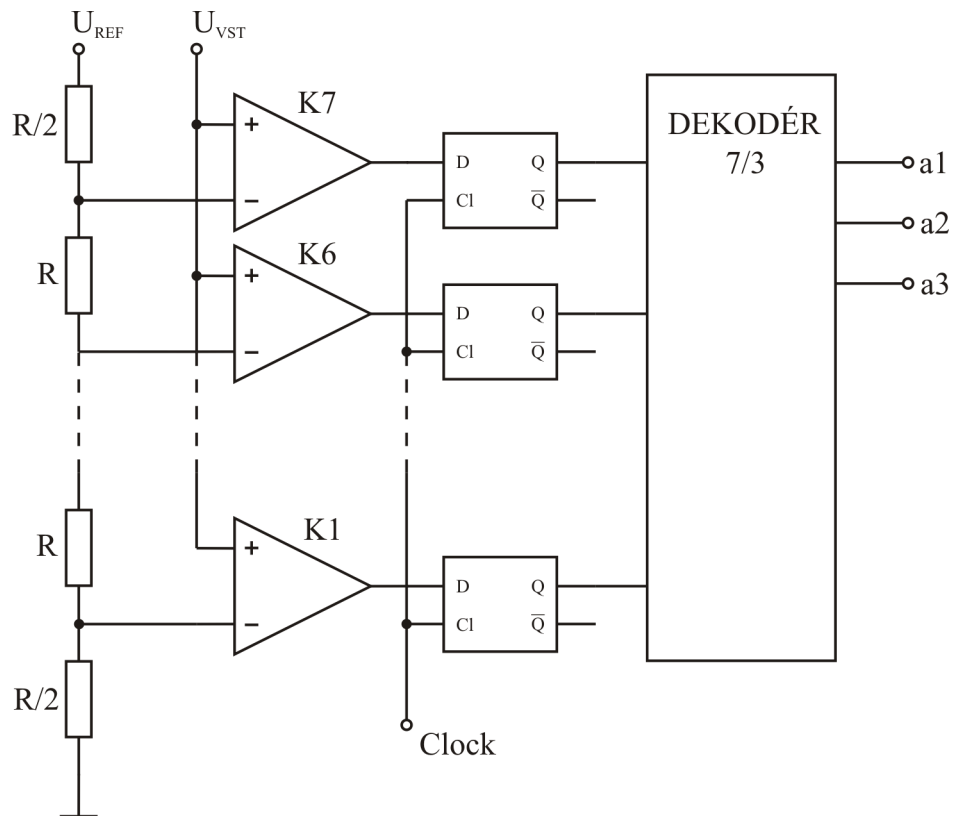
Obr. 12 Kvantování analogového signálu

V dnešní době si lze vybrat mezi několika druhy H/W zpracování A/D převodníků, z nichž každý má své výhody i nevýhody. Mezi nejčastěji používané druhy převodníků patří například:

1.4.2 Paralelní A/D převodník

Tento převodník vyniká svou rychlostí převodu, který se provede v jediném taktu hodin. Naproti tomu je ale finančně nejnákladnější, protože obsahuje velké množství součástek. Je složen z odporové sítě, která dělí referenční napětí, a z komparátorů, které porovnávají měřené

napětí s referenčním a binární výsledek porovnání zapíše do klopného obvodu. Poté se hodnoty jednotlivých klopných obvodů přivedou do BCD kodéru, který z nich udělá binární hodnotu.



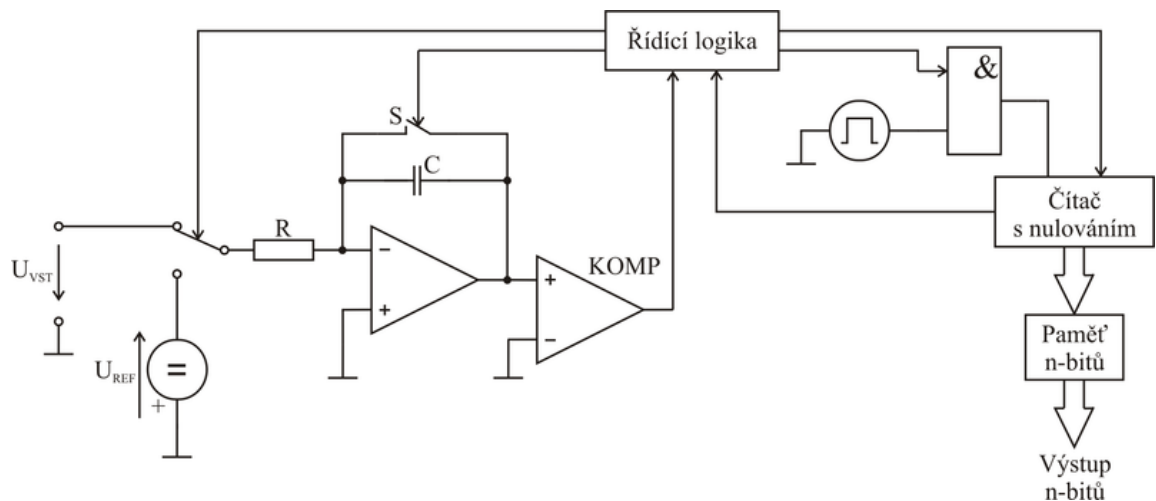
Obr. 13 Paralelní A/D převodník

Tab.3 Funkce klopného obvodu v paralelním A/D převodníku

U _{vst} /U _{ref}	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	a1	a2	a3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2/8	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
3/8	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
4/8	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
5/8	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
6/8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7/8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1.4.3 A/D převodník s dvojitou integrací

Tento převodník je poměrně rozšířený zvláště u kapesních multimetrů, protože není nákladný na sériovou výrobu a zároveň nabízí dostatečnou přesnost. Převod probíhá v dvou fázích. V první fázi se na vstup převodníku připojí měřené napětí. V tomto okamžiku začne čítač čítat pulzy generátoru. Současně roste napětí na integrátoru a to sice rychlostí úměrnou měřenému napětí. Toto probíhá až do okamžiku přetečení čítače. Poté se na vstup přivede záporné referenční napětí. Díky tomu začne napětí na integrátoru klesat. Až dosáhne nuly, překlopí se komparátor a zastaví tím čítání čítače. Hodnota čítače se nyní запиše do paměti. Je rovna poměru vstupního a referenčního napětí.



Obr. 14 A/D převodník s dvojitou integrací

2 Praktická část

2.1 Umělá zátěž

2.1.1 Parametry

Vstupní napětí: ~ 230V / 50Hz

Odběr ze zdroje při nezatíženém testu:

- +12V větev 1A
- +5V větev 0,5A
- +5VSB větev 1A
- +3,3V větev 1A
- -12V větev 0,5A

Odběr ze zdroje při zatíženém testu:

- +12V větev 10A; 15A; 25A
- +5V větev 10A; 20A
- +5VSB větev 1A
- +3,3V větev 10A; 20A
- -12V větev 0,5A

Maximální změřitelné napětí jednotlivých měřených větví ATX zdroje:

- +12V větev 15V
- +5V větev 6,25V
- +5VSB větev 6,25V
- +3,3V větev 5V
- -12V větev -15V

Parametry hliníkového boxu:

- Rozměry: 280 x 260 x 100 mm (šířka x výška x hloubka)
- Síla stěn 3mm

2.1.2 Výkonová větev

Při nezatíženém testu musí být z ATX zdroje odebírány určité minimální proudy nutné pro správnou funkčnost zdroje. O tento odběr se starají výkonové rezistory umístěné uvnitř hliníkového boxu, jež tvoří tělo testeru. Tyto rezistory zůstávají k testovanému zdroji připojené po celou dobu připojení měřeného zdroje k umělé zátěži.

