

DPS



productronica

Accelerating Innovation

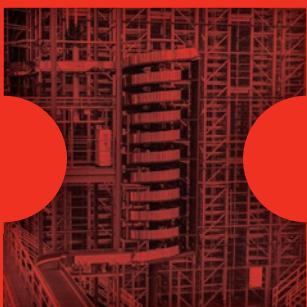
14.–17. listopadu, 2023 | Mnichov

Elektronika od A do Z

6



Odborný časopis pro vývoj a výrobu v oboru elektroniky
listopad, prosinec | **2023**



Vaše důvěra je naším cílem

Od originálních, výrobcem garantovaných součástek až po milióny dílů skladem k dodání ještě tentýž den - buďte si jisti, že společnost DigiKey vám dodá to, co potřebujete, a kdykoli to potřebujete.

Navštivte stránky [digikey.cz](https://www.digikey.cz) ještě dnes nebo volejte (+420) 225 296 620.

DigiKey

we get technical

DigiKey je licencovaný distributor pro všechny dodavatelské partnery. Denně přidáváme nové produkty. DigiKey a DigiKey Electronics jsou registrované ochranné známky společnosti DigiKey Electronics ve Spojených státech a jiných zemích. © 2023 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701 USA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

OBSAH

VÝVOJ

Obrovská vzpruha i pro malé baterie? Hlavně chytře a s citem	str. 2
Miniaturní zvyšující/snižující měniče značky Pololu	str. 4
Jak nabídnout zákazníkům ještě více díky paralelnímu nabíjení baterií přes USB-C	str. 6
Nový senzor STHS34PF80 od STMicroelectronics pomáhá detekovat přítomnost i pohyb osob a objektů	str. 8
Nový editor kabelových svazků v Altium Designeru PRO	str. 9
České dceřiné společnosti Computer Controls AG poskytují komplexní portfolio produktů pro vývoj elektroniky	str. 12
Vybíráme nejlepší on-line nástroje pro návrh obvodů a výpočty – vř technika	str. 14
Rozumět funkci budičů A/D převodníků se vyplácí	str. 16
RedCap: IoT pro 5G	str. 18
Řízení napájení u bateriových aplikací ve stylu „vše v jednom“ aneb Jak nPM1300 od Nordic zjednoduší návrh a nahradí na desce až osm samostatných obvodů	str. 20
Vše, co potřebujete vědět o stabilizátorech. Rušení, kompromisy, aplikace i trendy	str. 23

VÝROBA

ABB rozšiřuje rodinu průmyslových robotů o čtyři energeticky úsporné modely	str. 27
Dávkování materiálů při finální montáži elektronických sestav	str. 28
Panasonic: Nový 3D popisovací laser s velmi krátkým pulzem	str. 30
Veletrh productronica otevře své brány tradičně v polovině listopadu	str. 34
Rychle a účinně s 500W modulem bezdrátového nabíjení	str. 37
Jste si jisti, že vaše SMT linka negeneruje ESD výboj?	str. 38
Nová verze programu CAM350	str. 40

MĚŘENÍ

FieldFox: když analyzátor definujete vy a software k tomu	str. 42
K přesnému měření proudu, ale i výkonu stačí málo. Třeba 1,3 × 1,2 mm	str. 43

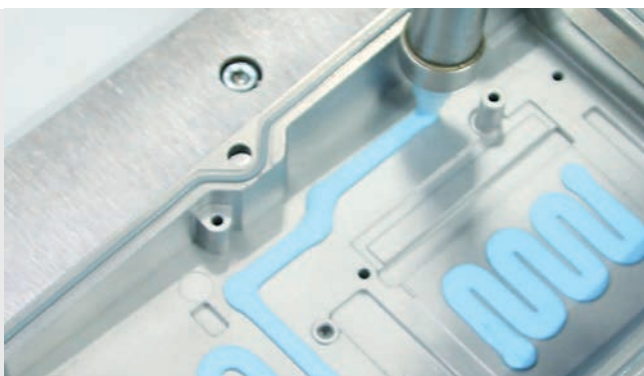
Osm kanálů nestačí. Osciloskopy DLM5000HD k nim přidají další čtyři bity	str. 46
Díky SMU Keysight řady PZ2100 volíte rychlost, rozlišení, ale i počet kanálů	str. 48

SOUČÁSTKY

Míříte hodně vysoko? S napájením od Renesas to nebude úlet	str. 50
Tříbarevné výkonové LED od Prolight Opto	str. 52
Čas pro inovace? Získejte je s deskou RDK4	str. 54
MPS: Jak na přesnost a rozlišení u magnetických senzorů natočení	str. 56
Klasika a nové materiály jader od firmy Magnetics	str. 58
Galvanicky oddělené napájecí zdroje	str. 63
Každý návrh někde začíná. I ten vysokofrekvenční	str. 66
Spínače, mikroprocesory, ale i čidla. Obvody ST se budou v provozu vyjímat	str. 70
Univerzální I/O moduly pro RS232, RS485, USB i ethernet	str. 72
Indukční senzory polohy pro ještě lepší řízení průmyslových motorů	str. 74
Nepůvodní elektronické součástky: rok třináctý	str. 76

ZAJÍMAVOSTI

Češi vyvinuli speciální balicí papír na elektroniku i výbušniny	str. 80
Zajištěná kvalita a hmatatelné ekonomické výhody. Strojové učení a umělá inteligence ve výrobě elektroniky	str. 81
Elektronové mikroskopy v akci: Brněnské týmy vyvíjí energeticky úsporné čipy	str. 82
E-mobilita a baterie Li-ion – Terminologie	str. 84
Nový infračervený laserový 3D skener iReal M3	str. 86
Elektrostatický separátor z FEL ZČU umí kromě třídění plastů také čistit zemědělské plodiny	str. 87



Dávkování materiálů při finální montáži elektronických sestav
Ing. Jiří Vondráček

28



K přesnému měření proudu, ale i výkonu stačí málo. Třeba 1,3 × 1,2 mm
Ing. Jan Robenek

43

Obrovská vzpruha i pro malé baterie? Hlavně chytře a s citem

Ing. Jan Robenek

Ať již vyvíjíme zbrusu nové elektronické zařízení, nebo jindy zase modernizujeme stávající systém, finální úspěch bude pokaždé ovlivňovat spousta různých činitelů. Samozřejmě zde nemáme nic proti skvělým nápadům, softwaru dotaženému do posledních detailů ani doslova revolučním funkcím, jako byl třeba u mobilních telefonů nástup dotykového ovládání. Co když ale aplikaci napájené z baterií dojde z ničeho nic „šťáva“? Na čem bude v tu chvíli nejvíce záležet?

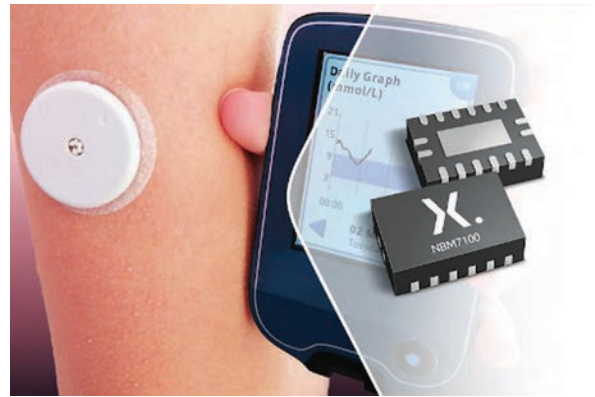
Způsobů, jak prodloužit výdrž bateriového zdroje napájení – a tentokrát máme opravdu na mysli primární články bez možnosti jakéhokoli dobíjení, existuje hned několik. Svou roli zde pochopitelně hrají chytře navržené nízkopříkonové režimy, ve kterých začíná elektronika trávit většinu svého času, a k zahazení pochopitelně není ani vlastní diagnostika, včetně přesného měření aktuálních podmínek a včasné výstrahy. Podcenit ostatně nesmíme ani samotný výběr primárního článku – na stránkách DPS Elektronika od A do Z jsme psali např. v [1]. Jenže k celé věci lze přistoupit ještě aktivněji, a to přímo na straně zdroje s jinak omezenou kapacitou. Firma Nexperia ukazuje, jak na to.

■ Boost pro bateriový boom

Cesta k ještě efektivnějšímu nakládání s drahocennou energií povede v režii společnosti Nexperia přes některý ze čtveřice nových integrovaných obvodů, které jejich výrobce světa představil během letních prázdnin [2]. Novinky prodlužující výdrž baterií zde v základu ponosou označení NBM7100 a také NBM5100 nebo, chcete-li, „Coin cell battery life booster with adaptive power optimization“.

Jak již plyne rovnou z popisu, budeme mít v prvé řadě co do činění s primárními lithiovými články mincového provedení, které sice nelze nijak dobíjet, což ovšem stále neznamená, že by pro ně nešlo zajistit až desetinásobně větší výdrž. To už zní slibně, zvláště když v porovnání s takovou drobnou baterií bez doplňkového „boosteru“ na výstupu až dvacetipětinásobně poroste špičková proudová zatížitelnost.

Pokud tipujete kapacitní způsob ukládání energie podepřený DC/DC stupněm, máte nepochybně pravdu, pouze s tím



Obr. 1 Primární lithiové baterie mincového typu, jako je např. všem dobře známá verze CR2032, nabízí malé rozměry, nízkou úroveň samovybíjení a také vyšší hustotu energie, takže se běžně využívají k napájení nejrůznějších senzorů s vř rozhraním. Taková čidla však bývají často umístěna i v hůře dostupných místech, což výměnu baterie pouze komplikuje. Moderní elektronika má ale naštěstí řešení [2]

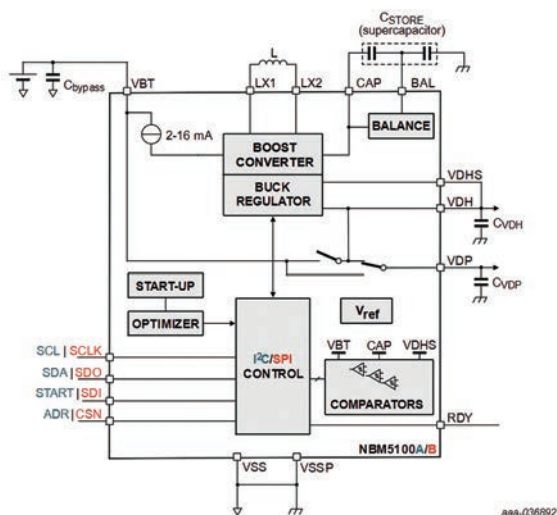
rozdílem, že vysoce účinné spínací bloky budou v drobných pouzdrech se 16 vývody typu SOT763-1 či DHVQFN16 o velikosti 2,5 × 3,5 × 0,85 mm rovnou dva a ještě k tomu doplněné o inteligentní algoritmus učení. Jestliže mají i vaše řešení vynikat efektivní činností, při které se nejen snižuje objem vyprodukovaného bateriového odpadu, ale třeba i finální rozměry produktu, který se např. v minulosti neobešel bez docela velkých tužkových článků typu AA či podobných AAA, a nyní to může s přehledem zvládat i s menšími a také lehčími chemickými zdroji, pokračujte dále ve čtení.

■ Do poslední kapky

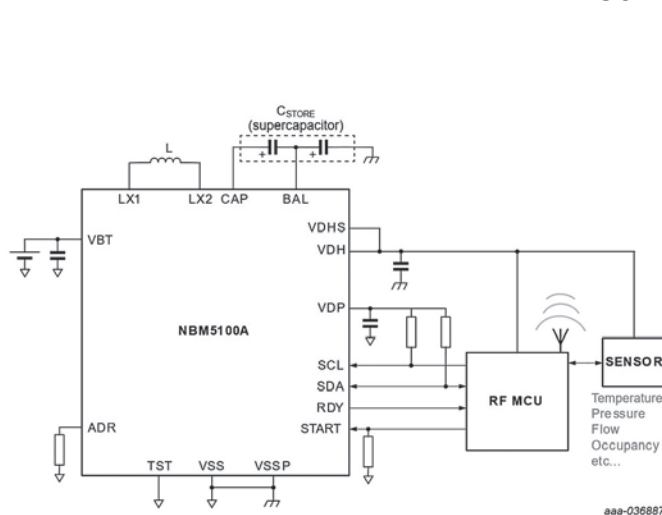
Co si budeme říkat, lithiové baterie CR2032 a také CR2025 mincového typu jsou v elektronice kvůli své vyšší hustotě energie a delší době skladovatelnosti populárním řešením napájení, a to nejen v případě nejrůznějších drobných zařízení. Vůbec proto nepřekvapí, když je budeme často nacházet dokonce i v systémech s mikrokontrolérem vybavených dále bezdrátovým rozhraním a nízkopříkonovými transceivery, pokud jde např. o Bluetooth®, LoRaWAN®, Sigfox™, LTE-M1 nebo NB-IoT či Zigbee. Zmíněné články však budou trpět docela velkým vnitřním odporem společně s chemickými reakcemi, které při pulzním zatížení snižují využitelnou kapacitu. A právě zde se ke slovu dostávají naše integrované novinky, obvody NBM7100 a NBM5100.

Princip činnosti není v základu vůbec složitý. První stupeň pro konverzi napájení ošetřuje „pomalý“ přesun energie z baterie do kapacitního úložiště, zatímco stupeň číslo dva již bude nakládat s uloženou energií tak, aby zajistil regulovaný výstup s vysokou pulzní proudovou zatížitelností až 200 mA, resp. napětím stavitelným od 1,8 V do 3,6 V.

Od inteligentního algoritmu učení se konečně očekává, že bude v průběhu opakovaných pulzních cyklů zatěžování monitorovat tok energie a optimalizovat přitom chod prvního stupně spínané DC/DC konverze tak, aby se v kondenzátoru minimalizoval zbylý náboj. Když pak nejsou aktuální žádné cykly, vyžádají si zmíněné součástky v režimu standby méně než padesát nanoampér. Zjednodušenou představu o vnitř-



Obr. 2 Funkční blokový diagram adaptivních obvodů NBM5100A, resp. NBM5100B odkazující na dva spínané DC/DC stupně, včetně inteligentního algoritmu učení. Konstantní proudový odběr z baterie lze nastavit v rozmezí 2 až 16 mA [3]



Obr. 3 Prvky NBM5100A navrženy tak, aby prodloužily výdrž drobné baterie, a jejich čestné místo při efektivním napájení snímače vybaveného bezdrátovým rozhraním. Napětové vyvažování je v případě superkapacity příznačné právě pro obvody řady pět tisíc [3]

ní strukturu nám přináší funkční blokový diagram poslední zmiňovaného obvodu na obr. 2. Zařazení do širších souvislostí na úrovni dalších součástek poté sledujeme s příspěvkem obr. 3.

■ Hladce a s důvtipem

Provozní teplota baterií může v některých případech dokonce překračovat i úroveň, při které se nám již začíná vařit voda [1], nicméně pro nejrůznější komerční, ale také průmyslové aplikace provozované jak uvnitř budov, tak i venku bude bohatě stačit rozsah ohraničený $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na opačném konci pak zase $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, stejně jako je tomu v případě obou našich obvodů od firmy Nexperia. Indikátor „vybité baterie“ pak upozorní systém na blížící se konec, zatímco ochrana proti poklesu napětí,

označovanému též jako Brownout, ještě zbrzdí nabíjení vyvážovacího kondenzátoru.

Co by to ale bylo za moderní elektronické součástky [3] bez možnosti číslkové konfigurace a také řízení ze strany systémového mikrokontroléru. Výrobce proto logicky vsadil na sériové rozhraní I²C, které se uplatní u obvodů NMB7100A a NBM5100A nebo SPI, tady již pro verze NMB7100B či NBM5100B. Další klíčové rozdíly u čtyřčlenné rodiny produktů navržených s cílem pozvednout výdrž mincové baterie na základě adaptivní optimalizace výkonu zachycuje *tabulka 1*. Součástky primáří do boje s poklesem napětí, resp. zkrácenou výdrží primárního zdroje, způsobenou vyššími pulzními odběry proudu z článků, jako jsou např. 3,6V lithiové baterie typu Li-SOCl₂ či 3V LiMnO₂, příp. i nově vznikající verze, takže se může z titulu prodloužených intervalů výměny zjednodušit i údržba celého systému. Vzájemné srovnání mezi vybranými

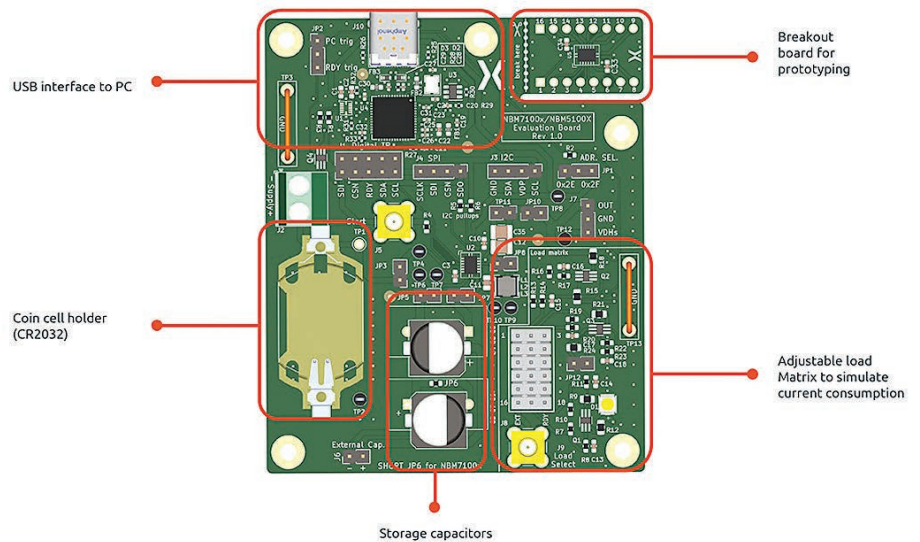
Tabulka 1 K rozdílům mezi jednotlivými novinkami pro řízení baterií [3]

Označení součástky	Číslkové rozhraní	Režim autonomního spouštění	Funkce vyvažování kapacity (I/O)	Max. napětí na kondenzátoru	Max. proudový odběr
NBM7100A	I ² C	Podporováno	Není podporováno	11 V	200 mA
NBM5100A	I ² C	Podporováno	Podporováno	5,5 V	150 mA
NBM7100B	SPI	Není podporováno	Není podporováno	11 V	200 mA
NBM5100B	SPI	Není podporováno	Podporováno	5,5 V	150 mA

Tabulka 2 Srovnání vlastností u vybraných primárních baterií [3]

	LiMnO ₂ CR 2032	Li-SOCl ₂ LS 14250 (½ AA)	2× „AA“ Aikalkická
Napětí naprázdno, výchozí hodnota (BoL)	3 V	3,6 V	3 V
Hustota energie	280 Wh/kg	500 Wh/kg	200 Wh/kg
Kapacita	240 mAh (0,2 mA)	1 200 mAh (0,5 mA)	~ 4 000 mAh (@ 250 mA), 2× 2 000 mAh
Konečné napětí	2 V	2 V	1,6 V (2× 0,8 V)
Skladovatelnost	10+ let	10+ let	5 až 7 let
Provozní teplota	$-30\text{ až }+60\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-55\text{ až }+85\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ až }+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Vnitřní odpor (výchozí / konečný stav)	10 Ω (BoL) 70 Ω (EoL)	10 Ω (BoL) 70 Ω (EoL)	<1 Ω (po dobu životnosti)

Obr. 4
Chybět zde pochopitelně nesmí
ani vývojové nástroje [3]



druhy baterií plyne z tabulky 2. Stojí za zmínku, že varianty integrovaných obvodů s označením NBM5100A/B, které zde máme rovněž na blokovém diagramu, se nebrání ani tolik oblíbeným superkondenzátorům, včetně související možnosti napěťového vyvažování.

Na dané téma si můžete více přečíst třeba v [4]. Za zmínku stojí též příbuzná technologie PassThru™, kterou jsme podrobněji rozebírali v [5]. Pokud totiž může něco prakticky bez omezení procházet „skrz“, netřeba tomu bránit.

Odkazy:

- [1] Baterii vložte a pak na ni zapomeňte. Její parametry to umožňují, <https://www.dps-az.cz/public/DPS-2023-4/DPS-2023-4.html#p=15>
- [2] Tisková zpráva, <https://www.nexperia.com/about/news-events/press-releases/Nexperia-unveils-industry-s-first-coin-cell-battery-life-and-power-booster.html>

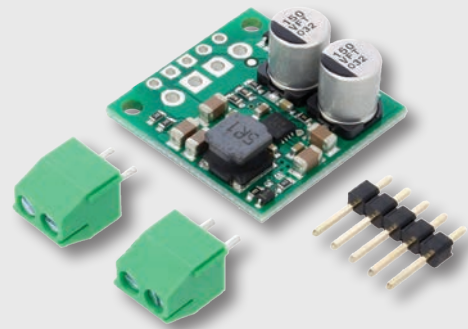
- [3] Integrované obvody Nexperia pro řízení baterií, <http://nexperia.com/battery-management>
- [4] Intelligent battery life booster IC makes powering the IoT leaner and greener, <https://efficiencywins.nexperia.com/efficient-products/Intelligent-Battery-Life-Booster-IC-makes-Powering-the-IoT-Leaner-and-Greener.html>
- [5] Jak může technologie PassThru™ prodloužit výdrž systému pro ukládání energie, <https://www.dps-az.cz/public/DPS-2023-5/DPS-2023-5.html#p=8>

robenek@dps-az.cz

Miniaturní zvyšující/snižující měniče značky Pololu

Společnost TME zařadila nově do své nabídky miniaturní DC/DC měniče americké značky Pololu pro zajištění konstantního výstupního napětí v rozsahu od 3,3 V až do 15 V DC.

Klíčovou vlastností měničů je zde spojení možností obvodů „step-up“ a také „step-down“, takže dokážou zajistit jmenovité výstupní napětí bez ohledu na vstup, který pak může být jak nižší, tak samozřejmě i vyšší než příslušný výstup. Zmíněný vstupní rozsah se přitom nachází v rozmezí od 2,8 V až do 22 VDC. Takové obvody jsou pak ideálním řešením pro napá-



jení zařízení využívajících sady akumulátorů, pravidelně připojovaných k externí nabíječce, a umožňují rovněž efektivně pracovat s obnovitelnými zdroji energie, články bez ohledu na měnič se povětrnostní podmínky.

Deska měniče měří 22,9 × 22,9 mm, přičemž moduly mají dále k dispozici tepelnou pojistku, ochranu proti přepólování, funkci měkkého startu a také ochranu proti nadměrnému odběru proudu na výstupu. Za zmínku stojí také výstupní zatížitelnost proudem o velikosti až 2,5 A nebo účinnost měničů značky Pololu, dosahující 85 %. Další informace na www.tme.eu/cz/news/about-product/page/54191/miniaturni-step-up-step-down-menice-firmy-pololu/

Precision Measurement Solutions



Jak nabídnout zákazníkům ještě více díky paralelnímu nabíjení baterií přes USB-C

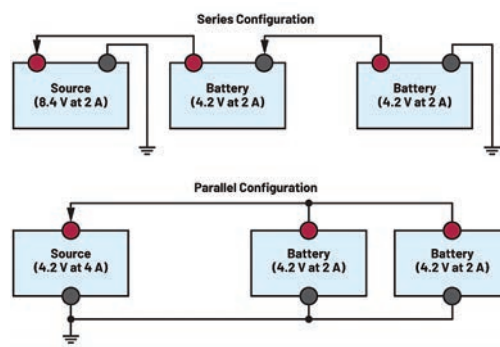
Kyle Johnson | Analog Devices

Porty USB-C se u spotřebních zařízení stávají zcela běžnou záležitostí, protože nabídnou mnohem větší flexibilitu než předchozí řešení. Na popularitě zde také získávají rostoucí výkony a delší výdrž baterie. Potřeba nabíjet zmíněná zařízení s vyššími úrovněmi výkonu je proto nyní stále důležitější. V článku se zaměříme na základy paralelního nabíjení baterií, možné způsoby využití a také vliv, který zde bude mít použití USB-C. Věnovat se budeme i zapojení, výhodám, ale také nedostatkům paralelního nabíjení baterií přes USB-C řešeného ve spotřební oblasti.

■ Paralelní nabíjení baterií. Co to obnáší?

V systémech řízení baterií existuje několik způsobů, jak vyřešit konfiguraci zdrojů tak, abychom dosáhli rozdílných výsledků. Jednou se články zapojí do série, což poskytuje vyšší napětí, ale stejnou kapacitu baterie, takže se řešení zpravidla použije v zapojeních s rostoucím výkonem. Jinou možností bude spojit články paralelně, což představuje vyšší kapacitu, nicméně napětí zůstává stejné.

Když už je výdrž baterie ve spotřební elektronice tak důležitá, musí být výrobci vynalézaví, pokud u takové sady řeší hospodaření s energií, včetně rostoucí využitelné kapacity. Nejlepší způsob, jak dosáhnout jednoduchého řešení k zajištění větší výdrže baterie, vede přes paralelní nabíjení. Jednoduše řečeno, paralelní nabíjení baterií umožňuje obsluhu najednou nabíjet jejich větší počet. Pro uživatele to bude znamenat delší výdrž zdroje a také zvýšenou spolehlivost. Základní představu o běžně používaném sériovém a také paralelním způsobu řazení baterií si můžeme udělat díky obr. 1.



Obr. 1 Sériové a také paralelní spojování baterií

■ Současné paralelní nabíjení baterií a otázka USB-C

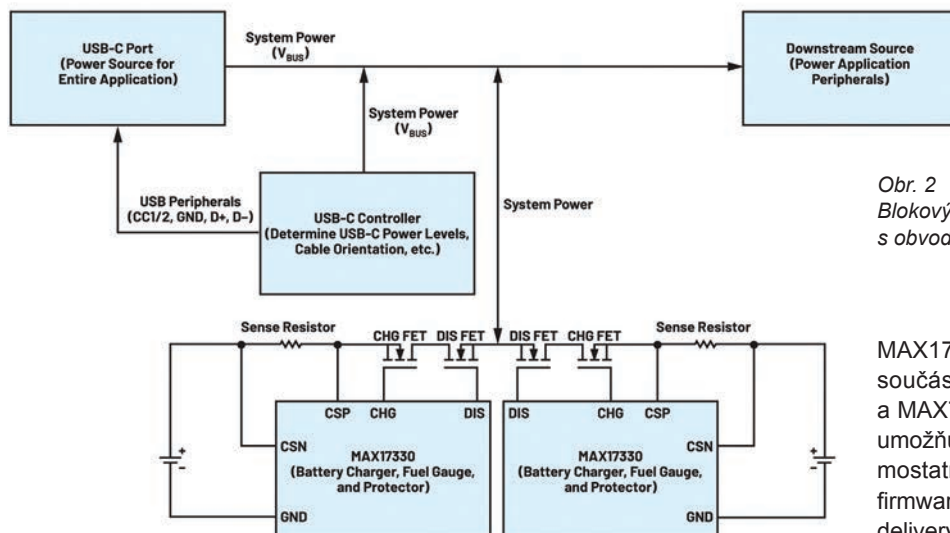
Jak jsme již uvedli, s porty USB-C a také příslušnými zařízeními se poji schopnost nabíjení vyššími úrovněmi výkonu, budeme-li srovnávat s předchozími protějšky, jako je USB 2.0 a USB 3.0. Nejnovější verze specifikace USB-C, Power Delivery 3.1, může přitom dodat až 240 wattů. Pravda, pro většinu spotřebních produktů to může být až příliš mnoho, jenže my tím chceme spíše zdůraznit, jak moc vzrostla robustnost portů USB-C oproti předchozím generacím USB. Takové navýšení výkonu, které máme u portů USB-C k dispozici, jde ruku v ruce s požadavky zákazníků na rostoucí výkony a také delší výdrž baterie, které zařízení s paralelně řazenými články rovněž naplňují. Když kapacita spotřebního zařízení díky paralelnímu řazení baterií poroste, učiní tak stejně i výkonové požadavky kladené na nabíječku dodávající zde energii. Smyslem celého podnikání je navíc umožnit uživatelům přístup k danému zařízení v maximální možné míře. Rostoucí výkon dodávaný porty USB-C znamená, že obsluha nabije své zařízení rychleji, než tomu bylo v minulosti, a věc bude také možné děle, svobodně a dle libosti používat bez nutnosti připojit nabíjecí kabel.

■ Výhody, ale i stinné stránky

Paralelní nabíjení baterií přes rozhraní USB-C si již našlo svou cestu ke spoustě aplikací a ve světě spotřební elektroniky bude sílit i nadále. Pokud jde o výkon, cenu a jednoduchost, budou porty a také kabely USB-C pro spotřebitele do značné míry užitečné. Je ale třeba upozornit i na některé nevýhody.

Tabulka 1 Výhody USB-C a paralelního nabíjení baterií

Jediný kabel	Napájení a také data jsou na stejném kabelu, což oceníme v případě aplikací s omezeným prostorem.
Vysoké úrovně výkonu	Rostoucí kapacita a vyšší úrovně při nabíjení podporují větší rozsah možných aplikací, včetně nízkopřikonové spotřební elektroniky, ale i nářadí nebo počítačů s vysokými odběry.
Úspora času	Schopnost USB-C nabíjet vysokými proudy umožňuje paralelní nabíjení baterií, což představuje větší využitelnou kapacitu, pokud jde také o množství času, který si vyžádá dobítí pouze jedné baterie.
Jednoduché zapracování	Kabel USB-C je reverzibilní a lze jej zapojit tak či onak, přičemž dodatečné přidání baterií v paralelní konfiguraci si v principu pouze žádá přivedení zdroje napájení k vývodům nové baterie.
Omezení elektronického odpadu v průběhu času	Použití obvyklé nabíječky s USB-C pro větší počet zařízení pomáhá po celém světě snížit objem elektronického odpadu.



Obr. 2
Blokový diagram paralelního nabíjení baterií
s obvody MAX17330

MAX17330 dále nahrazuje příslušné bloky se součástkami MAX77958 (USB-C controller) a MAX77986 (downstream source). MAX77958 umožňuje vývojářům zjednodušit návrh díky samostatnému řešení a také přizpůsobitelnému firmwaru, který stanovuje úroveň USB-C (power delivery), zatímco MAX77986 poslouží jako navazující zdroj pro USB-C k napájení dalších částí celého produktu. Zmíněné řešení se hodí pro

aplikace s výkonem 15 W nebo i více. V případě výkonů menších než 15 W lze zase ideálně využít obvodů MAX77789 řešících spojení 3A nabíječky (1S) s detekcí USB-C.

K experimentům s možnostmi těchto součástek si můžete objednat EV kit pro MAX17330 [1] a pro MAX77789 [2]. Pokud do prototypu potřebujete vzorky MAX17330, navštivte [3]. Další informace pak přináší video „Úvod k MAX17330“ [4].

■ Příklad s obvodem MAX17330

Na obr. 2 sledujeme ukázkou jednoho z hlavních nástrojů, které budou potřeba k vytvoření systému paralelního nabíjení baterie, obvodu MAX17330. V rámci jednoho integrovaného obvodu se zde budou snoubit nabíječka baterie, měřidlo (fuel gauge) a také ochrana. Zmíněná součástka by mohla získávat energii z nabíječky nebo měniče kompatibilního s USB-C, takže pak dokáže při vysokých rychlostech nabíjet paralelní sady baterií a obsluha si proto může zařízení maximální měrou i užívat. Zmíněná konfigurace navíc umožňuje umístit baterie v jejich vlastní jedinečné pozici, třeba na opačné straně náhlavní soupravy pro AR/VR či různých stranách skládacího telefonu. Mezi vybrané výhody při nasazení takového čipu řadíme snižování úbytku napětí a tepelných ztrát, zabránění křížovému nabíjení paralelně zapojených článků a také schopnost nezávislého nabíjení paralelních sad.

■ Skutečné aplikace pro MAX17330

V článku se zaměřujeme na některé výhody a také nedostatky spojené se systémem nabíjení paralelně řazených baterií přes USB-C, který jsme zde rovněž představili. Nyní, když už o námětu víme něco víc, pojďme se podívat na některé skutečné případy. Paralelní nabíjení baterií se již začalo společně s USB-C zavádět v několika oblastech spotřební elektroniky. Výčet není kompletní, ale patří sem např. helmy pro AR/VR, akumulátorové vrtačky a další nástroje, laptopy či přenosné tablety.

Nevýhody, které zmiňujeme v tabulce 2, dokážou při návrhu těchto systémů zkomplikovat vývojářům život. A právě zde vstupuje do hry společnost Analog Devices, když na obr. 2 s obvody

■ Závěr

Zákazníci si dnes po celém světě u svých produktů žádají maximální účinnost bez rizika promarněného času. Všechny zmíněné obvody nabízené společností Analog Devices lze proto spojit a umožnit přitom rychlejší nabíjení paralelních sad baterií přes USB-C. Výsledkem bude rostoucí efektivita, zatímco koncové produkty nabídnou delší výdrž baterie a kratší dobu nabíjení. S rozvojem spotřebních oblastí se musí vývojáři pokaždé rychle přizpůsobit a najít způsoby, jak uspokojit požadavky zákazníků. Dalším řešením stále se měnící otázky nalézání nových cest pro napájení příští generace spotřebních zařízení se stává USB-C a paralelní nabíjení baterií.

Odkazy:

- [1] <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/max17330x2evkit.html>
- [2] <https://www.analog.com/en/design-center/evaluation-hardware-and-software/evaluation-boards-kits/MAX77789EVKIT.html>
- [3] https://www.maximintegrated.com/en/storefront/search_result.html?type=sample&sampleSearchField=max17330
- [4] <https://www.analog.com/en/education/education-library/videos/6313218148112.html>

Tabulka 2 Nevýhody USB-C a paralelního nabíjení baterií

Odlíšné porty	Komplikace s napájecími úrovněmi se mohou vyskytnout, když se oba porty k sobě nehodí. Různé porty zde přitom zahrnují Thunderbolt, Power Delivery 3.1 a Power Delivery 3.0.
Vyšší náklady	Přídavné baterie společně s porty a kabely, které umožňují rychlejší nabíjení, si žádají pokročilou technologii, která v porovnání s předchozími verzemi stojí víc.
Náhrada kabelů	Nové kabely s USB-C si vynutí náhradu kabelů s USB-A, USB-B a micro-USB. Dřívější kabely již budou zastaralé.
Rostoucí velikost	Přidání další baterie si vyžádá nějaký prostor navíc, což ale může představovat problém u aplikací, které si své rozměry úzkostlivě střeží.
Složitější řešení	Připojení další baterie sem vnáší určité komplikace, např. potřebu vyvažovat u takových článků jejich stárnutí nebo zajistit, že nabíjecí cykly začnou při podobných napětích, takže baterie ani přívody nebudou nijak poškozeny.

Nový senzor STHS34PF80 od STMicroelectronics pomáhá detekovat přítomnost i pohyb osob a objektů

STMicroelectronics

STMicroelectronics (ST) představuje vysoce integrovaný senzor s extrémně nízkou spotřebou energie s tepelnými tranzistory. Novinka otevírá možnosti k nahrazení konvenčních pasivních infračervených detektorů a přináší novou technologii pro detekci přítomnosti a pohybu člověka. Tím pomáhá vylepšovat bezpečnostní systémy, zařízení pro automatizaci domácností, zařízení IoT a další, jež obvykle používají řešení na bázi konvenčních PIR (passive infrared sensor) senzorů.



STHS34PF80 obsahuje tepelné tranzistory, které dokážou detekovat statické objekty, na rozdíl od běžných PIR detektorů, které vyžadují, aby se detekovaný objekt pohyboval (pro vyvolání měřitelné odezvy). Zatímco PIR detektory potřebují ke snímání pohybujících se objektů Fresnelovu čočku, nový detektor od ST umožňuje jednodušší konstrukci bez čočky. Moderní chytré domácnosti, chytré budovy a aplikace internetu věcí potřebují přesnou detekci přítomnosti osob k tomu, aby se zlepšilo ovládání systémů, jako je osvětlení, vytápění, zabezpečení a monitorování bezpečnosti.

