

Posudek k disertační práci

Ing. Vladimír Molata - Advanced Power Management for Portable Devices

Zvolené téma „Advanced power management for portable devices“ je vysoce aktuální. Žijeme v éře složitých mobilních zařízení, u kterých účinnost napájení je jedním ze základních předpokladů dlouhého provozního času. Tyto zařízení združují mnohé analogové NF/RF a číslicové funkce, pro které je nezbytné čisté a stabilní napájení.

Disertační práce se zabývá studiem, analýzou a inovativním řešením vybraných obvodů ve 2 základních oblastech napájecích obvodů, jako jsou lineární a spínané regulátory. Svým obsahem naplňuje zvolený cíl.

V bodu zabývající se LDO regulátory autor nabízí řešení budiče výkonového tranzistoru založeného na lokální zpětné vazbě. Obvod se zaměřuje na dosažení co nejlepší transienční odezvy bez použití výstupního kapacitoru při zachování relativně nízké spotřeby proudu. K navrhovanému řešení mám několik poznámek:

- Rychlosti je dosahováno použitím aktivních součástek (MOSFET-ů). Pro dosažení stejného cíle bych osobně dal přednost kapacitní vazbě z výstupu přenášející chybový signál nejrychleji.
- Uvedená spotřeba proudu kolem 60uA nebo 100uA pro regulátor s max. proudem 10mA je při dnešních poznatcích docela vysoká
- Autor uvádí některá tvrzení, která neplatí všeobecně nebo obsahují principiální nedostatky, např.
 - Na str. 13 – **...účinnost lineárních regulátorů je nízká...** *Ve skutečnosti použitím LDO regulátoru v režimu, pro který je vymyšlen a navržen, je možné dosažení i 95% účinnosti. Je běžné praktické použití těchto obvodů s 90% účinností.*
 - Na str. 13 – **...jediný rozdíl mezi konvenčním a LDO regulátorem je v orientaci (common source/ drain) výkonového MOSFETu...** *Z tvrzením je možné souhlasit jenom částečně, protože za LDO regulátor považujeme jakýkoli regulátor s nízkým úbytkem napětí (např. nižším než běžné VBE nebo VGS tranzistoru). Existuje mnoho LDO regulátorů s výkonovým MOSFET-em v zapojení se společným drainem.*
 - Na str. 32 – 33 a 40 – **...tranzistor M5 pracuje jako komparátor...** *Termín komparátor (tak jak ho v technické praxi známe) je ve smyčce analogové zpětné vazby nevhodný. Vhodnější by bylo napsat, že tranzistor M5 pracuje jako rozdílový zesilovač přijímající řídicí signál na gate-u, zpětnovazební signál na source-u a výstupní proud drain-u je porovnáván s jiným proudem.*
 - Na str. 33 – **...sériové zapojení dvou zpětnovazebních smyček..** *V principu tyto smyčky nejsou zapojeny sériově ale vnořeně (nested) – rychlá vnitřní smyčka je vnořená do pomalé vnější.*
 - Na str. 39 – **...důležitou vlastností tranzistoru jako sledovače napětí je nízká výstupní impedance...** *Toto tvrzení je správné jenom za předpokladu, že tranzistor pracuje v režimu vysoké transkonduktance. Jenomže regulátor musí stabilně pracovat v širokém rozsahu výstupních proudů. Bohužel při malé zátěži výstupní impedance značně roste a dizajnéři se dostávají do podobných problémů jako se společných source-m.*
 - Na str. 40 – **Obrázek 3.10 není správný z hlediska polarity zpětných vazeb**
 - Na str. 42 – je uvedeno, že **...potřebné řídicí napětí pro gate N-kanálového MOSFETu je generováno pomocí floating kapacitoru a problém se ztrátou napětí je vyřešen pomocí dvou přepínaných floating kapacitorů...** *V popisu není naznačeno řešení tak důležité funkce vytvářející dostatečnou úroveň napětí na gate-u. Předpokládám nábojovou pumpu. Tomu odpovídá i zvýšená spotřeba regulátoru s N-kanálem na cca 100uA.*

Další část se zabývá proudovým senzorem nezbytným pro správnou funkci tzv. Flying-capacitor spínaného konverteru. Typ konverteru je zvolen na základě požadavku ultra-rychlé transienční odezvy potřebné pro napájení výkonových zesilovačů pro 4G sítě. Autor řeší snímání směru toku proudu pomocí triggered komparátoru snímajícího úbytek napětí na výkonovém MOSFETu v zapnutém stavu, což je výhodné z hlediska účinnosti. Dále řeší snímání rozdílového napětí na flying kapacitoru pomocí operačního zesilovače. I když tato funkce se zdá být triviální, ve skutečnosti snímání rozdílového napětí současně s common-mode napětím s velkým rozkmitem je velice náročná. Bylo by zajímavé se dovědět jak autor prakticky vyřešil tento zesilovač a speciálně jak vyřešil převod signálu na low-side single-ended. Práce tak hluboko nezachází.

V bodu s názvem Dual edge ramp generator autor popisuje generátor trojúhelníkového signálu pro PWM kontroler. Autor v tomto bodu navazuje a rozvíjí práci publikovanou v roce 2010 O. Tlaskalem a M. Thomasem – „Dual edge ramp generator with VBAT feed forward synchronized to master CLK“. Narozdíl od generátoru pily je generování trojúhelníku s fixní frekvencí a definovanou amplitudou velice náročné. Myšlenka samotná a její technické řešení představují podle mých poznatků state of the art.

Poslední část se zabývá vylepšením samokmitajícího hysterézního DC/DC konverteru. Cílem je predikování hystereze komparátoru podle vstupního napětí za účelem dosažení konstantní frekvence. Autor pro tento účel potřebuje generovat analogovou funkci dělení, což realizuje pomocí translineárního principu. Nápad je inovativní a dává návod na odstranění velké nevýhody – proměnlivé frekvence hysterézního konverteru při zachování hlavní výhody – rychlosti odezvy. Elektrická schémata na str. 80 a 82 obsahují bipolární a MOSFET tranzistory současně ale jejich značení má společný prefix M. Pro přehlednost a jednodušší vysvětlení funkce by bylo lepší je rozlišovat např. prefixy Q a M.

Chtěl bych vyzdvihnout fakt, že autor dovedl všechna zvolená témata do stadia funkčních vzorků a provedl porovnání simulace s měřením. Řešení jsou použitelná v praxi a reflektují aktuální stav a potřeby praxe v oblasti power managementu.

Práci **DOPORUČUJU** k obhajobě.

V Praze dne 18.12.2018

Petényi Sándor