

# Využite výhody architektúry Silent Switcher

**Publikované: 27.01.2018, Kategória: Firemné články**

**www.svetelektro.com**

Architektúra „Silent Switcher“ firmy Linear Technology výrazným spôsobom znižuje EM emisie.

## Ako to funguje?

Architektúra „Silent Switcher“ prvej generácie použitá v obvodoch LT8614, LT8640, LT8641 znižuje EM emisie pomocou:

1. návrhu internej štruktúry obvodu a optimálnym rozmiestnením vývodov na puzdre
2. dobre kontrolovanými nábežnými a dobežnými hranami
3. správnym návrhom plošného spoja, ktorý minimalizuje plochy „horúcich slučiek“ na doske plošných spojov (DPS)
4. minimalizáciou impedancie GND na DPS
5. rozprestretím spektra moduláciou spínacej frekvencie

Vylepšená verzia, „Silent Switcher 2“ použitá v obvodoch LT8609S, LT8640S, LT8643S, LT8645S ide ešte ďalej:

1. interná štruktúra obsahuje zemnú plochu a namiesto drôtikov prepojujúcich čip a vývody puzdra sú použité medené stĺpce
2. integruje kondenzátory pripojené k vývodom BST a INTVcc čím ešte viac minimalizuje plochy „horúcich slučiek“

## Ako súvisia nábežné/dobežné hrany so spektrom signálu?



Ďalším zdrojom vysokofrekvenčnej (vf) energie je zakmitávanie na hranách. Priebeh napätia v spínacom uzle môže vyzeráť takto:



ale aj takto:



Doba nábehu a dobehu je rádovo v ns, napriek tomu už prvý obvod tejto série, LT8614 má hrany takmer bez zákmitov. Čím strmšie sú hrany, tým viac vysokofrekvenčných zložiek signál obsahuje. Čím je frekvencia vyššia, tým kratšiu anténu potrebujeme pre efektívne vyžarovanie. Anténu do obvodu nepridávame úmyselne, ale mnoho štruktúr ktoré používame ako časti systému a DPS sú antény.

## Vyžarovanie zo spínaného regulátora

Vyžarovanie sa vyskytuje v rozdielovom a súhlasnom móde.

Rozdielový mód vyžarovania je výsledkom normálnej funkcie obvodu a je spôsobený prúdom tečúcim v slučkách tvorených vodičmi v obvode. Slučky fungujú ako malé slučkové antény a vyžarujú hlavne magnetické polia. Hoci sú tieto slučky potrebné pre činnosť obvodu, pre minimalizáciu vyžarovania musí byť ich veľkosť a plocha v procese návrhu kontrolované. Súhlasný mód vyžarovania je výsledkom parazitných prvkov v obvode a je spôsobený úbytkom napätia na vodičoch. Prúd tečúci cez impedanciu GND vytvára úbytky napätia. Keď sú k systému pripojené káble, sú budené súhlasným potenciálom GND a formujú antény, ktoré vyžarujú hlavne elektrické polia. Parazitné prvky nie sú úmyselne pridané do systému alebo uvedené v dokumentácii, preto je porozumenie a kontrola súhlasného vyžarovania často ťažšia.

## Prečo minimalizovať plochu „horúcich slučiek“?



Pri zopnutom spínači S1 (po rozopnutí S1 a zopnutí S2) tečie prúd v červenej (modrej) a zelenej slučke.  $di/dt$  v červenej a modrej slučke je obmedzené indukčnosťou cievky. Priebeh prúdu je jednosmerný so superponovanou trojuholníkovou zložkou.  $di/dt$  v zelenej slučke je obmedzené iba parazitnými indukčnosťami a je podstatne väčšia ako v červenej alebo modrej slučke. Zelená slučka je našou „horúcou slučkou“. Cds na obrázku je kapacita medzi D-S MOSFET tranzistorov S1 a S2.

Ďalšou „horúcou slučkou“ je boost obvod.