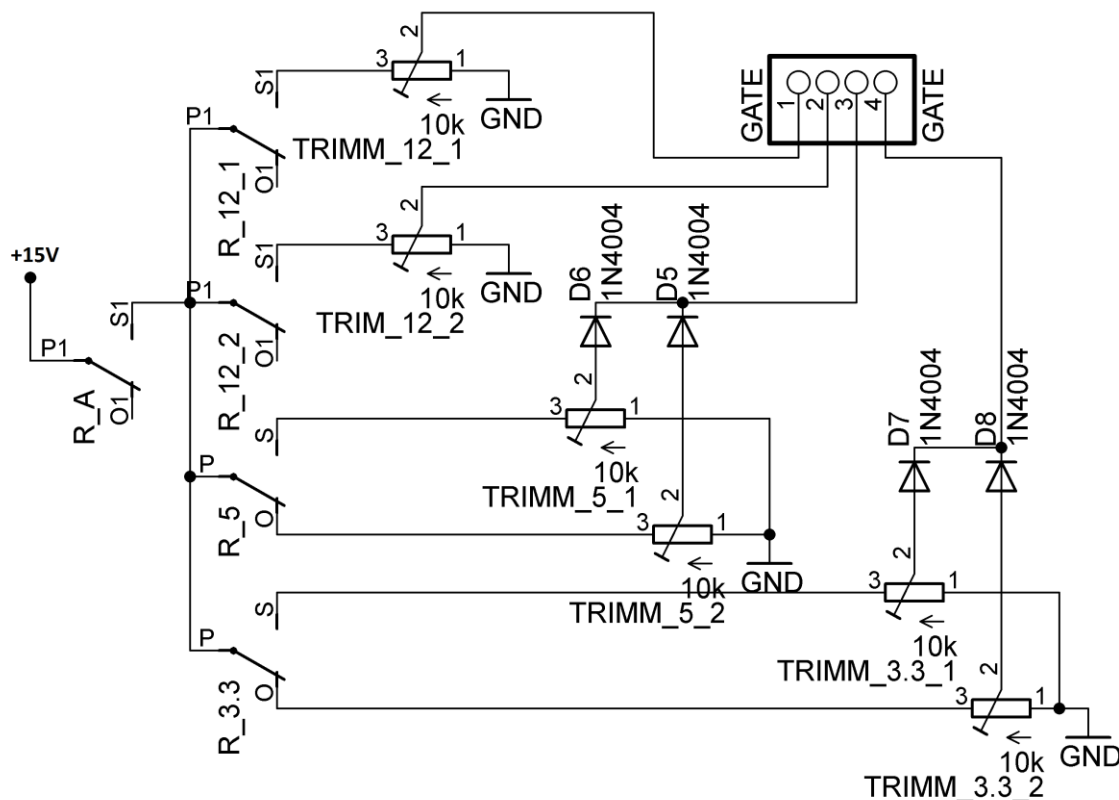
O hlavní zatížení v režimu zatíženého testu se starají 4 unipolární tranzistory. Hlavní výhodou tohoto druhu zátěže je velice nízká změna procházejícího proudu při změně vstupního napětí a snadná regulovatelnost úrovně zatížení pomocí změny napětí na řídicí elektrodu tranzistoru (Gate).

Zátěž je rozdělena následovně:

1. Tranzistor: +12V 10A
2. Tranzistor: +12V 15A
3. Tranzistor: +5V 10A / 20A – řízeno napětím na Gate
4. Tranzistor: +3,3V 10A / 20A – řízeno napětím na Gate

Jednotlivé Gate tranzistorů jsou regulovány přes odporové trimry. Pro lepší přesnost jsou použity cermetové víceotáčkové trimry. Připojení zátěže se realizuje připojením jednotlivých trimrů přes spínací relé na zdroj napětí.

Tranzistory 1 a 2 se ovládají jednotlivě, každý přes jedno spínací relé a každý má nastálo nastavenou hodnotu napětí do Gate jedním odporovým trimrem. Mohou tedy pracovat jednotlivě, či oba současně. Tranzistory 3 a 4 mají pro nastavení Gate použity každý 2 trimry, mezi kterými je možno přepínat za pomoci přepínacího relé. Za každým trimrem se nachází ochranná dioda, která brání opačnému průtoku proudu. Trimry by se bez ní ovlivňovaly. O spouštění se stará další spínací relé, které je předřazeno oběma přepínacím relé. Zapínání těchto větví proto probíhá současně. Všechny relé jsou řízeny mikrokontrolerem, jehož signál je zesílen přes tranzistorové pole.



Obr. 15 Zapojení spínání a regulace tranzistorů

2.1.3 Chlazení

O chlazení každého z uvedených tranzistorů se stará procesorový chladič z Socket775 (Intel Pentium, Core2Duo). Chladič je přichycen tak, aby svíral tranzistor mezi svou chladicí plochu a hliníkový box, tudíž o značnou část chlazení tranzistoru se postará právě vlastní box. Obě strany tranzistoru jsou namazány silikonovou teplovodivou pastou. Ventilátory na jednotlivých chladičích jsou spuštěny spolu s otevřením Gate příslušného tranzistoru.

Dále je zde implementován režim dochlazování, kdy po odpojení zátěže ventilátory ještě určitou dobu běží. Tím se zajistí dochlazení chladičů, i samotných tranzistorů a zabrání se zpětnému ohřevu tranzistoru od pasivního bloku chladiče.



Obr. 16 Chladič použitý k chlazení každého tranzistoru

2.1.4 Měření napětí

Vlastní měření jednotlivých napětí ATX zdroje se provádí přes integrovaný A/D převodník v mikrokontroleru. Nabízí 10bit přesnost, která pro tyto účely bohatě dostačuje. Protože A/D převodníky mikrokontroleru umí měřit pouze do velikosti napájecího napětí (5V), musí být vyšší hodnoty napětí z měřeného zdroje nejprve patřičným způsobem upraveny. O úpravu se stará odporový dělič. Je navrhnut tak, aby se jmenovitá hodnota napětí na jednotlivých větvích zdroje na mikrokontroleru projevovala vždy okolo 4V. Tato hodnota je vybrána z důvodu dostatečné rezervy pro vzrůst napětí zdroje, avšak stále nabízí dostatečnou přesnost pro měření.

Vzhledem k nutnosti měřit větve -12V, čili větve zápornou, je nutnost implementace invertoru napětí. Pro tento účel je vybráno invertující zapojení operačního zesilovače z důvodu nízkých pořizovacích nákladů, jednoduchého zapojení a snadného snížení napětí větve na hodnotu měřitelnou mikrokontrolerem.

Zpětný přepočítání na původní hodnotu je řešeno softwarově. Kvůli tolerancím jednotlivých odporů bude muset být provedena kalibrace jednotlivých větví.

Hodnoty rezistorů, ze kterých jsou složeny jednotlivé napěťové děliče:

- 12V: $39\text{k}\Omega - 39\text{k}\Omega - 39\text{k}\Omega$ - napětí odečítáno z posledního rezistoru
- 5V: $11\text{k}\Omega - 43\text{k}\Omega$ - napětí odečítáno z posledního rezistoru
- 3,3V: napojeno bez napěťového děliče
- -12V: $10\text{k}\Omega - 30\text{k}\Omega$ - odpory použity v invertujícím zapojení OZ

2.1.5 Kalibrace

Kalibraci vstupního napěťového děliče je nutno provést díky tolerancím rezistorů použitých ve vstupním napěťovém děliči. Základní kalibrace byla určena výpočtem, dle hodnot rezistorů naměřených ohmmetrem. Při spuštění testeru se ovšem ukázalo, že tato kalibrace není dostačující. Pro jemnější kalibraci byly použity 2 různé voltmetry monitorující vstupní napěťovou větev. Poté byla provedena softwarová úprava konstant děličů, díky které bylo dosaženo lepší přesnosti. Kalibrace byla prováděna vždy při jmenovitém napětí napájecí větve.

