

Familija "sendvič" DC/DC konvertora

Zoran B. Živanović, *Member, IEEE*, Vladimir J. Smiljaković, *Member, IEEE*

Sadržaj — U ovom radu je prikazana koncepcija familije "sendvič" DC/DC konvertora kao predlog za rešenje problema karakterističnih za višezlazne DC/DC konvertore. Izložene su postignute performanse realizovanog konvertora koji je reprezentativni predstavnik DC/DC konvertora čitave familije.

Gljučne reči — flyback, LC filter, MOSFET, PWM kontroler, talasnost napona.

I. UVOD

U baterijski napajanim uređajima i sistemima, a posebno telekomunikacionim, po pravilu postoji potreba za više stabilisanih sekundarnih napona (tipično 3.3V, 5V, 12V, 15V). Da bi se ova potreba zadovoljila obično se koriste DC/DC konvertori sa više izlaznih napona kod kojih je jedan od izlaza direktno stabilisan dok su ostali stabilisani posredno, što ima za direktnu posledicu manju stabilnost sporednih napona. Problem se javlja naročito ako su struje na pojedinim naponima drastično promenljive. Ekstremni slučaj je kad je glavni izlaz minimalno opterećen a na nekom od sporednih izlaza se zahteva maksimalna struja. Posledice navedene situacije su nestabilnost izlaznih napona i povećana talasnost sto se negativno odražava na rad uređaja.

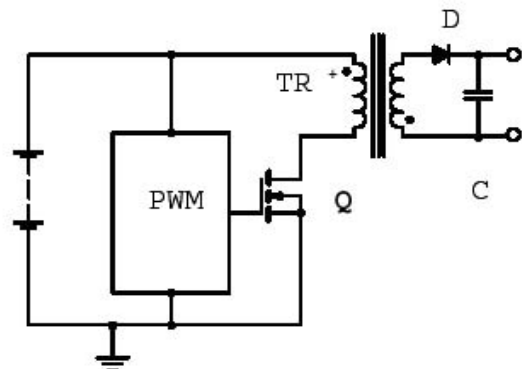
II. KONCEPCIJA REŠENJA

Jedno od rešenja za navedeni problem nestabilnosti izlaznih napona kada ima više izlaza je DC/DC konvertor za svaki od izlaza. Ovo je skuplje rešenje ali rešava gore pomenute probleme. Ovakvo rešenje uobičajeno je kod konvertora veće snage, jer se njegovom primenom vrši raspodela gubitaka a time i termičkih opterećenja kako među magnetnim tako i poluprovodničkim komponentama DC/DC konvertora. Pri tome je uzgredni dobitak mogućnost povećanja radne frekvencije konvertora. Cilj je da se u realizaciji DC/DC konvertora što više poveća gustina pakovanja komponenti da bi on zauzimao što manji prostor ali da se pri tome ne ugroze performanse.

Za potrebe napajanja iz baterija telekomunikacionog uređaja koji radi u uslovima spoljašnje sredine u svim meteorološkim uslovima bilo je potrebno konkretno razviti

kompaktan DC/DC konvertor snage 10W, sa dva nezavisna izlazna napona. Ulazni napon može biti nominalno 12, 24 ili 48V, a izlazni naponi bilo pozitivni bilo negativni od 1.5 do 24 V a ukupne snage 10W. Kako je DC/DC konvertor namenjen za napajanje uređaja koji rade u spoljnoj sredini u svim meteorološkim uslovima mora biti zadovoljen radni temperaturni opseg od -25° do +55° Celzijusa ambijenta. Da bi se ostvario ovako definisan cilj usvojen je standardni modul napajanja sa dva DC/DC konvertora u jednom modulu "sendvič" konstrukcije, svaki od DC/DC konvertora u jednom od spratova "sendviča", ukupnih dimenzija modula 50x25x12 mm.