Senzor STHS34PF80 je vybaven inteligentním algoritmem pro dynamickou i statickou detekci přítomnosti osob. Jeho detekční dosah bez použití čočky jsou čtyři metry a zorné pole 80° pokrývá velkou oblast před senzorem. Díky napájecímu proudu pouhých 10 μ A je spotřeba energie nižší než u běžných PIR detektorů. Zároveň je k dispozici v kompaktním



10vývodovém LGA (Land-Grid array) pouzdrů pro povrchovou montáž o rozměrech 3,2 × 4,2 × 1,455 mm. Snímač má vysokou odolnost proti nežádoucím účinkům přímého osvětlení a vysokou odolnost proti elektromagnetickému rušení (EMI).

Vývojový kit STEVAL-MKI231KA nabízí jednoduchý způsob pro testování STHS34PF80. Spojení s dalšími vývojovými deskami X-NUCLEO-IKS01A3 nebo STEVAL-MKI109V3 také umožňuje používat grafický nástroj Unico-GUI sloužící k jednoduché konfiguraci a urychlení vývoje. Ovladače pro STHS34PF80 jsou k dispozici na GitHubu (viz odkaz). Kromě toho je v softwarovém balíčku X-CUBE-MEMS1 k dispozici příklad pro detekci přítomnosti osob nebo objektů.

■ Jak to funguje?

STHS34PF80 obsahuje tepelné tranzistory MOSFET (TMOS), které jsou citlivé na účinky infračerveného záření dopadajícího na jejich hradla. Zároveň má také digitální čtecí obvody integrované na stejném čipu pomocí ST proprietární technologie CMOS SOI (Silicon-on-insulator). Tranzistor TMOS je napájen podprahovým napětím, které je nižší než napětí potřebné k plnému otevření tranzistoru. V tomto režimu je proud „drain-source“ silně závislý na teplotě a vytváří přesně měřitelnou odezvu na minimální infračervené záření. To umožňuje snímači detekovat přítomnost osoby či objektu prostřednictvím infračerveného záření, ať už se pohybuje, nebo stojí.

Další výhodou podprahového provozu je, že tranzistor spotřebovává velmi málo energie, což umožňuje bateriově napájeným systémům, které obsahují STHS34PF80, pracovat po dlouhou dobu mezi nabíjecími cykly. Standardní výrobní technologie CMOS navíc zajišťuje cenově efektivní výrobu s vysokou výtěžností waferů (kalkulační cena 2,6 USD/ks). Využívá submikronovou geometrii tranzistorů, díky které se dosahuje malých rozměrů snímače. To kontrastuje se senzory PIR, jejichž citlivost může záviset na velikosti pyroelektrického pixelu. Integrované digitální rozhraní I²C/ SPI navíc umožňuje přímé digitální spojení s externím mikrokontrolérem.

Odkazy:

- [1] Datasheet STHS34PF80:
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/sths34pf80.pdf>
- [2] STEVAL-MKI231KA:
<https://www.st.com/en/evaluation-tools/steval-mki231ka.html>
- [3] X-NUCLEO-IKS01A3:
<https://www.st.com/en/ecosystems/x-nucleo-iks01a3.html>
- [4] STEVAL-MKI109V3:
<https://www.st.com/en/evaluation-tools/steval-mki109v3.html>
- [5] Unico-GUI:
<https://www.st.com/en/development-tools/unico-gui.html>
- [6] X-CUBE-MEMS1:
<https://www.st.com/en/embedded-software/x-cube-mems1.html>
- [7] GitHub: <https://github.com/STMicroelectronics/sths34pf80-pid>
- [8] www.st.com/infrared-sensor

Nový editor kabelových svazků v Altium Designeru PRO

Petr Tošovský | Retry s. r. o.

Téměř každý tým, který vyvíjí složitější elektronické zařízení, se dostane do bodu, kdy ke svým DPS potřebuje navrhnout i jejich kabelové propojení, a to včetně výrobní dokumentace. Setkal jsem se s různorodými přístupy, jak se zhostit tohoto úkolu. Od vytvoření dokumentace v běžných kancelářských softwarech jako MS Word nebo Visio přes rýsování v AutoCADu až po použití specializovaných nástrojů přímo pro návrh kabelů a kabelových svazků.

Mezi uživateli Altium Designeru je přítom, celkem pochopitelně, populárním přístupem použít pro návrh kabelového svazku přímo jeho schematický editor. Jelikož není na toto použití určen, tak uživatelé narážejí na několik překážek. Tou základní je, že propojovací vodiče nejsou zahrnuty do soupisky materiálu a ta pak musí být vytvářena ručně. Postupem času si samozřejmě uživatelé našli cestu, jak toto i další omezení obcházet [1]. Nicméně i pak je podpora návrhového prostředí v celém procesu minimální.

To se změnilo v Altium Designeru PRO 23, do kterého firma Altium doplnila projekty typu Harness [2] s přímou podporou návrhu kabelových svazků včetně generování jejich kompletní výrobní dokumentace. Doplnění Harness projektů je pokračováním vývoje tzv. Multiboard projektů v Altium Designeru, které dovolují přímo v návrhovém prostředí zachytit více DPS a jejich uspořádání ve společném 3D prostředí. Tyto více-deskové sestavy byly dříve omezeny pouze na uspořádání deska-deska, tedy případ, kdy je jedna deska zasunuta do konektoru jiné desky. Tím bylo použití vícedeskových sestav pro složitější projekty významně omezeno. Harness projekty toto omezení odstranily a dovolují vytvářet i sestavy desek propojených kabely.

■ Editor zapojení

V závislosti na tom, zda je Harness projekt založen samostatně nebo jako součást Multiboard projektu, se liší, jakým způsobem vzniká zapojení kabelového svazku. U samostatného projektu si celý návrh řídí ručně uživatel. V případě propojení s Multiboard projektem se do editoru zapojení načtou konektory svazku z propojené sestavy a tyto konektory již (podobně jako signály na nezarusouto-

vané DPS) uživateli naznačují, které vývody konektorů mají být mezi sebou propojeny, a systém kontroluje, zda Harness projekt v tomto odpovídá Multiboard projektu.

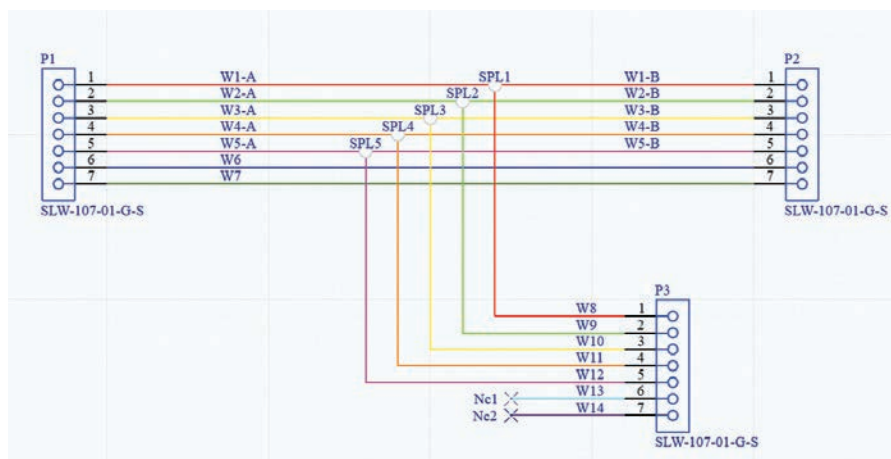
Vlastní návrh zapojení pak připomíná návrh schématu pro DPS, nicméně jsou tu změny, které stojí za pozornost. Konektory jsou standardní součástky z knihovny Altium Designeru, ale v editoru dovolují navíc definovat i k nim asociované součástky (např. samostatně nakupované části konektoru sloužící k jeho přišroubování) a tzv. Crimps. To jsou opět samostatně nakupované součástky, ale v tomto případě jsou svázány přímo s konkrétním pinem konektoru (slouží např. pro lisovací dutinky).

Odlíšnosti jsou i u vodičů. Každý vodič má svoje parametry jako barva, průřez a nákupní označení. Na rozdíl od klasických PCB projektů se navíc objevují ve výsledné soupisce materiálu. Také mohou být vkládány jako součástky z knihovny, kde se všechny jejich parametry definují předem.

Vodiče pak lze sdružovat objektem Harness Cable do kabelu, který se opět objevuje v soupisce materiálu (pouze kabel, už ne samostatné vodiče, ze kterých je v editoru tvořen). Spojení vodičů je v klasickém schematickém editoru reprezentované signálovým uzlem, který nemá žádnou fyzickou podobu na DPS. V kabelovém svazku je na toto spojení vodičů určen objekt Splice (viz SPL1 až SPL5 na obrázku zapojení), který reprezentuje svorkovnici, jež se fyzicky použije pro spojení více vodičů. Editor obsahuje i řešení pro stínění i smotávání vodičů nebo pro odbočování vodičů průběžnými lisovacími odbočnicemi (jiný typ Splice objektu).

■ Editor fyzického rozvržení

Cílem „Harness Layout“ editoru je zachytit fyzické uspořádání kabelového svazku. Proto do sebe načítá návrh svazku z výše popsaného editoru zapojení. Z něj do dokumentu automaticky přidá všechny použité konektory zakončené přípojnými uzly Connection Point (CP), ve kterých začínají a končí veškeré vodiče nebo kabely. Návrh rozvržení spočívá ve vytvoření skutečného uspořádání CP tak, jak budou vyrobeny u skutečného svazku. Pokud se například kabel v určitém místě rozbočuje, tak je potřeba do rozvržení ručně přidat další CP



Zapojení jednoduchého kabelového svazku s odbočkami Splice

(svorkovnice CP1 na obrázku rozvržení), které způsobí rozdělení kabelu na samostatné úseky (L1, L2 a L3) se samostatně určenými fyzickými délkami. Ty jsou pak samostatně uvedeny ve výsledném seznamu materiálu, stejně jako svorkovnice asociovaná s CP. Pokud z konektoru vede více kabelů nebo samostatných vodičů, tak je nutné ke konektoru přiřadit odpovídající počet CP pro každý kabel nebo vodič (viz P3).

Rozvržení přitom dovoluje u jednotlivých propojení doplnit popisovací štítky, které se objeví jako položky v seznamu materiálu, definovat délky jednotlivých úseků a přidávat k nim do požadovaných míst tzv. Harness Covering (např. smršťovací bužírky).

Pro lepší přehlednost při výrobě dovoluje editor rozvržení u konektorů volitelně přepínat zobrazení jejich vzhledu mezi výchozí schematicou značkou a jejich skutečným vzhledem (i více pohledů z různých stran najednou), který se čerpá z 3D modelu konektoru z knihovny součástek. Používá se stejná knihovna jako pro návrh DPS.

■ Výrobní dokumentace

Dokumentace navrženého kabelového svazku se v principu generuje stejně jako z projektu DPS. Soupisku materiálu zajišťuje ActiveBOM editor, který z kabelového svazku získá seznam všech

- použitých konektorů a k nim přidružených součástek,
- použitých spojek a lisovacích dutinek,
- propojovacích vodičů a kabelů včetně jejich délek,
- kabelových návleků a hadic a také
- popisovacích štítků.

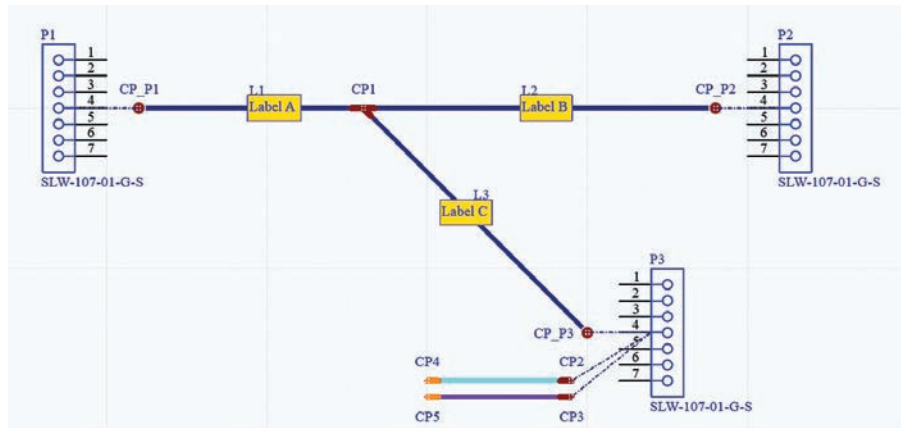
ActiveBOM navíc slouží k doplnění libovolného dalšího materiálu, který není součástí ostatních dokumentů Harness projektu. Může to být například balicí nebo spotřební materiál potřebný k montáži.

Hlavní část dokumentace je zachycena v editoru Draftsman, jehož výstupem je výrobní výkres svazku. Výkres vzniká formou tzv. pohledů, které přenesou návrhy z editoru zapojení i fyzického rozvržení na výkresovou plochu. Tyto pohledy se dále obohacují o jejich okótování, popisovací odkazy a textovými poznámkami. Draftsman navíc nabízí specializované pohledy Wiring List a Connection Table, které doplní shrnutí, odkud kam jsou vodiče propojeny a jak jsou zapojeny jednotlivé konektory svazku. V obou případech včetně potřebných délek vodičů. Tyto pohledy jsou tak klíčovým předpisem pro výrobu.

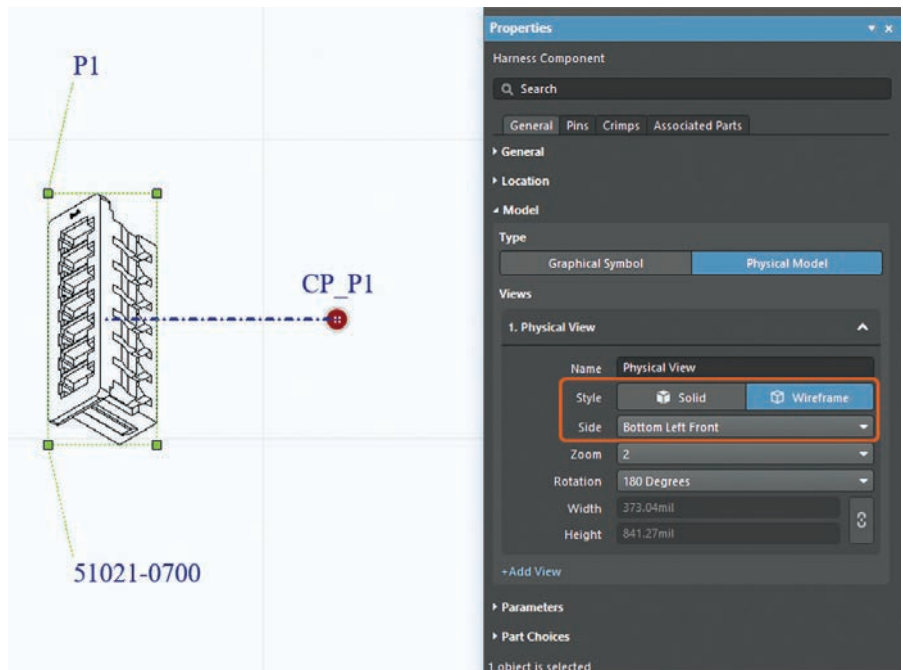
Stejně jako v PCB projektech Altium Designeru je možné do Draftsman dokumentu kdykoliv nechat načíst aktuální data z návrhových editorů Harness, a udržovat tak dokumentaci aktuální. Vlastní export dokumentace kabelového svazku je rovněž jako u ostatních typů projektů realizován Output Job souborem, který v sobě uchovává všechna nastavení, jako požadované názvy a formáty výstupních souborů. Po úpravě projektu je tak export veškeré dokumentace pouze otázkou spuštění Output Jobu.

■ 3D model kabelového svazku

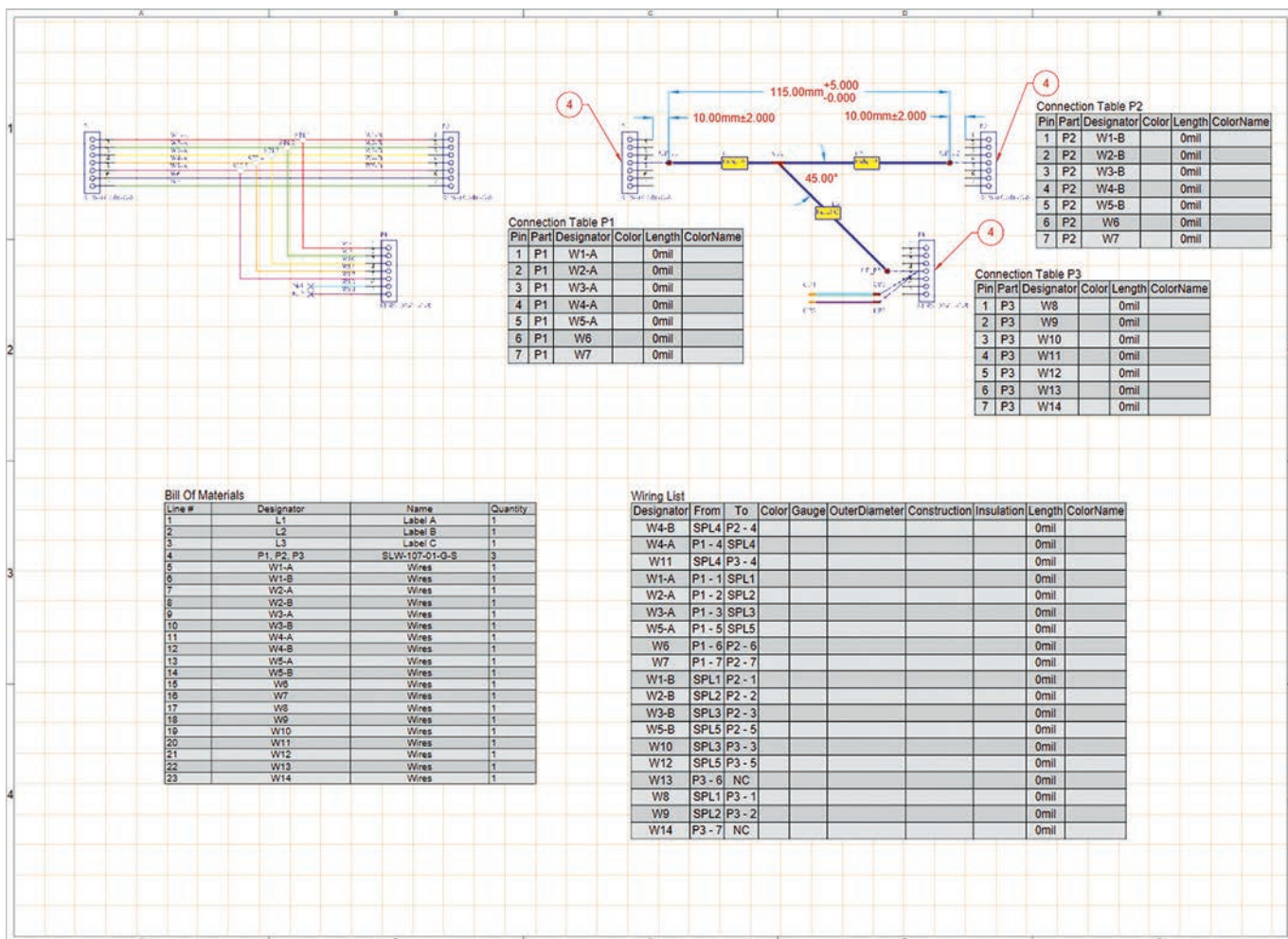
Harness projekty ani Multi-board projekty Altium Designer PRO 23 neobsahují možnost vytvoření 3D modelu kabelového svazku. Během vývoje Harness editoru sbíralo Altium informace od svých uživatelů a došlo k závěru, že uživatelé



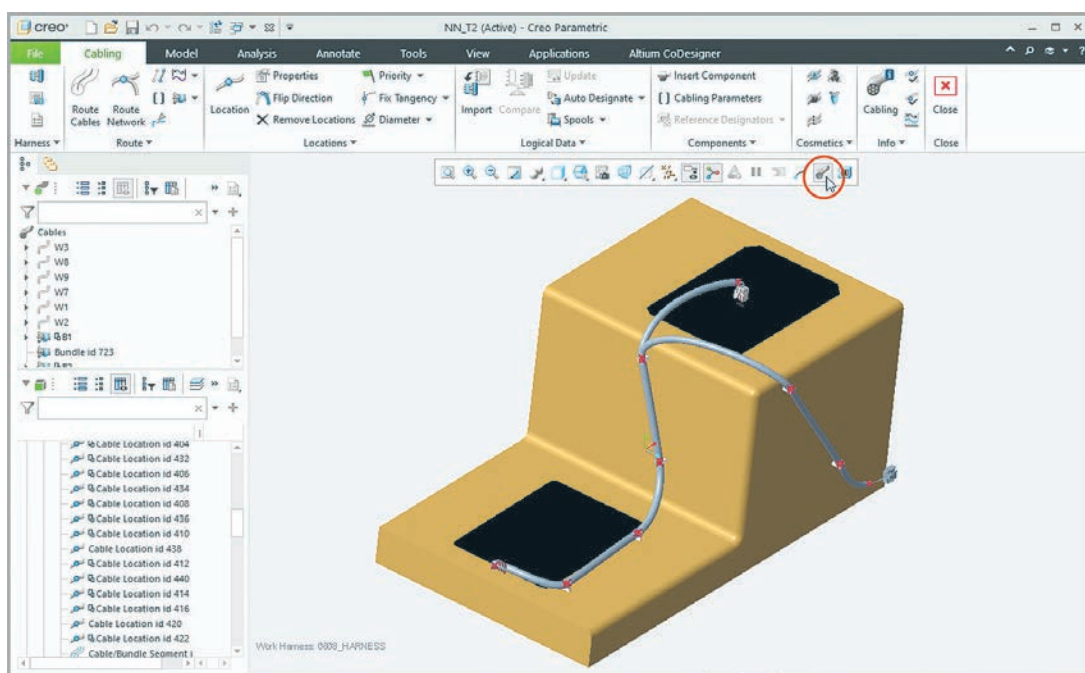
Editor fyzického rozvržení kabelového svazku



Volitelná podoba konektoru v editoru rozvržení nastavená na fyzický vzhled (3D model „footprintu“)



Výrobní dokumentace kabelového svazku z nástroje Draftsman



3D model kabelového svazku v PTC Creo®, který vznikl přenosem prostřednictvím Altium MCAD CoDesigneru

potřebují modelovat tvar kabelu podle složitých mechanických konstrukcí (ohyby, průchody, místa k uchycení, dokumentovat postup montáže), které vznikají ve strojařských CAD systémech. Místo duplikování podobného prostředí v Altium Designeru bylo rozhodnuto, že budou informace o Harness projektech předávány do strojařského CADu prostřednictvím již existujícího nástroje Altium MCAD CoDesigner. Ten prostřednictvím cloudové platformy Altium 365 dokáže data z Altium Designeru oboustranně sdílet s vybranými MCAD prostředími. Altium Designer PRO 23 dokáže pomocí tohoto nástroje předat kompletní informace o kabelových svazcích do prostředí PTC Creo®, ve kterém vznikne jeho editovatelný 3D model. Strojní konstrukce pak provede požadované natvarování podle možností zařízení.

Podpora pro další strojařské CADy bude doplněna v následujících verzích.

■ Závěr

Altium v současnosti s každou další aktualizací Harness projekty dále rozvíjí podle zpětné vazby od uživatelů, aby byly pokryty i různé speciální případy, které v praxi nastávají.

Doplněním editoru kabelových svazků do Altium Designeru PRO získávají týmy jednotné prostředí, ve kterém mohou navrhnout jak samostatné DPS, tak i jejich sestavy včetně odpovídajících kabelových propojení. Všechny tyto návrhy jsou mezi sebou propojeny, a tak lze snadno např. změnu zapojení konektoru na jedné DPS rozšířit do projektu sestavy, kde se deska nachází, a tím následně i do zapojení odpovídajícího konektoru kabelu. Významným způsobem se tak eliminuje vznik chyb v rámci celého zařízení, k čemuž přispívají i automatizované kontroly všech zmíněných typů projektů a jednotné vytváření výrobních podkladů a dokumentace.

www.edatools.cz

Odkazy:

- [1] *Cable Harness Design Overview in Altium Designer, Nine Dot Connects*, <https://www.ninedotconnects.com/video-altium-cable-harness-design>
- [2] *Oficiální dokumentace návrhu Harness projektů v Altium Designeru* <https://www.altium.com/documentation/altium-designer/harness-design>

České dceřiné společnosti Computer Controls AG poskytují komplexní portfolio produktů pro vývoj elektroniky

Otelfingen, listopad 2023 – Computer Controls AG, významný švýcarský distributor elektronických součástek, IoT aplikací, softwaru a řešení pro testování a měření, získal společnost Retry s. r. o., dodavatele EDA nástrojů a distributora softwaru pro návrh desek plošných spojů Altium™. Společnost Computer Controls tak posílila svou přítomnost na trhu softwarových řešení a služeb Altium.



Společnosti Retry a Computer Controls s. r. o., dříve známá jako HT-Eurep Electronic s. r. o., se nedávno přestěhovaly do společných kancelářských prostor v Brně. Společně tak nabí-

zejí rozsáhlé portfolio zaměřené na vývoj v oblasti elektroniky sahající od poskytování EDA softwaru a služeb s tím spojených až po dodávání aktivních a pasivních součástek, komponent pro IoT a vestavěných počítačových systémů, displejů, testovacích a měřících zařízení a hardwarových bezpečnostních řešení. Mezi dodávané značky patří mj. Silicon Labs®, Silergy®, e-peas®, epishine®, SECO®, miromico®, Keysight Technologies®, pico technology® a swissbit®.

„Společnost Retry se již 26 let úspěšně zabývá prodejem a poskytováním podpory softwaru Altium a získala si dobrou pověst spolehlivého partnera nejen pro školení produktů Altium, ale i obecně v návrhu DPS v České republice i na Slovensku. Jako člen Computer Controls AG se postupně začleníme do skupiny Computer Controls, a přineseme tak našim zákazníkům ještě větší přidanou hodnotu,“ říká Petr Tošovský, jednatel společnosti Retry s. r. o.

Zaměstnanci společnosti přispívají svými odbornými znalostmi a technickým know-how k zajištění rychlé reakce a osobní, individuální podpory při užívání softwaru Altium Designer. Stávající zákazníci již z akvizice profitují díky celoevropskému prodeji, marketingu a logistice skupiny Computer Controls, která tak cíleně propojuje veškeré své know-how.



ALTIUM DESIGNER

**Snadný, moderní
a výkonný návrh DPS**

- návrhy jednoduchých, vícevrstvých, HDI i rigid-flex DPS
- vestavěné obvodové simulace a výpočty impedancí včetně diferenciálních
- vyrovnávání délek spojů, jejich snadné upravování a vyhlazování
- kompletní nabídka výrobních formátů a dokumentace projektů
- vestavěné importy ze všech hlavních návrhových systémů



**NOVĚ včetně návrhu
kabelových svazků**



**ALTIUM
365**

Návrhy DPS kdykoliv, odkudkoliv

Data Management projektů a knihoven součástek

- prohlížení a připomínkování projektů na webu
- přímá spolupráce se strojařskými CADy
- zdarma v rámci Subscription Altium Designeru

www.edatools.cz

licence, technická podpora, školení, semináře

retry
EDA tools & systems

Vybíráme nejlepší on-line nástroje pro návrh obvodů a výpočty – vf technika

Mark Patrick | Mouser Electronics

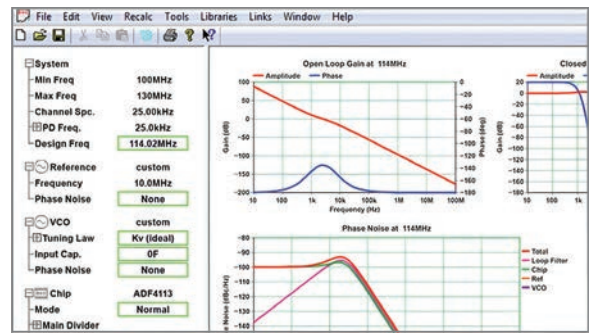
V závěrečné části našeho seriálu si ukážeme některé problémy, kterým čelí vývojáři při návrhu vysokofrekvenčních obvodů, a také způsob, jak jim volně dostupné nástroje dokážou pomoci.

■ Úskalí vf návrhu – o co se jedná

Pod vf obvody obecně rozumíme analogové zapojení pracující na docela vysokých kmitočtech, zpravidla mezi 300 kHz až 300 GHz. Rozhraní Bluetooth® např. využívá 2,4 GHz a Wi-Fi® zase 2,4 a 5 GHz. U mobilních technologií 5G však můžeme jít ještě dále (25 až 40 GHz). Větší šířka pásma bude ale při návrhu znamenat nové komplikace.

Ve vf oblasti vývojář nemůže předpokládat, že deska prostě jen zajistí spojení mezi součástkami. Vyšší kmitočty znamenají kratší vlnové délky, které již mohou korespondovat s rozměry či rozestupy jednotlivých tras či prvků, takže je zapotřebí zvážit reálné vlivy, a to jak u vedení, tak i desky samotné. Nakonec je často nutné analyzovat návrh z pohledu chování elektromagnetických vln spíše než jen proudů a napětí. Když se pak rozměry stávají výraznou částí vlnové délky, význam takového rozboru vzroste ještě více. V úvahu je zapotřebí vzít např. tyto činitele:

- **Impedanční přizpůsobení** – základ efektivního přenosu signálů mezi součástkami. Máme-li např. výstupní impedanci budiče 50 Ω, je nutné ji zachovat i podél signálové trasy a na vstupu obvodů přijímače.
- **Odrazy** – vyskytují se, když elektromagnetická vlna naráží na „nespojitosť“ způsobenou třeba změnou impedance. Snižuje se tím výkon přenášený k přijímači. Interference mezi vysílanými a odraženými signály pak mohou na vedení způsobit stojaté vlny. U vzniklých špiček hrozí i napětí, které bude dost velké na to, aby poškodilo součástky či vodiče. Odrazy lze naštěstí minimalizovat pečlivým přizpůsobením impedance.
- **Přeslech** – znamená signály způsobující nežádoucí vlivy v jiné části zapojení.
- **Návrh desky plošného spoje** – dokáže přeslechy minimalizovat. Použijí se např. zemní plochy a zajistí, že signálové trasy nebudou vedeny souběžně.
- **Další ztráty** – lze je často zanedbat, ale na těchto frekvencích se již stávají důležitými. Patří mezi ně skinefekt u vodičů nebo dielektrické ztráty v materiálu desky plošného spoje.



Obr. 1 ADIsimPLL – simulovat lze všechny klíčové nelineární vlivy, které mohou ovlivnit vlastnosti smyčky PLL (phase noise, fractional-N spurs, anti-backlash pulse); (zdroj: Analog Devices)

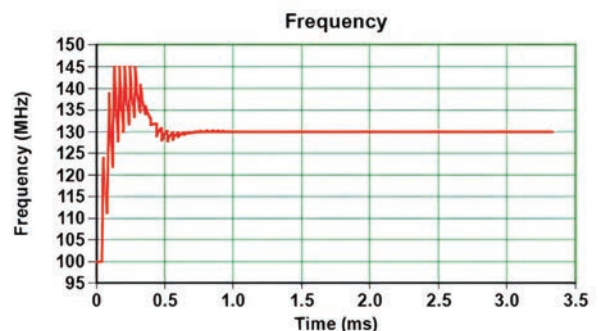
- **Návrh antény** – je nezbytný k účinnému vysílání a také příjmu vf signálů. Její délka by měla odpovídat vlnové délce. Provedení antény může být externí, stejně jako vlastní v podobě trasy na desce. Posledně jmenovaná nebude tak účinná, je ale menší a levnější.

Díky vf produktům na způsob SoC nebo integrovaným modulům lze každopádně při návrhu vyřešit spoustu zmíněných problémů. Stále jsme je ale nezapojili do konkrétního systému.

■ Vf systém a jeho parametry

Kromě obvyklých parametrů, jako jsou napájecí napětí, proud apod., zde máme i další, které jsou pro vf obvody specifické:

- **Šířka pásma** – kmitočtový rozsah, který bude možné s obvodem zvládnout. Definuje rychlost přenosu informace.
- **Výkon** – až na obrovské televizní věže nebo mobilní sítě je obvykle docela nízký. Wi-Fi je např. omezeno na 100 mW, mobilní telefon přibližně 15 mW a Bluetooth jen 1 mW.
- **Odstup signál – šum (SNR)** – úroveň užitečného signálu v porovnání s rušením, což bude jakýkoli nežádoucí signál, který může pocházet z okolí nebo být generován interně.
- **Vf interference (RFI)** – elektromagnetické interference mohou být vyzářené nebo šířené po vedení, včetně napájecích kabelů.
- **Požadavky regulačních orgánů** – každá země si definuje standardy pro přenosový výkon a kmitočty.



Obr. 2 ADIsimPLL je o rychlém přizpůsobení parametrů a kmitočtů PLL, optimalizaci filtrů smyčky a vykreslování výsledků buď v časové, nebo i kmitočtové oblasti (zdroj: Analog Devices)

■ Návrhové nástroje pro vf obvody

Návrhové nástroje mohou v případě obvodů pomoci s výpočty, layoutem desky a také simulacemi. U simulátorů je zapotřebí modelovat obvod a elektromagnetické vlivy, pokud jde o pouzdra integrovaných obvodů a vzájemná propojení.

■ Nástroje firmy Analog Devices

Analog Devices má k dispozici různé pomůcky [1], které mohou návrh vf systému zjednodušit. Patří mezi ně:

- **ADIsimPLL: návrh a simulace syntezátoru s PLL**
 - úprava parametrů a kmitočtů PLL a optimalizace filtru smyčky
 - zobrazení výsledků buď v časové, nebo frekvenční oblasti
- **ADIsimRF: simulace řetězců pro vf signály až s 50 stupni**
 - rozsáhlá knihovna součástek pro vf techniku a smíšené signály
 - výpočet zisku, rušení, zkrácení výkonové spotřeby
 - vykreslení výkonu, kmitočtu a zesílení pro každý stupeň
- **ADIsimSRD Design Studio: návrh a optimalizace bezdrátových systémů s krátkým dosahem**
 - odhad dosahu a výpočet výdrže baterie
 - pomoc při výběru krystalu, přizpůsobení antény a dalších součástek
 - flexibilní spektrální analyzátor založený na FFT
- **Kalkulačky**
 - vf impedance / přizpůsobení linky / komplexní zátěž
 - převod mezi standardními jednotkami při měření výkonu a intenzitou signálu (V_{RMS} , dBm, dBu, dBV)

■ Nástroje a kalkulačky Qorvo

Qorvo se zaměřuje na vf součástky a nabízí řadu nástrojů [2] s cílem usnadnit návrh vf systému. To se přímo dotýká i některých záležitostí popsaných výše, třeba výpočtů v případě součástek sloužících k přizpůsobení zdroje a zátěže o různé impedance nebo účinnosti při přenosu výkonu, máme-li odražené, resp. stojaté vlny. Jiné nástroje zase pomohou s návrhem filtru, zhodnocením vícestupňových obvodů, řízením napájení nebo řešením desky. Tabulky pak zprostředkují převod mezi jednotkami nebo též informace o různých standardech bezdrátové komunikace. Qorvo zde rovněž nabízí modely součástek pro využití v několika běžných simulačních nástrojích.

■ Další nástroje a kalkulačky pro vf návrhy

V článku jsme se krátce zaměřili na nástroje, které dokážou speciálně pomoci se složitými problémy během návrhu vf systému. Protože se však jedná o konkrétní případ analogových zapojení, mohou se uplatnit i jiné nástroje představené v našem seriálu. Vf technika se např. neobejde bez filtrů, ale ani náležitě regulovaných zdrojů napájení, tedy oblastí, kterým jsme se již věnovali.

www.mouser.com

Odkazy:

[1] <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/rf-and-synthesis-tools.html>

[2] <https://www.qorvo.com/design-hub/design-tools>

Nejširší výběr elektronických součástek™

Skladem a připraveno k odeslání



Rozumět funkci budičů A/D převodníků se vyplatí

Kevin Tretter | Microchip Technology

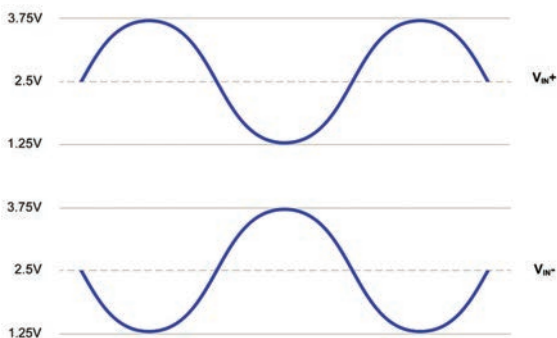
V celé řadě oblastí se stále častěji setkáváme se snímači. Potřeba zpracovávat analogové signály, včetně souvisejících analogově-číslíkových převodníků (ADC, A/D), tedy neustále roste. Pro globální trh se senzory se také předpokládá složené roční tempo růstu přes devět procent. Expanze se přitom na koncových trzích týká různých aplikací internetu věcí, tovární automatizace a řízení, péče o veřejné zdraví a bezpečnost, zdravotnictví nebo též automobilového průmyslu. V případě A/D převodníků se pak ubíráme k lepšímu rozlišení a také vyšším rychlostem, protože jsou taková řešení cenově ještě dostupnější.