Použité V-metry:

- UNI-T UT203
- UNI-T UT39A

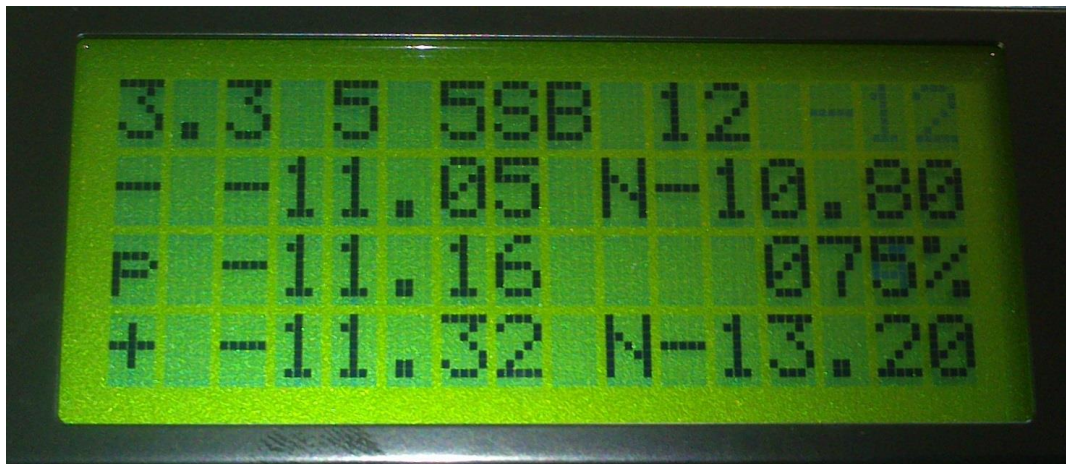
Další kalibrace byla provedena u výkonové části, konkrétně u vstupních proudů do zátěže. Po spuštění zatíženého testu byly měřeny klešťovým A-metrem hodnoty vstupních proudů a následně upravovány pomocí víceotáčkových trimrů korekce napětí do jednotlivých Gate použitých tranzistorů. Vzhledem k teplotní závislosti tranzistorů nelze dokázat zcela konstantní vstupní proud po celou dobu měření. Proto byla kalibrace provedena zhruba po 20-ti minutách běhu zatíženého testu, kdy byl tester již dostatečně zahřátý.

Použitý A-metr:

- UNI-T UT203

2.1.6 Zobrazování výsledků

Umělá zátěž je schopna během měření, i po jeho ukončení, zobrazovat výsledky na přehledném displeji. Zde se zobrazují též pokyny k obsluze. První řádek je během testovací doby vyhrazen výčtu napěťových větví. Další 3 řádky slouží již k hlavnímu zobrazování hodnot. Vzhledem k velikosti displeje nelze zobrazovat všechny napěťové větve najednou. Zobrazovaná napěťová větev zdroje vždy ve výčtu větví zdroje bliká. Zobrazení výsledků během i po měření probíhá formou zobrazení nejmenší, největší a průměrné hodnoty napětí na dané větvi napájecího zdroje. Tyto hodnoty jsou umístěny vlevo. Vpravo displej zobrazuje minimální a maximální normu daného napětí a procentuální hodnotu dokončení testovacího času.



Obr. 17 Zobrazení hodnot na displeji během měření

2.2 Hardware

V této části práce se zaměřím na hlavní komponenty použité v testeru pro PC zdroje. Jsou jimi ATmega32-16PU, displej 1604, stabilizátory 78xx, tranzistorové pole ULN2803A a tranzistor IRPF264.

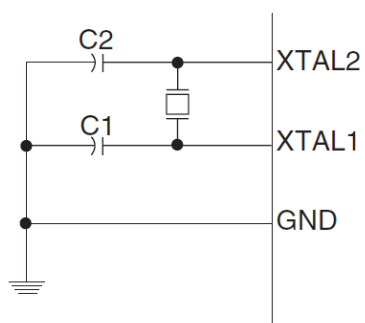
2.2.1 ATmega32-16PU

Pro testování zátěže byl vybrán 8-bitový mikrokontroler ATmega32-16PU, od firmy Atmel. Tento mikrokontroler byl vybrán z důvodu integrovaných A/D převodníků s 10-ti bitovou přesností, dostatečné programové paměti a příznivé ceně. Bylo použito pouzdro DIL40 kvůli lepší pájitelnosti na PCB. Procesor je možné koupit i ve verzích AU, která má pouzdro menší.

Nejzákladnější parametry mikrokontroléru :

- 131 instrukcí
- 32x8 bitových registrů
- až 16 MIPS (milion instruction per second) při 16MHz oscilátoru
- 32KB samostatně programovatelná Flash paměť
- 1024 Bitová EEPROM paměť
- 2KB vnitřní SRAM paměť
- 8-kanálový, 10 bitový A/D převodník
- 4 PWM kanály
- operační napětí mikrokontroleru : 4,5-5,5V
- maximální oscilátor je 16MHz externí, vnitřní RC oscilátor maximálně 8MHz

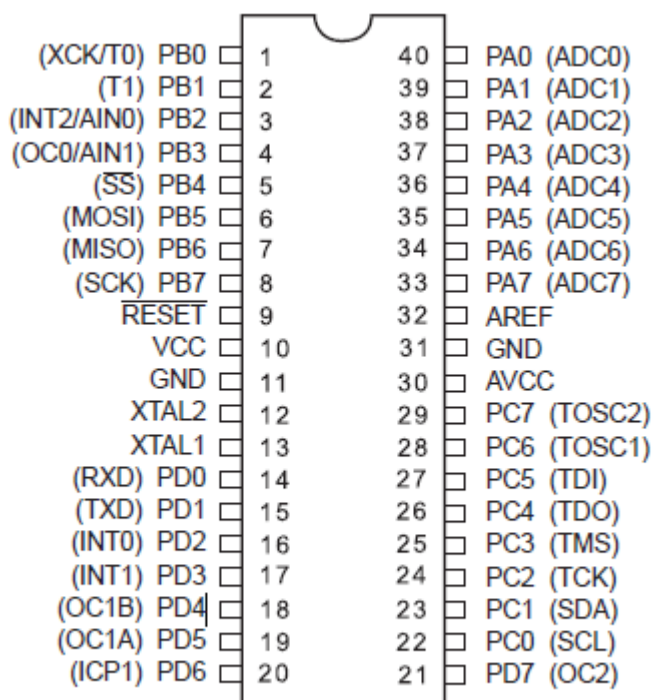
V testeru je použit vnitřní oscilátor 8MHz, avšak DPS je navržena i na použití externího oscilátoru. Na obrázku níže je zobrazeno externí zapojení oscilátoru. Velikost keramických kondenzátorů je v rozmezí 12-22pF a připojují se na piny XTAL1 a XTAL2 u mikrokontroleru. [8]



Obr. 18 Zapojení externího oscilátoru

Tab.4 Připojení portů mikrokontroleru

Porty	Připojení
Port A	A/D převodníky
Port B	Tlačítka a programátor
Port C	Displej
Port D	Tranzistorové pole



Obr. 19 Funkce pinů mikrokontroleru

2.2.2 Displej 1604

Pro zobrazování menu a výsledků slouží LCD displej 1604, který disponuje 4-mi řádky po 16-ti znacích. Řadičem obsluhujícím displej je HD44780, který je schopen 8-bitové nebo 4-bitové komunikace. Použita byla 4 bitová komunikace kvůli úspoře pinů mikrokontroleru. Displej s tímto řadičem umí zobrazovat poměrně bohaté množství znaků, včetně možnosti definovat si znak vlastní. Měl by být napájen napětím 5V, tudíž se o jeho napájení stará stabilizátor 7805.