Pri izboru topologije DC/DC konvertora dilema nije ni postojala. Usvojen je izolovani "flyback" sa strujnim programiranjem zbog svoje jednostavnosti, koja potiče od toga što ima samo jednu magnetnu komponentu – transformator (sl.1).



Sl. 1. Flyback DC/DC konvertor

III. REALIZACIJA

Svaki od DC/DC konvertora su realizovani kao izolovani "flyback" konvertori na FR-4 substratu sa debljinom bakra od 35 mikrona. Na osnovu prethodnog iskustva izabrano je niskoprofilno feritno jezgro RM4 materijal N49, te je shodno tome izabrana frekvencija 500 kHz. Uobičajeno je da je projektovanje štampanih pločica dvodimenzionalno ali se ovde moralo voditi računa o trećoj dimenziji zbog što boljeg iskorišćenja prostora. Sve komponente sem feritnog jezgra i MOSFET-a su SMD tipa. Izabrano kućište tranzistora ima najmanje parazitne kapacitivnosti pa su prekidački gubici minimizirani.

Na primarnoj strani su korišćeni visokonaponski keramički kondenzatori, dok su u sekundaru po dva tantal kondenzatora sa feritnom perlom u vidu π ćelije filtra. Prvo za posledicu ima pouzdanost a drugo bolju filtraciju i jednostavniju kompenzaciju petlje povratne sprege.

Zoran B. Živanović, IMTEL Komunikacije AD, Bulevar Mihajla Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija (telefon: 381-64-8236508, e-mail: zoki@insimtel.com)

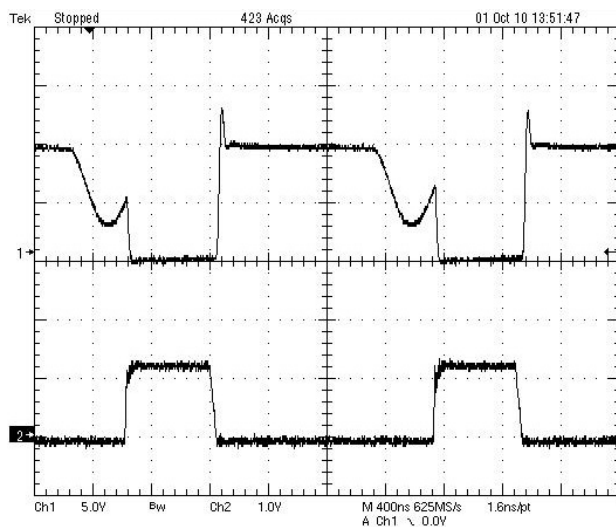
Vladimir J. Smiljaković, IMTEL Komunikacije AD, Bulevar Mihajla Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija (telefon: 381-64-8236514, e-mail: smiljac@insimtel.com)

Kao usmerački elementi na sekundarnoj strani su korišćene Šotki diode što obezbeđuje minimalnu disipaciju.

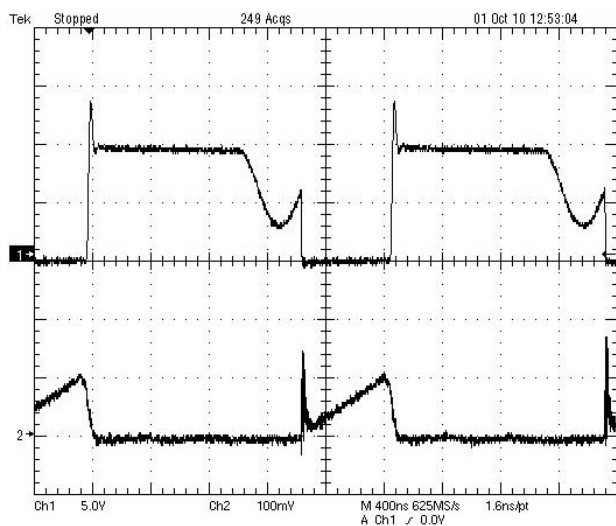
Izabrani PWM kontroler sa strujnim programiranjem obezbeđuje zaštitu od dugotrajnog kratkog spoja na izlazima i to reverzibilnu tj. po prestanku kratkog spoja konvertor se vraća u normalni rad.