■ Co to je budič převodníku

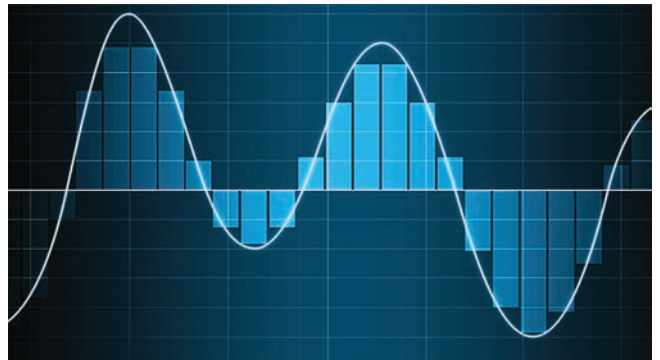
Jak již název napovídá, budiče ADC jsou speciální zesilovače navržené především ke vzájemné spolupráci s A/D převodníky – ať se již bude jednat o architekturu s postupnou aproximací, pipeline, či delta-sigma. Takové úzce zaměřené zesilovače budou klíčovou součástí obvodového řešení umožňující převodník pracovat naplno. S nástupem vyšších rychlostí a lepšího rozlišení pak u ADC jejich význam roste ještě více.

■ K otázce vstupů převodníku

Dříve než se dostaneme k technickým vlastnostem vyžadovaným od budiče ADC, bude užitečné krátce se zaměřit na vstupní architekturu současných A/D převodníků. Rozdílový signál je možné definovat ve dvou bodech, u kterých máme sice stejné,



Obr. 1 Příklad rozdílového sinusového průběhu signálu



Obr. 2 Zjednodušená vstupní struktura převodníku se spínanou kapacitou

ale jinak opačně orientované průběhy vztažené k pevně dané úrovni, kterou pak nazýváme souhlasnou. U zmíněných dvou signálů – míst – pak obvykle používáme výrazy, jako jsou kladný či záporný, resp. neinvertující a invertující – viz obr. 1.

V našem případě bude plné vstupní napětí špička–špička rozdílově činit 5 V, přičemž každá ze složek má rozkmit 2,5 V špička–špička. Souhlasná úroveň zde bude rovna 2,5 V. Většina současných ADC s lepšími parametry využívá právě rozdílové vstupní architektury, která v porovnání s jednoduchými vstupy nabízí lepší výsledky. Mezi její výhody zařadíme schopnost potlačit souhlasné rušení a také interference nebo i nárůst dynamického rozsahu o 6 dB (tj. na dvojnásobek).

A/D převodníky mohou pro vývojáře představovat obzvláště náročný úkol. Potkáváme se zde totiž s řadou různých vstupních architektur pro vzorkování, které je zapotřebí uvážit na systémové úrovni. Pro účely našeho pojednání se zaměříme na ADC, které na vstupu za účelem pořizování vzorků využívají strukturu se spínanou kapacitou. Takový vstup bude v nejjednodušší podobě složený z relativně malé kapacity společně s analogovým spínačem – viz obr. 2.

Pokud se spínač nachází v poloze č. 1, nabíjí se vzorkovací kondenzátor na napětí v příslušném bodě, které je v našem případě tvořeno V_s . Spínač se poté přepne do pozice č. 2, kde bude náboj nahromaděný ve vzorkovacím kondenzátoru přenesen do zbývající části obvodu. Celý proces se pak znovu opakuje.

Vstup se spínanou kapacitou bez jakéhokoli bufferu jako je i ten popsany výše může na systémové úrovni způsobit zásadní problémy. Proud potřebný k nabití vzorkovací kapacity na příslušné napětí totiž musíme dodat z vnějšího obvodu zapoje-

ného ke vstupu ADC. Máme-li tedy spínač dle obr. 2 v první poloze a kondenzátor může vzorkovat, bude při spuštění nabíjení kapacity zapotřebí velkých proudů. Velikost okamžitého odběru je přítom funkcí velikosti vzorkovací kapacity, kmitočtu, na kterém kondenzátor spíná, a také napětí přítomného na vstupu. Proud během spínání lze proto vyjádřit následovně:

$$i_{in} = CVf$$

kde C bude kapacitou vzorkovacího kondenzátoru, V představuje napětí přítomné v konkrétním bodě (v našem případě to znamená V_s) a f bude konečně kmitočtem, na kterém spínač při vzorkování spíná a vypíná. Spínání bude mít na vstupu za následek velké proudové špičky, přesně jak to vidíme na obr. 2.

Při návrhu analogových obvodů zapojených před A/D převodníkem je proto zapotřebí zvážit možné důsledky proudu teokoucího spínačem. Teče-li takový proud jakýmkoli odporem, vzniká na něm úbytek napětí, který pak na vstupu ADC vnáší napěťovou chybu. Zkreslení se může rovněž vyskytnout, pokud se před dalším cyklem vzorkování vstup zcela neustálí.

■ Řešením jsou budiče převodníků

Zachovat v případě senzoru požadovanou integritu signálu a naplno přitom těžit z A/D převodníků s vyšším rozlišením a také větší rychlostí není vůbec jednoduché. Jakmile rozlišení a také rychlost ADC rostou, bude vliv šumu a také zkreslení, pokud jde o signál přicházející ze snímače, ještě patrnější. Při vyšších rychlostech vzorkování A/D převodníku je kromě toho zapotřebí pečlivě zajistit, aby se vstupní signál ustálil ještě před samotným vzorkováním. Signály s větší šířkou pásma nám rovněž nesmí zasahovat do pásma užitečného signálu.

Abychom se s těmito náročnými úkoly při zpracování signálu vypořádali, bude v řadě aplikací s ADC zapotřebí budič A/D převodníku, který zajistí adekvátní ustálení a také anti-aliasing. Jak jsme již naznačili, většina moderních ADC používá rozdílovou architekturu vstupu. Jednou z hlavních funkcí budiče převodníku pak bude zajistit konverzi jednoduchého přichozícího signálu na rozdílový (i když stejně jednoduše si budou vědět rady i s rozdílovým vstupním signálem).

Další funkce budiče ADC spočívá v oddělení vstupního signálu, takže zbylé obvody izolujeme od injekce náboje na vstupu

převodníku. Budič ADC poskytuje okamžitý náboj, aby se mohl vstup v dané době rovněž ustálit a minimalizovalo se jakékoli zkreslení, které souvisí právě s ustálením. Na úrovni desky je navíc zapotřebí věnovat pozornost layoutu v případě budiče ADC a také převodníku, kdy potřebujeme zajistit minimální odpor trasy vedoucí z výstupu budiče na vstup ADC.

Většina zesilovačů na pozici budičů A/D převodníků hardwarově také nabízí vývod, který vývojářům umožňuje posouvat úroveň souhlasného napětí. Taková funkce nám perfektně zajistí vystředění výsledného rozdílového signálu s ohledem na vstupní napěťový rozsah ADC, takže se maximálně využije dynamický rozsah. Provozní napětí se zmenšují a význam dynamického rozsahu při zajišťování plného rozlišení vstupního signálu zde proto ještě více roste.

Podobně jako většina zesilovačů v podobě součástek mohou nakonec i budiče A/D převodníků vyřešit zesílení vstupního signálu, stejně jako aktivní filtraci. Dlužno však dodat, že většina budičů ADC mívá specifikace s relativně malým ziskem, typicky pouze 1 či 2 V/V. Pokud se u zesilovače udrží nízké zesílení v uzavřené smyčce, maximalizuje se zisk smyčky a znamená to nejmenší zkreslení. Jestliže má např. zesilovač zisk v otevřené smyčce 100 dB a bude přizpůsoben pro zesílení v uzavřené smyčce 200 nebo 46 dB, dostaneme rozmezí pro zajištění linearity, pokud jde o zesílení v otevřené smyčce, pouze 54 dB nebo zhruba jedna ku pěti stům. Je proto běžné mít samostatný zesilovací stupeň, který je umístěn poblíž zdroje signálu, aby chom maximalizovali odstup signál–šum.

Díky rozšiřování senzorů v celé řadě oblastí se obvodům pro zpracování signálu dostává ještě větší pozornosti. S tím, jak cena A/D převodníků s vysokým rozlišením a také vyšší rychlostí postupně klesá, bude ale náročnější podobná zlepšení vlastností realizovat.

Abyste proto ze svého A/D převodníku vytěžili maximum, bude při optimalizaci vlastností hrát klíčovou roli právě budič ADC, který by měl do zdrojového signálu vnášet jen zcela nepatrné zkreslení, šum nebo i chyby spojené s dobou ustálení. Za účelem dosažení maximálního výkonu vysokorychlostních A/D převodníků s vysokým rozlišením byly již konkrétně navrženy speciální obvody, jako je např. rozdílový budič MCP6D11 [1].

Odkazy:

[1] Obvody MCP6D11, <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP6D11>

PADS® Professional

- Výkonné kreslení schémat a návrh desek plošných spojů
- Analýzy Signal Integrity, Power Integrity a Thermal

SIEMENS

Informace a prodej: CADware s.r.o.
tel.: +420 485 106 131 | info@cadware.cz | www.cadware.cz

CADware
s.r.o.

RedCap: IoT pro 5G

Brian Davis | Anritsu

Zařízení internetu věcí jsou dnes na každém rohu a využívají několik převážně úzkopásmových způsobů připojení. S nástupem sítí 5G zde roste i potřeba protokolu IoT, který vše náležitě zužitkuje. To je také podnětem k vývoji RedCap (Reduced Capability).

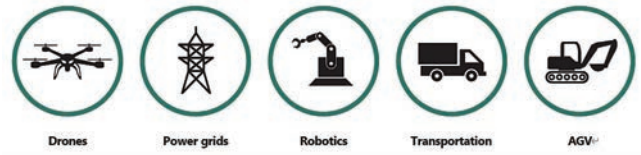
Pod označením RedCap rozumíme specifikaci bezdrátového IoT (3GPP) navrženou tak, aby řešila některé obecné, ale i specifické způsoby použití v souvislosti s 5G NR. Při zpětném sledování se od nynějšího stavu RedCap dostaneme k několika požadavkům, které se v daném odvětví protlačily až na vrchol díky společným a vzájemně se překrývajícím potřebám přicházejícím z praxe a také daných vertikál.

5G NR Release 15 (3GPP, Rel-15) bylo v první řadě navrženo s ohledem na oblasti vyžadující menší prodlevu, vyšší špičkové rychlosti přenosu dat a také mimořádnou spolehlivost za hranicemi starších bezdrátových sítí 4G. Dále bylo rozšířeno díky 5G NR Rel-16 s přidáním TSN (Time-Sensitive Networking), včetně dalších zlepšení, pokud jde o požadavky na spolehlivost nebo zpoždění.

Zmíněná dvě vydání byla pro účely internetu věcí velmi užitečná. Stále se však dostatečně nepřiblížila ke stávajícím specifikacím 3GPP 4G Rel-13 a 14, které řešily energetickou účinnost, pokrytí nebo nižší cenu zařízení. Evidentně zde bylo zapotřebí protokolu, který bude počítat s TSC (Time Sensitive Communications) a umožní přitom těžit z účinnosti a ceny spojované s 4G, stejně jako spolehlivosti či prodlevy, pokud jde o 5G. Výsledkem se stal RedCap, který byl ve specifikacích 3GPP oficiálně přijat v červnu 2022.

■ Proč operátoři potřebují RedCap

Existuje několik důvodů, proč operátoři RedCap potřebují. Sítě 5G jsou sice nasazovány v celosvětovém měřítku, ale nebudou pokaždé stejné. Máme zde dva různé typy: Stand Alone (SA) a Non-Stand Alone (NSA). Síť SA zcela závisí na specifikacích 3GPP 5G, a to pro veškerá zařízení, včetně infrastruktury, zatímco síť NSA počítají jak s 3GPP 4G, tak i 5G. Znamená to, že zařízení „jen pro SA“ jsou navržena speciálně pro síť 5G a nepodporují technologie 4G, jako jsou LTE-M a NB-IoT. To ale může znamenat problém pro operátory v sítích 5G vystavěných čistě na „zelené louce“, tedy bez jakékoli dřívější instalace 4G. Aby zařízení dále vyhovělo specifikacím 5G, musí splňovat minimální požadavky



Obr. 1 K očekávaným oblastem využití technologie RedCap

zahrnující šířku pásma 100 MHz a čtyři antény pro RX. To je však mnohem víc, než bude ve spoustě případů ze světa IoT nutné. Díky rostoucím požadavkům kladeným na napájení pak zařízení se zmíněnými podmínkami nebudou vhodná pro síť LPWA (low power wide area). Minimální požadavky na zařízení v sítích 5G se uplatní jak v rámci SA, tak i NSA.

RedCap zde přitom nabízí přechod od 4G k 5G. Spektrum se totiž přesunulo do nových pásem a také se překlenula propast mezi technologiemi 4G IoT a 5G NR.

■ Výhody spojené s RedCap

Základní výhody RedCap spočívají v nových způsobech využití umožňujících vyvíjet zařízení s relativně nízkými náklady. Průmysl poplatně IoT a 3GPP Rel-17 na úvod skloňuje tyto tři případy: bezdrátové průmyslové snímače, video dohled a nositelnou elektroniku. Každý z nich má přitom trochu odlišné požadavky související s přenosovou rychlostí, prodlevou, spolehlivostí nebo výdrží baterie – viz také *tabulka 1*.

Vzhledem k tomu, že technické schopnosti systémů založených na RedCap budou menší než u chytrých telefonů s podporou 5G, mohou zde využít jednodušší modem a také v návrhu, což na oplátku snižuje cenu zařízení, proudovou spotřebu, ale i rozměry.

Méně složitý hardware bezdrátové části pro zařízení tedy znamená jednodušší modem, včetně struktur v front-endu, zatímco snížený počet antén a méně MIMO dále umožňuje srazit náklady. Méně duplexerů, zesilovačů nebo i filtrů dokáže u zařízení s RedCap výrazně zkrátit rozpiskou součástí.

V návaznosti na jednodušší hardwarové požadavky nebo i nižší cenu lze v průběhu několika dalších let očekávat spoustu nových zařízení 5G, ale i možných způsobů využití. Výrazněji by mohla dokonce klesnout i cena chytrých telefonů založených na RedCap.

■ RedCap ve srovnání s 5G a LTE

Při pohledu na *tabulku 2*, která nám ukazuje, jak RedCap snižuje složitost zařízení, včetně potřebných funkcí, vidíme, jak mezi sebou dále porovnat požadavky RedCap, 5G (UE, min.) a LTE. Mezi nejdůležitější oblasti zde patří:

Šířka pásma

Maximum v podobě 20 MHz (FR1) a 100 MHz (FR2) dokáže omezit výkonovou spotřebu a snížit i náklady na součástky. Nedosáhneme však vysokých přenosových rychlostí jako u plnohodnotných zařízení NR.

Use Case	Device Type	Latency	Reliability	Battery Life
Industrial Wireless Sensors	Sensors: Temperature, Pressure, motion, humidity, proximity	<100 ms Safety applications: 5 ms to 10 ms	99.99%	~ 2 years
Video Surveillance	Smart Cities, Agriculture, Factories, Retail, Commercial	<500 ms	99% - 99.9%	NA
Wearables	Smart watches, health monitors, AR/VR Headsets	NA	NA	multiple days up to 1-2 weeks

Tabulka 1
Možné způsoby nasazení technologie, včetně souvisejících vlastností

Redcap Device Complexity Reduction		Redcap requirements comparison over 5G Min. Requirements & LTE					
3GPP RF TRX	Rel-17 Rel-18 (under development)	Battery Life	Low Cost	Smaller Size	Coverage	Peak Data	Low Latency
Bandwidth	Rel 17: FR1: Up to 20 MHz Rel 17: FR2: 100 MHz Rel 18: FR1: 5 MHz	Better	Better		Neutral	Reduction	Neutral
Deployments	in NR channel (SA only) no min frequency band requirement	Better	Better	Better	No LTE	Reduction	Better than LTE
Antennas	1 (or 2 RX MIMO)	Better	Better	Better	Not as good DL coverage	Reduction	Limited
Duplex Mode	FDD Half or Full TDD	Better	Better	Better	Limited	Limited	Half Duplex control message delays
Maximum TX Power	FR1: Class = 3 +23 dBm FR2: Class = 7 TRP: +23 dBm EIRP: +43 dBm	Better	Better	Smaller Battery	Cell Edge Reduction		
Carrier Aggregation	No	Better	Better	Better		Reduction	
Modulation Order	up to 64QAM	Marginal				Reduction	Limited
Reduced PDCCH Monitoring	Reduced Blind Decode (BD) per slot Extended PDCCH monitoring gap Dynamic adaption of PDCCH BD	Better					
Extended DRX	Extended eDRX for RRC Inactive and/or Idle up to 10485.76s	Better			Mobility Control message delays		
RRM Relaxation for Stationary	Non-Cell edge device RRM Relaxation triggers	Better			Mobility Control message delays		

Tabulka 2
Zjednodušování zařízení RedCap a srovnání požadavků s 5G či LTE

CA (Carrier Aggregation)

Žádná podpora CA pro zařízení s RedCap znamená, že budou v jednu chvíli potřebovat pouze jeden kmitočtový kanál. Snižuje se tím proudový odběr, cena i rozměry.

■ Kam aktuálně směřujeme

Specifikace RedCap byly začleněny v rámci 3GPP Rel-17 a schváleny v červnu 2022. Než se u modemů a také v front-endů projeví, zabere to přibližně jeden rok. Pro moduly a koncová zařízení to pak bude ve výsledku znamenat další rok nebo méně, takže nějaká první zařízení RedCap lze s ohledem na

složitost a míru integrace očekávat od konce roku 2023 až do poloviny příštího roku. To je tak akorát, protože globálně působící operátoři budou dalších několik let nepřetržitě nasazovat sítě 5G SA.

- Rel-17 RedCap ale jen odstartoval proces snižování složitosti vedoucí k menším nákladům a také rostoucí výdrži baterie. Spousta věcí se však ještě musí vyřešit. V 3GPP se již např. věnují RedCap Rel-18 (NR Advanced), přičemž výchozí zveřejnění se pro takové „RedCap Phase 2“ plánuje začátkem roku 2024. V rámci studie se tak můžeme např. setkat se:
- sidelink (přímá komunikace 5G zařízení–zařízení),
 - positioning (lepší zaměření za účelem zvýšení přesnosti aplikace),
 - nelicencovaným pásmem (dostupnost sdíleného spektra),
 - Multicast & Broadcast (MBS, služby „point to multi-point“) nebo
 - typy zařízení RedCap (členění zařízení RedCap).

RedCap má před sebou nepochybně skvělou budoucnost. Očekávají se přitom i další možné způsoby využití, třeba při náročných úkolech spojených s drony, rozvodnou sítí, robotikou, průmyslem, přepravou, sledováním zboží, AGV a mnoha dalšími oblastmi.

Nasazení

- Sítě SA jsou jediné, které zařízení s RedCap podporují. Znamená to, že zde nemáme žádnou konektivitu 2G / 3G / 4G vyžadující složitý hardware v částech, takže snižujeme spotřebu energie a také rozměry.
- Chytré telefony s NR musí v celosvětovém měřítku obvykle podporovat spousty kmitočtových pásem. Zařízení s RedCap budou navržena pro konkrétní účely, třeba též jako nepřenosná.
- Zmíněné dva body však mohou do doby, než se sítě SA více rozšíří, znamenat nevýhodu. Základní schopnosti NR, jako je SCS (Sub-Carrier Spacing), snižují zpoždění.

Antény

Pro zařízení s RedCap lze navrhnout až dvě antény přijímače, což je o dost méně než v případě požadavků 4 × 4 u chytrých telefonů s NR. Může to snižovat pokrytí, protože MIMO lze použít ke zlepšení vlastností u downlinku.

Maximální výkon TX

Nižší úroveň TX, než je tomu v případě chytrých telefonů s NR, zmenšují spotřebu energie, podporují menší baterie a snižují též náklady. Hrozí však horší pokrytí na okraji buňky.

Řízení napájení u bateriových aplikací ve stylu „vše v jednom“ aneb jak nPM1300 od Nordic zjednoduší návrh a nahradí na desce až osm samostatných obvodů

Robin M. Saltnes | Nordic Semiconductor
Jakub Krenek | Rutronik

Pokud chytré aplikace něco postrádají, je to dostatek volného místa. Složitost a výkonnost IoT aplikací se stále zvyšuje, a proto je pro vývojáře důležité hledat cesty ke snížení jejich spotřeby a prodloužení výdrže integrovaných nabíjecích baterií. Energeticky úsporné SoC, SiP nebo speciální IC to samy o sobě nevyřeší.

Pokud máme skutečně dosáhnout dlouhodobé udržitelnosti, neobejdeme se bez účinného systému pro řízení energie. Tento systém rovněž reguluje jednotlivé požadované úrovně

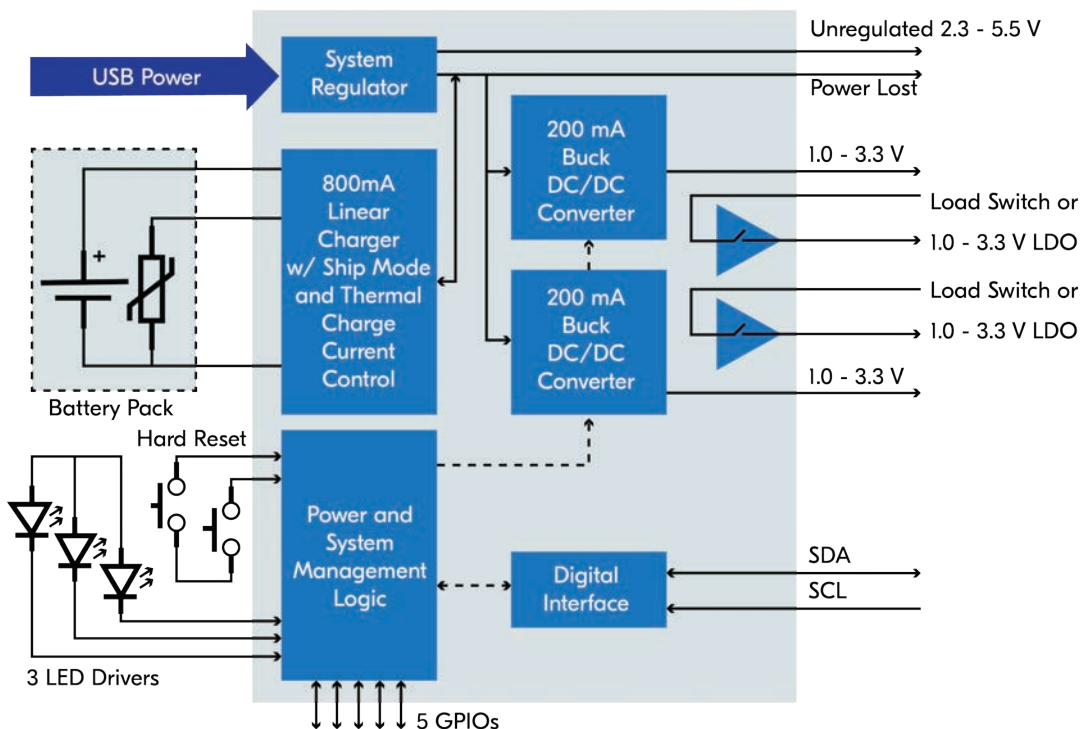


napětí a současně zajišťuje optimální nabíjení baterií. Konvenční řešení užívaná k řízení spotřeby energie vyžadují řadu součástek, jako je regulátor napětí, nabíjecí IC, indikátor stavu nabití, externí watchdog a tvrdý reset, které ubírají značnou část PCB. V následujícím textu společnost Rutronik ukazuje, jak vše navrhnout jinak s využitím řešení od Nordic Semiconductor.

Inteligentní řízení napájení na ploše jen 5 × 5 mm QFN32 nebo 3,1 × 2,4 mm WLCSP nabízí IoT vývojářům řešení jak energetické účinnosti, tak i otázky spojené s dostupným prostorem. Obvod nPM1300, coby nejnovější přírůstek do rodiny Power Management IC (PMIC), zjednodušuje návrh systému tím, že klíčové funkce jsou již integrovány v jednom IC.

■ Varovné funkce pro zajištění stabilní činnosti

Jestliže dojde k výpadku napájení, může se stát, že po jeho obnovení aplikace nenaběhne korektně. PMIC čeká, dokud host procesor nezačne signalizovat, že je vše v pořádku. Jestliže však tato zpráva nepříjde ve stanoveném intervalu, vypne všechny připojené součástky a spustí další pokus o zapnutí.



nPM
FAMILY



The future of power management

nPM1300 Power Management IC

Stop using five or six separate chips in your power management design. Nordic's nPM1300 has everything you need in one PMIC, including some functions you didn't realize you needed. Until now.

START YOUR DEVELOPMENT TODAY

More Information



NORDIC
SEMICONDUCTOR

Někdy může být zase nutné nuceně vypnout zařízení – třeba když se zacyklí a nedokáže se z takového stavu samo dostat ven. Nordic pro zmíněné případy pamatuje na tvrdý reset pomocí jednoho nebo dvou tlačítek připojených přímo na piny PMICu. Lze tak výrazně zmenšit zastavěnou plochu a ještě přitom zlepšit možnosti snadného ovládání.

Další monitorovací funkci přináší watchdog timer. Pokud při nabíjení baterie dojde k selhání softwaru, odešle se impuls do host procesoru, aby se nabíjení zastavilo. Zabrání se tak poškození baterií, ale i zbytečné spotřebě energie. Funkci lze obdobně využít k resetování host procesoru a vypnutí celého systému, pokud uplynul určitý čas.

Baterie, jejichž stupeň nabití klesl na spodní dvoucifernou procentuální hodnotu, nebo nechtěně vytažená síťová zástrčka – to jsou typické situace, ve kterých se uplatní další výstražná funkce. Varování v případě poruchy napájení dokáže díky přímému spojení informovat host procesor, že má k dispozici jen energii uloženou v záložním kondenzátoru. Ten pak následně může provést příslušná opatření, jako je třeba spuštění režimu s mimořádnou úsporou energie.

Díky hibernačnímu módu dokáže obvod PMIC uvést do stavu s extrémní úsporou energie také sám sebe. Napájeny proto budou jen ty nejdůležitější bloky PMIC. Opustit zmíněný režim lze buď prostřednictvím funkce časovače (s odběrem proudu jen pár nanoampér), nebo na základě stisku tlačítka.

■ Přesné měření úrovně nabití

Další přednost obvodů nPM1300 spočívá v precizním stanovení množství dostupné energie (fuel gauge), které bude rovněž k dispozici bez potřeby dodatečných vnějších součástek. Systém dosahuje přesnosti coulomb counteru za použití jednoduchého a úsporného měření napětí baterie. Zatímco posledně jmenované mívá při výpočtu napětí chybovost skoro dvacet procent, s obvodem nPM1300 to bude činit pouze jedno až max. dvě procenta. Obvody PMIC jsou stabilní pro provozní teploty od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. V testovacím prostředí s výrazným kolísáním teplot se budou podstatně měnit i výsledky měření spojené se stavem nabití. A tak zatímco při tradičním měření napětí baterie chybovost šplhá až k 30 procentům, v případě prvků nPM1300 to jsou jen čtyři procenta. Přesné výsledky měření jsou zásadní pro spolehlivost IoT zařízení. Nesmí být výrazně ovlivněny změnami okolní teploty.

Přesné stanovení úrovně nabití baterie napříč širokým rozsahem teplot je zajištěno softwarem vyvinutým společností Nordic, který běží na host procesoru, jako je Arm-Cortex M33 použitý v případě řady nRF53. Efektivní algoritmus vyhodnocuje informace jako vstupní a výstupní proud obvodu PMIC, výstup napěťového děliče pro monitorování napětí na vývodech baterie a výstupu z termistoru měřícího teplotu článků baterie.

Aby algoritmus poskytoval přesné výsledky, je nejprve nutné vytvořit model charakteristik baterie pomocí vývojové desky PM-FG, která poskytne přiměřenou odporovou zátěž. Proces měření charakteristik baterie se opakuje celkem třikrát při různých teplotách a výsledný model je následně exportován do aplikačního SW. V případě zachování stejného typu baterie je tento učící postup vyžadován pouze jednou.

■ S důrazem na efektivitu a přívětivost pro vývojáře

Obvod nPM1300 byl navržen, aby

- zajistil vysoce efektivní regulaci napájení pro obvody firmy Nordic řady nRF52[®] a nRF53[®], stejně jako pokročilé multiprotokolové SoC (Systems-on-Chip) nRF54H20, které podporují protokoly bezdrátové komunikace, jakými jsou Bluetooth Low Energy, LE Audio, Bluetooth Mesh, Thread a Zigbee,
- řešil nabíjení baterie v aplikacích založených na SiP (System-in-Package) řady nRF91 pro mobilní systémy IoT.

Obvody PMIC jsou samozřejmě také použitelné pro součástky od jiných výrobců. Jedná se o ideální řešení pro kompaktní moderní produkty ze světa IoT, jako jsou třeba vyspělá nositelná elektronika, chytrá měřicí zařízení, sledovací zařízení nebo přenosné aplikace používané v medicíně. PMIC nPM1300 zde zjednodušuje vývoj systému tím, že integruje základní funkce nezbytné pro zařízení s Bluetooth Low Energy do malého pouzdra, umožňuje dosahovat delší provozní doby, včetně efektivního nabíjení baterie s menším počtem součástek.

To, že vývojáři pracují pouze s jedinou součástkou, zjednodušuje interakci a konfiguraci PMICu. IC lze konfigurovat přes jednoduché rozhraní. S využitím vývojového kitu nPM1300 EK lze jednoduše ověřit a vyhodnotit nastavení nPM1300 bez potřeby programování. Veškerá nastavení nPM1300 lze přitom přizpůsobit v přidružené aplikaci nPM PowerUP (k dispozici v nRF Connect for Desktop) s intuitivním uživatelským rozhraním a exportovat jako kód, který je možné implementovat do uživatelské aplikace.

Přehled nejdůležitějších funkcí:

- Nabíječka baterie

Shoda s předpisy	JEITA
Napájecí napětí	3,5 až 4,45 V
Proudová trasa	dynamická
Nabíjecí proud	32 až 800 mA
- Vstupní regulátor

Vstupní napětí	4,0 až 5,5 V
Výstupní napětí	4,0 až 5,5 V, neregulované
Přepětová ochrana	22 V, přechodné
Proudové omezení USB	1 500 mA
- Snižující regulátor

Výstupní napětí	2×
Proudové omezení	1,0 až 3,3 V
Proudové omezení	200 mA pro každý výstup
- Napětí baterie

Napětí baterie	2,3 až 4,45 V
----------------	---------------
- Provozní teplota

Provozní teplota	-40 až +85 °C
------------------	---------------

Rychlý výčet ostatních funkcí:

- vstupní regulátor s podporou USB
- 800mA nabíječka
- přepravní a hibernační režim
- pětice GPIO a tři budiče LED
- vhodné pro nabíječky kompatibilní s USB-C a baterie s kapacitou až 1 000 mAh (lithium-iontové, lithium-polymerové a lithium-železofosfátové)
- čtyři individuálně říditelné úrovně proudu; dva výkonné snižující regulátory s proudovým omezením 200 mA a dva 100mA spínače zátěže nebo 50mA lineární stabilizátory.

Vše, co potřebujete vědět o stabilizátorech. Rušení, kompromisy, aplikace i trendy

Zhihong Yu | Analog Devices

V článku se zaměříme na několik důležitých parametrů, které nemusí být při výběru lineárních stabilizátorů LDO zase tak zřejmé. Z pohledu speciálních požadavků na nízké rušení zde LDO rovněž srovnáme se spínanými regulátory. Chybět nesmí ani trendy a vše konečně završíme představením aplikací, které se bez špičkových stabilizátorů neobejdou.

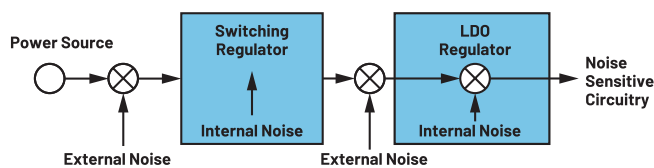
■ Pár slov úvodem

Naše elektronika má ve většině případů k dispozici zdroj napájení o vyšším napětí, než ke své činnosti obvykle potřebuje. Adaptér pro počítače je např. zapojen do síťové zásuvky s napětím 110 V_{AC} či 230 V_{AC} a odebírá méně než jeden ampér. Když pak různé polovodičové prvky provedou řadu snižujících konverzí napětí, může procesor v počítači nakonec pracovat i s méně než 1 V_{DC}, ovšem špičkově zde potečou již velké proudy. V takových případech každopádně počítáme s mnoha různými interními úrovněmi, které zasahují od méně než 1 V až do 12 V.

S lineárními stabilizátory, běžně označovanými jako LDO (low dropout regulator), se často setkáváme v celé řadě elektronických aplikací, kde také řídí a regulují nižší výstupní napětí odvozené ze vstupu o vyšší úrovni. Se stabilizátory, které obecně považujeme za velmi jednoduché obvody, se sice mnohdy setkáme již na začátku jakékoli učebnice věnované zdrojům napájení, ovšem vývojáři nemusí ani tak dostatečně rozumět některým technickým vlastnostem, které jsou při výběru LDO klíčové. Napětí a proud zkrátka nestačí. V textu se proto dále zaměříme právě na nízkošumové požadavky spojené se stabilizátory, ukážeme si některá řešení s malým rušením a zmíníme též i klíčové aplikace, které se bez čistého napájení neobejdou.

■ Šum – jeho původ a jak se s ním vypořádat

Lineární stabilizátor LDO se mezi vstupní napájení a další obvody jen zřídka zapojí přímo – výkonová ztráta totiž může být ve většině případů až příliš vysoká. Vývojáři místo toho zpravidla sáhnou po spínaném regulátoru, buď v provedení AC/DC, či DC/DC. Když pak zdroj, jako je třeba baterie nebo i síťový rozvod, takový regulátor napájí, můžeme se potýkat



Obr. 1 Rušení jako nedílná součást napájecího zdroje

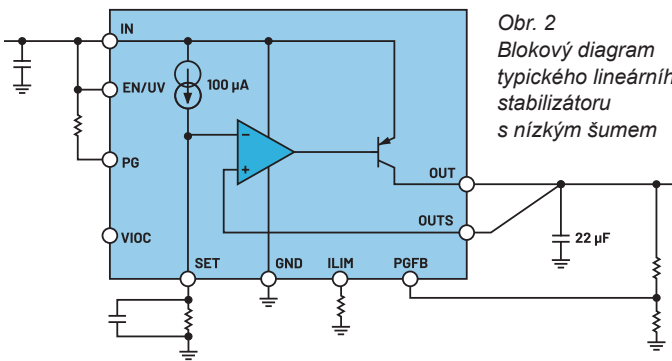
s jejich vlastním rušením, příp. je dále získáváme i z vnějšku, kde také bude generováno vyzařováním či v souvislosti s dalšími vlivy na kabelech nebo deskách plošných spojů. A aby to nebylo zase tak jednoduché, nemáme nikdy v regulátoru ideální spínač a každé spínání dále vytváří špičky nebo rušení, které se nakonec stávají interním šumem. Je také možné, že spínaný regulátor nebude přímo v místě zátěže a cestou se naváže další externí rušení.

