

DIGITALLY CONTROLLED ELECTRONIC LOAD

Tomáš Bordovský

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xbordo02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Kubíček

E-mail: kubicek@feec.vutbr.cz

Abstract: The project is focused on an analysis and design of high precision electronic load for laboratory purpose. There are already such devices in the market, however, they are too expensive which prevents their wider usage. In this paper, an efficient design of a digitally controlled electronic load is presented. Low cost, simple construction, high precision and wide range of operating conditions were required. All the electronic load subsystems, control algorithms and calibration methods were optimized to fulfil those requirements. Further, the paper describes particular components of the load and the control interface. Finally actually measured parameters are presented.

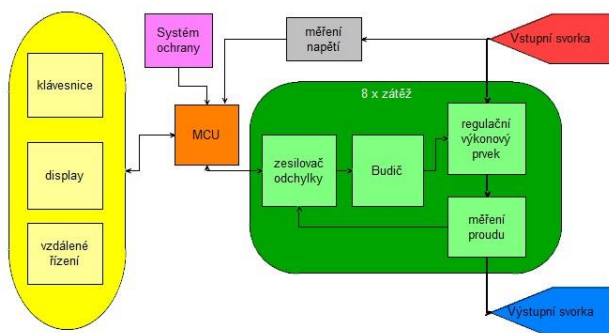
Keywords: Electronic load, digital control, measurement, testing

1. ÚVOD

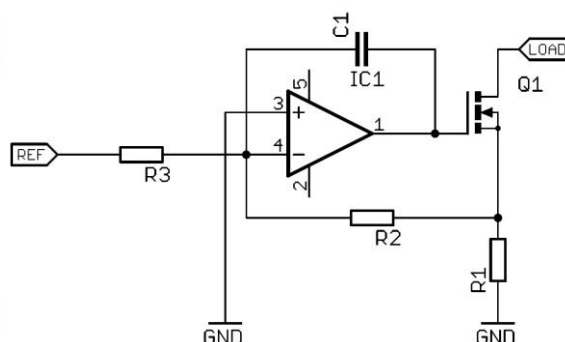
Dnešní elektronické zátěže najdou uplatnění především ve vývojových odděleních firem zabývajících se výrobou elektroniky, ale rovněž i při výukových měřeních ve školách či při opravách v dílně. Přesná elektronická zátěž je však stále přístrojem nákladným, levnější typy nedosahují vhodných parametrů či vlastností, a proto jsem se rozhodl pro její konstrukci.

2. ROZBOR

Elektronické zátěže mohou být různých typů, existuje řada způsobů jejich realizací. Z principu jejich provedení či způsobu regulace můžeme hovořit o zátěžích mechanických a elektronických. Oba tyto typy mohou využívat spojitě či nespojitě regulace. Vzhledem k požadavkům zadání pracovat s proudem až 60 A, napětím až 60 V a ztrátovým výkonem až 300 W, tak připadala v úvahu pouze elektronická realizace zátěže s výkonovým polovodičovým prvkem typu MOSFET.



Obrázek 1 - Blokové schéma zapojení zátěže



Obrázek 2 – Principiální schéma buňky zátěže

2.1. VOLBA A REALIZACE VÝKONOVÉ ČÁSTI

Moderní polovodičové tranzistory jsou běžně dimenzovány jak na zvolené napětí, tak i procházející proud, avšak ztrátový výkon je největší problém. U tranzistorů typu NTB6410AN v pouzdře TO-220 a výkonovém chladiči bude teplotní odpor čip – chladič = 1,3 °C/W. Při teplotě na chladiči 70°C a teplotě okolí 25°C máme omezený ztrátový výkon na max. 50 W na jeden tranzistor. Maximální ztrátový výkon by mohl být větší, ale zařízení nemusí vždy pracovat pouze ve stanovené teplotě okolí a navíc životnost a spolehlivost zařízení s teplotou klesá. Z tohoto důvodu byla zátěž navržena jako 8 paralelních zátěží pracujících do jednoho zdroje s maximální ztrátovým výkonem 400W.

2.2. ANALOGOVÁ ŘÍDICÍ ČÁST

Avšak při použití 8 paralelních zátěží není možné použít jeden regulátor pro všech 8 tranzistorů. Jelikož má každý tranzistor jiné prahové napětí otevření, tak při regulaci na stejnou vstupní hodnotu bude každým tranzistorem téci jiný proud. Prahové napětí navíc roste s teplotou a to vytvoří kladnou zpětnou vazbu v obvodu. Proto má každý blok samostatné řízení se zpětnou vazbou. V případě, že by tomu tak nebylo, tak by zařízení dlouhodobě nebylo funkční. Jako řídicí obvod byl použit operační zesilovač pracující jako součtový regulátor, což má za výhodu větší stabilitu při pulzním provozu zátěže.