Prenaponska zaštita je je izvedena Zener diodama što je primitivno ali jednostavno, efikasno i naravno jeftino rešenje.

Na sl.2 su dati talasni oblici napona na drejnu i gejtu MOSFET-a, respektivno pri ulaznom naponu od 50V i pri opterećenju na svakom od nezavisnih izlaza po 5W (oscilogram važi za oba DC/DC konvertora - u konkretnom slučaju sa izlaznim naponima +3.3V i +12V).



Sl. 2. Talasni oblici napona drejna i gejta MOSFET-a



Sl. 3. Talasni oblici napona drejna i struje MOSFET-a

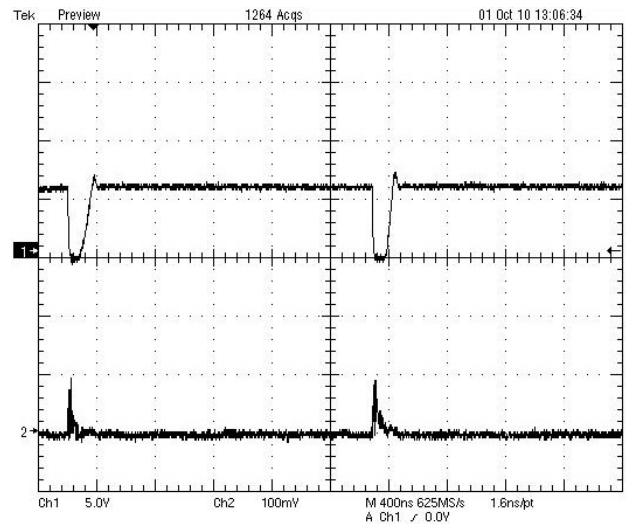
Obzirom da se radi o visokoj radnoj frekvenciji talasni oblici su prilično čisti. Oscilovanje koje je posledica parazitnih reaktansi je uspešno prigušeno RC članom tako da je preostao čist igličasti impuls od 30V. Iako je time stepen korisnog dejstva umanjjen za oko 1.5%, smetnje u

izlaznim naponima su manje.

Na sl.3 su dati talasni oblici napona na drejnu i struje MOSFET-a.

Na osnovu talasnog oblika struje vidi se da konvertori rade u diskontinualnom modu što je uz visoku radnu frekvenciju bio jedan od preduslova za korišćenje manjeg feritnog jezgra. Igličasti impuls u talasnom obliku struje je posledica punjenja i pražnjenja parazitnih kapacitivnosti MOSFET-a i nije od bitnijeg uticaja na rad DC/DC konvertora.

Kad je izlaz u kratkom spoju talasni oblici napona na drejnu i struje MOSFET-a su kao na sl.4

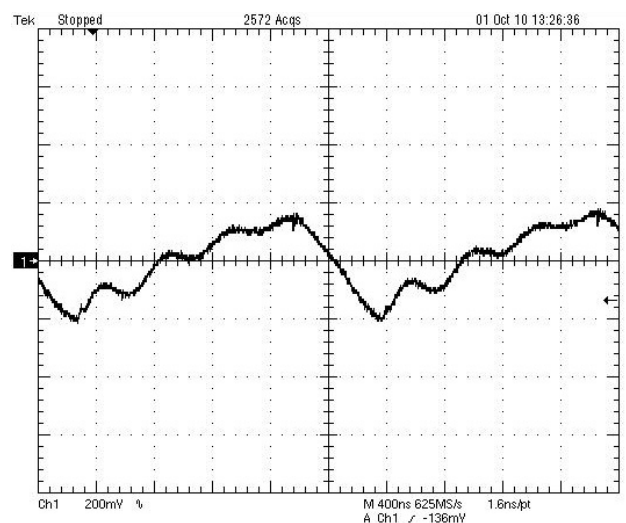


Sl. 4. Talasni oblici napona drejna u struje MOSFET-a u slučaju kratkog spoja na izlazu

MOSFET u kratkom spoju provodi u manje od 5% periode što uz kolo za startovanje omogućava dugotrajan rad u kratkom spoju na izlazu.