Za účelem snižování výstupu regulátoru se proto docela často přidává lineární stabilizátor, který již spojíme se zátěží. LDO zde totiž může zajistit lepší regulaci a potlačit i zvlnění výstupu, příp. zde budeme mít i více zátěží, které si žádají odlišná napětí. Lineární stabilizátor pak obdrží veškeré rušení, které se dostává na jeho vstup, zatímco může sám generovat rušení, které je mu vlastní. Pokud ale vzniklou situaci neřešíme, dostane se nyní veškerý šum až k zátěži (viz obr. 1). Je to ale obtížné simulovat, a navíc ani nemůžeme předpovědět kmitočtové spektrum společně s amplitudou šumu, takže může docházet k interferencím na vysoce citlivých obvodech zátěže (to je ostatně i důvod, proč dokážou milovníci kvalitní reprodukce poznat rozdíl v kvalitě zvuku při výměně napájecích zdrojů). Mezi další citlivé obvody coby zátěže typicky patří vysokofrekvenční zesilovače, integrované obvody pro taktování a časování, SERDES, přesné analogové a obrazové snímače nebo zapojení, která lze nalézt v medicínských zařízeních, testovacích přístrojích, telekomunikacích, automobilovém průmyslu či datových centrech.

Vývojáři mají na snižování rušení u svých zdrojů napájení různé „páky“. Pomoci by např. mohlo přidání feritových prvků či filtrů typu dolní propusti před a také za regulátory, takže se potlačí rušení o vysokých kmitočtech. Řešení ale může být velké a nákladné. Navíc je opravdu nepříjemné, když vývojář zjistí, že takový filtr potřebuje až poté, kdy má hotový výchozí návrh prototypu.

Skvělý způsob, jak navrhnout řešení s nízkým šumem, spočívá v nasazení spínaných regulátorů Silent Switcher® firmy Analog Devices. Zmíněná rodina produktů staví na technologiích pro potlačení rušení, aniž bude nutné činit kompromisy v otázce rozměrů či efektivity nebo používat zbytečně mnoho součástek. Skupina chráněných návrhů se nyní vyvinula již do své třetí generace.

První generace produktů Silent Switcher 1 využívá při spínání za účelem potlačení magnetických polí dvojice smyček opačné polarity. Druhá generace zase integruje precizní napájecí kapacity a odstraňuje citlivost, pokud jde o layout desky plošného spoje. Třetí generace konečně počítá s vlastnostmi produktů Silent Switcher 1 a nabízí mimořádně nízké rušení na nízkých frekvencích společně s ultrarychlou přechodovou odezvou. Regulátory Silent Switcher podporují vstupní napětí, která mohou dosahovat i 65 V, a také zatěžovací proudy až



Obr. 2
Blokový diagram
typického lineárního
stabilizátoru
s nízkým šumem

30 A. K dispozici jsou topologie buck, boost či buck-boost. Více informací naleznete přímo na jejich stránkách [1].

Další oblíbený přístup zase vede přes LDO s nízkým šumem. Typický blokový diagram vidíme na obr. 2. Nízkošumové lineární stabilizátory jsou navrženy jako precizní proudová reference následovaná špičkovým napěťovým bufferem. Příznačné pro ně budou zejména následující tři klíčové faktory:

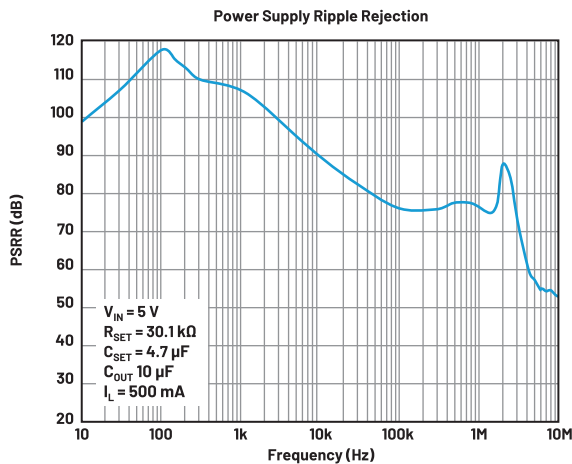
- činitel PSRR,
- spektrální hustota šumu a
- celkový jednotný výstupní šum.

PSRR zde reprezentuje kolísání u výstupního napětí způsobené vstupním napětím (obr. 3). Vyjádřeno bude v logarit-

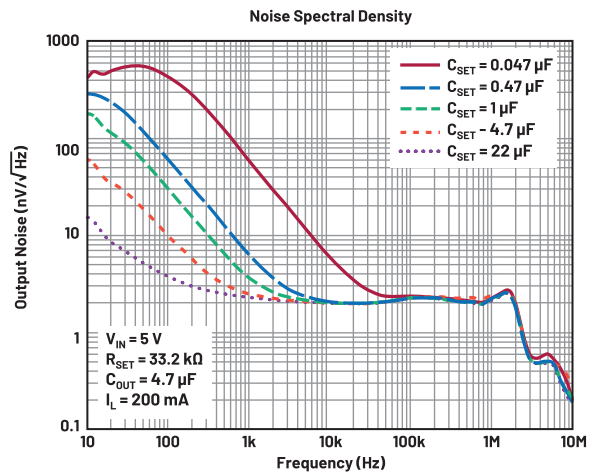
mickém měřítku pro konkrétní frekvenci a mění se společně se zátěží a vstupním/výstupním napětím. Vzhledem k tomu, že si v zásadě nepřejeme zrcadlit na výstupu vstupní rušení, bude nezbytné používat LDO s vysokým PSRR. To lze přitom na vysokých kmitočtech zlepšit vložením malých filtrů typu dolní propusti před a také za stabilizátorem, takže při výběru integrovaného obvodu bude důležitější PSRR právě na nižších frekvencích. Během volby součástek mějte na paměti, že každých 20 dB rozdílu zde z pohledu potlačení zvlnění představuje stonásobně lepší nebo i horší výsledky.

Další důležitý parametr bude na frekvenční ose dle obr. 4 tvořen hustotou šumu. V oblasti komunikací existují aplikace podléhající regulaci v kmitočtovém spektru. Pokud tedy máme při certifikaci projít testy, je zapotřebí mít rušení pod kontrolou. Potkáváme se rovněž s čidly, kdy okolní signál na určité nízké frekvenci snímáme a dále zpracovujeme. Vývojáři by proto měli zkontrolovat průběh spektrální hustoty šumu v kmitočtové oblasti, ve které se také pohybují.

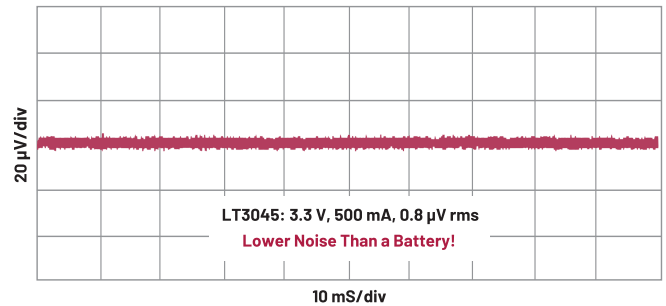
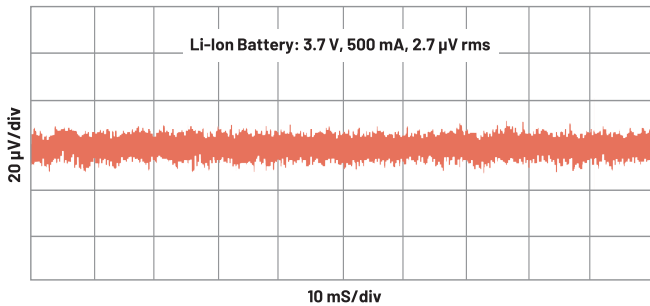
Poslední důležitý faktor je celkový (jednotný) výstupní šum, který je „rms“ hodnotou spektrální hustoty šumu s integrací v konečném frekvenčním rozsahu. U obvodů pro analogově-číslicový nebo též číslicově-analogový převod bude veškeré rušení LDO, od stejnosměrné oblasti až po šířku pásma systému, integrováno společně a ovlivňuje tak výslednou přesnost. Celkový výstupní šum je tudíž pro takové aplikace důležitý. Na obr. 5 vidíme integrovaný šum obvodu LT3045, který bude „čistější“ než Li-Ion baterie.



Obr. 3 Nízkošumový LDO a jeho typický činitel PSRR



Obr. 4 Hustota šumu v závislosti na kmitočtu



Obr. 5 Jednotný výstupní šum v pásmu 10 Hz až 100 kHz; nízkošumový stabilizátor LT3045 je dokonce „čistější“ než baterie

K otázce kompromisů

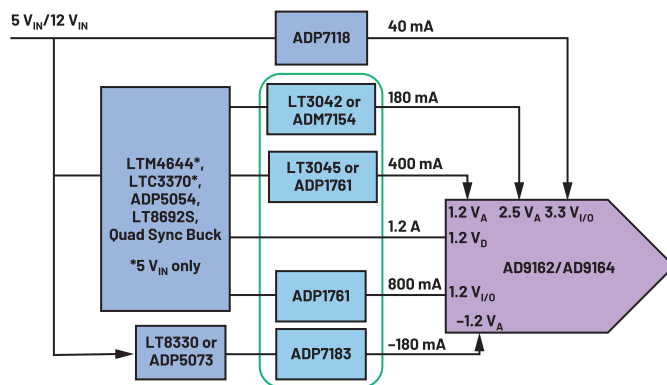
Prakticky u všech aplikací, které společně s dalšími obvody vyžadují přinejmenším jeden pokročilý procesor, bude zapotřebí komplikovaný zdroj napájení zahrnující větší počet výstupních úrovní. Vývojáři si pak mohou vybrat z různých řešení, jako jsou např. integrované PMIC (vícenásobný výstup, jediný čip), větší počet regulátorů s jediným výstupem nebo i více stabilizátorů LDO. Pokud je ale u některé, příp. i všech výstupních hladin vyžadováno nízké rušení, nemusí být jasné, co přesně zvolit.

V učebnicích se rychle dočtete, že spínané regulátory jsou obecně účinnější než lineární stabilizátory a obvody s LDO je zase jednodušší navrhnout. V reálném světě to ale bude malíčko složitější. Vezměme si kupříkladu AD9162 od ADI – integrovaný obvod, který se často používá v telekomunikacích nebo i přístrojové technice. Vyžaduje celkem deset napájecích úrovní rozdělených v poměru 4:2:2:4 pro analogovou část, číslicovou část a SERDES. Některé z nich lze sice kombinovat, ale i tak bude stále zapotřebí přinejmenším šesti zdrojů. Stojí za povšimnutí, že 1,2 V pro analog patří u této součástky k napájení, které je z pohledu rušení nejcitlivější. Následovano pak bude „analogovými“ 2,5 V a také -1,2 V.

Jedním z možných řešení se stává větší počet regulátorů Silent Switcher, třeba jako nejnovější 18V/2A obvody LT8622S nebo 5V/3A LTC3307B. S největší pravděpodobností zde také vyhoví požadavkům na nízké rušení bez nutnosti doplnění o vnější filtry. Pokud ale budeme tímto způsobem zajišťovat napájení u všech úrovní, rozměry a také cena se nám o něco navýší. Alternativní přístup, u kterého se snoubí veškeré výhody, jako je vysoká účinnost, nízká cena, malé rozměry a také nízké rušení, pak spočívá v PMIC a invertujícím regulátoru na pozici prvního stupně. Jako příklad si uveďme PMIC se čtyřnásobným výstupem typu LTM4644, LTC3370 či ADP5054 (pro 12V napájení) a LT8330/ADP5073 v případě invertoru. U každého výstupu pak budou následovat nízkošumové stabilizátory pro všechny citlivé hladiny napájení, vyjma $V_D = 1,2$ V (viz obr. 6).

ADI rovněž nabízí PMIC Silent Switcher se čtyřmi výstupy, jako jsou LT8692S, LT8686S, LT8685S či LT7200S, bude-li vyžadováno vyšší napětí nebo i proudové zatížení. Vývojáři mohou také zvážit použití nízkošumových LDO pro 3,3 V_{IO} a -1,2 V_A a nahradit PMIC plus navazující stabilizátory čtyřmi jednodukálovými regulátory Silent Switcher.

Pokud si máme nějak shrnout kritéria pro výběr, odkážeme na *tabulku 1* a její nízkošumová řešení. ADI obecně doporu-



Obr. 6 Řešení s nízkou hladinou šumu pro napájení D/A převodníku citlivého na rušení

čuje použít lineární stabilizátory s mimořádně nízkým šumem, bude-li zdroj na vstupu evidentně zarušený, když máme nízké proudové odběry, pokud je na výstupu vyžadováno nejmenší zvlnění, příp. chceme docílit nejnížší úrovně šumu.

U zatěžovacích proudů přes pět ampér se prakticky bez výjimky zapojí nízkošumové PMIC či spínané regulátory. LDO lze ale i tak zapojit paralelně a vykrývat přitom vyšší odběry. V případě průtoků mezi 2 a 5 A bude již na každém vývojáři, zda si vybere mezi stabilizátory, jako jsou ADP7158 / ADP7159, LT3073 či MAX38907, nebo celou řadou regulátorů Silent Switcher.

Aplikace

ADI má k nízkošumovým stabilizátorům rozhodně co říct. Nabídka se navíc dále rozšířila po nedávném nabytí Linear Technologies a Maxim Integrated. Výrobce se tak může nyní pochlubit širokým záběrem LDO s mimořádně nízkým šumem a v rozsazích od -20 V do +20 V nebo s proudy od 100 mA do 5 A. Níže uvádíme některé typické příklady aplikací odrážející potřeby spousty zákazníků:

- proslulý výrobce fotoaparátů DSLR zvolil nízkošumové stabilizátory k napájení svých obrazových snímačů, a to díky mimořádně nízkému rušení potřebnému při zpracování signálu ze senzoru,
- výrobce nejprodávanější termokamery na Amazonu vybral LDO s nízkým šumem k napájení svých infračervených snímačů, protože na trhu nenašel řešení s menším rušením,

Tabulka 1 Doporučení při výběru napájecího řešení s nízkým šumem

	PMIC	Spínané regulátory	Lineární stabilizátory
Nízkošumové vlastnosti	Silent Switcher 2	Silent Switcher 1, Silent Switcher 2, Silent Switcher 3	Mimořádně nízké rušení
Napětí/proudy	Až 42 V, 5 A	Až 65 V, 30 A	-20 V až +20 V, až do 5 A
Dynamická odezva	Rychlá	Rychlá	Pomalá
Účinnost	Vysoká	Vysoká	Nízká
Velikost řešení	Malá	Střední	Malá
Topologie	Snižující	Snižující, zvyšující, snižující – zvyšující	Lineární stabilizátor
Zvlnění	Střední	Střední	Nízké
Šum	Malý	Menší	Nejmenší
Cena	Střední	Střední	Nízká

- odběratel pohybující se v oblasti automobilových systémů ADAS (advanced driver assistance system, Tier 1) se rozhodl pro nízkošumové stabilizátory k napájení svých radarů a vř obvodů; ADI pro něj rovněž zajišťuje kompletní řešení napájení vyhovující požadavkům AEC,
- zákazník vybral do endoskopů LDO s nízkým šumem, a to kvůli malému rušení, stejně jako rozměrům daného řešení,
- odběratel na poli ATE (automatic test equipment) pro polovodiče zvolil moduly napájení a také lineární stabilizátory od ADI, se kterými napájí své obvody ASIC,
- další zákazník používá LDO s nízkou hladinou rušení k napájení svých audio D/A převodníků ve spojení se sluchátky určenými pro hráče,
- zákazník vyrábějící tiskárny používá nízkošumové stabilizátory kvůli požadavku na malé zvlnění,
- jiný odběratel zase vsadil na LDO s malým šumem u svých průtokoměrů; důvodem je vysoký činitel PSRR a z podstaty nízké zvlnění,
- ještě další zákazník (technologie massive MIMO) používá nízkošumové lineární stabilizátory při napájení svých výkonových zesilovačů na bázi nitridu galia.

Napájecí zdroje s nízkým rušením jsou klíčovou záležitostí pro většinu citlivých aplikací. Od vývojářů víme, že by automaticky raději zvolili nízkošumové integrované obvody pro napájení a získali tak v návrzích dodatečnou rezervu. Pokud je i ve vašem případě na obzoru jakýkoli problém s interferencemi, budete chtít možná jako první zkontrolovat právě zdroj napájení.

■ Co čekat od pokročilých stabilizátorů do budoucna

Společnost ADI má k dispozici celou řadu LDO s mimořádně nízkým šumem a neobyčejně vysokým činitelem PSRR. Také zde navrhuje a prodává spoustu dalších stabilizátorů s různými vlastnostmi, jako je např. vysoké průrazné napětí, nízký klidový odběr nebo též adaptivní vývod umožňující předřazenému měnič sledovat zátěž LDO apod. Na trhu se také často ozývá volání po lepších stabilizátorech s více funkcemi. Máme např. zákazníky, kteří nám volají kvůli LDO s ještě menší hladinou šumu, větším počtem kanálů, možností číslicové konfigurace, rychlejší přechodovou odezvou a vůbec vším, na co si jen vzpomenete.

Stabilizátory pořád vypadají jako jednoduchá součástka. Nikdy se ale nevytratí a budou se i nadále rozvíjet, podobně jako všechny jiné polovodiče. Pokud máte jakékoli otázky nebo potřebujete pomoc, určitě se obraťte na prodejce ADI, který je k vám nejbližší. Také se podívejte na parametrické vyhledávání lineárních stabilizátorů [2] a nabídku produktů LDO Plus [3] zahrnující stabilizátory s dodatečnými funkcemi.

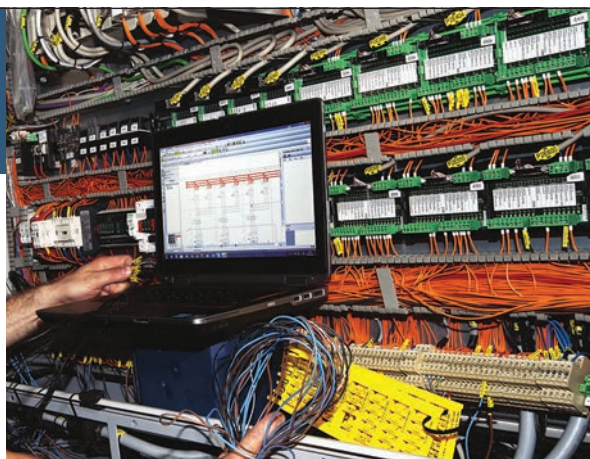
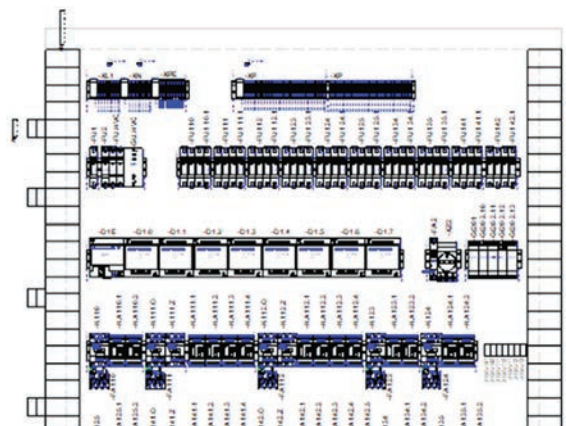
Odkazy:

- [1] <https://www.analog.com/en/products/landing-pages/001/silent-switcher.html>
- [2] <https://www.analog.com/en/product-category/ldo-linear-regulators.html>
- [3] <https://www.analog.com/en/product-category/ldo-plus.html>

PC | Automation

Profesionální ELEKTRO – CAD program

Kompletní zpracování dokumentace v oborech:



- automatizace
- elektroinstalace
- pneumatika
- měření a regulace
- elektronika
- hydraulika
- česká verze
- plná podpora výrobce programu
- intuitivní ovládání
- možnost výběru z několika sestav programu

AUTORIZOVANÝ DISTRIBUTOR: **CADware s. r. o.** | tel.: +420 485 106 131
info@cadware.cz | www.cadware.cz

CADware
s.r.o.

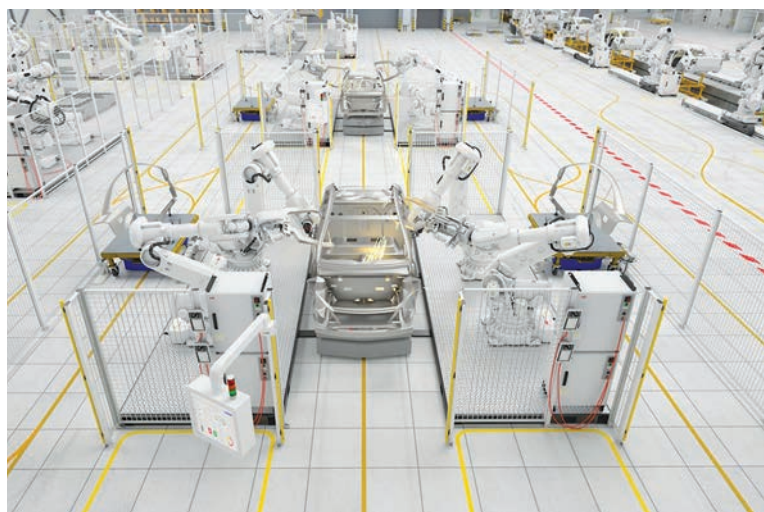
ABB rozšiřuje rodinu průmyslových robotů o čtyři energeticky úsporné modely

ABB s. r. o.

Divize ABB Robotika společnosti ABB rozšiřuje svou řadu robustních průmyslových robotů o čtyři modely nové generace, IRB 6710, IRB 6720, IRB 6730 a IRB 6740, ve 22 variantách s nosností od 150 kg do 310 kg a s dosahem od 2,5 m do 3,2 m. Díky širokému výběru variant mohou zákazníci dosáhnout vyšších výkonů ve výrobě a úspory energie.

„Klíčovým faktorem ve výrobě automobilů je udržitelnost, jelikož 78 % společností ji označuje za důležitou a 77 % za prioritu,“ uvádí Marc Segura, prezident divize Robotika ABB. „Tyto potřeby našich zákazníků uspokojují naše čtyři nové roboty ve 22 variantách, které představují odolné flexibilní řešení a nabízejí až 20% úsporu energie. Tyto nové roboty lze využít v celé řadě průmyslových odvětví včetně automotive, slévárenství, potravinářství a logistiky.“

Vyšší energetickou účinnost zajišťuje nový řídicí systém OmniCore™ a lehčí design robotu. Software TrueMove a QuickMove umožňuje pokročilé řízení pohybů pro dosažení maximální rychlosti a opakovatelné přesnosti najetí do bodu s minimální odchylkou 0,03 mm. Díky těmto parametrům je



nová řada robotů ideální pro úlohy, jako je bodové svařování, laserové svařování, šroubování a nýtování, a umožňuje tak výrobcům automobilů dosáhnout vysoké kvality montáže.

Nová řada robotů odpovídá potřebám rychle se rozvíjejícího elektromobilního průmyslu. Výrobci elektrických vozidel a baterií si mohou vybrat ze široké nabídky robotů ABB, které jsou vhodné pro manipulaci s bateriemi různých velikostí, od jednotlivých článků až po moduly a kompletní systémy, vysoce přesnou montáž karoserií automobilů, bodové svařování a instalaci sedadel či palubních desek v omezených prostorech ve vozidle.

Nové robustní roboty ABB byly poprvé představeny letos v červnu na veletrhu Automatica 2023 v Mnichově [2]. Na stánku ABB v plně funkční buňce na výrobu baterií předváděly bodové svařování, nakládání a vykládání dílů zásobníků baterií pro elektromobily, které bylo zajištěno jedním z plně autonomních mobilních robotů ABB.

Odkazy:

[1] <https://new.abb.com/news/cs/detail/105703/abb-rozsiruje-rodinu-prumyslovych-robotu-o-ctyri-energeticky-uspornemodely>

[2] <https://new.abb.com/de/en/messen-events/automatica>

[3] <https://new.abb.com/products/robotics>

CERTUMA
Certuma, spol. s r.o.
U Vodárny 1506, 397 01 Písek

www.certuma.eu
obchod@certuma.eu
+420 605 226 430

ZAKÁZKOVÁ
VÝROBA
ELEKTRONIKY

Dávkování materiálů při finální montáži elektronických sestav

Ing. Jiří Vondráček | Amtest Czech Republic, s. r. o.

Při finální montáži elektrotechnických výrobků se můžeme setkat s potřebou dávkování nebo nanášení různých materiálů. Jedná se zejména o operace:

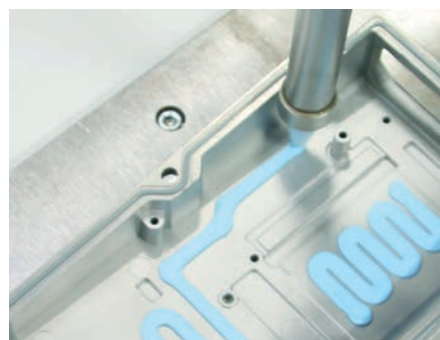
- zalévání modulů,
- nanášení litých těsnění,
- nanášení teplovodivých materiálů,
- lepení.



Obr. 1 Zalévání



Obr. 2 Nanášení těsnění



Obr. 3 Nanášení teplovodivé pasty

Používané materiály mohou být jak jedno-, tak dvousložkové a jejich viskozita je rovněž různorodá – od tekutin až po pastovité materiály. Zpracování těchto materiálů přináší spoustu nových výzev do již tak složitého výrobního procesu.

Při procesu nanášení těchto materiálů musí být zabezpečeno, že materiál bude homogenní, tedy nebude obsahovat bubliny. Rovněž některé materiály obsahují plniva a je zapotřebí zabezpečit jejich promíchávání, aby se zabránilo sedimentaci. Materiály jsou také citlivé na teplotu nebo vzdušnou vlhkost. Dalším důležitým faktorem je jejich abrazivita, zejména u pastovitých materiálů, což má přímý vliv na životnost čerpadel a ventilů.

V případě dvousložkových materiálů je výčet požadavků ještě delší. Je nutno zabezpečit homogenní promíchání komponenty A a B. Zařízení musí hlídat dobu zpracovatelnosti namíchaného materiálu a zabezpečit pravidelné proplachování míchací hlavy, aby nedošlo k vytvrzení již smíchaného materiálu uvnitř systému.

Pro všechny tyto operace nabízí německá firma bdtronic svá inovativní řešení.

- Dávkovací systémy se skládají ze tří částí:
- příprava materiálu,
 - dávkovací pumpa,
 - míchací systém (u dvousložkových materiálů).

- U přípravy materiálu se setkáváme s materiály, které jsou:
- samonivelační – dají se přelit do zásobníků (do 50,000 mPas),
 - pastovité materiály – materiál se nabírá přímo z přepravních kbelíků.

Pro dvousložkové materiály můžeme k míchání použít statický mixér, kdy jsou oba komponenty dávkovány volumetrickými čerpadly do plastové míchací trubice, kde dochází k jejich homogenizaci. Správný míchací poměr je nastavován pomocí nezávislého nastavení rychlosti čerpadla pro složku A a B.

Výhody statického mixéru jsou:

- jednoduché čištění – výměna plastové míchací trubice,
- vhodné pro materiály se střední až dlouhou dobou zpracovatelnosti po namíchání,
- minimální nároky na prostor a hmotnost,
- míchání od nízkoviskózních až po pastovité materiály.

Druhou možností zpracování dvousložkového materiálu je použití dynamického mixéru, kde jsou složky A a B volumetricky dávkovány do malé komory s míchadlem.

Výhody dynamického mixéru jsou:

- vysoká kvalita míchání,
- vhodné pro materiály s krátkou dobou zpracovatelnosti,
- obtížné míscí poměry a různé viskozity,
- přímý vliv na stupeň promíchání.

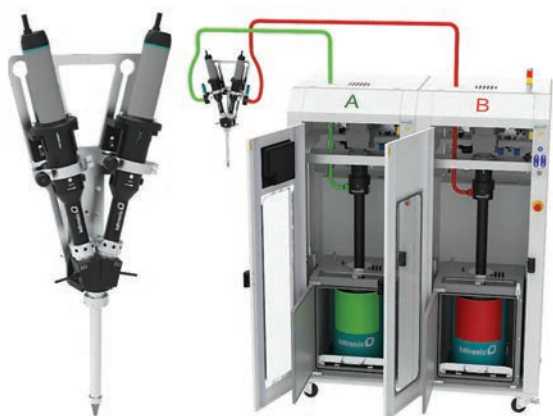
Pro správnou volbu statického nebo dynamického mixéru je zapotřebí znát:

- dobu zpracovatelnosti namíchaného materiálu,
- viskozitu složky A a B,
- dávkované množství,
- míchací poměr,
- požadovaný čas cyklu.

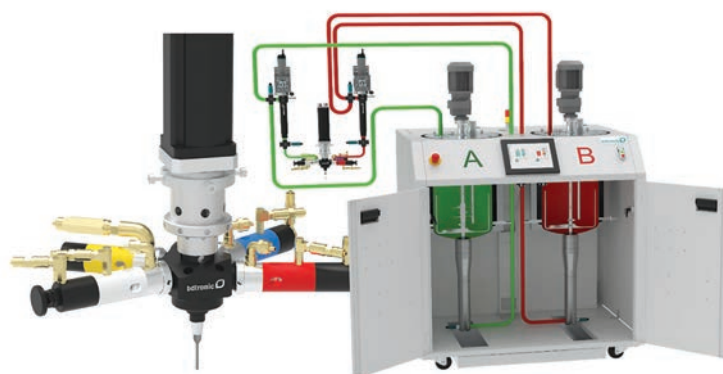
Mnohdy je užitečné před nanesením materiálu ošetřit povrch plazmou. Aplikace plazmy před samotným dávkováním



Obr. 4 Volumetrická dávkovací pumpa



Obr. 5 Statický mixér a podávání pastovitých materiálů z kbelíků



Obr. 6 Dynamický mixér a zásobníky pro přípravu materiálu



Obr. 7 Plazmová jednotka VP4

má vliv na dlouhodobou pevnost spoje, zlepšuje přilnavost materiálů, zabezpečí 100% těsnost. Společnost bdtronic nabízí pro tuto operaci systém VP4.

Vzhledem ke komplexnosti celého řešení nabízí společnost bdtronic také pomoc při návrhu celého řešení, včetně

jeho testování a ověření ve vlastních laboratořích. Společnost bdtronic je samozřejmě schopna dodat jak samotný dávkovací systém, tak integrační kit s robotem do zařízení zákazníka nebo kompletní samostatné zařízení nebo celou výrobní linku.

POZNEJTE S NÁMI NOVÁ INOVATIVNÍ ŘEŠENÍ PRO SMT A VÝROBU ELEKTRONIKY

Navštivte nás na veletrhu
Productronica 2023

Hala A2 – stánek 532/537/540
14. – 17. listopadu, 2023
výstaviště Mnichov, DE

Amtest Czech Republic, s.r.o. | Ječná 29a, 621 00 Brno | +420 541 634 353 | info@amtest-group.cz | www.amtest-group.cz

Panasonic: Nový 3D popisovací laser s velmi krátkým pulzem

Panasonic Industry Europe

Společnost Panasonic Industry přináší pro letošní průmyslový podzim unikátní novinku – 3D vláknový laserový popisovací systém s velmi krátkým pulzem a vestavěnou kamerou. LP-ZV přináší několik benefitů pro kontrastní popis komplexních tvarů kovových i plastových výrobků.

Nový popisovací laserový vláknový systém LP-ZV si ponechává dobré, praxí odzkoušené funkce předchozích modelů a přináší několik nových funkcí a vlastností. Jedna z nich je možnost využít velmi krátkého pulsu až 1 ns. Jak uvádí Radoslav Hegar (Panasonic Industry): „Takto krátký puls eliminuje nepříznivé vedlejší tepelné účinky laserového paprsku



Panasonic
INDUSTRY

na povrchu výrobku a umožňuje dosáhnout velmi kontrastního popisu při zachování vysoké rychlosti. Díky tomu je strojová čitelnost výrazně lepší.“

Nedílnou součástí je software Laser Marker NAVI Smart pro tvorbu popisovacích programů. Mimočodem laserový systém má paměť na 10 000 programů. NAVI Smart umožňuje na počítači nebo tabletu snadno na výrobek umístit např. logo, 2D kód nebo alfanumerické znaky. A to jak na rovné povrchy, tak s pomocí 3D rozšíření i na komplexní tvary výrobků.

Možnost uplatnění nového laseru Panasonic LP-ZV je široká a největší oblibu získá v náročných provozech 24/7. Kromě důrazu na spolehlivost, excelentní rozlišení popisu a snížení spotřeby byl tento systém vyvíjen již v souladu s environmentální výzvou „Panasonic GREEN IMPACT“. Ta obnáší veřejný závazek snižování vlivu na životní prostředí s hlavním cílem modifikovat veškerou výrobu tak, aby všechny továrny Panasonic byly od roku 2030 CO₂ neutrální.

Panasonic Industry Europe • Administrativní centrum PLATINIUM, Veverí 111, 616 00 Brno

Tel.: +420 541 217 001 • <https://industry.panasonic.eu/cs> • e-mail: info.pewczs@eu.panasonic.com



Prago Board

PLOŠNÉ SPOJE

vícevrstvé
dvoustranné
Flex-Rigid
flexibilní
POOL servis
HDI

Technologický park Běchovice
CZ 190 11 Praha 9

tel.: 420 222 590 402
fax: 420 222 724 032
pcb@pragoboard.cz
www.pragoboard.cz



- Ověřená vysoká kvalita
- Spolehlivé termíny
- Speciální materiály
- Laserem řezané šablony
- Expresní výroba
- Řízené impedance
- Sekvenční laminace
- Vyplňování otvorů



Váš spolehlivý partner
pro elektroniku



ISO 9001, ISO 14001, ISO 13485
od prototypu po sériovou výrobu

Vývoj elektroniky
Návrhy a redesign DPS
CAD konstrukce
Technická příprava výroby
Materiálové zajištění
Výroba elektroniky

Osazování SMT a THT
Selektivní lakování
Zalévání
Montáž a kompletace sestav
Funkční testování, oživování
Servis

AWOS s.r.o.
Výzkumná 79
533 51 Pardubice

+420 466 009 659
awos@awos.cz
www.awos.cz





MESSE
MÜNCHEN



Získejte zlevněné vstupenky!
productronica.com/ticket

Accelerating Your Innovation.

**SEMICON®
EUROPA**



co-located event

Informace pro návštěvníky:
info@expocs.cz



productronica 2023

World's Leading Trade Fair for Electronics
Development and Production
14.–17. listopadu 2023
Trade Fair Center Messe München
productronica.com



HC
electronics

Osazování
plošných spojů

Od vzorků
po střední
i velké série



HC electronics a.s.
www.hcelectronics.cz
+420 495 540 086

Více než 30 let
zkušeností



galvanické zlacení
špičková kvalita

PRINTED

PLOŠNÉ SPOJE
návrh, výroba, osazení

osazování
vzorkového množství
on-line ceník
sledování stavu zakázek



www.printed.cz



Ionizátory SUNJE

Vysoká účinnost, automatický ofset,
alarm a výhodná cena!



- stolové
- závesné
- vyfukávacíe
- tyče nad dopravníky



ELPRO, s.r.o.

www.ESDshop.sk

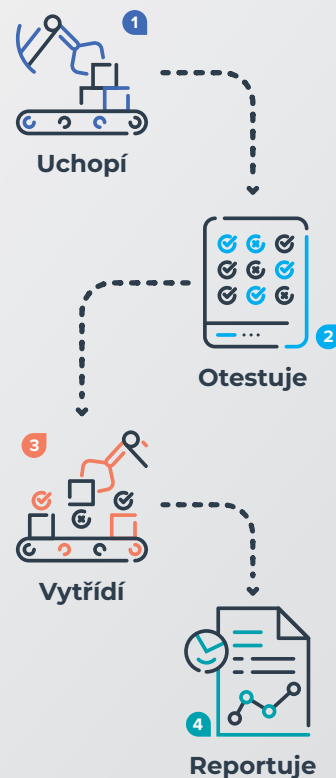
+421 903 627 830

KINALI

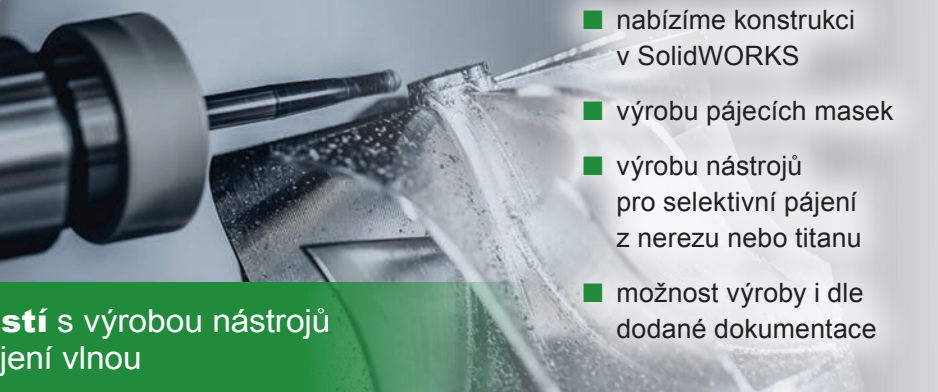
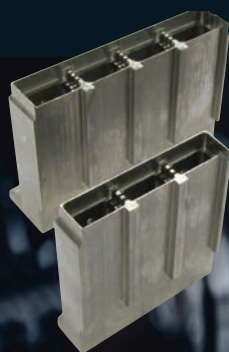
Nechte testování DPS na robotech!