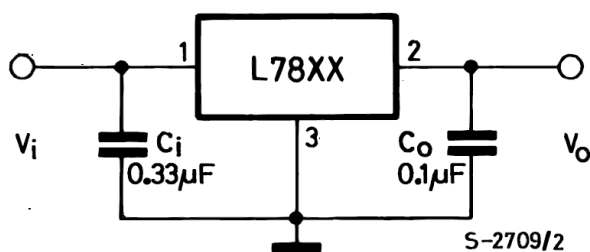
Tab.5 Funkce jednotlivých pinů LCD displeje

Číslo pinu	Symbol	Funkce
1	Vss	Zem
2	Vdd	Napájení 5V
3	Vo	Nastavení kontrast
4	RS	Log.1-data, log.0-
5	R/W	Čtení/zápis
6	E	Enable-potvrzení
7-14	DB0-DB7	Datový
15-16	A-K	Podsvícení

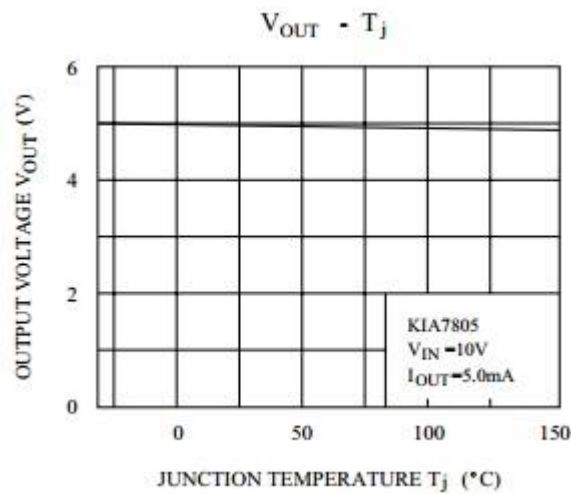
2.2.3 Stabilizátor 78xx

Pro napájení podstatné části zařízení, konkrétně ATmegy, LCD displeje a všech relé, slouží stabilizátor napětí 7805, který má na výstupu +5V. Dále stabilizátor 7815 s výstupním napětím +15V napájí operační zesilovač a reostaty ovládající Gate unipolárních tranzistorů. Dále je použit stabilizátor 7915, který svým napětím -15V napájí operační zesilovač. Jako poslední je použit stabilizátor 78S12. Jeho výstupní napětí 12V je vhodné pro napájení větráků na použitých chladičích. Vzhledem k poměrně velkému odběru ventilátorů je použita verze S, tzn. Verze se zvýšeným výstupním proudem na 2A. Obyčejné verze mají výstupní proud 1A.

V dnešní době je nabídka stabilizátorů 78xx natolik široká, že je lze koupit téměř se všemi běžně dostupnými napětími.



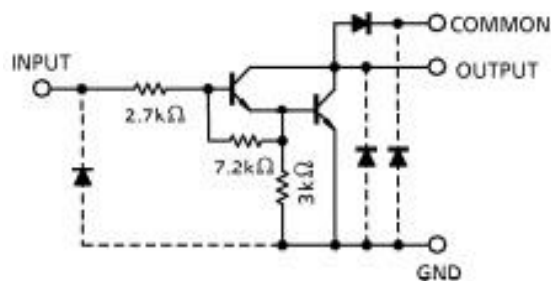
Obr. 20 Zapojení stabilizátoru 7805



Obr. 21 Teplotní závislost u stabilizátoru 7805

2.2.4 Tranzistorové pole ULN2803A

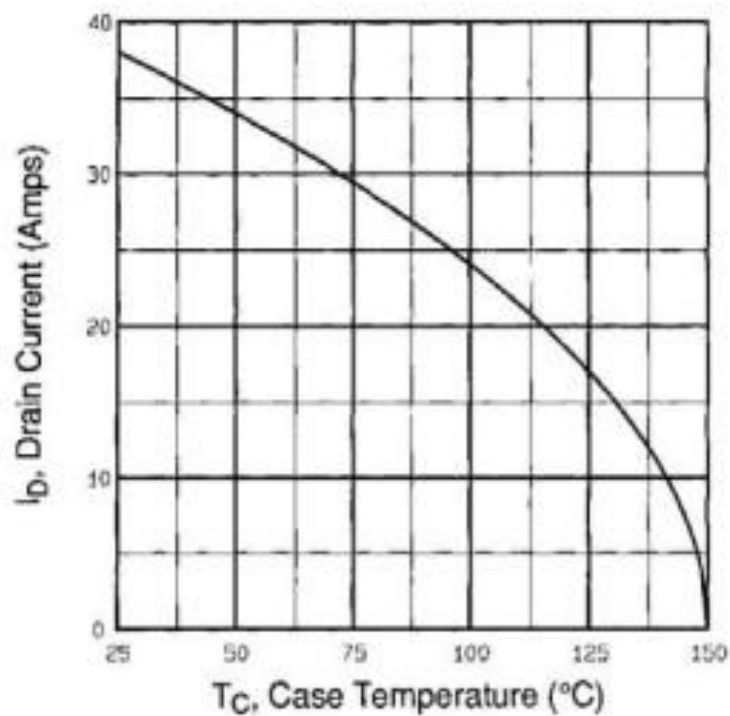
Součástka se skládá z osmi darlingtonových párů tranzistorů. Toto zapojení se může použít pro extrémní zesilování, či pro spínání jako je tomu v tomto případě. Zde je součástka využita pro spínání proudu pro spínací relé, které samotný mikrokontroler nezvládne. Součástka při připojeném napětí na vstupní svorce výstupní svorku uzemní. Po odpojení vstupního napětí se výstup navrátí do výchozího stavu, čili do stavu vysoké impedance.



Obr. 22 Vnitřní zapojení jedné větve ULN2803A

2.2.5 Výkonový tranzistor IRFP264

Jedná se o unipolární MOSFET tranzistor se ztrátovým výkonem 280W. Je zapouzdřen do pouzdra TO-247, které je o poznání větší než obvykle používané TO-220. Díky tomuto pouzdru tranzistor nabízí lepší odvod tepla do chladiče a tím minimalizuje možnost destrukce součástky, pokud je použit dostatečně velký chladič. Zde bude tranzistor přidělán na procesorový chladič ze Socketu 775 ofukovaný ventilátorem.



Obr. 23 IRFP264 – teplotní omezení tranzistoru

2.3 Software

Pro vytvoření celého projektu v jazyce C byl použit software AVR Studio 6, který je zdarma dostupný na internetové adrese firmy Atmel. Dále byl použit ISP programátor se softwarem AVR Dude. Tento software byl navíc doplněn grafickou nadstavbou dude-GUI.

2.3.1 Hlavní program

Hlavní program je tvořen nekonečnou smyčkou, jak tomu obvykle bývá. Na začátku vždy zobrazí menu, kde uživatel vybere, jaký druh testu si přeje, poté provede požadovaný test a opět se navrátí do hlavního menu.

Program začíná inicializací portů, A/D převodníků a znakového displeje. Poté následuje uvítací obrazovka a zobrazení hlavního menu. Při výběru má uživatel možnost zvolit test nezatíženého zdroje, zatíženého zdroje, či kompletní test. Pokud spustí smyčku obsahující zatížený test, je zobrazena výzva k nastavení jednotlivých zátěží pro každou napěťovou větev. Poté probíhá spuštění zdroje následované kontrolou signálu PG. Obvyčejně by signál PG měl naběhnout do 500ms. Proto 1s ,kterou umělá zátěž vyčká mezi spuštěním zdroje a kontrolou PG, je čas dostatečný i pro případný pomalý náběh napájecího zdroje. Zpoždění tohoto signálu lehce přes 500ms není ještě bráno jako vada zdroje. Pokud signál není v pořádku, tester vypíše na obrazovku, že daný signál chybí a dál nepokračuje.

Při průběhu testování nezatíženého zdroje je měřený zdroj zatížen pouze malými odpory, protože revize ATX 2.3 vyžaduje určité minimální proudy pro jeho správnou funkci.. Testování probíhá určitým počtem opakování testovací smyčky, o které je zmíněno níže.