Na sl.5 prikazana je talasnost primarnog napona (48V).

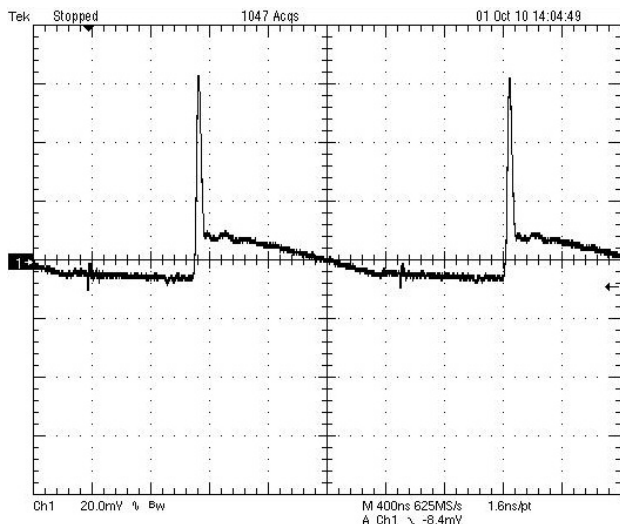
Talasnost je manja od 400mVpp za puno opterećenje od 10W što je dobar rezultat imajući u vidu da su na ulazu



Sl. 5. Talasnost primarnog napona (48V) korišćeni samo keramički kondenzatori nevelike

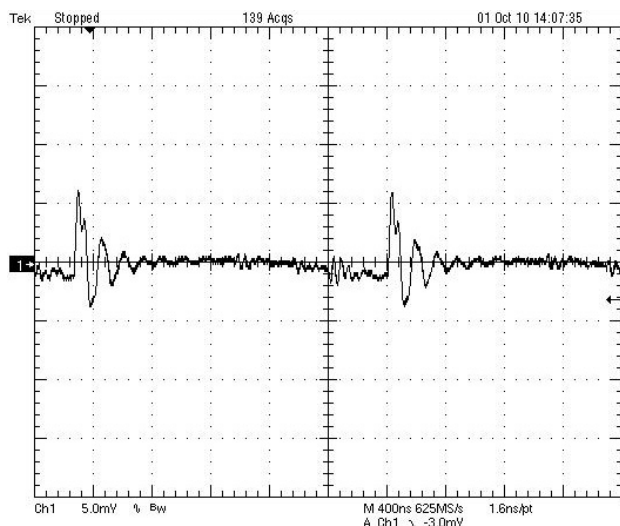
kapacitivnosti. Na osnovnoj ploči na koju se ugrađuje DC/DC konvertor predviđen je LC filtar sa elektrolitskim kondenzatorima koji talasnost dalje smanjuje za red veličine.

Sl.6 prikazuje talasnost izlaznog napona od +3.3V pre izlaznog LC filtra. Osnovna talasnost je manja od 20mVpp a impulsne smetnje manje od 50mV.



Sl. 6. Talasnost izlaznog napona (+3.3V) pre LC filtra

Iako je ovo dovoljno dobar rezultat za većinu kola u cilju univerzalnosti dodat je LC filtar koji značajno smanjuje smetnje (sl.7).