- Vsaďte na plně autonomní systém Test-it-off s funkcí rychlé adaptace na novou produkci, a to i v malosériové výrobě.
- Snadno nahradí lidskou obsluhu vašich ICT/FCT testerů.

Navštivte www.testitoff.cz



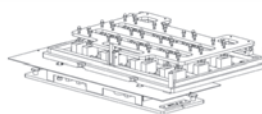
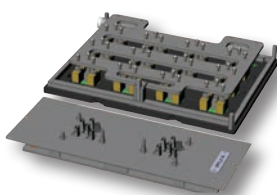
Nabízíme kompletní servis výroby pro selektivní pájení a pájení vlnou.



- nabízíme konstrukci v SolidWORKS
- výrobu pájecích masek
- výrobu nástrojů pro selektivní pájení z nerezů nebo titanu
- možnost výroby i dle dodané dokumentace

Máme **20 let zkušeností** s výrobou nástrojů pro selektivní pájení a pájení vlnou

nástrojárna
FONSIL
spol. s r. o.



Tel. +420 605 592 156 | nastrojarna@fonsil.cz | www.fonsil.cz

Veletrh productronica otevře své brány tradičně v polovině listopadu

Ing. Milan Klauz

Letošní ročník veletrhu productronica zaměřeného na vývoj a výrobu elektroniky proběhne na mnichovském výstavišti ve dnech 14.–17. listopadu. Návštěvníci mohou očekávat prezentace řady nových produktů, řešení a technologických inovací, ale také bohatý doprovodný program.

■ Solderstar představí nejnovější techniku měření parametrů procesu pájení

Solderstar [1], jeden z hlavních dodavatelů teplotních profiloměrů pro pájení přetavením, na vlně, v parách a při selektivním pájení, přichází s významnými novinkami. Firma bude ve svém stánku A4.246/4 předvádět nejnovější techniky měření dat v pájecí peci, které umožní nastavit optimální parametry procesu pájení s přihlédnutím k různým vlivům, ke kterým během pájení dochází.

Hlavní novinkou bude Reflow Shuttle, inovativní řešení určené pro ověření procesu pájení přetavením. Umožňuje velmi přesné měření různých kritických parametrů a poskytuje tak velmi přesný přehled o procesu pájení.

K získání horního i spodního teplotního profilu používá Reflow Shuttle řadu nezávislých senzorů. Získaná detailní data umožňují jemné doladění a optimalizování procesu pájení s nebyvalou přesností. Kromě ověření teplotního profilu také vyhodnotí uniformitu teplot v jednotlivých zónách pece, aby bylo možné zajistit rovnoměrné rozložení tepla.

Vibrace v pájecí peci mají na výsledek pájení rovněž velký vliv, a proto ji Reflow Shuttle měří ve všech třech osách X, Y a Z. Data z tohoto měření umožňují analyzovat a omezit vliv vibrací na kvalitu pájení. Měří rovněž rychlost dopravníku v peci, aby bylo možné zajistit jeho rovnoměrný pohyb.

S použitím volitelného měřicího modulu navíc umožňuje dodatečné měření vakua v peci až k hodnotě 10 mbar, přičemž automaticky vypočítává tzv. „Hold Time“ pro potřebnou úroveň vakua.

Reflow Shuttle je navržen s důrazem na jednoduchost obsluhy, aby pracovník u pájecí pece mohl shromažďovat naměřená data nezávisle na specializovaných odbornících. Integrace se softwarem Shuttle Central zjednodušuje sběr i vyhodnocení dat, což vede k optimálnímu výsledku.

Důležitým navazujícím produktem firmy SolderStar je také teplotní profiloměr SLX, který nepotřebuje žádné počáteční



Obr. 1 Reflow Shuttle měří důležité parametry při ověřování pájecího procesu

nastavení. SLX je přesný a robustní datalogger s bateriovým napájením, který je určen pro měření a uložení parametrů z jakéhokoliv procesu pájení. Celá měřicí jednotka může být připevněna na teplotní clonu SMARTLink pro reflow pájení nebo na jiné příslušenství pece, přičemž se měřicí systém sám nastaví pro zachycení měřených dat.

■ MicroCare přichází s novými typy čisticích kapalin

Společnost MicroCare [2], dodavatel řešení pro čištění, polvy a mazání, bude vystavovat své nejnovější produkty ve stánku A4.101.

Zajímavou novinkou bude například alternativa ke kapalině Novoc™ od společnosti 3M, která se již od konce roku 2025 přestane dodávat s ohledem na nové předpisy zaměřené na ochranu životního prostředí. MicroCare proto začne nabízet své výkonné alternativní produkty, které umí odstranit různé nečistoty z výrobních procesů, jako jsou oleje, mazací tuky, inkousty, otisky prstů a další. Mezi tyto alternativy patří Tergo™ HDF (Heavy Duty Fluid) a Tergo™ GCF (General Cleaning Fluid). Obě náhrady mají nízké GWP (Global Warming Potential) a nulové ODP (Ozone Depleting Potential) a jsou tak v souladu se striktními předpisy v oblasti ochrany životního prostředí. Jsou navíc chemicky stabilní, nehořlavé v prostředí vakua a mastných par, takže zajišťují spolehlivý a bezpečný proces čištění.

■ Pokročilá automatizace v procesu osazování od Yamaha Robotics

Yamaha Robotics [3] bude ve stánku A3.323 vystavovat poslední generaci své výrobní linky 1 STOP SMART SOLUTION. Ta bude zahrnovat kompletní řadu výrobních zařízení – tiskárny pasty, SMT osazovací automaty a inspekční zařízení. Na veletrhu budou mít svou premiéru nové tiskárny řady YR a nový dual-lane osazovací automat YRM20DL.

Prémiovou tiskárnou pasty je nová YRP10, která se vyznačuje vyšší přesností a stabilním provozem, plně automatizovanou výměnou šablon pro zajištění rychlosti a vysoké účinnosti práce v lince. Osazovací zařízení YRM20 umožňuje výměnu



Obr. 2
Dual-line
osazovací
zařízení
YRM20DL

cart & feeder bez zastavení, zatímco vysoká rychlost osazování a možnost výběru z několika osazovacích hlav přispívají k maximálnímu výkonu. 3D AOI systém YRi-V 3D s vysokým rozlišením a vysokou rychlostí zpracování grafických dat s použitím umělé inteligence usnadňuje rozpoznávání součástek, zjednodušuje programování, zkracuje dobu cyklu a zvyšuje přesnost inspekce.

Osazovací zařízení YRM20DL pro práci ve zdvojené lince (dual-lane) se bude v Evropě vystavovat poprvé. Podporuje v celém rozsahu použití stejně velkých desek a plnou automatizaci pro každou linku.

Návštěvníci expozice firmy Yamaha Robotics budou mít také možnost vidět nové uživatelské prostředí softwaru YSUP a inteligentní programové výrobní nástroje pro sérii zařízení

YR. Jednoduché ovládání programu a bohaté vybavení 3D grafiky v softwarové řadě YSUP umožňují nastavit a monitorovat všechna zařízení v lince, zatímco problémy detekované inspekčním zařízením jsou automaticky identifikovány.

Širokou nabídku budou doplňovat také průmyslové roboty Yamaha určené pro různé montážní práce. Součástí této skupiny produktů je i transportní zařízení LCMR200, které dokáže velmi rychle přepravovat malé předměty mezi jednotlivými výrobními procesy. Horizontální a vertikální jednotky dopravníku slouží k vybudování 2D a 3D tras pohybu.

■ Software FactoryLogix podporuje nejnovější trendy v MES výrobě

Společnost Aegis Software [4] bude ve stánku A3.100 prezentovat svůj software FactoryLogix MES, který je určen pro přípravu podkladů pro výrobu elektroniky. Program umožňuje zajistit rychle a správně potřebná data pro osazování a inspekci tak, aby se omezil vznik chyb ve výrobě a zrychlil výrobní cyklus. Tento program je výkonným nástrojem na cestě k digitalizaci výroby a k Průmyslu 4.0.

Odkazy:

[1] www.solderstar.com

[2] www.microcare.com

[3] www.yamaha-robotics.com/en

[4] www.aiscorp.com



ICAPE
The power of precision

ICAPE Czech Republic s. r. o., nám. Míru 653
Velké Opatovice, Česká republika
mobil: +420 601 151 376



**ZASTOUPENÍ PRO
ČESKO A SLOVENSKO**

Tradice výroby DPS od roku 1970

PRODUKTY

- standardní 1-32vrstvé DPS
- flex a flex-rigid
- HDI – microvia, přeplátované prokovy
- IMS (Al, Cu) – výkonové, LED aplikace
- Tepelná vodivost až 390 W/mK
- HF – řízené impedance, mix materiálů

Your global partner for PCB production

www.icape-group.com | jana.toulova@icape-group.com





Vývoj a výroba elektronických zařízení

- zakázková výroba elektroniky
- automatové osazování SMD
- zajištění výroby DPS

- nákup součástek
- malé i velké výrobní série
- individuální přístup ke každé zakázce

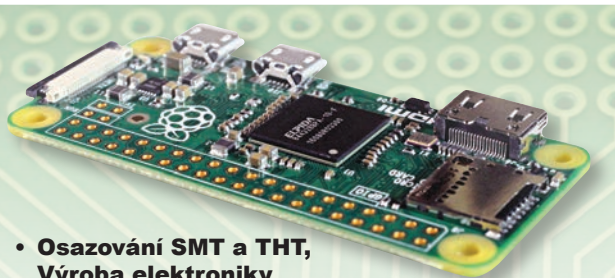


www.evermax.cz

EVERMAX s. r. o.
Oderská 333
Praha 9 - Čakovice
196 00

Tel.: +420 266 090 100
Fax: +420 266 090 101
evermax@evermax.cz

TP TopPower



- **Osazování SMT a THT, Výroba elektroniky**
- Montáž a kompletace sestav, Selektivní lakování, RTG
- **EMS výroba od prototypů v expresu až po sériovou výrobu**
- Zajištění materiálů včetně PCB



Top Power s.r.o.
IČO: 28970551
DIČ: CZ 28970551



office@toppower.cz
+420 326 902 636
www.toppower.cz



Husova 965
Votice
259 01

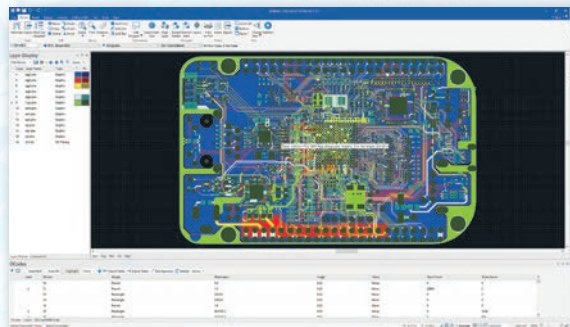


CAM350

DownStream Technologies

CAM software od DownStream Technologies

Příprava výstupních dat pro výrobu DPS



- Kontrola DFM, editace, optimalizace dat z návrhového programu DPS
- Oboustranná návaznost na program BluePrint pro přípravu dokumentace pro výrobu, osazování a opravy DPS

CADware s.r.o.

CADware s. r. o.
tel.: +420 485 106 131
info@cadware.cz
www.cadware.cz

MG Chemicals



Profesionální chemické a nechemické produkty pro elektronický průmysl



marox | www.marox.cz

MAROX s.r.o. | Klincová 37, 821 08 Bratislava

+421 948 133 178 | +421 917 802 805

info@marox.cz



Rychle a účinně s 500W modulem bezdrátového nabíjení

Spark Connected a Infineon Technologies představili 500W řešení bezdrátového nabíjení s názvem Yeti. Napájecí/nabíjecí modul, který se uplatní v průmyslové sféře, u autonomních robotů, v oblasti e-Mobility apod. vykazuje účinnost přes 95 procent a je rovnou připravený k pohodlné integraci, třeba i do stávajících systémů. Návrh tak pomůže nejen snížit výkonovou ztrátu, ale usnadňuje rovněž samotné řízení teploty.

Výrobce se dále chlubí mimořádnou tolerancí vůči špatné poloze, a to 40 mm pro všechny směry. Spolehlivě lze proto nabíjet i za předpokladu, že nebude zajištěna naprosto přesná orientace. Řešení si díky široké kompatibilitě modulu poradí se všemi obvyklými typy baterií, včetně jejich napětí. 500W modul Yeti musí být i dostatečně robustní a bezpečný, čemuž dále nahrává přepětová či nadproudová ochrana, chránící jak nabíječku, tak i připojené zařízení. Systém staví na dvoujádrovém mikrokontroléru Infineon – PSoC™ 63 s Bluetooth® Low Energy společně s prvky CoolGaN™.

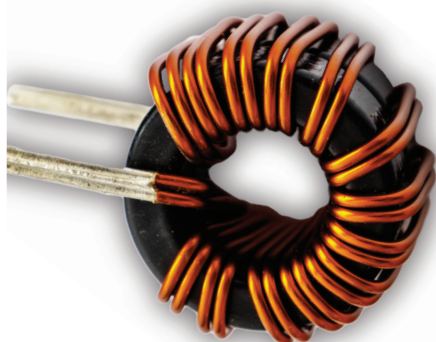


Více informací na <https://sparkconnected.com/2023/08/17/press-release-spark-connected-and-infineon-technologies-unveil-500-w-wireless-charging-module/>



ELEKTRO

TECHNOLOGIE KNOW-HOW VÝROBA



- Osazování DPS
- Navíjení
- Kabelová konfekce

„S naší technologií umíme komplexní výrobu...“

www.vps-elektro.cz

+420 602 553 871

info@vps-elektro.cz

office: Tiskářenská 1277, 672 01 Moravský Krumlov

Jste si jisti, že vaše SMT linka negeneruje ESD výboj?

Ing. Martin Abel

Elektronická výroba se více a více soustřeďuje na využití velmi malých SMD v hustě integrovaných podsestavách a sestavách. Díky vysoké miniaturizaci se ve výrobních firmách začíná kontrolovat kromě ESD také tzv. EOS. Elektrické přetížení neboli EOS se v posledních letech stalo široce používaným pojmem. Mnoho lidí si však stále není jisto, co to přesně je a jak se liší od elektrostatického výboje (ESD).

■ Co je elektrické přetížení (EOS)?

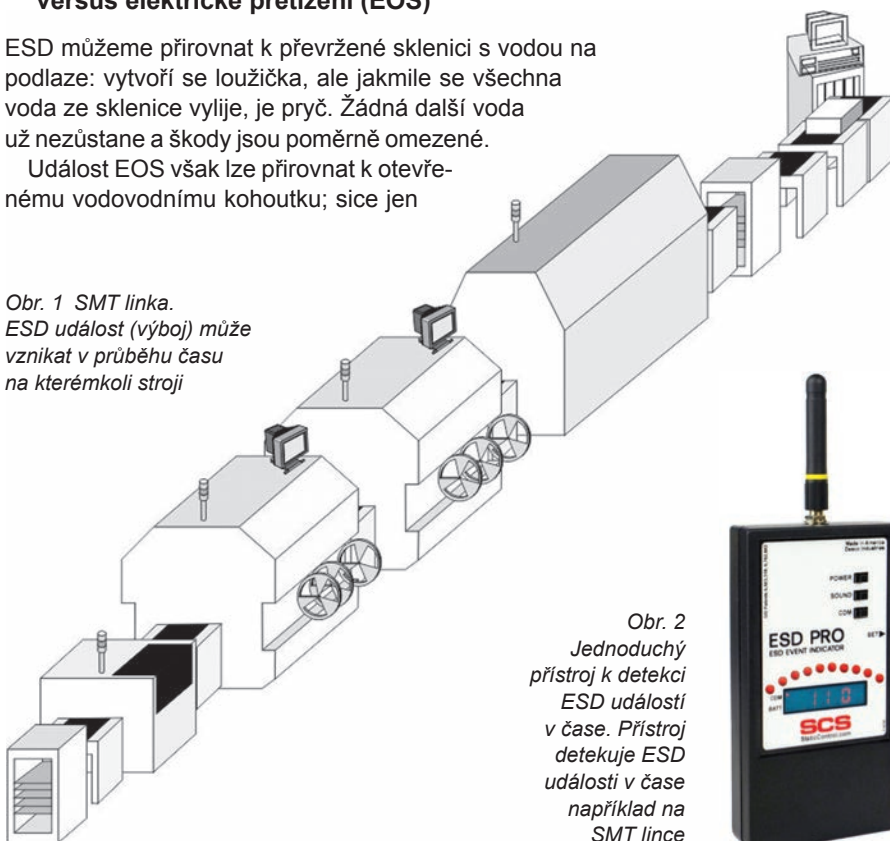
Zjednodušeně řečeno, EOS je vystavení součástky nebo desky s plošnými spoji proudu nebo napětí, které překračuje jejich maximální jmenovité hodnoty. Toto vystavení může, ale nemusí vést ke katastrofickému selhání.

■ Elektrostatický výboj (ESD) versus elektrické přetížení (EOS)

ESD můžeme přirovnat k převržené sklenici s vodou na podlaze: vytvoří se loužička, ale jakmile se všechna voda ze sklenice vylije, je pryč. Žádná další voda už nezůstane a škody jsou poměrně omezené.

Událost EOS však lze přirovnat k otevřenému vodovodnímu kohoutku; sice jen

Obr. 1 SMT linka. ESD událost (výboj) může vznikat v průběhu času na kterémkoli stroji



Obr. 2 Jednoduchý přístroj k detekci ESD událostí v čase. Přístroj detekuje ESD události v čase například na SMT lince

trochu kape, ale vody je k dispozici neomezené množství. Po chvíli může být zaplavena celá podlaha a může způsobit vážné škody. Jak vidíte, události EOS trvají několikanásobně déle než většina událostí ESD.

Nyní přichází doba, kdy se snažíme detekovat v čase tzv. události ESD. Událost znamená výboj vznikající s různou intenzitou v průběhu času. Důvodů vzniku události ESD, tj. vzniku ESD výboje, mohou být právě vliv EOS, tzn. generování náboje přímo na výrobních zařízeních, různá elektrostatická pole, porušená nebo nedostatečná integrita uzemnění.

■ Jak můžeme detekovat ESD události?

Se zvýšeným zájmem o detekci ESD událostí vznikla řada měřicích přístrojů, které jsou schopny detekovat ESD událost. Přístroje jsou navrženy a vyrobeny jako detektor elektrostatického výboje (ESD), který detekuje a upozorňuje na události ESD ve výrobním procesu. Detektor událostí ESD může detekovaný signál určit jako impuls ESD. Detektor událostí ESD může účinně provádět aplikace monitorování ESD v reálném čase ve výrobních továrnách.

■ Jak můžeme prověřit integritu uzemnění v ochraně proti ESD?

Typickou závadou způsobující generování ESD výboje je chyba integrity uzemnění. Na trhu existuje speciální a vlastně jednoúčelový přístroj, který doplňuje detektor ESD událostí. Ověřuje kritické parametry uzemnění zařízení, měří střídavé napětí, stejnosměrné napětí, napětí EMI a impedanci střídavého proudu. Poskytuje přesné měření zemní impedance. Identifikuje potenciální zdroje EOS, měří maximální milivoltový požadavek IPC-A-610.

■ Závěr

Dnes je již jednoduché zjistit, zdali vaše SMT linka, zařízení, stroj ve výrobě, ale třeba i vozík v EPA prostoru generuje během pohybu ESD výboj. Rovněž není složité dohledat závadu v podobě porušené integrity uzemnění.



Obr. 3 Měřič integrity uzemnění

ABE.TEC HAKKO – Japonská pájecí technika



• Pájecí stanice • Odpájecí stanice • Opravářská pracoviště • Pájecí lázně • Podavače pájky • Pájecí hroty • Pomůcky pro pájení • Měřiče teploty
 Komplexní řešení • Škola pájení HAKKO

HAKKO
team europe

TRESTON – Průmyslový nábytek



• Pracovní stoly • ESD pracovní stoly • Ergonomické židle • Průmyslové vozíky • Zásuvkové skřínky
 Regály a skříně • Skladovací systémy • Audity
 • 3D návrh konfigurace on-line

TRESTON

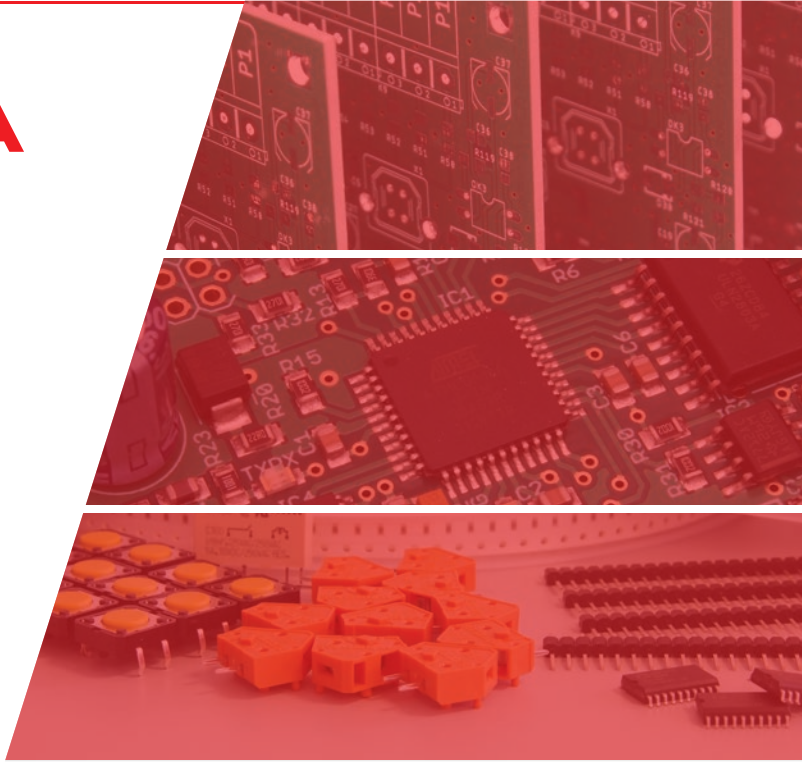
PCB BENEŠOV


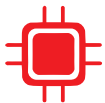

VÝROBA PLOŠNÝCH SPOJŮ | PRODUCTION OF PCB
 SS, DS, ML (UP TO 12 LAYERS), FLEXIBLE, RIGID-FLEX, ALUM. PCB, LASER CUTTED STENCILS, BLIND AND BURIED VIAS, ENIG, SN, OSP IPC-A-600G, ISO 9001:2015 (ČSN EN ISO 9001:2016), UL-E194267



Jana Nohy 1352, 256 01 Benešov | tel.: +420 317 727 024 | e-mail: obchodni@pcb-benesov.cz | www.pcb-benesov.cz

APAMA



 **Výroba DPS**
 **Osazování DPS**
 **Součástky a kompletace**

Partnerství v elektronice www.apama.cz

Nová verze programu CAM350

Firma DownStream Technologies vydala v létě nové verze svých programů CAM350 a BluePrint, které vedle novinek technického charakteru přináší také změny v licencování a prodeji.

Program CAM350 má i u nás řadu uživatelů, a to jak mezi výrobci holých desek plošných spojů, tak i mezi návrháři. Umožňuje zobrazit, zkontrolovat a dodatečně editovat výstupní data z návrhu desek, panelizovat desku pro potřeby osazování, vytvářet data pro výrobu tiskových šablon a připravit podklady pro výrobu holých desek včetně panelizace a návaznosti na testování.

■ Novinky v programu CAM350 v15

Kromě různých drobných úprav přináší verze 15 tyto hlavní novinky:

- Nový modul Stencil Designer výrazně rozšiřuje možnosti návrhu tiskové šablony. Některé možnosti tohoto modulu jsou podrobněji popsány dále.
- Porovnání netlistů v modulu Netlist Compare umožňuje zobrazení vybraného netu (sítě spojů), vylepšuje navigaci při vyhledávání závady, jejího zdroje i přesného umístění na desce. Plně podporuje zdrojová data ODB++ a IPC-2581.
- Porovnání dat dvou desek (Design Compare) přináší vylepšené automatické mapování vrstev desek, automatické zarovnání (alignment) dat desek a nové volby při výběru licence.
- Funkce Auto Align umožňuje automaticky zarovnat data desky (vrstvy desky, NC data, externí netlist) při importu (Auto Import).

- Zlepšený přenos dat panelizované desky mezi programy CAM350 a BluePrint, kdy panel navržený v BluePrintu lze převést do CAM350.
- Nová interface pro návrhový program Allegro (Cadance).
- Nová konfigurace prohlížeče výstupních dat z návrhu desky (CAM350-075) doplněná o DXF interface.

■ Modul Stencil Designer

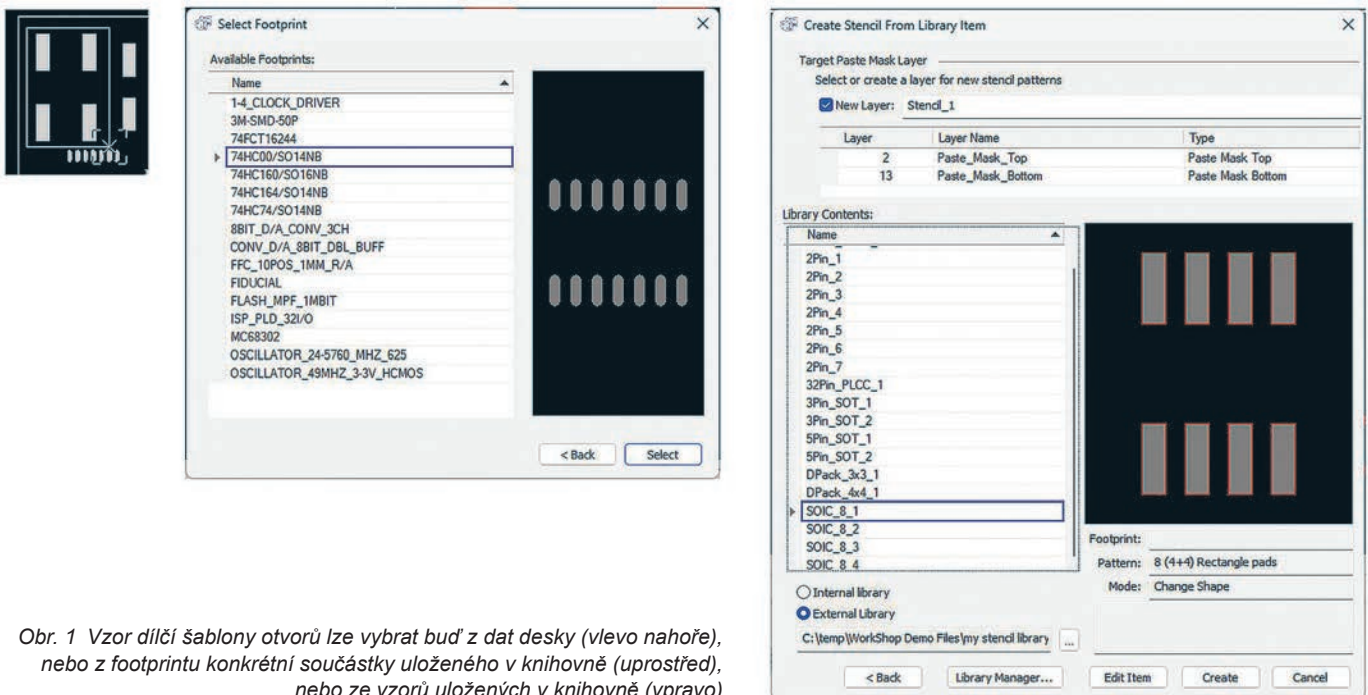
Úkolem nového modulu pro návrh tiskové šablony je vytvoření uživatelských vzorů šablony otvorů, které je možné opakovaně používat. Proces návrhu šablony lze automatizovat pomocí API (Application Programming Interface), která je součástí programu.

Zatímco klasický přístup k návrhu šablony (planžety) spočívá v kopírování pájecích plošek SMD součástek jedné či druhé strany desky a následné úpravě jejich velikosti (absolutní nebo procentuální zvětšení/zmenšení), nový modul pracuje se vzory dílčích šablon různých typů a velikostí otvorů vytvořených uživatelem. Tak je možné podle potřeby individuálně přizpůsobit velikost, tvar i umístění otvorů v šabloně.

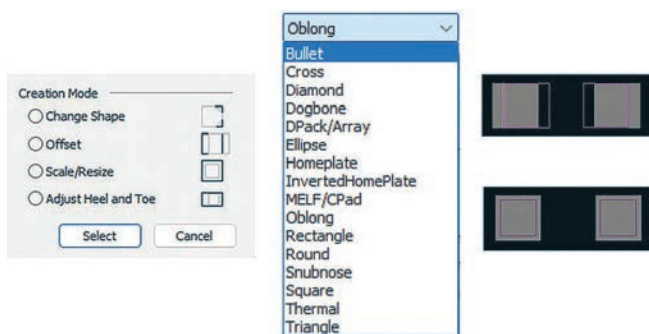
Jako zdroj je možné použít data horní/spodní strany desky, data nepájivé či pájecí masky (solder mask / paste mask) atd. Program umí konvertovat plošky / pájecí plošky (flash) horní i spodní strany na plošky pájecí masky (paste mask flash), které lze dále použít při návrhu šablony.

Vytvoření uživatelských vzorů šablon otvorů může proběhnout automaticky s pomocí knihovny vytvořených dílčích šablon nebo interaktivně, a to:

- výběrem vzoru uspořádání otvorů z dat desky (pattern)
- přiřazením vzoru z typických vzorů z knihovny (footprint); toto lze provést pouze z dat horní či spodní strany desky, nikoliv z dat nepájivé či pájecí masky
- podle vhodného vzoru z knihovny



Obr. 1 Vzor dílčí šablony otvorů lze vybrat buď z dat desky (vlevo nahoře), nebo z footprintu konkrétní součástky uložené v knihovně (uprostřed), nebo ze vzorů uložených v knihovně (vpravo)



Obr. 2 Stencil Designer – úpravy vybraného vzoru spočívají ve změně tvaru (Change Shape – uprostřed), posunutí plošky (Offset – vpravo nahoře), změně velikosti (Scale/Resize – vpravo dole) a úpravě velikosti paty a špičky v případě vývodů PLCC, SOIC a podobných (není zobrazeno)

Při vytváření dílčí šablony otvorů lze změnit tvar vybrané plošky (Change Shape), posunout otvor v šabloně (Offset), změnit velikost otvoru (Scale/Resize) a upravit velikost paty či špičky (Adjust Heel and Toe) otvoru šablony pro součástky typu PLCC, SOIC atd.

K dispozici je Library Manager pro správu knihovny dílčích šablon.

Modul Stencil Designer je licencován samostatně, není zatím součástí žádné programové sestavy CAM350.

■ Licence, údržba programu a prodej

Novinkou je možnost pronájmu programu na dobu 6 až 36 měsíců za přijatelnou cenu. Na rozdíl od řady jiných výrobců však firma DownStream Technologies vychází uživatelům vstříc a nabízí i nadále trvalé licence. Trvalá licence má neomezenou dobu používání. Pokud je daná licence pokryta tzv. ročním udržovacím poplatkem, má uživatel zajištěn přístup k nově vydaným verzím. Aktivní údržba programu je také vyžadována v případě převodu licence na jiného uživatele. Údržba programu není povinná, a pokud daná licence není údržbou pokryta, zůstává i nadále platná, ale pouze pro původní verzi programu. Propadlou údržbu programu lze za příplatek dodatečně obnovit, nejdéle však do tří let od jejího skončení.

K dispozici je i nadále několik typů licencí: node-locked pro konkrétní počítač, floating licence pak podporuje práci v síti až do maximálního povoleného počtu uživatelů. Pro práci v síti, která překračuje hranice vymezené adresou uživatele, je určena licence WAN (Wide Area Network).

Verze 15 používá nový licenční manažer, se kterým už nelze spustit verze 12.2 a starší. Instalátor vytvoří při instalaci programu nové adresáře, takže je možné současně provozovat verzi 15 i předchozí 14.6 na jednom počítači. Verzi 15 lze nainstalovat i na virtuálním počítači.

Odkazy:

[1] www.cadware.cz/elektronika/cam350

[2] www.downstreamtech.com

Výroba dosiek s plošnými spoji.
 Krátke dodacie termíny. Možnosť dodávky DPS s vyššou odolnosťou voči plazivým prúdom (CTI > 250). Výroba DPS z materiálov s hliníkovým základom – IMS (pre výkonové LED aplikácie).

- SPRACOVANIE DÁT Z CAD, CAM SYSTÉMOV
- ZHOVENIE FILMOVÝCH PODKLADOV
- NESPÁJKOVATEĽNÁ MASKA V RÔZNYCH FARBÁCH A VYHOTOVENIACH
- SNÍMATEĽNÁ MASKA
- SERVISNÁ POTLAČ V RÔZNYCH FARBÁCH
- UHLÍKOVÉ A TIENIACE VRSTVY
- HAL – BEZOLOVNATÝ AJ OLOVNATÝ
- CHEMICKÝ CÍN
- GALVANICKÉ ZLATENIE
- STRIHANIE, FRÉZOVANIE, DRÁŽKOVANIE
- VÝROBA VIACVRSTVOVÝCH DPS
- ZABEZPEČOVANIE OSADZOVANIA DPS

Nám. Dr. A. Schweitzera 194
 916 01 Stará Turá
 Slovenská republika
 e-mail: ch-print@ch-print.sk

Tel.: +421 32 7752314
 Fax: +421 32 7753316
<http://www.ch-print.sk>

AJ Technology, s.r.o.

VÝROBA A SLUŽBY PRO ELEKTRONIKU

„ ... od designu přes návrh DPS k hotovému výrobku ... “

- kompletní výroba el. dílů, testování, oživování, montáž
- osazování ruční nebo strojní na osazovacím automatu
- automatická optická kontrola osazených desek pl. spojů
- expresní výroba a osazení DPS dle požadavku zákazníka
- desky plošných spojů – návrhy a dodávky
- dodávky šablon pro strojní osazování i vzorkovou výrobu

Jsme tu pro Vás!

AJ Technology, s.r.o., Fanderlíkova 78, 616 00 Brno
 Tel.: 541 213 930 e-mail: ajt@ajtechnology.cz
www.ajtechnology.cz ČSN EN ISO9001:2009

FieldFox: když analyzátor definujete vy a software k tomu

Ing. Jan Robenek

Svoboda je kouzelná už jen proto, jakých různých podob může nakonec nabývat. Pro techniky zaměřené na vysokofrekvenční komunikační technologie, pohybující se především v terénu, to bude např. znamenat speciální měřicí a testovací zařízení (jednotné číslo), které je spolehlivé a bez větších prostorových nároků doprovází doslova na každém kroku.

Ať se již budou držet spíše při zemi, nebo se díky lezeckému vycviku podívají klidně mnohem výš. Co když jsou ale v tu chvíli „svázáni“ až příliš? Dokonce i striktními představami výrobce o vhodné přístrojové technice. Společnost Keysight Technologies vzkazuje, že si jen vybrali špatnou platformu.



■ Správný mix VNA, CAT i SA

V terénu se nasazuje, provádí údržba, a pokud to bude nutné, odstraňují též i závady. Pro zajištění kvalitních a trvale dostupných služeb však bude zapotřebí přesně změřit nejrůznější parametry, signály, antény, kabely, přenosy a mnoho dalšího, což ale pochopitelně vyžaduje větší počet často docela nákladných přístrojů. Co je takhle v rámci možností všechny spojit do jednoho, který svým záběrem obsáhne pásmo až do deseti gigahertz? A bude zde vůbec dostatečný prostor pro svobodné rozhodování?