Zatížený test se skládá opět ze stejné měřicí smyčky jako test nezatíženého zdroje, pouze je ke zdroji připojena zátěž a smyčka má jiný počet opakování dle zvolené doby testování.

Po ukončení testování je měřený zdroj vypnut, zátěž odpojena, vyobrazeny výsledky a po stisknutí potvrzujícího tlačítka se umělá zátěž navrací do hlavního menu.

2.3.2 Inicializace programu

A/D převodník:

- ADMUX = 0b01000000;
- ADCSRA = 0b10000111;

V prvním příkazu můžeme vidět nastavení referenčního napětí na napájecí hodnotu mikrokontroleru. Na druhém řádku můžeme vidět zapnutí A/D převodníku a nastavení předděličky hodin pro A/D převodník.

Nastavení portů:

- PORTB = 0x01;
- DDRB = 0x01;

Nastavení vstupně-výstupních portů mikrokontroleru můžeme vidět v následující tabulce.

Tab.5 Nastavení portů mikrokontroleru

DDR(X)	PORT(X)	PUD	I/O	pull-up	komentář
0	0	X	vstup	ne	HI-Z
0	1	0	vstup	ano	ZDROJ PROUDU
0	1	1	vstup	ne	HI-Z
1	1	X	výstup	ne	Výstup LOG 1
1	0	X	výstup	ne	Výstup LOG 0

2.3.3 Testovací smyčka

Testovací smyčka je udělána tak, aby při každém průchodu zkontrolovala, zda zdroj stále vysílá signál PG. Pokud ne, je test automaticky ukončen chybovou hláškou. Pokud ano, pak se spustí načtení hodnot z A/D převodníku, hodnoty se vynásobí konstantami, které vyplývají z odporového děliče na vstupu A/D převodníků. Poté se hodnota porovná s nejmenší a největší dřív naměřenou hodnotou. Pokud je menší, než nejmenší naměřená, přepíše jí. Pokud naopak větší než největší naměřená, také jí přepíše. Toto se provede pro všechny napěťové větve. Následně se mezivýsledky měření odešlou na displej a zkontroluje se, zda uživatel nezmáchl nějaké tlačítko. Poté běží testovací smyčka znovu.

Příklad porovnávání výsledků:

- if (tri < min_tri) min_tri = tri;
- if (tri > max_tri) max_tri = tri;
- sum_tri += tri;
- prum_tri = sum_tri / p;

2.3.4 Obsluha tlačítek

Obsluha tlačítek je naprogramována tak, aby reagovala až při uvolnění tlačítka do výchozí pozice. Nejsnadněji se čekání na uvolnění tlačítka naprogramuje přes příkaz while. Bohužel to má ale jednu nevýhodu, to sice že pokud uživatel bude stále tlačítko držet, zamezí tím vykonávání dalšího programu. To si ale u tohoto projektu nemůžeme dovolit, protože měřený zdroj musíme pořád sledovat. Naprogramovat tlačítka, aby se i během jejich držení vykonával další kód, můžeme například takto:

- void Nacti_tlacitka()
- {
- if (!(PINB & 0b01110000) == 0b00000000) tlb = PINB;
- if (!(tlb == 0) && ((PINB & 0b01110000) == 0))
- {
- tla = tlb & 0b01110000;
- tlb = 0;
- switch(tla)
- {
- case 0b01000000:
- tla = 1;
- break;
- case 0b00100000:
- tla = 3;
- break;
- case 0b00010000:
- tla = 2;
- break;
- }
- }
- };

2.4 Deska plošného spoje

Deska plošného spoje byla navrhnutá a vyrobená ve dvouvrstvém provedení. Návrh byl vytvářen v programu Eagle 5.1.

Dvouvrstvé provedení je výhodné zejména kvůli rozměrům DPS. Také v tomto provedení desky nastává mnohem víc možností v návrhu jednotlivých vodivých cest. Proto je mnohem větší šance, že se podaří plošný spoj udělat bez zbytečných drátkových propojek.

Nevýhodou u toho druhu DPS je ovšem její vyšší cena a větší náročnost na výrobu. Zejména prokovy jsou na výrobu velice nákladné.

Schéma DPS i seznam použitých součástek je uveden v příloze.

Závěr

Tato práce se zabývá teoretickými znalostmi potřebnými ke konstrukci umělé zátěže pro testování PC zdrojů. Jsou zde objasněny principy fungování jednotlivých dílčí částí, popisy použitých součástek, i jejich základní data.

Funkční prototyp je vyroben a otestován. Vzhledem k tomu, že jde pouze o prototyp, je výrobek řešen nikoliv esteticky, nýbrž čistě prakticky. Skládá se z hliníkového boxu, na které jsou rozmístěné 4 procesorové chladiče, které se starají o chlazení výkonových tranzistorů. Celý hliníkový box je zároveň také použit jako chladič.

V budoucnu bych uvítal doplnění umělé zátěže o teplotní čidla, která by monitorovala a hlídala teplotu celé zátěže. Dále by se dala vylepšit celková konstrukce zátěže. Zejména rozměry hliníkového boxu by se daly značně zredukovat. Ovšem tím by se také omezila schopnost chlazení hliníkového boxu.

Využití tohoto výrobku je možné pro jakékoliv firmy, zabývající se servisem osobních počítačů.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Burkhard, M.: C pro mikrokontroléry, BEN - Technická literatura, 2003, ISBN 80-7300-077-6
- [2] Herout, P.: Učebnice jazyka C I. – díl, 4. přeprac. vydání, České Budějovice, 2004, ISBN 978-80-7232-383-8
- [3] Büllow, J.: Elektrotechnické aplikace jazyky C, Plzeň, 2010, ISBN 978-80-7043-877-0
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/ATX>
Datum poslední změny: 16. 4. 2013
- [5] <http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/tranzistory-bip.htm>
Datum poslední změny: 20. 6. 2012
- [6] <http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/tranzistory-unip.htm>
Datum poslední změny: : 23. 6. 2012
- [7] http://cs.wikipedia.org/wiki/A/D_převodník
Datum poslední změny: 9. 3. 2013
- [8] ATmega32-16PU – Katalogový list
Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/432/432-180/dsh.432-180.1.pdf>
- [9] Displej 1604 – Katalogový list
Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/513/513-240/dsh.513-240.1.pdf>
- [10] Tranzistor IRFP264 – Katalogový list
Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/213/213-231/dsh.213-231.1.pdf>
- [11] Tranzistorové pole ULN2803A – Katalogový list
Dostupné z WWW: <http://www.gme.cz/dokumentace/380/380-008/dsh.380-008.1.pdf>