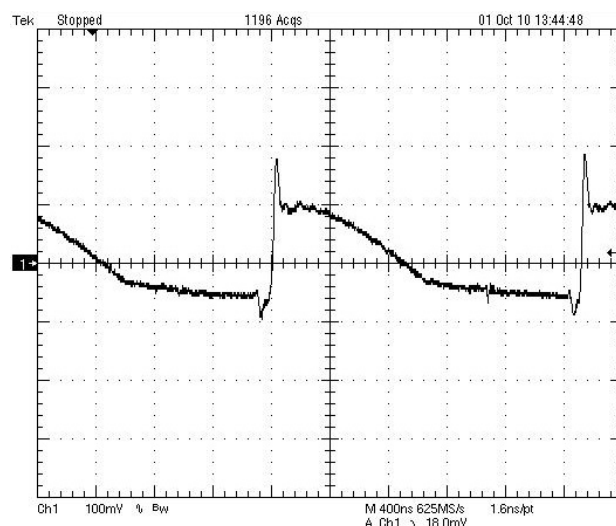


Sl. 7. Talasnost izlaznog napona (+3.3V) posle LC filtra

Kao što se sa slike 7. vidi talasnost je pala na 2.5mV a impulsne smetnje na 10mV.

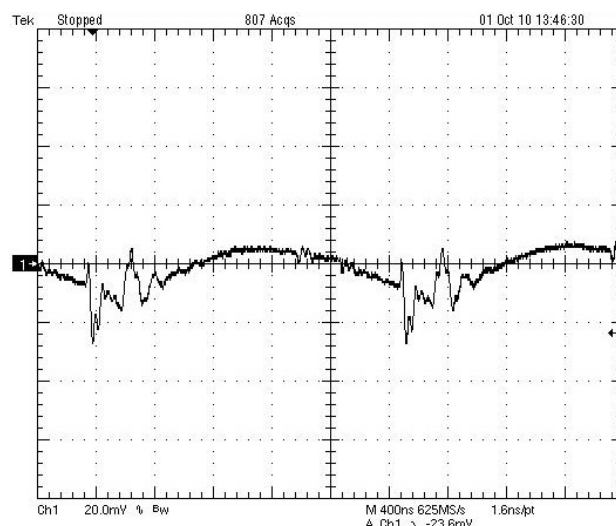
U slučaju napona od 12V talasnost pre LC filtra je data na sl. 8.

Rezultat je za očekivanje obzirom da su za izlaz od 12V korišćeni manji tantal kondenzatori. Tako je talasnost oko 160mV a impulsne smetnje oko 100mV.



Sl. 8. Talasnost izlaznog napona (+12V) pre LC filtra

Na sl.9 data je talasnost izlaznog napona od +12V posle LC filtra.



Sl. 9. Talasnost izlaznog napona (+12V) posle LC filtra

Kao što se sa slike 9. vidi talasnost je pala na 20mV a impulsne smetnje na 30mV.

Sva merenja su vršena osciloskopom TEKTRONIX TDS5052, za merenje talasnosti sonda 1:1 bez žičane petljice.

Napominjemo da prikazanom DC/DC konvertoru za rad nije potreban hladnjak, jer su bakarne površine na supstratu projektovane tako da su sasvim dovoljne za tu svrhu do temperature ambijenta od +55°Celzijusa.

Da je postavljeni cilj postignut dokazuju izmerene termičke performanse svakog od dva DC/DC konvertora u okviru razvijenog i realizovanog "sendvič" konvertora prikazane u Tabeli 1.

U tabeli 1 pojavljuju se sledeći simboli:

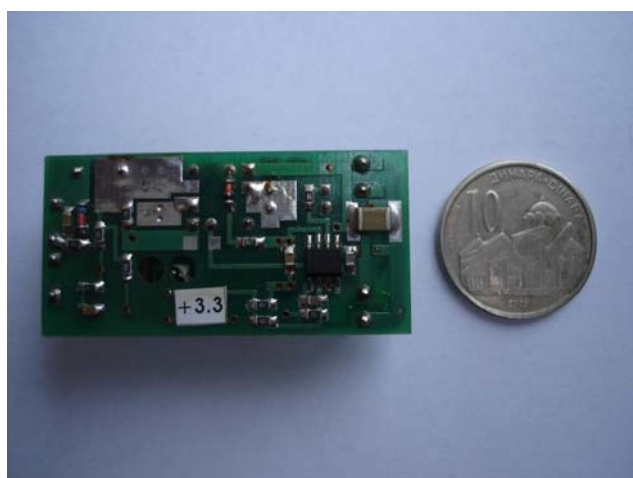
- η – stepen korisnog dejstva
- Tamb - temperatura ambijenta
- Tdiode - temperatura usmeračke diode D
- Tfet – temperatura MOSFET-a Q
- Ttransf – temperatura transformatora TR
- Tcap – temperatura tantal kondenzatora C
- Vripple - talasnost izlaznog napona