Firma Keysight Technologies tvrdí, že ano. Letos v červenci totiž představila nový příruční analyzátor FieldFox N9912C, vysokofrekvenční testovací a především pak softwarově definovanou platformu k využití nejlépe přímo v terénu [1]. Vektorový obvodový analyzátor (VNA), tester kabelů či antén (CAT) a pochopitelně i spektrální analyzátor (SA) – s tím vším se bude nyní u modelu C pojit více než dvacet různých možností vhodných ke stažení či aktualizacím na základě licenčního klíče. Pro techniky to pak znamená, že platí pouze za výbavu, kterou v rámci jednoho jediného, odolného a příručního analyzátoru o hmotnosti 3,4 kg skutečně potřebují. Komplexní a také přesnou analýzu spektra, včetně příslušných obvodů (network), lze přitom provádět již od 3 kHz. Jako zařízení, které máme skutečně definováno softwarovou cestou, je pak přístroj FieldFox N9912C napájený z Li-ion akumulátoru možné zcela upgradovat, resp. aktivovat ve smyslu maximálně dostupných kmitočtů, typů analyzátorů, šířek pásma nebo např. softwarových aplikací.

Výrobce slibuje zachytávání těžko identifikovatelných signálů se šířkou pásma v reálném čase až 40 MHz, souběžné měření všech čtyř S – parametrů s dynamickým rozsahem 115 dB, přesnou spektrální analýzu ($\pm 0,3$ dB) bez nutnosti temperování a nezapomíná ani na OTA měření pro 5G NR a LTE či GPS / GNSS, zde v případě geolokace nebo časových razítek [2].

Odkazy:

- [1] Tisková zpráva, <https://www.keysight.com/us/en/about/newsroom/news-releases/2023/0720-pr23-064-keysight-introduces-software-defined-handheld-anal.html>
- [2] Příruční vf analyzátor FieldFox N9912C, <https://www.keysight.com/us/en/product/N9912C/fieldfox-c-handheld-rf-analyzer-10-ghz.html>

robenek@dps-az.cz

K přesnému měření proudu, ale i výkonů stačí málo. Třeba 1,3 × 1,2 mm

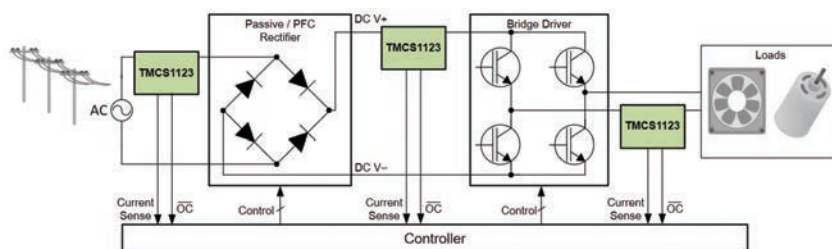
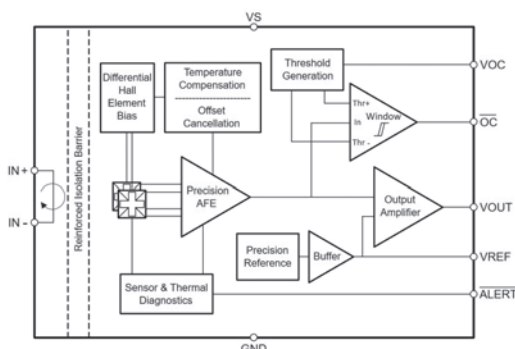
Ing. Jan Robenek

Měření elektrického proudu je téma, které snad vývojáře nikdy neomrzí. Sledovat a následně vyhodnocovat jeho průtoky totiž patří k základním a mnohdy i nepřetržitým úkolům celé řady zapojení. Jde pouze o to, jaké proudy máme zrovna na mysli, jak dalece se ještě můžeme při monitorování vzdálit od reality a co vše k tomu budeme potřebovat.

Důležité je samozřejmě i to, co nás na konci čeká. Jednou si bohatě vystačíme s analogovým výstupem, zatímco jindy již těžíme z číslicové povahy přítomného rozhraní, které nám rovnou zprostředkuje i spoustu dalších užitečných informací – třeba o aktuálním výkonu, energiích, náboji nebo např. teplotě, výchozí proud společně s napětím samozřejmě nevyjímá. Něco takového drobný SMD odpor pochopitelně neumí, speciální integrovaný obvod o srovnatelných rozměrech, do kterého se dokonce vešel i nedílný, precizní shunt rezistor, však ano. Nebude ale jediný.

■ Zjednodušte návrh, zlepšete přesnost

Firmu Texas Instruments máme spojenou s opravdu různými aplikacemi, pro které je schopna pokaždé zajistit odpovídající součástkovou základnu. A přesné měření proudu zde nebude žádnou výjimkou. Jasně to dokládají též nové integrované obvody – senzory proudu na různé způsoby, které známý výrobce představil koncem letních prázdnin [1]. Jejich smysl je prostý: návrhy nemusí být zase tak složité a přesnost spíše jen průměrná. Právě naopak.



Obr. 2 Funkční blokový diagram proudových senzorů TMCS1123 s ukázkou možného způsobu využití, včetně odkazu na svižnou detekci nadproudů s odezvou v délce 500 ns [2]



Obr. 1 Měření proudu již nemusí vnášet zbytečnou chybu ani představovat řadu dalších komplikací. S novinkami od Texasu si na desce volíte mezi Hallovým jevem a integrovanými bočníky [1]

Mezi novinkami navrženými pro různá souhlasná napětí, stejně jako provozní teploty proto najdeme jak izolovaný proudový snímač s nejnižším driftem vycházející z Hallova jevu a určený pro systémy s vyšším napětím, tak i skupinu precizních monitorovacích obvodů, které pro nejrůznější návrhy bez výchozího požadavku na galvanické oddělení vylučují potřebu externího shunt rezistoru. Odpovídající prvek ve funkci „proudového bočníku“ je totiž jejich nedílnou součástí. Upoutají nejen svými rozměry, ale třeba též dostupnými funkcemi měření.

■ TMCS1123: přesně, analogově a s oddělením

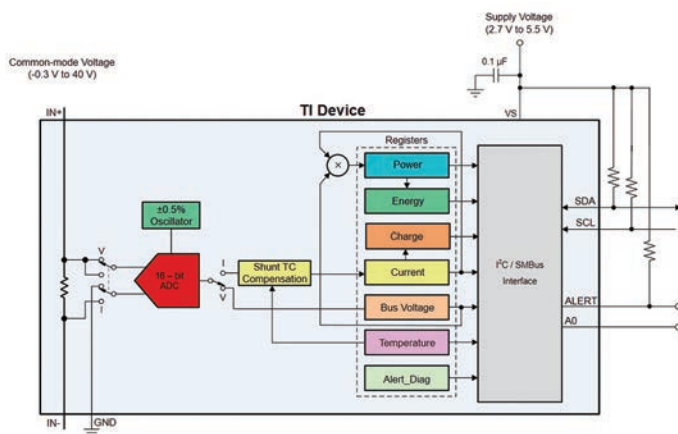
Jako první zde v řadách novinek od Texasu máme dle obr. 2 integrované obvody s označením TMCS1123 (Precision Hall-Effect Current Sensor With $\pm 1100V$ Reinforced Isolation Working Voltage, Overcurrent Detection and Ambient Field Rejection, [2]). Z podstaty věci se bude jednat o galvanicky oddělené, přesné proudové senzory vystavené na Hallově jevu. S odkazem na původně analogovou povahu všeho okolo nás máme i zde, úměrně vstupnímu proudu, k dispozici výstupní napětí, pro které je příznačná jak vynikající linearita (chyba linearit 0,1 %), tak i nízký drift (po dobu existence nanejvýš 0,5 %) – to vše bez ohledu na konkrétní zvolenou citlivost celé struktury, která může dosahovat 25 mV/A (TMCS1123x1), 50 mV/A, 75 mV/A, 100 mV/A nebo též 150 mV/A (TMCS1123x5).

Díky precizním obvodům pro zpracování signálu s vlastní kompenzací driftu pak výrobce slibuje maximální celkovou chybu, v čase a navzdory změnám teploty, méně než 1,75 %. Na systémové úrovni přitom nebude zapotřebí jakákoli kalibrace. Pokud se ale přesto rozhodneme pro jednorázové zkalibrování při pokojové teplotě, nemusíme ve výsledku, při zahrnutí celkové životnosti, ale i teplotního driftu, překročit s celkovou chybou v maximu ani jedno procento.

Střídavé, ale i stejnosměrné vstupní proudy zde potečou přes interní vodič generující magnetické pole, které je pak rovnou na čipu měřeno rozdílovými senzory potlačujícími dále rušení způsobené vnějšími rozptylovými poli. Nízký odpor vedení přitom zvyšuje použitelný proudový rozsah až na ± 96 A, zatímco se nám dále minimalizuje výkonová ztráta a zjednodušují též i požadavky, pokud jde o ztráty tepelné. Z pohledu galvanického oddělení zde máme konečně definováno izolační napětí $5\,000\text{ V}_{\text{RMS}}$, resp. provozních $1\,100\text{ V}_{\text{DC}}$, společně se vzdušnou či povrchovou vzdáleností min. 8,1 mm. S vynikající odolností vůči přechodovým jevům, resp. potlačeními souhlasného rušení, se rovněž pojí integrované stínění. Struktura obvodu TMCS1123 v pouzdech typu SOIC s deseti vývody o velikosti $10,3 \times 10,3$ mm pak bude napájena z jednoduchého zdroje 3 až 5,5 V. Signálová šířka pásma zde přitom činí 250 kHz.

■ INA700: funkce a velikost čipu mluví za vše

Z poněkud jiného soudku bude nyní zcela nepatrný integrovaný obvod INA700 (40 V, 16-Bit, I²C Output Digital Power Monitor in WCSP with 2 m Ω EZShunt™ Technology) coby zástupce jinak o něco početnější rodiny digitálně řešených prvků pro měření výkonu s vlastním shunt rezistorem [3]. Stále se ale jedná o strukturu navrženou speciálně pro účely měření proudu, jež bude dále vybavena 16bitovým analogově-číslicovým převodníkem typu delta-sigma, od kterého se pak může odvíjet vše ostatní. A není toho rozhodně málo. Pro pořádek doplníme, že součástka z obr. 3 měří v plném rozsahu průtok



Obr. 3 K principu činnosti nových 16bitových monitorovacích obvodů INA700. U měření výkonu výrobce v tuto chvíli definuje přesnost 0,85 %, pro energii a náboj pak 1,35 %; obojí platí při odběru 5 A [4]

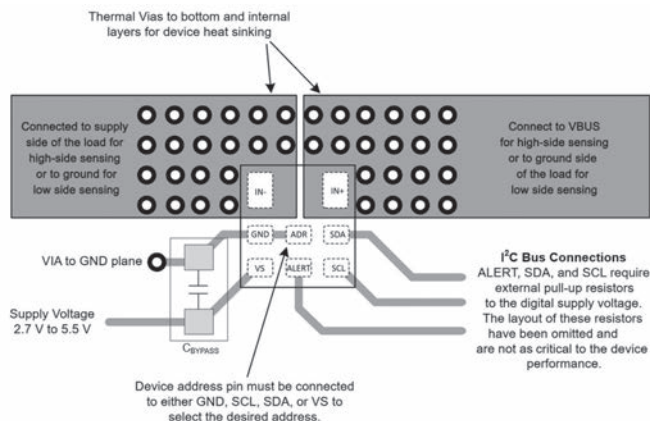
elektrického proudu až do $\pm 15,728$ A, zatímco lze dále počítat se souhlasným napěťovým rozsahem $-0,3\text{ V}$ až $+40\text{ V}$.

Novinka s funkcí interního monitorování, včetně detekce chyb, vybavená kromě toho vlastním precizním oscilátorem (max. $\pm 0,5$ %) zprostředkuje informaci o proudu, napětí na sběrnici, teplotě čipu (v rámci rozsahu teploty přechodu s integrovaným čidlem ± 3 °C), výkonu, energii nebo též akumulaci náboje, zatímco všechny potřebné výpočty běží nyní na pozadí. Díky nízkému offsetu (v případě proudu max. $\pm 1,5$ mA) a také ujždění (driftu) chyby zesílení, nanejvýš ± 50 ppm/°C, lze prvky INA700 používat i v systémech, které ve výrobě nepodstupují teplotní kalibrace. Součástka zde rovněž nabízí volitelné doby převodu ADC, od 50 μs až do 4,12 ms, stejně jako možnost průměrování vzorků ($1 \times$ až $1024 \times$), což u měřených údajů dále pomáhá snižovat šum a umožňuje též optimalizovat okna pro detekci nadproudů.

Celou kombinovanou strukturu INA700 dostaneme v miniaturním provedení pouzder typu PowerWCSP (DSBGA) s osmi vývody, kde rozměry činí úctyhodných $1,319 \times 1,239$ mm! Součástku s typickou provozní spotřebou 640 μA , a v režimu Shutdown pak maximálně 5 μA , napájíme v rozsahu 2,7 až 5,5 V, přičemž čtyři možné adresy budou definovány prostřednictvím jediného pinu – digitálního vstupu A0, viz také obr. 4 [4]. Co když jsou ale zapotřebí ještě větší rozsahy nebo snad i rozlišení? V Texas Instruments pro takové účely např. počítají s podobnými, ovšem nyní již 20bitovými obvody INA781 s technologií EZShunt™, pro které nově výměnou za plochu o velikosti 6×6 mm připadá v úvahu hned $\pm 78,64$ A nebo $+85\text{ V}$ [5]. V plánu má výrobce ale i další verze.

Odkazy:

- [1] Tisková zpráva, <https://news.ti.com/ti-simplifies-current-sensing-with-industrys-most-accurate-hall-effect-sensors-and-integrated-shunt-solutions>
- [2] Obvody TMCS1123, <https://www.ti.com/product/TMCS1123>
- [3] Digital power monitors with integrated shunt resistor, <http://www.ti.com/ezshunt-pr>
- [4] Obvody INA700, <https://www.ti.com/product/INA700>
- [5] Obvody INA781, <https://www.ti.com/product/INA781>



Obr. 4 Příklad možného zapracování jinak nepatrného měřicího obvodu INA700 z předchozího obrázku, včetně souvisejícího layoutu na desce plošného spoje [4]

Poptávejte na našem e-shopu:
www.micronix.cz/merici-technika/,
u našich obchodních zástupců nebo na
e-mailu: merici@micronix.cz. Více na:

www.micronix.cz

Elektrické veličiny
Neelektrické veličiny
Revize a kontrola
Termokamery



CEM

KPS

LIT Lutron

TELEDYNE
FLIR

GW INSTEK

CHAUVIN
ARNOUX

Megger
Power on

METREL

RIGOL

SIGLENT

Osm kanálů nestačí. Osciloskopy DLM5000HD k nim přidají další čtyři bity

Ing. Jan Robenek

Tři tisíce, čtyři tisíce, pět tisíc. Mohla by společnost Yokogawa Test & Measurement přijít po letech v řadách svých osciloskopů pro práci se smíšenými signály s něčím novým? A použije k tomu označení šest tisíc? Pravda je taková, že novinky zde skutečně máme a změny budou samozřejmě vidět, ovšem série 5000 zůstává nakonec stejná. Dostala však novou koncovku: HD.

■ Výkonová elektronika, výkonné osciloskopy

Napájení, výkonová elektronika v automobilovém průmyslu na bázi karbidu křemíku (SiC), motory, řídicí jednotky, ale i spousta dalších moderních aplikací – zde všude mohou nyní vývojáři těžit z aktuálně představených osciloskopů značky



Obr. 1 Nové osciloskopy Yokogawa řady DLM5000HD přichází se dvěma osmikanalovými modely (500MHz DLM5058HD a 350MHz DLM5038HD) doplněnými o dvojici čtyřkanalových verzí (500MHz DLM5054HD společně s 350MHz DLM5034HD). Dotykový panel bude mít úhlopříčku 12,1 palce [1]

Yokogawa v řadách DLM5000HD. Výrobce se jimi pochlubil v polovině letních prázdnin [1].

Jak už plyne ze samotného pojmenování „High Definition“, máme nyní co do činění s rostoucím, dvanáctibitovým vertikálním rozlišením, což oproti stávající sérii přístrojů DLM5000 představuje při pozorování průběhů rovnou 16násobně lepší výsledky.

Takové zlepšení doceníme např. během vývoje střídačů nové generace, kdy lze u vysokorychlostních signálů bedlivě sledovat i jinak nepatrné změny a odhalit přitom situace, které mohou zapříčinit nečekané anomálie. Pro pořádek jen doplníme, že osmikanalové osciloskopy pro práci se smíšenými signály Yokogawa řady DLM4000 výrobce představil v roce 2012 a jejich nástupce, sérii DLM5000, o dalších osm let později – na stránkách časopisu DPS Elektronika od A do Z jsme tenkrát psali v [2].



Obr. 2 Z pohledu rozhraní na nás čeká externí spouštění, výstup Go / No-Go, USB, ethernet, video výstup (RGB), vývody pro zajištění synchronního provozu (DLMSync), napájení sond a také GPIB. Logické vstupy, včetně jejich dalšího rozšiřování, vyřešíte přímo na čelním panelu [4]

Aktuální nabídka výrobce jinak v této oblasti, hned vedle přístrojů řady DLM5000 a nových DLM5000HD, zahrnuje už „jen“ přístroje série DLM3000 – na našem webu viz také [3].

■ Odhalte každý detail

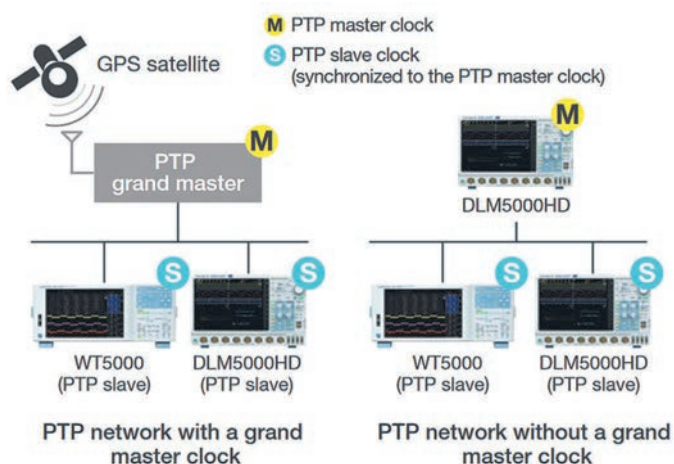
Novinky, a mají být dohromady hned čtyři, se tedy pasují do role výkonnějších verzí modelů řady DLM5000. Vedle ještě preciznější analýzy navíc přichází s funkcemi, které zlepšují možnosti využití a usnadňují rovněž nastavení měřicího přístroje. Kromě samotného rozlišení na vertikální ose, tedy 8 bitů, resp. 12 v režimu s vysokým rozlišením, vs. 12 bitů a ještě o čtyři více v módu Hi-res, tu samozřejmě máme i velikost paměti, která se vyšplhala z původních pěti set miliónů bodů až na jednu miliardu. V kolonce „history waveforms“ byl počet 100 000 u osciloskopů DLM5000HD vystřídán dvojnásobkem a změn doznala i podpora standardu IEEE 1588, pokud jde o dostupnost funkce Master. S odkazem na obr. 3 jde o to, že novinku lze pro účely časově synchronizovaného měření dle definic IEEE 1588 nastavit jako jednotku Master. S odkazem na obr. 3 jde o to, že novinku lze pro účely časově synchronizovaného měření dle definic IEEE 1588 nastavit jako jednotku Master. Díky tomu pak vzájemně spojíme měřicí přístroje v síti LAN bez potřeby nějaké speciální kabeláže nebo i složitého nastavování a vše může začít. Pohodlně a především synchronně. Veškerá změřená data či výsledky lze přitom souhrnně analyzovat na stejné časové ose.

Za zmínku stojí rovněž funkce automatického nastavení optimálního bitového toku, včetně prahové úrovně, při analyzování sériové sběrnice, kterou lze nyní rovněž použít ve spojení s dříve zachycenými průběhy. Zmíněný „auto-setup“ se tak uplatní i v případě nízkofrekvenčních signálů, čímž výrobce dále pomáhá zlepšit efektivitu vývoje a také zhodnocení činnosti sběrnic nasazovaných třeba ve vozidlech.

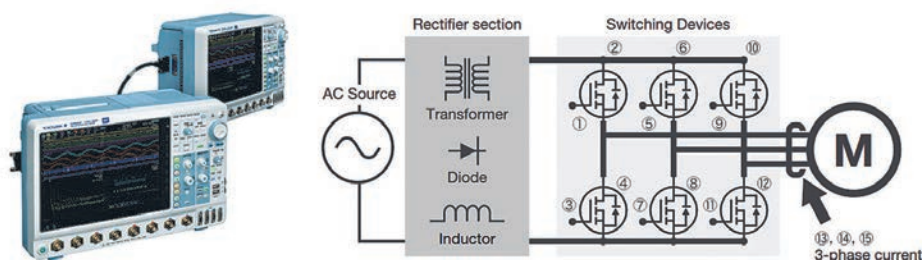
■ 16 analogových kanálů? Jednoduše

Z pohledu dostupných logických vstupů, příp. i jejich dalšího rozšiřování, maximální vzorkovací rychlosti 2,5 GS/s, analogových vstupů se čtyřmi, příp. též osmi kanály nebo i šířek pásma 350, resp. 500 MHz se prakticky nic nezměnilo a možné kombinace jsou opět jasně dané. Co když ale bude zapotřebí souběžně sledovat dění na ještě větším počtu analogových vstupů? Výrobce nezapomíná ani na takovou možnost, která však přichází v úvahu i pro nižší varianty osciloskopů řady DLM5000, tedy bez přípony HD.

Jak můžeme ostatně vidět i na obr. 4, když měřicí technice „dojdou“ kanály, bude při práci na jednoduchém střídači nutné zopakovat příslušné testy, a to i několikrát. Jak ale můžeme skloňovat nějakou komplexní analýzu, když nedokážeme najednou podchytit všechno potřebné? Osciloskopy řady DLM5000(HD) sice v jednu chvíli zvládají až osm kanálů,



Obr. 3 K otázce časově synchronizovaného měření dle IEEE 1588 a funkce Master [4]



Obr. 4 V případě rostoucích požadavků na počet analogových vstupů se můžete spolehnout na speciální funkci DLMSync. Šestnáct přesně a zejména souběžně sledovaných kanálů dává smysl nejen v číslicové rovině [4]

ovšem při vzájemném provázání dvou přístrojů jich v analogové rovině, synchronně a při jediném testu, efektivně zpracujeme klidně jednou tolik. Zkrátka ale nepřijdou ani čtyřkanalové modely. Matematika bude zase jednoduchá: $8 + 4$ dává dvanáct vstupů, zatímco $4 + 4$ nám dále zajišťuje možných osm kanálů. Výrobce v těchto případech počítá s volbami /SY či /SYN a speciálním kabelem. Mezi osciloskopy DLM5000 a DLM5000HD však tuto vzájemnou funkci DLMSync vylučuje [4].

Odkazy:

- [1] Tisková zpráva, <https://tmi.yokogawa.com/news/press-releases/2023/yokogawa-test-measurement-releases-dlm5000hd-series-high-definition-oscilloscopes/>
- [2] MSO řady DLM5000. Osm kanálů je pouze začátek, <https://www.dps-az.cz/mereni/id:77528/mso-rady-dlm5000-osm-kanalu-je-pouze-zacatek>
- [3] MSO DLM3000 na cestě výš. Směrem k uživateli, <https://www.dps-az.cz/mereni/novinky/id:57859/mso-dlm3000-na-ceste-vys-smerem-k-uzivateli>
- [4] Osciloskopy řady DLM5000HD, <https://tmi.yokogawa.com/solutions/products/oscilloscopes/digital-and-mixed-signal-oscilloscopes/dlm5000hd-series-mixed-signal-oscilloscope/>

robenek@dps-az.cz

Díky SMU Keysight řady PZ2100 volíte rychlost, rozlišení, ale i počet kanálů

Ing. Jan Robenek

Zdroj, nebo měřidlo? A co třeba obojí a hezky pohromadě? Při měření a testování se již běžně spoléháme na precizní techniku, pro kterou se vžil jednoduché, a přece tak výstižné pojmenování: Source Measure Unit. Jenže není SMU jako SMU.

firma mohla letos v červenci představit nový přístroj [2], pro který jsou klíčové přinejmenším dva předpoklady: kompaktní provedení určené k osazení do stojanu (1U) a počet kanálů, které si svobodně vybíráte. V jednom „těle“ jich může být ukryto až dvacet.

Technika nabízející jak statická stejnosměrná měření již od 10 fA, tak i dynamická (pulzní) měření se vzorkovacími rychlostmi až 15 MS/s nebo šířkou pulzů již od 10 μs najde uplatnění zejména v oblasti polovodičových součástek, jako jsou integrované obvody, optoelektronické prvky – fotodiody, LED či moduly s lasery VCSEL, klasické diody, tranzistory nebo FETy, stejně jako pasivní součástky typu rezistorů či kondenzátorů. Neztratí se však ani v řadě dalších případů, včetně světa kvantových počítačů.

Zkrátka všude tam, kde potřebujeme během vývoje testovat vlastnosti celého systému, popisovat jeho chování a často i řešit problémy spojené s neustále rostoucím počtem portů, což by pochopitelně bylo bez automatizovaného řešení s vysokou hustotou kanálů složité a také zbytečně zdouhavé. Ale nenechte se zmást, nebude to jen o nižší ceně nebo dvacetinásobně lepším zacházení s dostupným prostorem.

Obr. 1 Hodláte věnovat více času spíše přesnému popisu systému než jeho synchronizaci, a to i v případech, kdy počet kanálů dosahuje rovné dvacítky? Firma Keysight Technologies má pro takové účely nové, drobné a přece stále precizní modulární řešení: SMU řady PZ2100 navržené k osazení přímo do stojanu; fotografie: Keysight Technologies [2]

■ S klasickými zdroji se nesrovnává

V případě precizních SMU řady PZ2100 s vysokou hustotou kanálů a výstupním rozsahem až 210 V, příp. 3,5 A (DC) nebo 10,5 A (pulzně), výrobce vsadil na základní jednotku s označením PZ2100A (Mainframe), jejíž funkce lze flexibilně konfigurovat a třeba i dále rozšiřovat díky pěti

různým modulům, které budou volitelně osazovány v některém ze čtyř přítomných slotů, přesně jak je vidíme na obr. 2. Základní vodičko zde přitom vede přes požadavky na vstupy a výstupy SMU s vysokým rozlišením (PZ2110A), stejně tak i rychlostmi (PZ2120A či PZ2121A) nebo též SMU vybavenými rostoucím počtem kanálů (PZ2130A, resp. PZ2131A). Tady se již bude jednat o pětikanálové moduly, které v plné konfiguraci, a navzdory výsledné výšce celého systému „jednoho U“, zajistí výše zmiňovaných dvacet měřících/zdrojových rozhraní provázaných interní zpětnou vazbou. Výstup zde proto zůstává přesný a stabilní, dokonce i v případech, kdy se nečekaně mění zatěžovací podmínky [3].

Někdo si vystačí se základem, zatímco jiní budou pokaždé laborovat s rozlišením, rychlostmi, rozsahy a třeba i počtem kanálů. Konkrétní potřeby měřicího pracoviště se často liší, takže nezbyvá, než sáhnout po flexibilním řešení, které si na míru přizpůsobíte nejlépe vy sami.

■ Kanály se jen hemží

Společnost Keysight Technologies jsme na stránkách DPS v souvislosti s technologiemi SMU zmiňovali již dříve například v [1]. Vývoj se ale nezastavil ani na straně výrobce, takže





Obr. 2 Svoboda výběru bude na zadní straně spojována se čtyřmi volnými sloty, pro které výrobce nabízí hned pěti různých modulů [3]

V Keysight Technologies rovněž pamatují na vlastní pulzéry či digitizéry, zatímco z pohledu synchronizace většího počtu zdrojových – měřicích jednotek výrobce stanovuje přesnost <math>< 50\text{ ns}</math>. Dle obr. 3 je dále k dispozici software [4] umožňující zrychlit výzkum, vývoj a také ověřování návrhů na základě svižného a jednoduše prováděného synchronního měře-



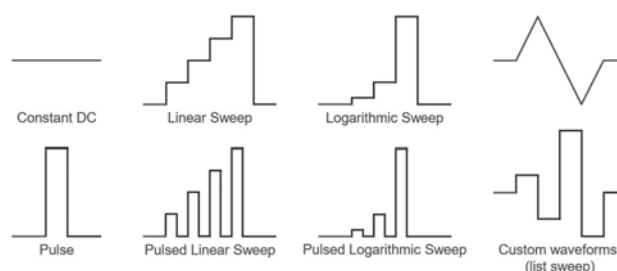
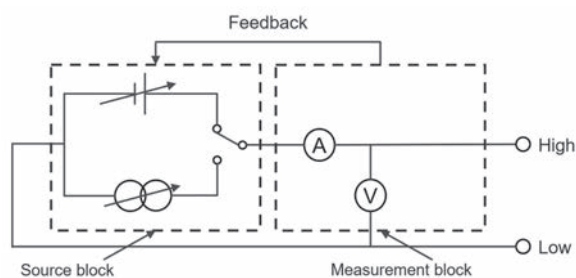
Obr. 3 Software s označením „PW9251A PathWave IV Curve Measurement“ pomůže při snadném nastavení SMU značky Keysight a také příslušném synchronním měření volt-ampérových charakteristik, které nebude podmíněno nutností cokoli programovat [4]

ní proudů a napětí (IV, tedy volt-ampérové charakteristiky) bez nutnosti cokoli programovat, kdy výsledky testů můžeme mít okamžitě k dispozici třeba formou grafů či tabulek. Jak již bylo naznačeno, modul PZ2110A má pro zajištění maximální flexibility při vytváření průběhů k dispozici až jeden milion kroků, zatímco další „pouze“ dva tisíce – viz také obr. 4. Takové funkce jsou nesmírně užitečné při popisu součástek nebo i celých systémů, u kterých máme odezvu již z principu závislou na přiváděném napětí či proudu. Obsluha se proto může flexibilně zaměřit přesně na oblasti, kde to bude dávat i největší smysl.

Odkazy:

- [1] Početná měřicí technika, nebo jedno přesné SMU, <https://www.dps-az.cz/mereni/id:79855/pocetna-merici-technika-nebo-jedno-presne-smu>
- [2] Tisková zpráva, <https://www.keysight.com/us/en/about/newsroom/news-releases/2023/0711-pr23-062-keysight-introduces-high-density-source-measure-un.html>
- [3] SMU řady PZ2100, <https://www.keysight.com/us/en/products/source-measure-units-smu/pz2100-series-high-channel-density-precision-smu.html>
- [4] PW9251A PathWave IV Curve Measurement Software, <https://www.keysight.com/us/en/product/PW9251A/pathwave-iv-curve-measurement-software.html>

robenek@dps-az.cz



Obr. 4 Zjednodušený blok diagram SMU v principu zahrnuje jak zdrojovou, tak i měřicí část. V prvním případě máme na mysli přesný zdroj napětí a proudu, resp. též i nulu, s možností pracovat s pulzy či realizovat další lineární, logaritmické nebo i vlastní změny (sweep).

K dispozici je rovněž napěťové a proudové omezení. Následující blok poté poplatně vysokorychlostnímu vzorkování zajišťuje precizní měření napětí či proudu. Také zde máme ilustrovány vlastní rozšiřující funkce umožňující flexibilní generování průběhů [3]

Míříte hodně vysoko? S napájením od Renesas to nebude úlet

Ing. Jan Robenek

Tam nahoru se zraky lidí upínaly již od pradávna. Každý zde přítom vidí nebo také sleduje něco úplně jiného. Hvězdy, planety, úchvatná nebeská představení, a když na to přijde, třeba i vlastní techniku. Jenže není elektronika jako elektronika.

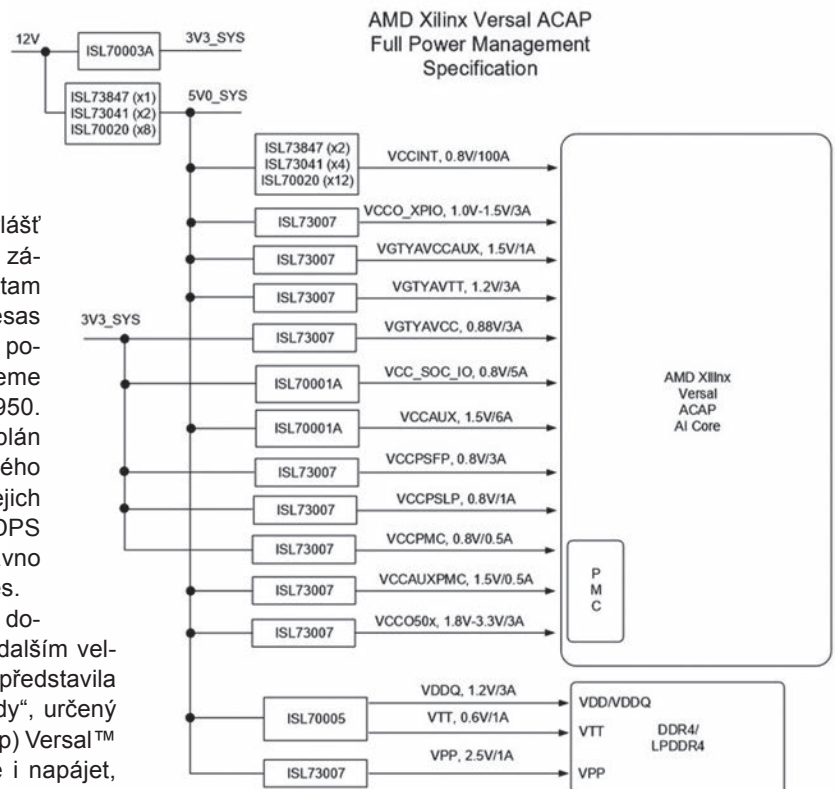
■ Na míru AMD

Návrh zařízení provozovaných mimo „rodnou planetu“ podléhá přísným pravidlům. A není se ani čemu divit, vždyť i sebemenší selhání zde může nakonec ohrozit úspěch celé mise zatížené doslova astronomickými náklady. Obzvláště pečlivě je proto zapotřebí vybírat i součástkovou základnu. Naštěstí zde máme výrobce, kteří budou i tam nahoře stále „jako doma“. Třeba společnost Renesas Electronics, resp. Intersil, která se na tomto poli pohybuje již řadu desetiletí a jejíž začátky spojujeme dokonce se založením Radiation Inc. v roce 1950. Takřka každá umělá družice, vypuštěný raketoplán nebo též průzkumná mise směřující do kosmického prostoru nesly od té doby produkty této značky. Jejich vybraným obvodům se na stránkách časopisu DPS Elektronika od A do Z s radostí věnujeme, nedávno např. v [1],[2] nebo [3], a nejinak tomu bude i dnes.

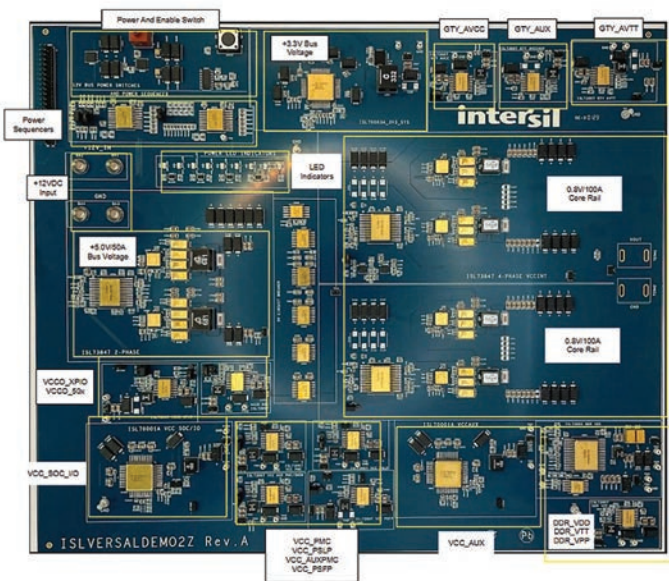
Firma Renesas Electronics svůj závazek opět doložila letos v červenci [4], když ve spolupráci s dalším velkým hráčem, kterým je AMD, vyvíjela a nakonec i představila ucelený referenční návrh na způsob „space-ready“, určený speciálně pro jejich adaptivní SoC (system-on-chip) Versal™ XQRVC1902. Techniku je totiž nutné spolehlivě i napájet, zvláště když zde máme co do činění s vysoce výkonnými, flexibilními a také dynamicky rekonfigurovatelnými bloky pro účely umělé inteligence AI či strojového učení ML, jednotkami DSP, programovatelnou logikou, transceivery, jejichž rychlosti dosahují 32 gigabitů za vteřinu nebo např. vestavnými procesory s dvojnásobným jádrem Arm® Cortex-A72, resp. Arm® Cortex-R5 [5]. V každodenní praxi to pak může znamenat i extrém, jako je napětí 800 mV pro napájení jádra společně s proudovým odběrem, který se umí vyšplhat až ke 140 ampérům.