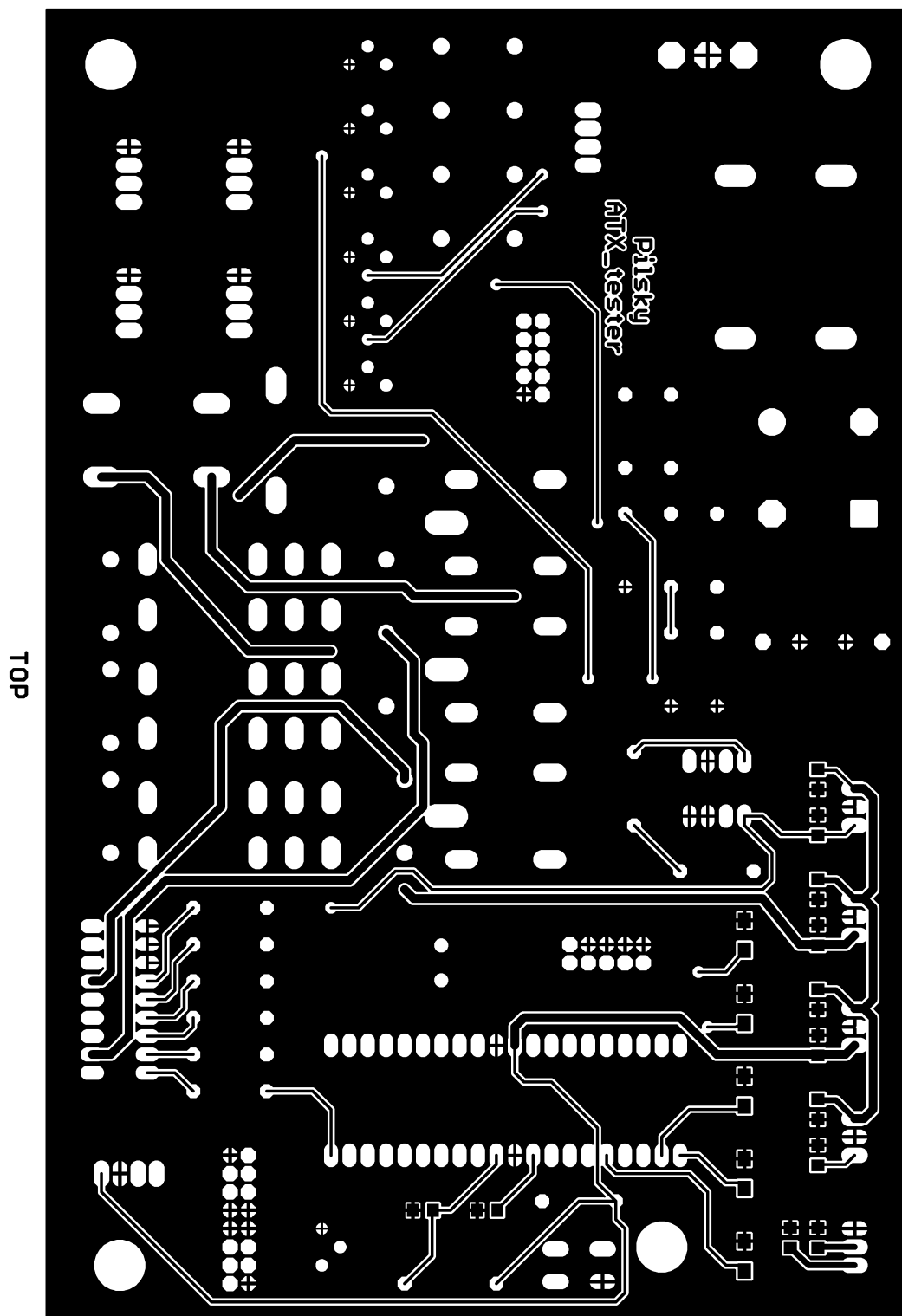
Přílohy

Příloha A – Deska plošného spoje

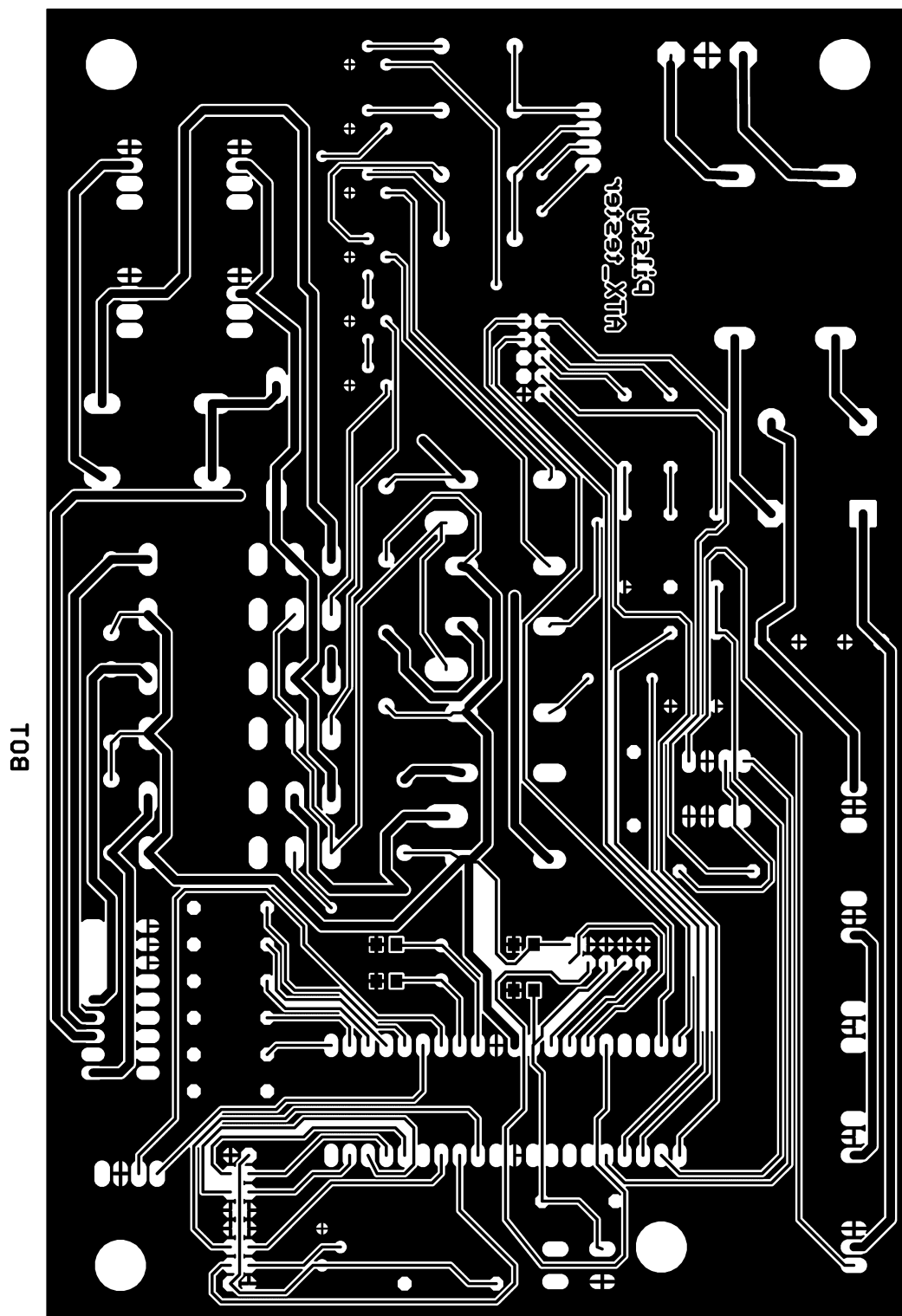
Příloha B – Fotodokumentace

Příloha C – Kompletní schéma zapojení

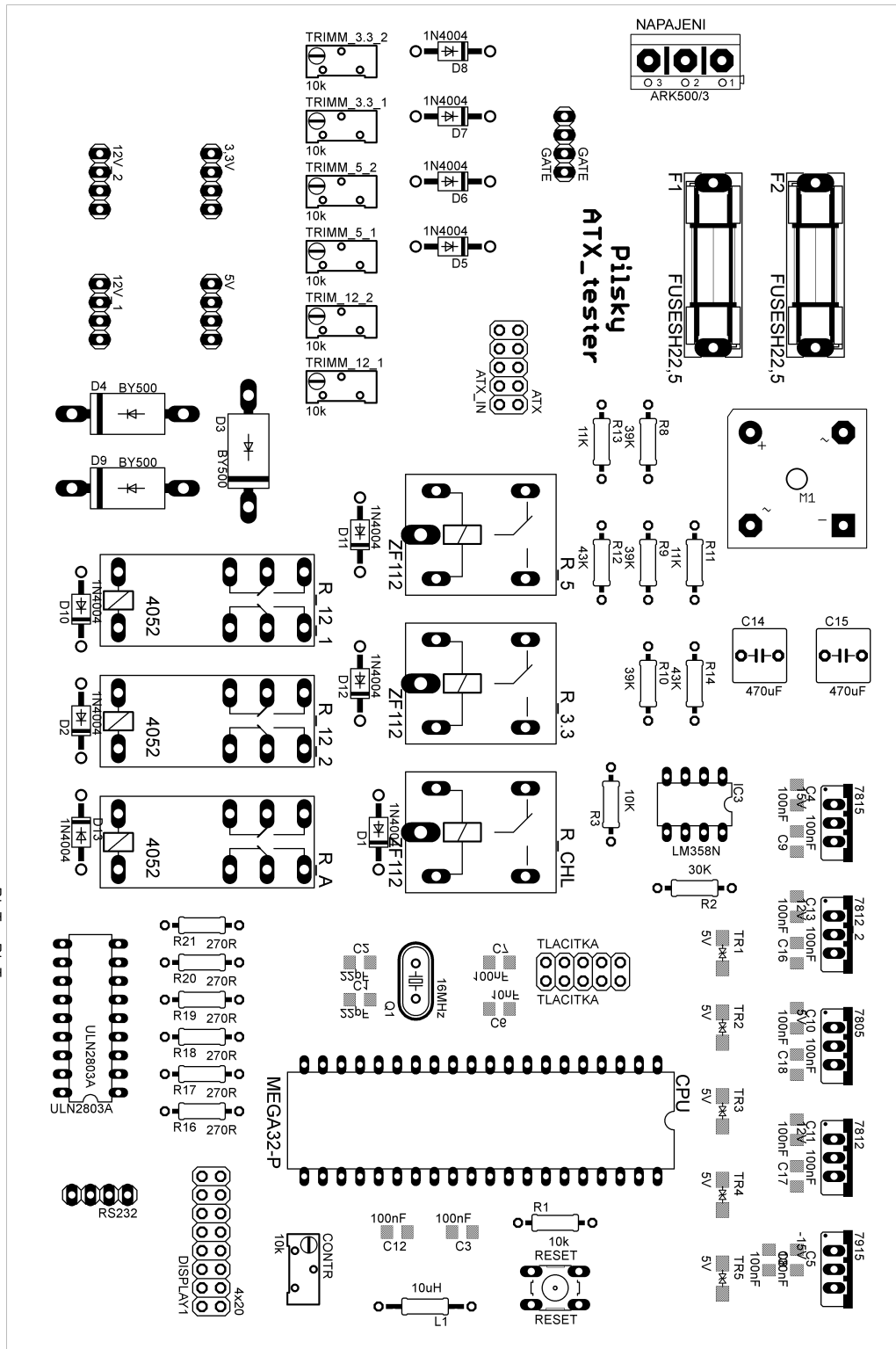
Příloha A – Deska plošného spoje