TABELA 1: TERMIČKE PERFORMANSE SVAKOG OD DVA DC/DC KONVERTORA U OKVIRU REALIZOVANOG "SENDVIČ" KONVERTORA PRI ULAZNOM NAPONU OD 24 V

24V	+12V	+3.3V
η	81%	78%
Tamb	24°C	24°C
Tdiode	59°C	68°C
Tfet	57°C	59°C
Ttransf	59°C	63°C
Tcap	52°C	55°C
Vripple	40mV	10mV

Maksimalni priraštaj temperature je manji od 45°C što obećava pouzdan rad u praktičnoj eksploataciji.

Na sl. 10 dat je realizovani DC/DC konvertor u poređenju sa kovanicom od 10 dinara.



IV. ZAKLJUČAK

Familija razvijenih i testiranih DC/DC konvertora je nastala kao rezultat ispunjenja određenih zahteva i potreba u radio relejnim uređajima koji se proizvode u IMTEL KOMUNIKACIJE AD. U potpunosti su ispunjeni su postavljeni zahtevi: dva potpuno nezavisna DC/DC konvertora ukupne snage 10W, u jednom "sendvič" pakovanju, malih dimenzija (50x25x12 mm), relativno

velike efikasnosti (oko 80%), sa prenaponskom zaštitom i zaštitom pri radu u kratkom spoju, rad u punom temperaturskom opsegu ambijenta od -25° do +55°C bez dodatnog hladnjaka.

LITERATURA

- [1] Robert W. Erickson, Dragan Maksimović : Fundamentals of Power Electronics, Second Edition, Colorado, Kluwer Academic Publishers 2004.
- [2] Application Note AN1062, Designing Compact Telecom Power Supplies, Maxim Integrated Products, CA, 2002.
Dostupno na: <http://www.maxim-ic.com>
- [3] Application Note SLUU087B, 10-Watt Flyback Converter Using the UCC3809, Texas Instruments Incorporated, TX, 2001.
Dostupno na: <http://www.ti.com>
- [4] Application Note AN-4105, Design Considerations for Switched Mode Power Supplies Using a Fairchild Power Switch (FPS) in a Flyback Converter, Fairchild Semiconductor Corporation, Maine, 2002.
Dostupno na: <http://www.fairchildsemi.com>
- [5] Application Note AN116, Buck-Boost Isolated Discontinuous Current Design Using an LPT E2000Q Core, Coremaster International Inc., Utah
Dostupno na: <http://www.coremaster.com>
- [6] Engineering Prototype Report EPR-68, 6.6W DC-DC Flyback Converter Using DPA-Switch, Power Integrations, CA, 2004.
Dostupno na: <http://www.powerint.com>
- [7] Zoran Živanović, "Familija DC/DC konvertora visokih performansi," Zbornik radova XIV Telekomunikacionog foruma TELFOR, str. 396-398, 2006

ABSTRACT

Family of "sandwich" DC/DC converters is developed, realized and tested in IMTEL KOMUNIKACIJE AD. Their main characteristics are: output power 10W, small size (50x25x12mm), "sandwich" construction, switching frequency 500kHz, high efficiency (around 80%), small output ripple (less then 50mV), operating temperature range from -25° to +55°C, operation without heatsink, short circuit protection, overvoltage protection, nominal input voltages 12, 24 or 48V and output voltages from 1.5 to 24V.

FAMILY OF "SANDWICH" DC/C CONVERTERS

Zoran Živanović, Vladimir Smiljaković