Prúd tečúci „horúcou slučkou“ vytvára slučkovú anténu. Pre slučku s obvodom menším ako  $\frac{1}{4}$  vlnovej dĺžky je maximálne intenzita elektrického poľa E rovnobežná so slučkou.

$$E = K_1 f^2 A I_{dm}$$

- f - spínacia frekvencia a jej harmonické zložky
- $I_{dm}$  - prúd tečúci v slučke
- A - plocha slučky

Keď skombinujeme obálku spektra pravouhlého signálu s frekvenčnou charakteristikou slučkovej antény ( $f_2 \rightarrow 20 \log f_2 = 40 \log f \Rightarrow 40 \text{ dB/dec}$ ) dostaneme obálku vyžarovaných EM emisií v rozdielovom móde.



Obálka platí pre rozsah frekvencií kde je obvod slučky menší ako  $\frac{1}{4}$  vlnovej dĺžky.

Príklad: Pre frekvenciu 1GHz (horný limit pre meranie vyžarovania počas EMC testov) je vlnová dĺžka vo vzduchu  $\lambda = c/f = 3e8/1e9 = 0,3 \text{ m} \Rightarrow \lambda/4 = 75 \text{ mm}$ . Obvod slučky na DPS je typicky menší ako 75mm, pre túto anténu teda platí horeuvedená obálka.

Strmé dobežné/nábežné hrany sú potrebné pre činnosť obvodu, jediným spôsobom ako minimalizovať vyžarovanie je zmenšenie plochy A správnym návrhom plošného spoja.

## Prečo minimalizovať impedanciu GND?

Prúdy tečúce po GND na DPS vytvárajú úbytok napätia. So zvyšujúcou sa frekvenciou impedancia stúpa v dôsledku indukčnosti spojov. K takejto GND stačí pripojiť [anténu](#) a problém s EMC je tu.

Intenzita elektrického poľa krátkého dipólu je  $E = K_2 f L I_{cm}$

- f - spínacia frekvencia a jej harmonické zložky
- $I_{cm}$  - prúd tečúci v slučke
- L - dĺžka dipólu

Keď skombinujeme obálku spektra pravouhlého signálu s frekvenčnou charakteristikou antény dostaneme obálku vyžarovaných súhlasných EM emisií.



Porovnaním obálky vyžarovania pre rozdielový a súhlasný mód by sa mohlo zdať, že súhlasný mód vyžarovania je pravdepodobnejšie problémom pri nízkych frekvenciách a rozdielový mód pri vysokých frekvenciách.

Ak má byť rozdielový mód vyžarovania vytvoriť rovnakú intenzitu elektrického poľa ako súhlasný potom  $K_1 f^2 A I_{dm} = K_2 f L I_{cm}$ . Ak vyjadríme pomer  $I_{dm}/I_{cm}$  dostaneme

$$I_{dm}/I_{cm} = K_2 L / K_1 f A = 48e6 L/f A \text{ [Henry W. Ott, Electromagnetic Engineering Compatibility]}$$

pre  $f=100 \text{ MHz}$ , obvod slučky 40mm  $\Rightarrow A=127,3 \text{ mm}^2 = 127,3e-6 \text{ m}^2$ , dĺžka kábla (anténa) 1m je  $I_{dm}/I_{cm} = 3770$

Inými slovami, súhlasný mód vyžarovania je podstatne efektívnejší ako rozdielový mód. Na úrovni DPS je možné obmedziť vyžarovanie minimalizáciou impedancie GND.

## Ako nám pomôže rozprestretie spektra?



Napájacie zdroje neprejdú cez EMC testy nie preto, žeby generovali príliš mnoho rušenia, ale preto, lebo energia je sústredená v úzkom frekvenčnom pásme okolo harmonických násobkov spínacej frekvencie. Frekvenčná modulácia spínacej frekvencie nemení celkové množstvo energie, ale rozprestrie ju do frekvenčného pásma širšieho ako je šírka vstupného filtra spektrálneho analyzátoru používaného pri EMC meraniach. Obvody „Silent Switcher“ modulujú spínaciu frekvenciu v rozsahu približne 20% trojuholníkovým signálom. Na obrázku je spektrum generované obvodom LT8640.