Obr.A1 Top – horní strana DPS

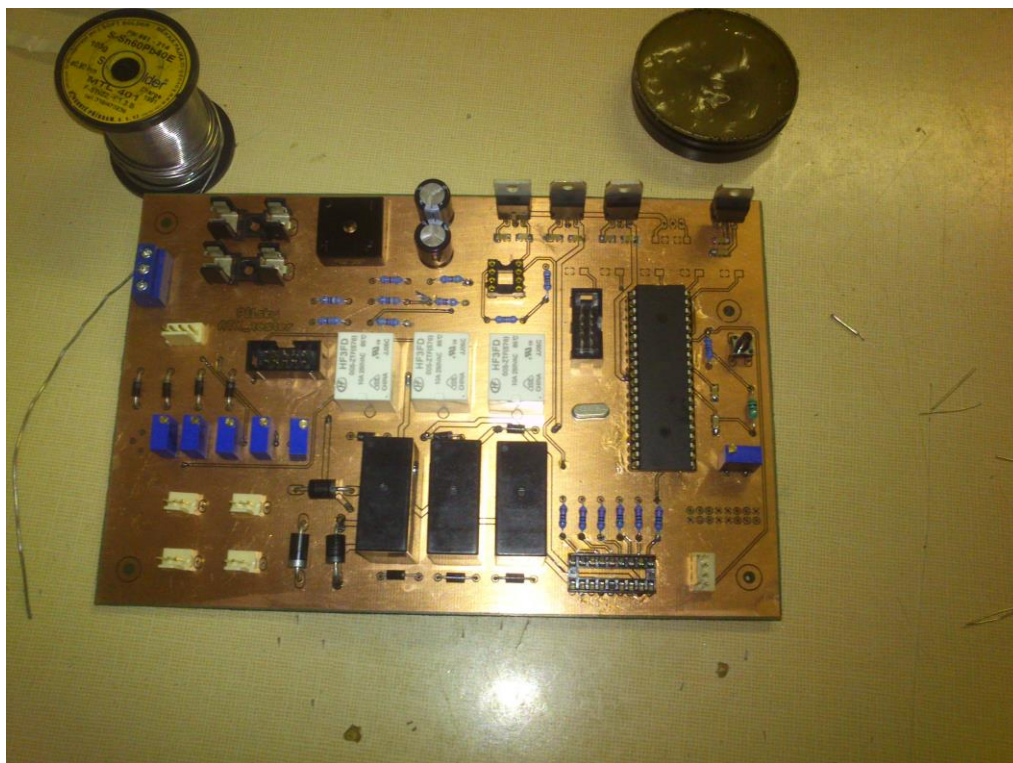


Obr.A2 Bottom – spodní strana DPS

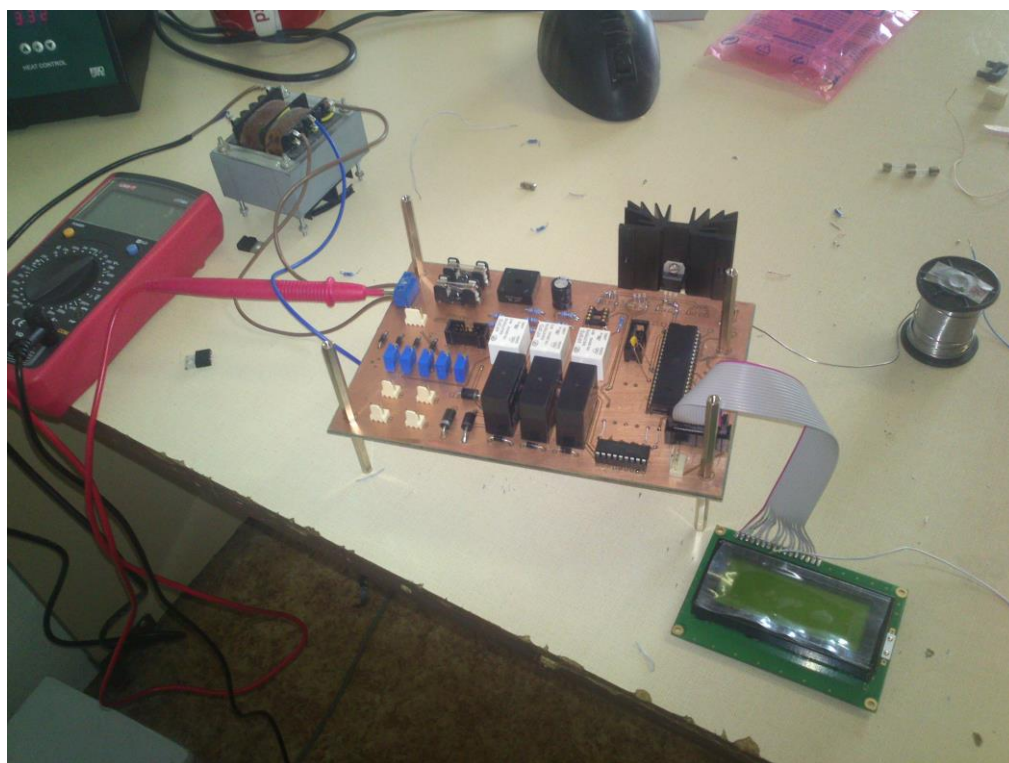


Obr.A3 Rozložení součástek na DPS

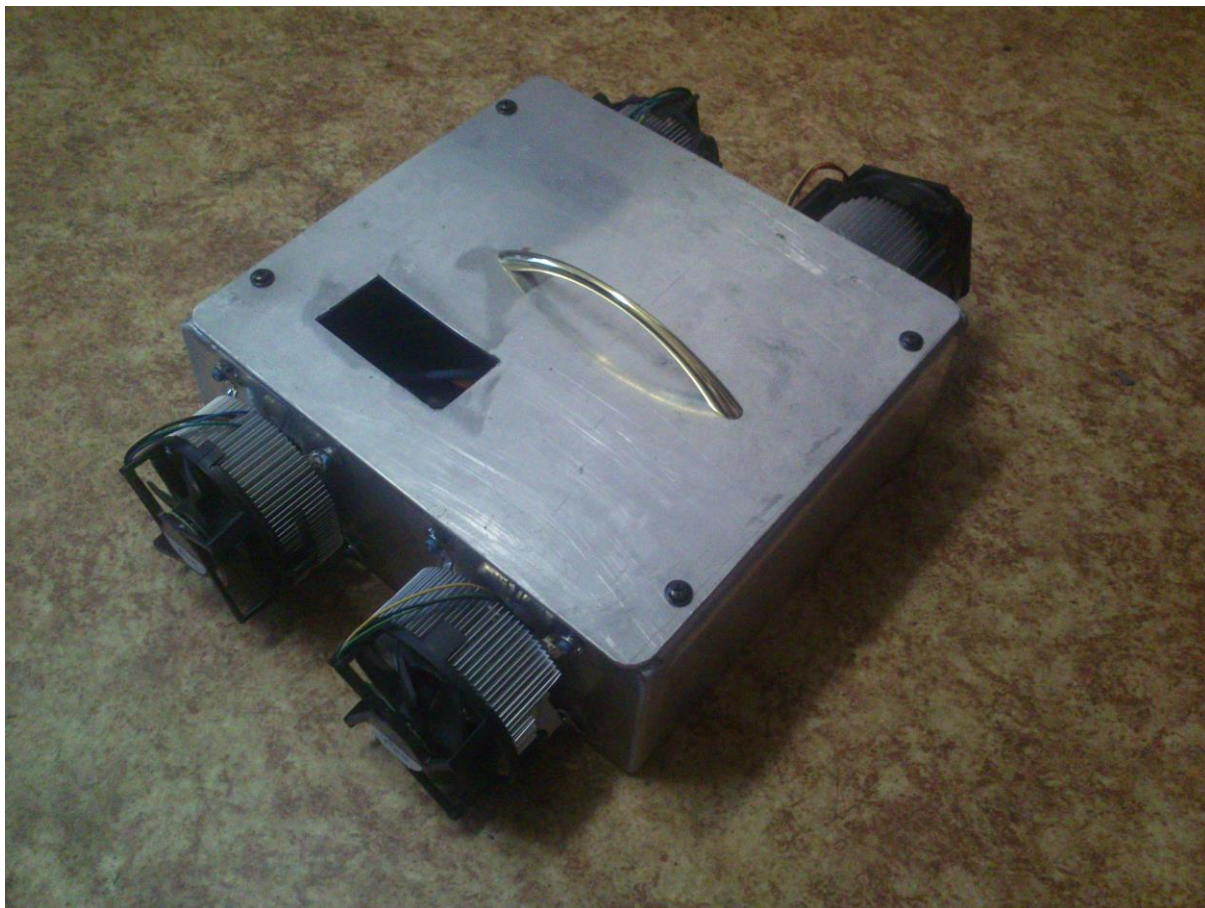
Příloha B – Fotodokumentace



Obr.C1 DPS osazená součástkami