2.3. KOMPENZACE ZPĚTNÉ VAZBY

Zpětná vazba součtového regulátoru je stabilizovaná kondenzátorem C1 zapojeným z výstupu na vstup zesilovače. Při různých hodnotách vstupního proudu pak potřebujeme různou hodnotu kompenzační kapacity C1 viz. Obrázek 2. Bohužel nelze zvolit hodnotu pro nejhorší případ, protože pak by nebylo možno provozovat pulzní režim zátěže při nízkých hodnotách proudu. Z tohoto důvodu byly do obvodu zařazeny digitálně přepínané analogové kompenzační obvody. Potom lze nastavit kompenzaci společně se strmostí hran vstupního proudu s rozlišením 8 bitů.

2.4. KALIBRACE

Každý kanál zátěže lze kalibrovat na vstupní odchylku řídicího signálu a na přesnou hodnotu vstupního proudu. Tím se zajistí symetrie všech kanálů a ideálně nulová chyba nastaveného proudu v celém rozsahu. I přesto je pak skutečná hodnota proudu měřená a výsledný proud je digitálně korigován s nastavenou hodnotou.

2.5. DIGITÁLNÍ ŘÍZENÍ

Pro digitální řízení byl použit moderní, avšak levný vývojový modul STM32F4 DISCOVERY [1]. Modul má v sobě implementovány veškeré potřebné převodníky pro měření napětí a proudu a rovněž pro komunikaci s řídicími systémy. Pro měření teploty chladičů byly použity teplotní čidla s lineárním napětíovým výstupem a pro komunikaci přes průmyslovou sběrnici GPIB byl vytvořen samostatný převodník.

2.6. OVLÁDÁNÍ

Zařízení je konstruováno, aby jej bylo možné ovládat uživatelsky přívětivým předním panelem s klávesnicí, grafickým displejem a rotačním enkodérem.

Zařízení je dále vybaveno dvěma USB vstupy, přičemž jeden je určen pro komunikaci s počítačem a druhý pouze pro servisní účely – přeprogramování řídicího programu pro kontrolér.

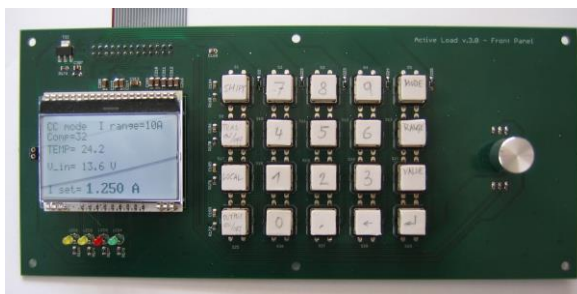
Jelikož je zařízení určeno pro laboratorní užití, tak je dále vybaveno GPIB řídicím vstupem dle standardu IEEE-488.2 a slotem pro SD kartu určenou pro zálohu nastavení, logování a automatický provoz z nahraného programu.

2.7. PROTOTYPOVÉ SESDTAVENÍ

Na základě předchozího rozboru jsem navrhl blokové schéma řídicího, výkonového a ovládacího systému elektronické zátěže (Obrázek 1). Jednotlivé obvodové celky byly navrženy a realizovány ve formě prototypu zařízení. Fotografie osazených desek celého zařízení jsou prezentovány na Obrázek a 4.



Obrázek 3 – Zátěž bez ovládacího panelu



Obrázek 4 – Ovládací panel zátěže

3. ZÁVĚR

Zařízení je stále ve fázi a testování, a proto nyní nelze přesně definovat skutečné parametry celé zátěže. Doposud testované režimy konstantního napětí a proudu vykazují očekávanou funkci dle teoretických předpokladů. Zátěž pracuje od vstupního napětí 0,8 V s proudovým krokem až 1,22 mA a strmosti hran od 4 us, přičemž strmost hran se nemění s hodnotou proudu. Z toho lze usoudit, že navrhnutá elektronická zátěž lze srovnat s průmyslově vyráběnými zátěžemi Agilent 6060B či Kikusui PLZ-4WL.

Dalším krokem při zdokonalení elektronické zátěže bude implementace automatické kalibrace s využitím elektronicky nastavitelných potenciometrů.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu projektu Michalu Kubičkovi za účinnou pedagogickou a metodickou pomoc a Romanovi Štulerovi za odbornou pomoc při zpracování tohoto technického projektu. Tento příspěvek vzniknul za podpory projektu CZ.1.07/2.3.00/20.0007 WICOMT, financovaného z operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.

REFERENCE

- [1] ST.com [online]. 2013 [cit. 2012-03-03]. STM32F4 DISCOVERY. Dostupné z WWW: <<http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF252419>>.
- [2] Omega.com [online]. [cit. 2012-04-18]. Dostupné z: <<http://www.omega.com/temperature/z/OverviewIEEE.html>>.
- [3] Mikrocontroller. [online]. [cit. 2012-11-19]. Dostupné z: <<http://www.mikrocontroller.net/articles/GPIB-RS232-Schnittstelle>>.
- [4] ŠTULER, R. Proudová nora s napěťovým řízením odebíraného proudu a dynamického odporu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2003. 64 s. Vedoucí práce: Ing. Karel Witas.
- [5] WILLIAMS, J., Application note an133f - A Closed-Loop, Wideband, 100A Active Load [online]. [cit. 2012-12-3]. Dostupné z: <<http://cds.linear.com/docs/Application%20Note/an133f.pdf>>.