Obr. 1 Trend už je prostě takový: napětí sloužící k napájení jader se v případě hradlových polí či dalších speciálních obvodů, včetně ASIC, obecně snižují, zatímco proudové odběry dále rostou, takže bude stále náročnější vyhovět příslušným požadavkům zajišťujícím bezchybný provoz celého systému. Pro zařízení, která si musí na své pouti vesmírem vystačit s omezeným přísunem energie, zatímco jsou dlouhodobě vystavena extrémním teplotám, včetně záření, to bude platit dvojnásob [4]



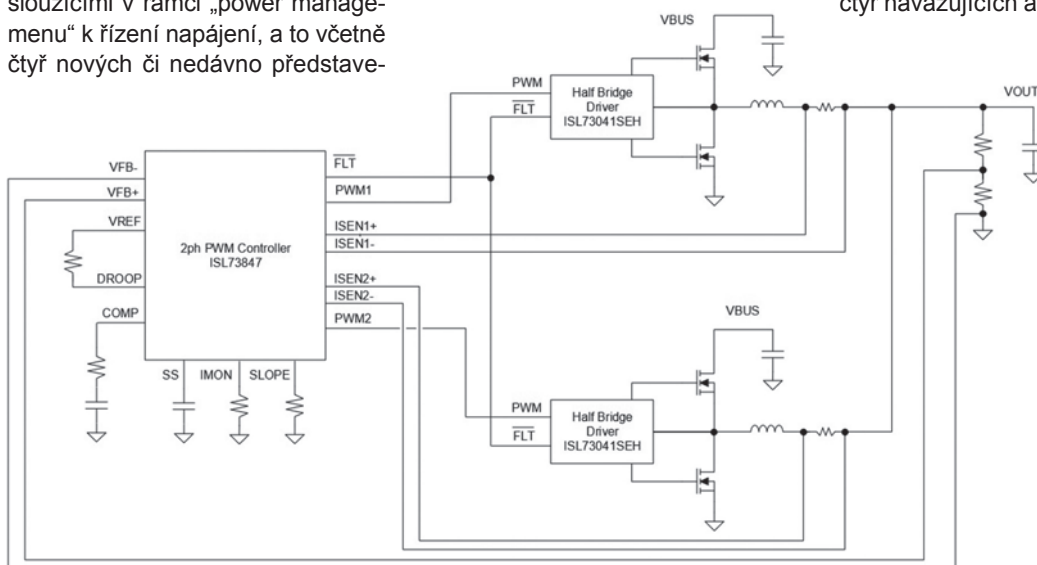
Obr. 2 Žádnou výjimkou zde nebude ani výpočetní platforma Versal™ od AMD – adaptivní systém SoC vhodný pro kosmické aplikace, který se vyznačuje nejen potřebnou odolností vůči záření, ale také schopnostmi umělé inteligence, včetně možnosti zpracovávat signály s obrovskou šířkou pásma. Firma Renesas nyní ve spolupráci s AMD připravila kompletní řešení pro souvislé řízení napájení. ISLVERSALDEMO2Z má za úkol zajišťovat veškeré hladiny vyžadované platformou Versal™, a to včetně napájení jádra 0,8 V při odběru 100 nebo až 140 A [6]



Obr. 3 Způsob řešení vývojové desky ISLVERSALDEMO2Z. Celý systém zde bude napájen ze zdroje +12 V_{DC}. Dva spínané regulátory pak na vstupu zajišťují systémové úrovně s napětím +5,0 V a +3,3 V, které se následně použijí při napájení všech ostatních DC/DC regulátorů v místě jejich určení [6]

■ Kontroléry, budiče a regulátory

Výsledné řešení zde aktuálně ponese označení ISLVERSAL-DEMO2Z a počítat bude s klíčovými součástkami „rad-hard“ sloužícími v rámci „power managementu“ k řízení napájení, a to včetně čtyř nových či nedávno představe-



Obr. 4 Ukázka vzájemné spolupráce dvou nových integrovaných obvodů firmy Renesas použitých mimo jiné i v referenčním návrhu. Typické zapojení spínaného DC/DC měniče – dvoustupňového snižujícího PWM kontroléru ISL73847SEH s budičem polovičního můstku ISL73041SEH a také tranzistory FET GaN – nám nyní ze vstupního napětí 12 V vyrábí výstupních 1,0 V s možností proudového zatížení až 50 A [6]

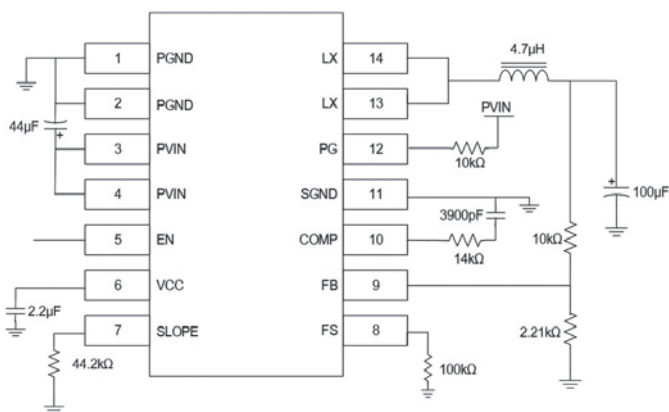
ných prvků v neobyčejně kompaktním provedení, ke kterým se ještě dostaneme. V systémech nové generace podpoří integrované struktury s logem Intersilu spoustu různých úrovní napájecího napětí, a to nejen v případě samotného jádra, ale také dalších souvisejících číslicových obvodů, analogových systémů či pamětí DDR4. K dispozici je rovněž univerzálně použitelná sběrnice +5 V / +3,3 V, přičemž pro každou z hladin je dále počítáno s řízením posloupností při zapínání a také vypínání.

Způsob řešení zcela vyhovuje návrhům, které si žádají minimální tolerance, zatímco dále počítají se skutečně vysokými odběry proudu nebo i účinnou konverzí za mimořádně náročných okolních podmínek. Základní představu o novém referenčním návrhu s celou řadou robustních integrovaných obvodů, které byly testovány a prověřovány s cílem zajistit spolehlivou činnost celého systému navzdory přítomnosti zvýšených úrovní radiace, si můžeme udělat díky blokovému diagramu na obr. 2, příp. výsledné realizaci zachycené na obr. 3. Nalezneme zde kontroléry s pulzně-šířkovou modulací PWM, budiče polovičního můstku s tranzistorem FET na bázi nitridu galia (GaN), regulátory pracující přímo v místě zátěže, tzv. PoL, spínače nebo též prvky pro ošetření posloupností. Díky malým rozměrům pouzder pak výsledek zabere na desce pouze něco málo přes jedno sto čtverečních centimetrů, což odpovídá zhruba ploše o velikosti dvou navštívenek. Společně s ISLVERSALDEMO2Z vývojáři rovněž dostávají veškeré soubory, včetně schémat, rozpisky součástek nebo Gerber souborů, potřebné k rychlému zapracování uceleného řešení do svých vlastních návrhů.

■ Řeší DDR, ale i posloupnosti

Mezi všemi napájecími hladinami systému Versal™ ACAP od AMD Xilinx bude asi nejvíce vyčnívat úroveň VCC_INT určená pro jádro, která při 800 mV počítá s průtoky o velikosti až 100 A. Renesas k tomu využije rad-hard regulátoru na způsob PoL, složeného ze dvou nových PWM kontrolérů ISL73847SEH s duálním výstupem, čtyř navazujících a také nových budičů FETů GaN

ISL73041SEH v konfiguraci polovičního můstku (viz obr. 4, kde oba prvky rovnou podporují vzájemnou obousměrnou komunikaci za účelem synchronizace či detekce chyb) a konečně i dvanácti samotných 40V tranzistorů ISL70020SEH, pro které je vedle proudové zatížitelnosti 65 A příznačný odpor v sepnutém stavu 3,5 mΩ. Stojí za zmínku, že v případě desky ISLVERSALDEMO2Z se výrobce uchýlil ke čtyřstupňovému řešení s výstupní zatížitelností 100 A, což představuje



Obr. 5 Mezi novinkami se objevily též 18V rad-hard regulátory ISL73007SEH s proudovou zatížitelností 3 A pracující přímo v místě zátěže – na obrázku příklad možného zapojení s vnější kompenzací pro konverzi napájení 12 V / 3,3 V @ 500 kHz [6]

25 A na jeden blok. Pokud to ale bude nutné, lze na základě změny součástek docílit i 35 A na jednu „fázi“, což po vynásobení čtyřmi dává v úhrnu již dříve zmiňovaných čtyřicet ampér navíc.

Další úroveň potřebné k napájení číslicových nebo i analogových struktur Versal™ ACAP budou zajišťovány synchronně snižujícími regulátory ISL70001ASEH či novým ISL73007SEH s integrovaným tranzistorem FET (viz také

příklad možného řešení dle obr. 5). Pokud jde o paměť DDR4 a hladiny VDDQ nebo též VTT vně systému Versal ACAP, pomůžeme si ještě synchronně snižujícím regulátorem ISL70005SEH plus LDO (Source/Sink). Zapomenout ale nesmíme ani na pečlivé řízení posloupností, bez kterého se v takových návrzích rozhodně neobejdeme. V našem případě pak vstupuje do hry čtyřkanalový sekvencér ISL70321SEH [6].

Odkazy:

- [1] Na oběžnou dráhu s novou rodinou. V plastu, a přece bezpečně, <https://www.dps-az.cz/vyvoj/id:54034/na-obeznou-drahu-s-novou-rodinou-v-plastu-a-prece-bezpecne>
- [2] Proudové zdroje nejsou žádným oběživem. Ani když budou kryty zlatem, <https://www.dps-az.cz/soucastky/id:58391/proudove-zdroje-nejsou-zadnym-obezivem-ani-kdyz-budou-kryty-zlatem>
- [3] Měníč a LDO navždy spolu. I mimo planetu, <https://www.dps-az.cz/vyvoj/novinky/id:67819/menic-a-ldo-navzdy-spolu-i-mimo-planetu>
- [4] Tisková zpráva, <https://www.renesas.com/eu/en/about/press-room/renesas-develops-complete-power-management-solution-amd-space-grade-versal-adaptive-soc>
- [5] XQR Versal™ for Space 2.0 Applications, <https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/publications/product-briefs/xilinx-xqr-versal-product-brief.pdf>
- [6] Referenční návrh ISLVERSALDEMO2Z, <https://www.renesas.com/eu/en/products/space-harsh-environment/rad-hard-hermetic/rad-hard-power/rad-hard-switching-regulators/islversaldemo2z-power-management-reference-design-amd-versal-xqrc1902>

Tříbarevné výkonové LED od Prolight Opto



V nabídce společnosti TME nyní najdete i svítivé diody řady PM6B od firmy Prolight Opto. Jedná se o jedno z nejnovějších řešení tohoto výrobce v oblasti výkonových LED.

Svítivé diody prošly v minulosti obrovským vývojem – od čistě signalizační funkce až k tradičnímu osvětlení. Stále lepší materiály či technologie pak umožnily vznik nových standardů, jako jsou např. LED pracující s proudem 350 mA. Postupná miniaturizace navíc umožnila uzavřít vyzařovací struktury do malého pouzdra typu EMITER o průměru 6 mm a s možností povrchové montáže (SMD). Vznikly tak světelné zdroje s vysokou účinností a jasem několika desítek lumenů.

Důležitý zde rovněž bude účinný odvod tepla. Aby totiž bylo možné dosáhnout maximálního výkonu, je nutné prvek správně chladit, třeba pomocí klasického chladiče. V Prolight proto zavedli modul STAR, v němž je dioda umístěna na hliníkové základně, která optimalizuje termoregulaci prvku a usnadňuje i jeho montáž, včetně samotného zapojení.

Tříbarevné LED od společnosti Prolight zde znamenají celkem tři struktury vyzařující červeně, zeleně a také modře (RGB). Jsou na sobě elektricky nezávislé a každá má tudíž vyvedenou anodu i katodu. Díky tomu můžete snadno ovlivnit nejen barvu, ale také jas. Speciální čočka navíc umožňuje vyzařovat v úhlu až 130°.

Více informací na www.tme.eu/cz/news/about-product/page/54847/tribarevne-vykonove-led-diody-od-prolight-opto/

50 Years

COMMITTED TO CELEBRATE

Naše odborné znalosti jsou Vaší výhodou

Během 50 let jsme se stali jedním z největších evropských distributorů elektronických součástek a spolehlivým partnerem s portfoliem předních světových výrobců. V kombinaci s našimi vlastními R&D aktivitami a patentovanými systémovými řešeními budete s Vaší aplikací o krok napřed.

Spolehlivé a všestranné - portfolio společnosti Rutronik

- Polovodiče
- Pasivní komponenty
- Elektromechanické komponenty
- Průmyslové počítače a systémy
- Displeje a monitory
- Technologie pro ukládání dat
- Bezdrátové technologie
- Bateriové články
- Napájecí zdroje

Chcete se o nás dozvědět více?

Pak navštivte

www.rutronik.com



Čas pro inovace? Získejte jej s deskou RDK4

Rutronik

Čas a energie jsou vzácné a také omezené zdroje, které je zapotřebí velmi efektivně využívat. Stejně důležitý zde ale bude i návrh řešení, jak uplatnit aplikace co nejrychleji na trhu, resp. je zavést do sériové výroby.

Vývojové kity poskytují ve zmíněném procesu obrovskou výhodu, protože umí přípravnou fázi výrazně zkrátit. Zejména v případě trhů či firem, které musí kromě nedostatku „talentů“, dostupnosti součástek nebo udržitelnosti rovněž řešit přesně dané certifikace, jako např. v automobilovém sektoru, se mohou vývojové desky stát něčím, co skutečně mění celou situaci. Andreas Heder, Field Application Engineer ze společnosti Rutronik, vysvětluje, proč se nový RDK4 od broadline distributora, jakým je Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH, stává optimálním řešením pro vývojová oddělení OEM či Tier-1 v automobilovém průmyslu.

Nejnovější základní deska vyvinutá divizí Rutronik System Solutions je založena na čipu PSoc™ 4100S Max společnosti Infineon, který bude tento podzim k dispozici jako samostatná součástka. RDK4 se tak aktuálně stává celosvětově jediným vývojovým kitem, který zmíněný mikrokontrolér používá. Vedle mikrokontroléru s certifikací pro automobilový průmysl najdou vývojáři v rámci nejmenšího možného prostoru na RDK4 též i SBC (system base chip), včetně nejdůležitějších „automotive“ rozhraní, jakými jsou CAN-FD a LIN. V praxi to znamená, že řadu důležitých součástek k vývoji jednotek pro řízení motoru máme již přímo k dispozici na kompaktní desce, takže drtivou většinu aplikací lze v této oblasti zrealizovat a důkladně i vyzkoušet, aniž by bylo nutné objednávat či dále osazovat samotný hardware. Rutronik System Solutions tak pro vývojáře zajišťuje výraznou úsporu času, který mohou využít při jiných nových úkolech. Především pro účely analýzy proveditelnosti poskytuje RDK4 efektivnější řešení.

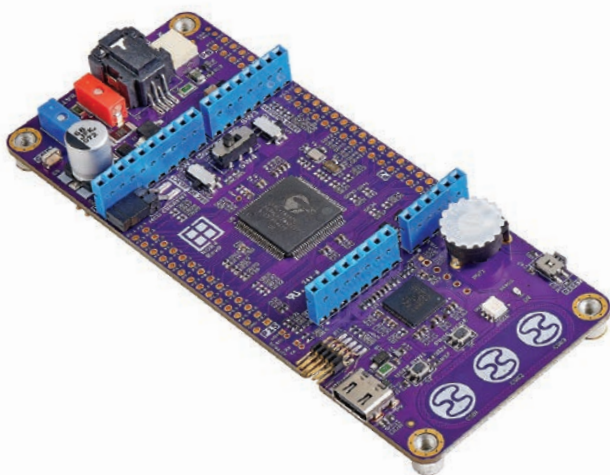
■ Mikrokontrolér a SBC: jedinečné spojení v řadách vývojových desek

Vývojáři v Rutronik System Solutions zapracovali kromě mikrokontroléru i čip SBC v podobě OPTIREG™ Mid-Range+ od Infineon, který je klíčový pro napájecí zdroje s automotive kvalifikací průmyslu (High Voltage Input/Output), protože mikrokontrolér by to sám o sobě nemusel zvládnout. Taková kombinace na jediné desce bude i jednou z unikátních předností RDK4. Speciálně se přitom zaměřuje na vývojáře z automobilového prostředí, protože téměř v každém projektu je vedle mikrokontroléru použit také nějaký druh čipu SBC. Výrobci vývojářům obvykle nabízí separátní kity pro SBC a mikrokontrolér, ale nikdy pro oba prvky společně.

■ Netrpělivě očekávaná možnost pracovat až do 42 V

Elektrické systémy ve vozidlech obvykle používají 12 V či 24 V (nákladní automobily), ovšem napětové špičky zde mohou být mnohem větší, a to zejména při zapínání či vypínání. Abychom u daného systému zajistili funkčnost a také bezpečnost, musí být odolný proti krátkodobému zvýšení provozního napětí. Deska RDK4 byla proto navržena tak, aby analogové vstupy mohly nejen ustát, ale i změřit napětí až do 42 V – to vše bez potřeby dodatečného hardware. Samotný mikrokontrolér je pak standardně napájený 5V zdrojem.





■ Povinná úspora energie? Ne na úkor bezpečnosti

Jedním z opakujících se problémů při vývoji systémů určených pro vozidla bude rostoucí složitost, a tudíž i počet řídicích jednotek, které mnohdy zůstávají trvale připojené k napájecímu zdroji. Moderní automobily sice běžně disponují duálními bateriovými systémy, ve kterých dodatečné požadavky zákazníků či různých zátěží na napájení řeší pomocné články, nicméně s rozmachem aplikací zajišťujících bezpečnost i pohodlí se zvyšuje i počet zákazníků, kteří je budou využívat. Vozidlo lze samozřejmě zcela „vypnout“, ale to by nebylo v některých případech účelné. Třeba řídicí jednotky pro alarmy musí být v pohotovostním režimu právě v době, kdy vozidlo parkuje. Na druhou stranu ale nepotřebují být zapnuté trvale a odebírat přitom spoustu energie.

Abychom v takovém případě zamezili bezděčnému vybíjení baterie při parkování vozidla, máme zde jasné požadavky a také směrnice ohledně spotřeby řídicích jednotek v režimu standby. V případě RDK4 pak mohou vývojová oddělení výrazně zkrátit proces výběru součástek na základě jejich spotřeby energie. Díky propojkám lze navíc změřit výkonovou spotřebu na úrovni systému či dílčího subsystému, jako je pouze mikrokontrolér, a přesně zjistit, jak moc energie si daná aplikace či součástka žádá a také ve kterém režimu.

Maximální úroveň odběru v mikroampérech je definována v každé specifikaci pro ECU, takže OEM stojí v automobilovém průmyslu před naléhavou potřebou nalézt řešení, která vzájemně skloubí komfort, bezpečnost a také energetickou účinnost, aniž by ve vozidlech zbytečně zkracovaly životnost baterií. Díky možnosti selektivního měření proudu pak deska RDK4 podporuje dodržování mezních úrovní během přípravné fáze vývoje.

■ Bezpečné spouštění a také vypínání díky SBC

Napájecí zdroj na desce RDK4 (s automotive kvalifikací), který je integrován s využitím čipu SBC, zajišťuje, že mikrokontrolér bude správně zapínán a také vypínán. Taková součástka je obzvláště důležitá, protože v okamžiku, kdy vozidlo startuje, klesá napětí v palubní síti. Pokud by zmíněný prvek chyběl,

mikrokontrolér by se mohl v případě pochybností sporadicky zapínat a také vypínat. V nejhorším případě to pak může znamenat i závažné selhání celého systému. Pokaždé je proto nutné zajistit, aby při dosažení určitého napětí došlo ke spolehlivému zapnutí mikrokontroléru, resp. jeho vypnutí, to když napětí klesne pod stanovenou hladinu.

■ Praktické řešení hardwaru i softwaru, které šetří čas

Vývojový proces často začíná volbou mikrokontroléru, přičemž vývojáři hardwaru dále pokračují návrhem vlastní desky. V závislosti na dostupnosti potřebných součástek to může trvat i několik měsíců – tedy dobu, kdy vývojáři softwaru musí vyčkávat. Ledaže by sáhli po deskách, jako je RDK4, a záležitosti spojené s programováním a také testy řešili souběžně. Výhodou je, že jakmile hardwarové oddělení skončí s vývojem, lze danou aplikaci prakticky bez přerušení dotáhnout do konce, protože software, samozřejmě až na drobné úpravy, již může být rovněž připravený.

Aby bylo možné pro vývojáře softwaru zajistit nejlepší možnou podporu, je deska RDK4, podobně jako i další základní a adaptérové desky od Rutronik System Solutions, integrována do vývojového prostředí ModusToolBox™ od Infineon, které obsahuje celou řadu vývojových nástrojů, knihoven či balíčků (embedded runtime asset) pro mikrokontroléry Infineon, stejně jako vývojové kity. Díky sadě Board Support Package, kterou Rutronik System Solutions dodává společně se základní deskou, vývojáři zase obdrží úplný popis, včetně dokumentace (návrhové soubory pro PCB, rozpiska součástek), definující desku společně se všemi vstupy a výstupy po hardwarové stránce. Okamžitě je například jasné, ke kterému vývodu máme přiřadit aktuálně vedené rozhraní. Časově náročné studium dokumentace a schémat již není zapotřebí. Rozhraní CAN lze třeba aktivovat pouhým kliknutím.

Základní deska je rovněž vhodná pro další běžná vývojová prostředí se zaměřením na aplikace pro automobilový průmysl, jako je Adobe AIR nebo Keil Microvision Compiler a Visual Studio Code. Ukázky softwaru od Rutronik System Solutions jsou kromě toho řešeny ve stylu Open Source a máme je zdarma k dispozici.

■ Nadešel čas pro inovace

Jedním z cílů, které si v Rutronik System Solutions vytyčili, je podpora vývojářů firmwaru a také hardwaru během přípravné fáze s použitím vlastních desek (základní, adaptérové), takže lze zkrátit dobu pro uvedení nových aplikací na trh.

S deskou RDK4 jde Rutronik System Solutions stejnou cestou. V oblasti vývoje řídicích jednotek motorů pro automobilový průmysl zmíněná základní deska pomůže dostat aplikace na trh mnohem rychleji, takže vývojáři (OEM) se již nemusí trápit s návrhem svého vlastního hardwaru. Jak je to možné? Mimo jiné i díky kombinaci nejmodernějších součástek na nejmenším možném prostoru. Z důvodu snižování časové náročnosti přípravné fáze vývoje lze nyní uvolnit i kapacity a vytvořit prostor k rozvoji dalších inovací.

MPS: Jak na přesnost a rozlišení u magnetických senzorů natočení

CODICO

Magnetické senzory polohy, zejména pak magnetické snímače natočení, tvoří základní stavební bloky bezpočtu aplikací pro řízení pohybu, které si žádají precizní určování pozice. Zmíněná čidla hrají klíčovou roli v celé řadě odvětví, od automobilového průmyslu a robotiky až po spotřební elektroniku nebo zdravotnictví, což jen podtrhuje jejich všestranné zaměření a také důležitost.

Abychom z nich ale vytěžili maximum, je zapotřebí se hlouběji zabývat dvěma stěžejními parametry, které definují jejich vlastnosti – přesností a rozlišením. I když se tyto termíny často zaměňují, budou v jakémkoli měřicím systému představovat odlišné věci, byť spolu jinak souvisejí. Článek má za cíl oba parametry více osvětlit. Vysvětluje, jak ovlivňují vlastnosti magnetických senzorů polohy, a poskytuje vodítko při jejich optimalizaci.

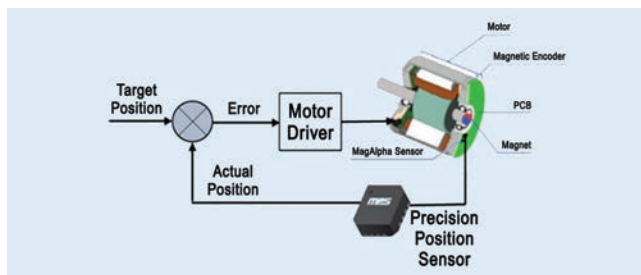
■ Jak správně chápat přesnost a rozlišení

V oblasti měření a přístrojové techniky se bude přesnost vztahovat k „blízkosti“ měřené hodnoty zkoumané veličiny vůči té skutečné nebo opravdové. V případě magnetických snímačů polohy bude přesnost mírou toho, jak precizně odráží měření úhlu skutečnou situaci. Přesnost je způsob, díky kterému pochopíme, jak dalece koresponduje čtená pozice se skutečnou, přičemž vysoce přesné čidlo zajišťuje výstupy, které se od pravé úrovně liší pouze nepatrně.

Rozlišení naproti tomu v případě měřené veličiny signalizuje nejmenší změnu, kterou dokáže senzor detekovat. U magnetických snímačů polohy je rozlišení nejmenší změna úhlu, kterou lze s čidlem zaznamenat. Rozlišení je v podstatě mírou citlivosti senzoru vůči nepatrným změnám polohy. Snímače s vysokým rozlišením umí detekovat i ty nejmenší změny polohy a zajišťují tak podrobné detailní výstupy.

Zásadní rozdíl spočívá v tom, že vysoké rozlišení neznamená automaticky vysokou přesnost. Senzor je kupříkladu vysoce citlivý vůči nepatrným změnám, takže má vysoké rozlišení, ovšem i to může být stále málo a nepřesné, pokud se čtené hodnoty trvale odklánějí od skutečnosti. Čidlo může být rovněž vysoce přesné a důsledně zajišťovat měření v těsné blízkosti skutečné úrovně, ale je stíženo malým rozlišením, takže nedokáže zachytit drobné odchylky polohy.

A právě takový paradox stojí za spleťtým návrhem a také implementací magnetických senzorů polohy. Vývojáři proto musí najít rovnováhu mezi rozlišením a přesností, takže s ohledem na konkrétní potřeby dané aplikace docílí optimálních vlastností.



Obr. 1 Řešení v podobě MA600

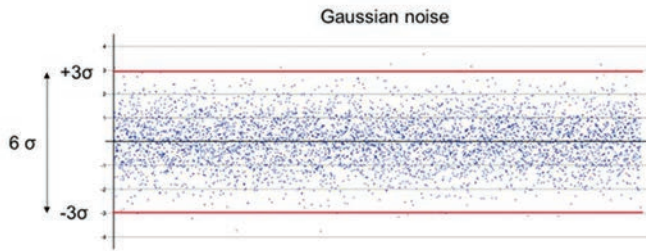
■ Nejlepší vlastnosti senzoru znamenají kompromisy

Aby vývojáři maximalizovali výkonnost systému magnetického snímače polohy, musí mít jasno v tom, jak přesnost a také rozlišení vyčíslit. A co víc, musí chápat, které parametry systému lze za účelem zvýšení přesnosti či rozlišení „vypilovat“, včetně způsobu, jakým je výrobcí uvádí v dokumentaci. Každé zlepšení či zdokonalení však něco stojí a navyšování přesnosti nebo rozlišení zde nebude žádnou výjimkou. Správně oba parametry mezi sebou vyvážit ale vyžaduje pečlivé zvážení různých kompromisů. Na cestě k lepšímu rozlišení je důležité minimalizovat šum. Abychom snížili rušení a zvýšili tím rozlišení, lze použít okénkový filtr s průměrováním výstupu. Zmíněný filtr pracuje tak, že při čtení výstupu ze snímače vyhlazuje náhodné výkyvy a pomůže tím zajistit stabilnější a přesnější výsledky.

Když ale filtr s funkcí průměrování zvyšuje rozlišení, snižujeme tím dynamickou šířku pásma. Reakce systému na akcelerace budou proto zpožděny úměrně omezení v šířce pásma. Bude-li nastavené okénko u filtru příliš široké, může to vést ke špatné skokové odezvě a nestabilitě ve smyčce servo řízení, což negativně ovlivňuje vlastnosti systému. Základní empirické pravidlo pro magnetické senzory natočení založené na Hallově jevu říká, že pro rozlišení o dalšího půl bitu navíc se dynamická šířka pásma bude půlit.

Lepší přesnosti nebo též snížení integrální nelinearity (INL) lze na druhou stranu dosáhnout díky kalibraci. Kalibrace výstupu senzoru poté, co byl v dané aplikaci zapojen, může pomoci při potlačení vlivu mechanických tolerancí a jejich vrstvení, stejně jako nedokonalostí magnetu, takže nám zůstane pouze teplotní drift coby primární přispěvatel, pokud jde o INL. Kompromisem zde ale bude cena. Kalibrace totiž vyžaduje čas, prostředky a speciální znalosti, které se promítají do zvýšených nákladů na výrobu. A právě z tohoto důvodu nemusí kalibrace dávat smysl u všech aplikací, zvláště pak u těch, které jsou velmi citlivé na cenu.

Pokud je vyžadováno vysoké rozlišení, stejně jako šířka pásma nebo je zapotřebí mimořádně nízká INL, třeba pod 0,1°, může skvělou rovnováhu mezi vlastnostmi a cenou nabídnout speciální řešení, jako je MA600 – viz také obr. 1. MA600 zajišťuje větší šířku pásma i rozlišení než v případě návrhů založených na Hallově jevu, zatímco dále bude i výrazně levnější než další nevhodnější alternativa – optický enkodér. Vzhledem k tomu, že MA600 staví na principech TMR (tunneling magneto-resistance), vykazuje mnohem nižší rušení, než je tomu v případě řešení založených na Hallově jevu. Šum v případě MA600 navíc nebude mít na rozdíl od tradičních Hallových prvků Gaussův profil. Zmíněné činitele pak výraznou měrou zmenšují kompromisy spojované u TMR se šířkou pásma.

Obr. 2 Úroveň šumu $\pm 3\sigma$

■ Stanovujeme přesnost a rozlišení

Dokumentace od výrobce přináší podrobné informace nejen o specifické přesnosti snímače a jeho rozlišení, ale i dalších klíčových parametrech, jako jsou provozní teplotní rozsah, napájecí napětí, klidový odběr nebo rozsah intenzit magnetického pole. Datasheety ale nejsou pokaždé vytvářeny jednotným způsobem, takže je specifikace nutné pečlivě porovnávat.

Někteří výrobci např. stanovují rozlišení v závislosti na rozsahu šumu 1σ , takže lze minimální změnu úhlu detekovat pouze po dobu vyjádřenou 68 procenty. MPS na druhou stranu specifikuje rozlišení s ohledem na úroveň šumu $\pm 3\sigma$, viz obr. 2. To pak zaručuje, že zjištěný rozdíl mezi dvěma úhly bude správný po dobu 99,7 %. Všichni výrobci ale nejsou tak konzervativní. Při ignorování požadavku na 3σ je tudíž jednoduché zajistit, aby se rozlišení zdálo vyšší.

Přesnost nebo též INL je na druhou stranu docela přímočará a budeme zde mít i menší manévrovací prostor k maskování

skutečných vlastností snímače. Bude však zapotřebí počítat s teplotním rozsahem, pro který máme parametry definované. Jak už bylo zmíněno výše, kalibrace dokáže potlačit INL vytvářenou mechanickými nebo magnetickými tolerancemi. Kalibrovat ve snaze potlačit teplotní drift ale znamená mnohem větší komplikace.

■ Závěr

Volba správného magnetického senzoru polohy pro danou aplikaci znamená pochopit spletité kompromisy mezi dosahovanou přesností, rozlišením a také dalšími parametry systému. Rovněž je nutné chápat, jak lze takové parametry optimalizovat a získat přitom nejlepší možné výsledky.

Jestliže vývojáři rozumí klíčovými pojmy, jako je přesnost a rozlišení, a také způsobu, jak se dotýkají magnetických senzorů polohy, např. MA600, mohou při výběru čidel do svých systémů učinit kvalifikovaná rozhodnutí. Zmíněné znalosti pak pomohou při optimalizaci vlastností, zatímco máme pod kontrolou náklady a zajišťujeme i náležitou funkci daných návrhů.

Ve stále se rozvíjejícím světě technologií, kde rozhoduje preciznost či přesnost, bude pochopení drobných rozdílů v případech magnetických snímačů polohy nedocenitelné. Vývojáři vybavení takovými znalostmi jsou pak ještě lépe připraveni popasovat se s nástrahami digitálního světa a využít plný potenciál magnetických senzorů polohy v celé řadě aplikací.

Více informací naleznete na www.codico.com

Snímač proudu s OCD a velikostí pouzdra $3 \times 3 \text{ mm}^2$ QFN

C O D I C O[®]

- Odolnost vůči magnetickým bludným polím
- Celková přesnost $\pm 2,5 \%$
- Vnitřní odpor vodiče $0,6 \text{ m}\Omega$
- Možnost napájení $3,3 \text{ V}$ nebo 5 V , rozsah 5 A až 50 A , šířka pásma 120 kHz
- UL Certifikát podle IEC62368-1



MPS

©AdobeStock/Foxy_A

+420 602 443 789 | petr.rocek@codico.com | www.codico.com/shop

Klasika a nové materiály jader od firmy Magnetics

Ing. Tomáš Navrátil | Ryston Electronics s. r. o.

■ Úvod

V současnosti se induktivní součástky stávají klíčovou a současně nejproblémovější součástkou snad všech výkonových obvodů a zásadně ovlivňují jejich účinnost, kvalitu regulace, EMI vyzařování, rozměry a hmotnost. Základním kamenem každé induktivní součástky je jádro a jeho materiál. V době „zelených“ kampaní je jejich správný výběr a výpočet magnetického obvodu předpokladem úspěchu.

Jedním z významných výrobců je firma Magnetics Inc. Při vývoji výkonových spínaných obvodů v Rystonu preferujeme právě prášková jádra od této firmy a rovněž je distribuujeme na náš trh. Důvodem jsou jejich výtečné vlastnosti a příznivé ceny, hlavně u materiálu Kool M μ . Magnetics pracuje na vývoji dalších slitin (AmoFlux, Xflux, Nano) a jejich aplikací.

Prášková jádra jsou na špičce vývoje jak metalurgie, tak tvoření vhodných magnetických obvodů. Jsou vyráběna lisováním za studena z práškových slitin s obsahem železa, molybdenu, niklu, hliníku a křemíku, jsou tedy RoHS (ferity se vyrábějí spékáním a železoprachová jádra se lisují s organickým pojivem).

■ Kritické porovnání práškových jader s tradičními materiály

Prášková jádra se vyrábějí v toroidních tvarech o průměru 6 až 150 mm, nově i jako E, C, UI, planární jádra, tenké toroidy „Thin“ a přesné „cihly“ a sady „oválů“ pro sestavování velkých tvarů, podobně jako ferity. Díky výrobní technologii mají rozloženou vzduchovou mezeru ve spárách mezi nanozrny slitiny s vysokou permeabilitou (alá permalloy), což je výhodné z důvodu velmi slabého rozptylového pole vně jádra.

Zajímavá je hodnota maximální indukce, která dosahuje podle materiálu až 2,5 tesla (u feritů je to 0,3 tesla), a tak umožňuje akumulovat vysokou energii v malém objemu jádra. Tím práš-



ková jádra daleko převyšují běžná feritová jádra se vzduchovou mezerou i železoprachová jádra.

Prášková jádra našla využití jako výkonové indukty ve spínaných zdrojích a kompenzátorech účinníku (PFC) nebo jako transformátory v měničích typu flyback.

Firma Magnetics vyrábí v současnosti prášková jádra z různých materiálů; nejlepší, ale nejdražší jsou MPP (molybden-permalloy), HIF (High-flux), levný je KoolM μ , nové AmoFlux, Xflux, MAX a letošní novinky Edge a Nanocrystalline (viz dále). Nejlevnější, velmi kvalitní a v širokém sortimentu jsou však stále jádra z materiálu Kool M μ , kterým se budeme věnovat v následujícím textu.