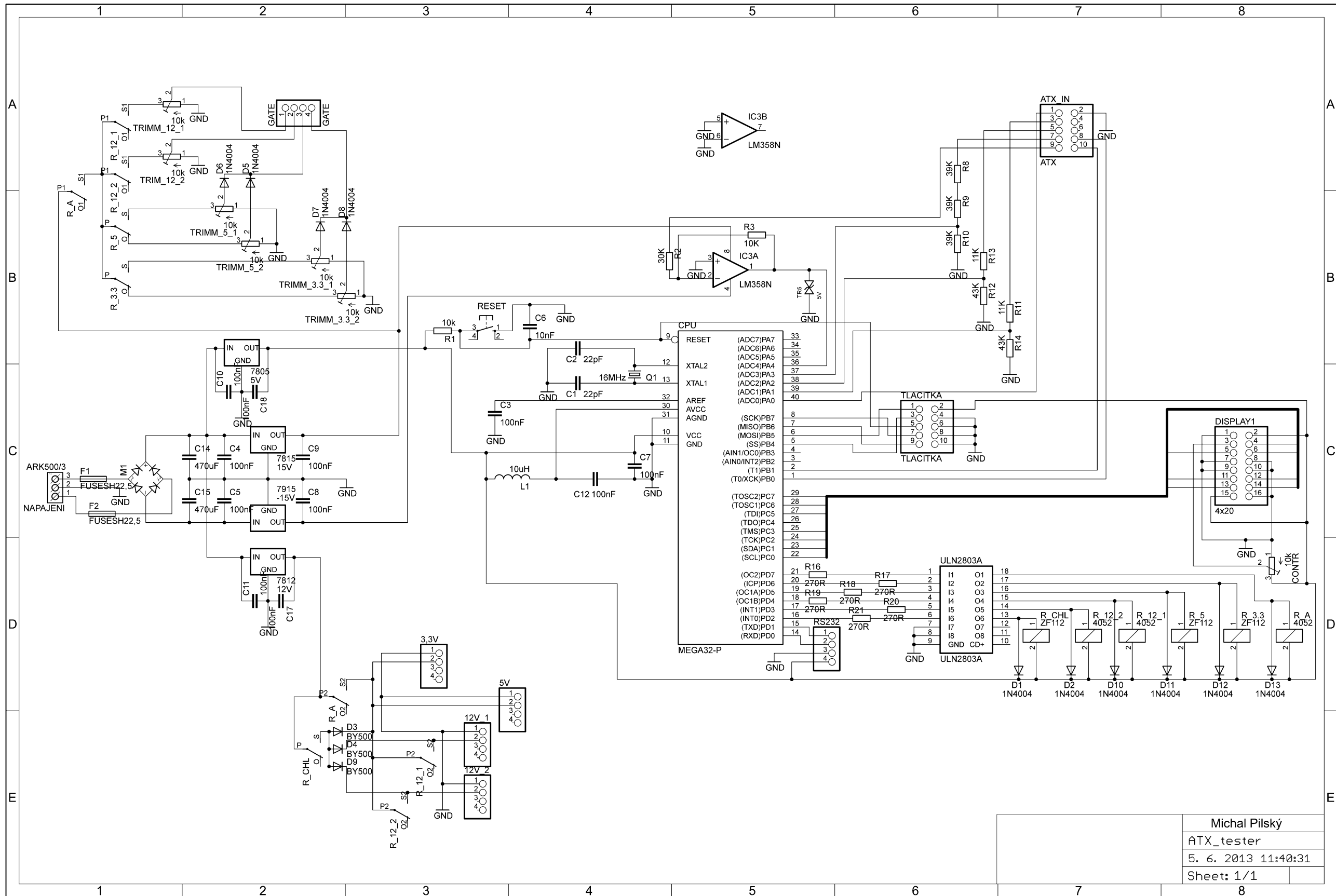


Obr.C2 Testování DPS



Obr.C3 Hliníkový BOX na výrobek s osazenými zatěžovacími tranzistory

Příloha C – Kompletní schéma zapojení



Michal Pílský
ATX_tester
5. 6. 2013 11:40:31
Sheet: 1/1

Obr.B1 Kompletní schéma zapojení