Značení: Typové řady MPP, HIF, Kool M μ a Xflux se odlišují předčíslicí (55, 58, 77, 78, 79), materiálovými charakteristikami a hlavně cenou, avšak typy se stejným kmenovým trojčíslicím mají shodné rozměry a permeabilitu a další základní vlastnosti. Suffixy pak určují povrchovou úpravu, toleranci a souběh parametrů v dávce (binning).

Jádra Kool M μ mají příznivou cenu, srovnatelnou se současnými cenami feritových jader, a navíc podstatně nižší ztráty v materiálu než ferity se vzduchovou mezerou nebo železoprachová jádra a nejširší sortiment tvarů. Další výhodou je poměrně vysoká tepelná vodivost, což umožňuje dobré chlazení jádra.

■ Stejnoseměrná magnetizace

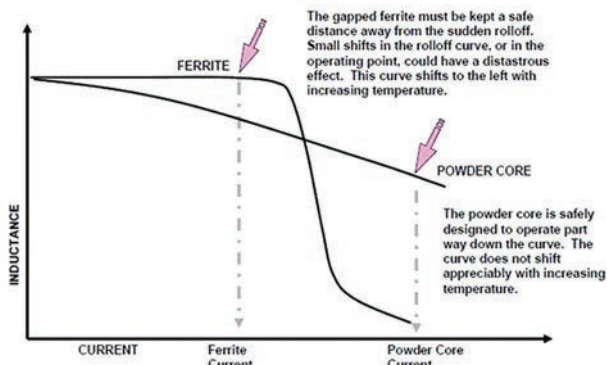
Jádra jsou dostupná v materiálových variantách s různými relativními permeabilitami (Kool M μ 14 až 125, MPP až 500). To určuje, spolu s tvarem jádra, charakteristický součinitel AL pro indukčnost z počtu závitů podle vztahu

$$L = A_L \times n^2, \text{ kde } n \text{ je počet závitů.}$$

Tabulka 1 Porovnání vlastností soudobých práškových materiálů, zvýrazněny ty nejlepší

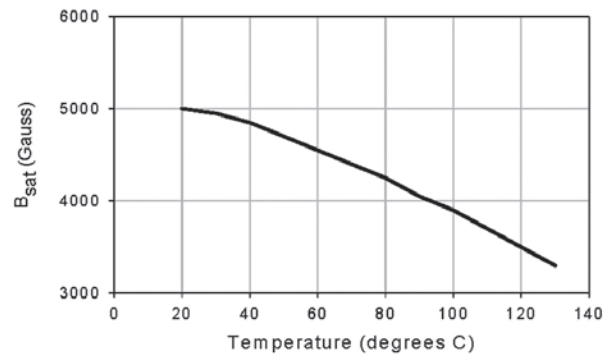
Materiál (Prefix)	MPP 55	High Flux 58	Kool M μ 77	XFlux 78	KM μ Alloy 75	KM μ MAX, Edge
Permeabilita	14–300	14–160	14–125	26–60	26–60	26–60
Saturace (Bsat)	1,7 T	2,5 T	1,4 T	1,6 T	1,5 T	1,0 T
Max. teplota (°C)	200	200	200	200	200	200
Střídavé ztráty v magnetiku	Nejnižší	Střední	Nízké	Střední	Nízké	Velmi nízké
Sortiment tvarů	Toroidy	Toroidy	Toroidy, E, U, Bloky	Toroidy, E, Bloky	Toroidy	Toroidy
Ss magnetizace	Velmi dobrá	Nejllepší	Dobrá	Nejllepší	Velmi dobrá	Velmi dobrá
Složení slitiny a cena (Ni, Mo: drahé)	FeNiMo	FeNi	FeSiAl	FeSi	FeSiAl	FeSiAl/Ni

Soft Saturation



Obr. 1 ss nasycení u feritů a práškových materiálů (originál v angličtině)

Flux Density vs. Temperature (Power Ferrite)



Obr. 2 Pokles Bsat s teplotou u feritů (pozn.: převzato z originálu, 1 000 Oe = 7,95 × 10⁴ A m⁻¹, 10 000 Gaussů = 1 tesla)

Nejdůležitějším údajem magnetického materiálu ve výkonové aplikaci je však schopnost chovat se jako induktor, tedy mít permeabilitu i při superponované stejnosměrné magnetizaci čili za proudu. Tuto vlastnost popisuje dobře součin (LI²)max., tedy maximální povolený součin indukčnosti a kvadrátu celkového proudu induktorem. V tomto porovnání vycházejí prášková jádra o několik řádů lépe, jak uvidíme dále. Toto číslo vlastně charakterizuje energii v magnetickém obvodu induktoru a významem odpovídá součinu (BH)max – maximální hustotě energie v jádře. Zpravidla pokud nechceme mít cívku přesytku, musíme

volit B při maximálním proudu daleko před nasycením ss magnetizací.

Obr. 1 porovnává situaci při nasycení – tedy závislost indukce na stejnosměrné magnetizaci – u feritů a práškových jader. Intenzita magnetického pole H je závislá na proudu. Rozložená vzduchová mezera v jádru Kool Mμ způsobuje hladkou funkci závislosti B-H, bez náhlého nasycení a skokového poklesu, jak je tomu u feritů. V řadě aplikací je pozvolna se měnící (klesající) indukčnost v závislosti na ss magnetizaci spíše žádoucí, neboť zlepšuje účinnost a umožňuje širší rozsah pracovních

VÝVOJ, ELEKTRONIKY
Sběr, přenos a zpracování dat, automobilní a vestavné počítače, zákaznické systémy na míru, IoT, GNSS, testovací a měřicí technika.

VÝROBA MECHANIKY
Plastové a kovové díly, konstrukce forem, nástrojů, dílů, přípravků, adaptérů. 3D tisk, CNC obrábění.

TECHNOLOGIE VÝROBY
Automatická osazovací linka. Pájení v parách. Optická a elektrická kontrola kvality. Bez-olovo, RoHS. Robotické centrum pro manipulaci, testování, montáž a kompletaci.

KVALITA A EKOLOGIE
QMS dle ISO 9001:2015 pro vývoj, výrobu a servis, sklad a dodávky součástek. 40 000 položek na skladě, součástky se zaručeným původem. Pomocný materiál pro strojení osaz. automatu. Dostupné technické podklady. Kusová kontrola. Servis. Ekologické likvidace elektro, baterií.

Další informace:
www.ryston.cz

Magnetické komponenty a jádra od Rystonu

Autorizovaná distribuce, sklad, zakázkový vývoj, poradenství



POWDER CORES



FERRITE CORES



STRIP WOUND CORES

- Zastupujeme renomované výrobce: **Magnetics Inc. (USA)**, **Vacuumschmelze (SRN)**
- **Technické informace přímo od zdroje:** např. nová **sada elektronických katalogů** Magnetics
- **Podpora Vašeho vývoje:** poradenství, výpočty induktivních součástek, obstarávání vzorků, zhotovení prototypů, testování návrhu, zahořování, teplotní cykly, ověřování, certifikace
- **Vlastní sklad** s populárními typy jader a dalších součástek.
- **Náhrady:** doporučujeme alternativní typy za nedostupné součástky
- **Výroba a řízení jakosti:** vzorková a malosériová výroba, vývoj testovacích přípravků, možnost spolupráce se SMQ uživatele.

At' je Vaše výroba malá či velká, vždy potřebujete i induktivní součástky. Ryston nabízí – **mimo jiné** – originální výrobky světových výrobců: nejen jádra, standardní typy vinutých dílů, kostřičky, montážní materiál, ale i **originální technické informace přímo od zdroje**.

Tvoříme také **odborné bulletiny a produktové informace v češtině**.

Nabízíme poradenství, výběr a náhrady nedostupných typů. Jsme schopni provést kompletní vývoj na základě Vašeho zadání, ověřit funkci zakázkovým testerem či zahořováním v teplotní komoře. Nabízíme výrobu prototypů a pomoc při náběhu Vaší výroby, oživování či testech. **Vše pro výrobu, kvalitu, hledejte v Rystonu!**



Ryston Electronics s.r.o.
Pod vinicí 2045/18
143 00 Praha 4 – Modřany
<http://www.ryston.cz>
e-mail: design@ryston.cz



	MPP	High Flux	Kool M μ Toroid	Kool M μ E-core
Part Number	55868-A2	58867-A2	77868-A7	K5528E040
Permeability	26	60	26	40
Core Dim (in)	3.108 x .545	3.108 x .545	3.108 x .545	2.19 x 2.20 x .81
A _L (nH/turn)	30	68	30	157
Turns	62	45	70	30
Wire Fill Factor	24%	18%	27%	72%
Wound Dim (in)	3.657 x .884	3.514 x .884	3.720 x 1.053	2.19 x 2.20 x 1.98
Core Loss (mW)	116	230	182	290
Wire Loss (mW)	14,371	9,780	16,959	5,489
Total Loss (mW)	14,487	10,010	17,141	5,779
Temp Rise (°C)	35.3	27.4	37.7	22.4

Obr. 3 Porovnání induktorů stejné hmotnosti z různých práškových materiálů. Porovnejte ztráty.

podmínek. I při požadavku na konstantní proud je měkká závislost indukčnosti na ss magnetizaci výhodná, protože dovoluje krátkodobá přetížení, např. při přechodových dějích při zapnutí nebo náhodném zkratu.

■ Srovnání práškových jader s ferity s probroušenou mezerou

Jádra Kool M μ nabízejí vzhledem k desetinásobnému B_{max} podstatně lepší stejnosměrnou magnetizační charakteristiku než feritová jádra. Při obvykle voleném 50% poklesu indukčnosti v pracovním bodě vychází práškové jádro menší až o 35 %, a navíc je zde záruka robustnějšího chování díky pozvolnější saturaci materiálu, na rozdíl od ostré saturace feritů. Rozdíl je ještě výraznější při vyšších teplotách (nad 80 °C); zatímco ferity ztrácejí rychle magnetické vlastnosti díky Curieově teplotě kolem 100 °C, Kool M μ zůstává prakticky beze změny až k 350 °C.

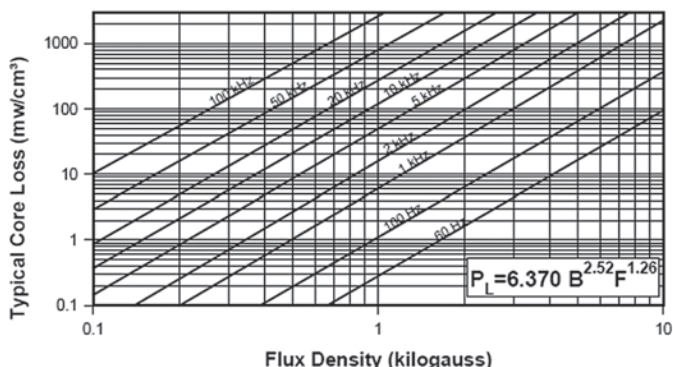
Jak je zmíněno dále, velká vzduchová mezera způsobí vychýlení toku i mimo prostor mezery, kde protíná i vinutí, v němž vznikají vířivé proudy. Feritová E-jádra s probroušeným středním sloupkem mají proti Kool M μ i některé přednosti. Především je možno probroušováním dosáhnout užší tolerance indukčnosti: probroušovaná jádra mají typickou toleranci indukčnosti ± 3 %, zatímco lisovaná jádra Kool M μ mají zpravidla ± 8 %.

Dále jsou feritová jádra dostupná v daleko širším sortimentu tvarů, velikostí, od řady výrobců. Ferity jsou vhodnější pro aplikace s malou ss magnetizací vzhledem k vyšší efektivní permeabilitě při malých mezerách.

■ Vlastnosti práškových jader při extrémních teplotách

Jelikož materiál Kool M μ má Curieovu teplotu kolem 500 °C, je použitelný v celém rozsahu teplot od -65 °C až do +200 °C, což je s rezervou vojenský/kosmický rozsah pracovních teplot. V celém tomto rozsahu jsou magnetické vlastnosti stabilní s mírným maximem okolo +40 °C. Na rozdíl od železoprachových jader jsou jádra Kool M μ vyráběna bez použití organického pojiva. Proto jádra Kool M μ netrpí degradací a stárnutím či křehnutím typickým pro železoprachová jádra.

Kool M μ nemá vyšší ztráty a zhoršování vf vlastností při rostoucích teplotách, což je nepříznivá vlastnost feritů. Stejně tak,



Obr. 4 Graf ztrát v magnetiku při různých kmitočtech pro materiál HiFlux, kde je závislost nejmarkantnější

Kool M μ netrpí výrazným poklesem maximální indukce při vysokých teplotách, která nedovoluje feritům pracovat za všech podmínek s velkými stejnosměrnými proudy.

■ Rozptylový tok

Jestliže část magnetického toku prochází prostorem mimo magnetikum, dojde k rozptylu pole. Všechny magnetické součástky mají nějaký rozptyl, přičemž platí, že magnetika s menší relativní permeabilitou (větším magnetickým odporem) mají větší rozptyl. Feritová jádra s vysokou permeabilitou se často probroušují, aby se díky vzduchové mezeře zabránilo nasycení jádra a snížila se efektivní permeabilita na žádanou hodnotu. Zpravidla se používá jedna poměrně velká mezera ve středním sloupku.

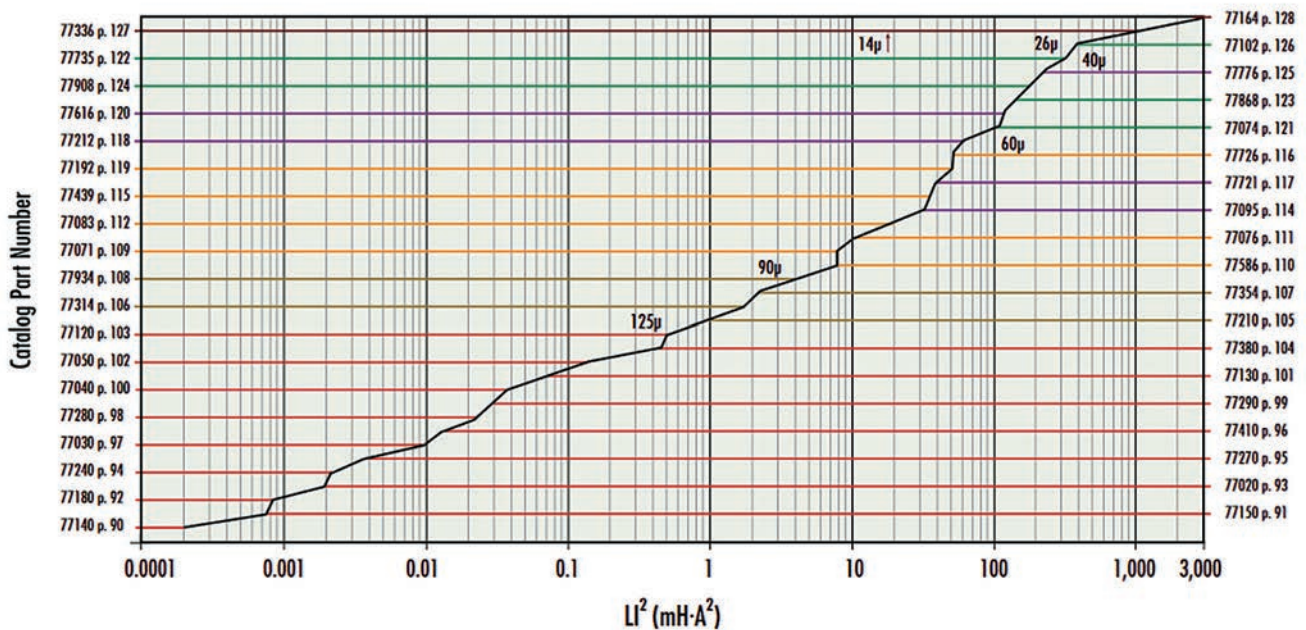
Na rozdíl od toho Kool M μ má „rozloženou“ mezeru tvořenou póry mezi slisovanými zrny magnetika. Rozptylový tok v každém místě rozložené mezery má krátkou cestu zpět do magnetika, a proto se tak nešíří do okolí jádra. Výsledkem jsou nižší ztráty vířivými proudy ve vinutí.

Rozptyl je také ovlivněn rozměry a tvarem jádra. Empiricky ověřeno, obecně u E jádra platí, že jádro s větší délkou závitu bude mít větší rozptyl než jádro s kratší délkou závitu. Rovněž platí, že jádro s objemnějším vinutím bude mít větší rozptyl než menší vinutí.

■ Kool M μ versus železoprachová jádra (Iron Powder) – střídavé vlastnosti

Materiál Kool M μ (kompozice Al, Si, Fe) má velmi podobné stejnosměrné magnetizační charakteristiky jako železoprachová jádra (kompozice čistého železa). Výhoda materiálu Kool M μ spočívá v podstatně nižších vf ztrátách v jádře a tím ve vyšších použitelných kmitočtech.

Výkonový induktor (s proudem) spínaného regulátoru „vidí“ stejnosměrný proud a na něm superponovanou střídavou složku. Typická frekvence je v rozsahu 10 kHz až 3 MHz. Tato střídavá složka proudu generuje střídavé magnetické pole, které vytváří v jádře ztráty vířivými proudy (vodivostí) a hysterezí (smyčky B-H), a jádro se proto zahřívá. Jak ukazuje obr. 4, i práškový materiál (HiFlux) má ztráty závislé na kmitočtu. Proto je volba materiálu kompromisem mezi požadavky na ss střídavé vlastnosti (a také cenu).



Kool M μ má oproti železoprachu mnohem nižší ztráty díky nanozrnům a velmi malé hysterizi. Dále má Kool M μ téměř nulovou magnetostrikci, což eliminuje slyšitelné akustické rušení typické pro železoprachová jádra (ale rovněž ferity a lamináty Si-Fe) při provozu v oblasti 20 Hz až 20 kHz.

■ Vnější rozptylové pole a tvar jádra

Tvar jádra ovlivňuje vnější rozptylové pole. Jádro tvaru E, kde většina vinutí je skryta v jádře, má větší vnější rozptylové pole než například toroidní tvar, kde naopak vinutí ukrývá jádro. Proto u EE sestav i z materiálu Kool M μ by mělo být vnější rozptylové pole uvažováno.

Jedním důsledkem je, že E-jádra Kool M μ se nesmějí stahovat kovovými svorníky (běžné u feritů), protože rozptylový tok by se soustřeďoval v těchto částech a zvětšoval ztráty.

■ Montážní prvky

Pro každou velikost Kool M μ E-jádra (2 kusy na sadu) je od výrobce k dispozici svíslá kostička pro pájenou montáž do plošného spoje či bezvývodová.

Detaily jsou v katalogu Magnetics Kool M μ E-Cores, který je možno stáhnout z webu www.mag-inc.com. Jelikož jádra jsou vyráběna ve standardních velikostech, je možno použít i standardní kostry různých výrobců.

Jádro E, složené ze dvou polovin, může být také sestaveno splením styčných ploch vhodným lepidlem a ovinutím sestavy fixační páskou. Sestavená cívka nebo transformátor se k plošnému spoji může i přilepit, díky nízkému rozptylu pole nehrozí vzájemné ovlivnění např. nalitou mědí na DPS.

■ Volba jádra

Na odkazu [1] najdete úplný postup pro výběr optimální permeability a nejmenšího použitelného jádra pro aplikace se stejnosměrnou složkou.

V tomto článku uvádíme rychlý návod pro zběžnou orientaci a volbu jádra ve formě nomogramu. Ten vychází z pravidla, že při daném max. ss proudu smí permeabilita poklesnout o maximálně 50 %, z odhadu činitele plnění vinutí 50 až 80 % průřezu jádra/kostry a z předpokladu, že střídavá složka je relativně malá vůči stejnosměrné složce. Dále je uvažován požadavek minimální tolerance indukčnosti při zvolené velikosti a permeabilitě jádra. Jestliže střídavá složka je relativně velká, jako je tomu například u flyback induktorů, doporučuje se zvolit o jednu hodnotu větší velikost jádra, než jaká vyjde z grafu. Tím se sníží střídavá složka indukce v jádře a doprovodné nepříznivé efekty, zejména ztráty.

■ Kuchařka pro výběr jádra do vaší aplikace a výpočet cívky

Musíte znát pouze dva výchozí parametry: požadovanou indukčnost při stejnosměrné složce a maximální hodnotu proudu včetně ss složky a zvlnění. Dále použijte uvedený návod pro určení velikosti jádra a počtu závitů.

1. Vypočítejte součin LI^2 , kde: L = žádaná indukčnost při ss složce [mH], I = stejnosměrný proud [A]. Fyzikální rozměr tohoto součinu je mJ a význam je zhruba energie akumulovaná v jádře. Proto je hmotnost jádra zhruba úměrná tomuto součinu.
2. Na vodorovné ose nomogramu najdete číslo LI^2 . Vyneste svíslou přímkou a najdete průsečík s grafem a najdete první velikost jádra ležící nad průsečíkem. Menší velikosti jsou dole, větší nahoře. To je nejmenší použitelná velikost jádra zvoleného materiálu.
3. Graf je rozdělen do sekcí podle standardních permeabilit. Doporučuje se zvolit hodnotu permeability ze sekce, do níž padl průsečík. Je možno použít vyšší i nižší hodnotu permeability, avšak výsledné jádro vyjde zpravidla větší.
 - 3a) Zvolte „populární“ typ jádra pro snadnou dostupnost.
4. Indukčnost, velikost jádra a permeabilita jsou nyní určeny. Nyní vypočtete počet závitů za použití následujícího postupu:

- 4a) Ze jmenovité indukčnosti L a katalogové hodnoty A_L příslušného jádra určete počet závitů N (A_L je v jednotkách $mH / 1000$ závitů na druhou, což je totéž jako nH/N^2). Určete nejmenší jmenovitou indukčnost s použitím nejhoršího možného případu negativní odchylky (-8%). S touto informací vypočítejte počet závitů v mH pomocí vzorce: $N = (L \times 10^6 / A_L)^{1/2}$.
- 4b) Vypočítejte ss intenzitu magnetického pole H_{dc} . Pro použití amerických grafů počítejte v oerstedech: $H_{dc} = 0,4 \pi \times NI / L_s$ (L_s je střední délka siločáry v cm .)
- 4c) Z grafů závislosti Permeability vs. DC Bias určete pokles počáteční permeability pro dříve spočítanou ss magnetizaci.
- 4d) Příslušně zvětšete počet závitů tak, že vydělíte původní počet závitů (krok 4a) číslem blízkým poklesu počáteční permeability (krok 4c). Tak by se měla zvýšit indukčnost na hodnotu blízkou žádané indukčnosti. Kroky a) až d) je možno opakovat anebo zaokrouhlovat na celé závity.
5. Z tabulky drátů podle žádaného proudu pro zvolené oteplení vyberte správný průřez, z toho vyjde průměr drátu. Nezapomeňte, že menší střída proudu dovolí použití tenčí drát, ale ne menší jádro.
6. Kontrola: Zvolené jádro by mělo mít indukčnost stejnou nebo vyšší než je žádaná při zadaném ss proudu. Vinutí by mělo zaplnit přibližně 70 % plochy kostry.

■ Nanokrystalická jádra

Nanokrystalická jádra jsou letošní novinka z vývoje a jsou výbornou volbou pro konstrukci proudově kompenzovaných tlumivek (CMC), jelikož se vyznačují vysokou permeabilitou, nízkými výkonovými ztrátami a vysokou hodnotou saturace. V porovnání s feritovými jádry nanokrystalická jádra vynikají širokým rozsahem provozních teplot a vyšší impedancí při vysokých kmitočtech.

Základní charakteristika

- Složení: Slitina $Fe \cdot Si \cdot Nb \cdot Cu \cdot B$
- Tvary: Toroidy plné nebo s výřezy, řezaná jádra (C)
- Velikosti: 5–145 mm
- Maximální magnetická indukce: 1,25 tesla
- Barevné značení: modrá, zelená

Díky vysoké permeabilitě materiálu nanokrystalických jader lze očekávat menší rozměry a hmotnost CMC tlumivek, proudových transformátorů (CT) a magnetických zesilovačů (MagAmps) při stejných nebo vyšších proudech než u feritů. Saturace je při 1,25 T a díky širšímu teplotnímu rozsahu jsou CMC tlumivky s těmito jádry méně náchylné na proudovou nesymetrii a ohřev než s ferity. Nižší střídavé ztráty zlepšují celkovou účinnost a umožňují zvýšenou izolaci moderními plastovými materiály jako polyester ($<130\text{ }^\circ\text{C}$) a rynite (DuPont) polyester ($<155\text{ }^\circ\text{C}$), což umožňuje použití tlustších a kratších vodičů při vinutí.

Aplikace:

- AC (sinusový) proudový transformátor
- Fázově řízený proudový transformátor
- Proudový transformátor imunní proti ss složce
- Hall Effect Sensor s jádrem se vzduchovou mezerou

Pro asistenci s volbou jádra pro vaši aplikaci můžete kontaktovat přímo firmu Magnetics [2].

Detaily vlastností materiálů a relace Impedance vs. Frequency, Permeability vs. Temperature, a B-H jsou ke stažení na odkazu [3] Nanocrystalline Material Property Curves.

Rovněž můžete navštívit webové stránky společnosti Ryston pro know-how [4] v češtině.

■ Závěr

Návrh induktoru není žádná magie, ale věda a zkušenost a samozřejmě trochu umění. Uvedený návod je prakticky použitelný. Pokud vám nestačí katalogový induktor od standardního dodavatele, zkuste si cívku navrhnout sami, ale nezapomeňte si ji prakticky ověřit. Vzorky práškových jader i skladové položky najdete i na webu www.ryston.cz.

Odkazy:

- [1] <https://www.mag-inc.com/Design/Design-Guides/Inductor-Design-with-Magnetics-Powder-Cores>
- [2] <https://www.mag-inc.com/Company/Contact-Magnetics>
- [3] <https://www.mag-inc.com/Products/Tape-Wound-Cores/Nanocrystalline/Nanocrystalline-Material-Property-Curves>
- [4] <https://www.ryston.cz/o-nas/known-how>
- [5] *Electronic Design Magazine*, www.electronic-design.com
- [6] *Bodo's Power Systems Magazine*, www.bodospower.com
- [7] *Materiály firmy Magnetics*, www.mag-inc.com

Tabulka 2 Přehled dostupných typů a hlavních vlastností nanokrystalických jader

Objednací číslo	Průřez jádra cm^2	Délka siločáry cm	Holé OD mm	Holé ID mm	Holé HT mm	Zalítě OD (max) mm	Zalítě ID (min) mm	Zalítě HT (max) mm
CMC016010006H	0,15	4,10	16,0	10,0	6,0	17,8	8,2	7,9
CMC020012008H	0,27	5,02	20,0	12,0	8,0	22,6	10,6	10,0
CMC025016010H	0,37	6,43	25,0	16,0	10,0	27,5	13,8	12,6
CMC030020010H	0,41	7,85	30,0	20,0	10,0	33,0	17,6	13,2
CMC030020012H	0,49	7,90	30,0	20,0	12,0	34,0	18,0	15,2
CMC030020015H	0,63	7,90	30,0	20,0	15,0	33,6	17,7	17,8
CMC040025015H	0,92	10,20	40,0	25,0	15,0	44,2	21,6	18,9
CMC040032015H	0,50	11,30	40,0	32,0	15,0	45,5	28,5	18,8

Galvanicky oddělené napájecí zdroje

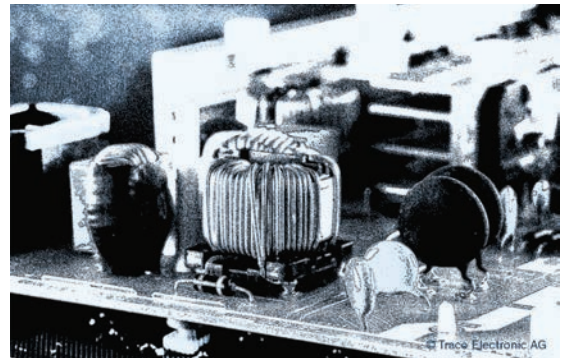
Simeon Tremp | Traco Power

■ Kdy potřebuji galvanicky oddělený napájecí zdroj?

V mnohých aplikacích napájecí zdroj převádí střídavé síťové napětí na nižší stejnosměrnou úroveň vhodnou pro cílovou aplikaci. Je-li třeba, lze použít další DC/DC měniče pro vytvoření vyšších nebo nižších napětí z tohoto stejnosměrného napětí dle požadavků vyvíjeného systému. V průběhu běžného provozu nesmí být uživatel vystaven nebezpečným napětím. Pokud se však na napájecím vstupu objeví napěťová špička nebo přechodový děj, vzniká značné riziko, že vysoká napětí mohou proniknout k částem zařízení, kterých se uživatel smí dotýkat. Aby byla v takové situaci poskytnuta ochrana, jsou to opatření galvanického oddělení zdroje, která zajišťují bezpečnost koncového uživatele. Existují však další případy, v nichž jsou požadavky na galvanické oddělení definovány přísněji.

■ Které aplikace určují přísnější požadavky pro galvanické oddělení?

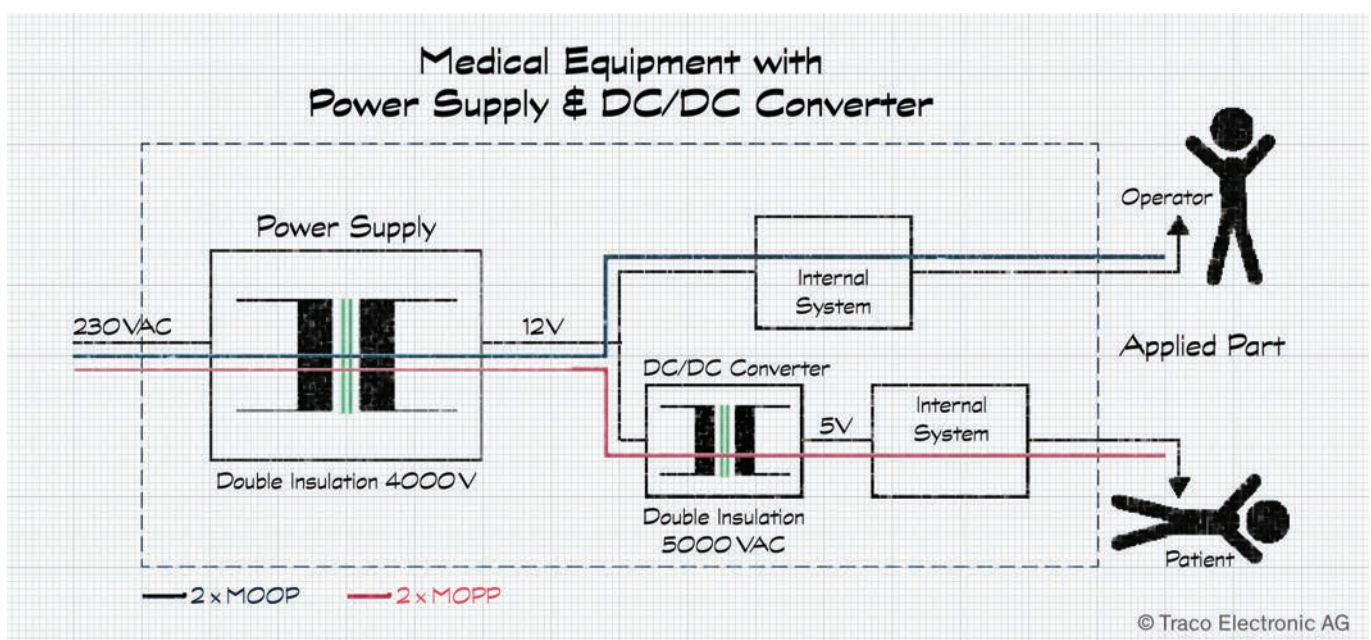
Lékařské aplikace jsou jedním z několika tržních sektorů, v nichž je galvanické oddělení definováno detailněji. Pacienti mohou být trvale připojeni k monitorovacím zařízením, s elek-



trickými snímači připevněnými na těle. K tomu navíc mohou být v bezvědomí a neschopni osobně řešit případnou nehodu. Takové snímače se nazývají „Applied Parts“ a jsou jedním z několika klíčových pojmů definovaných v IEC 60601 – normě určující požadavky na lékařské elektrické a elektronické systémy.

Je vyžadováno MOP (Means of Protection), což může zahrnovat bezpečnostní izolaci, povrchové cesty, vzdušné vzdálenosti, vzduchové mezery, ochrannou zem a jiné techniky. Tato opatření jsou potřebná jak pro ochranu pacienta (Means of Patient Protection, MOPP), tak pro ochranu obsluhy (Means of Operator Protection, MOOP).

Otázka galvanického oddělení nicméně nebývá výhradně o bezpečnosti. Někdy se zdroje s galvanickým oddělením používají k vyřešení problémů vzniklých v důsledku působení zemních smyček v průmyslových nebo audio/video systémech nebo k dosažení elektromagnetické kompatibility (EMC). Také se vyskytují ve fotovoltaických systémech, v zařízeních s ukládáním elektrické energie, v domácích spotřebičích, v audio/video aplikacích a zařízeních IT. Někteří konstruktéři je používají také pro vytváření posunutého referenčního napětí za pomoci DC/DC měniče.



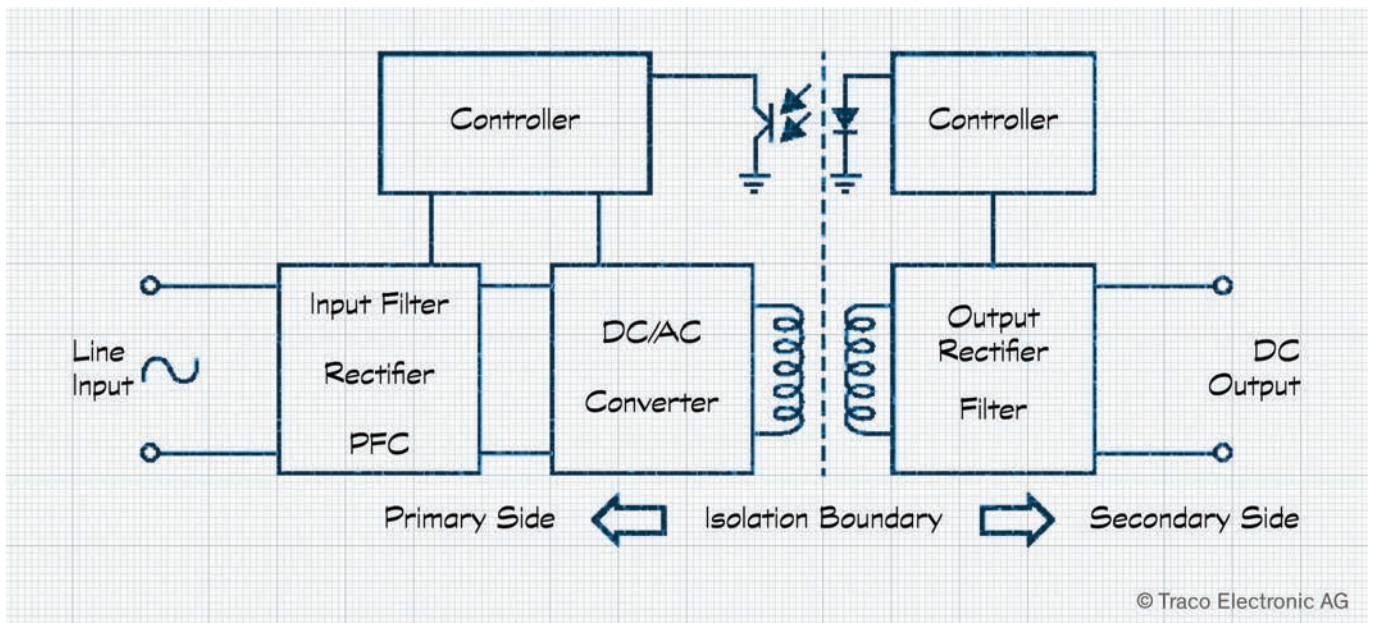
Obr. 1 Použití vhodného DC/DC měniče k dosažení třídy ochrany 2x MOPP v lékařských zařízeních; případně AC/DC zdroje Traco Power se stupněm galvanického oddělení 2x MOPP ke splnění daných požadavků

■ Jakým způsobem je ve zdrojích galvanické oddělení realizováno?

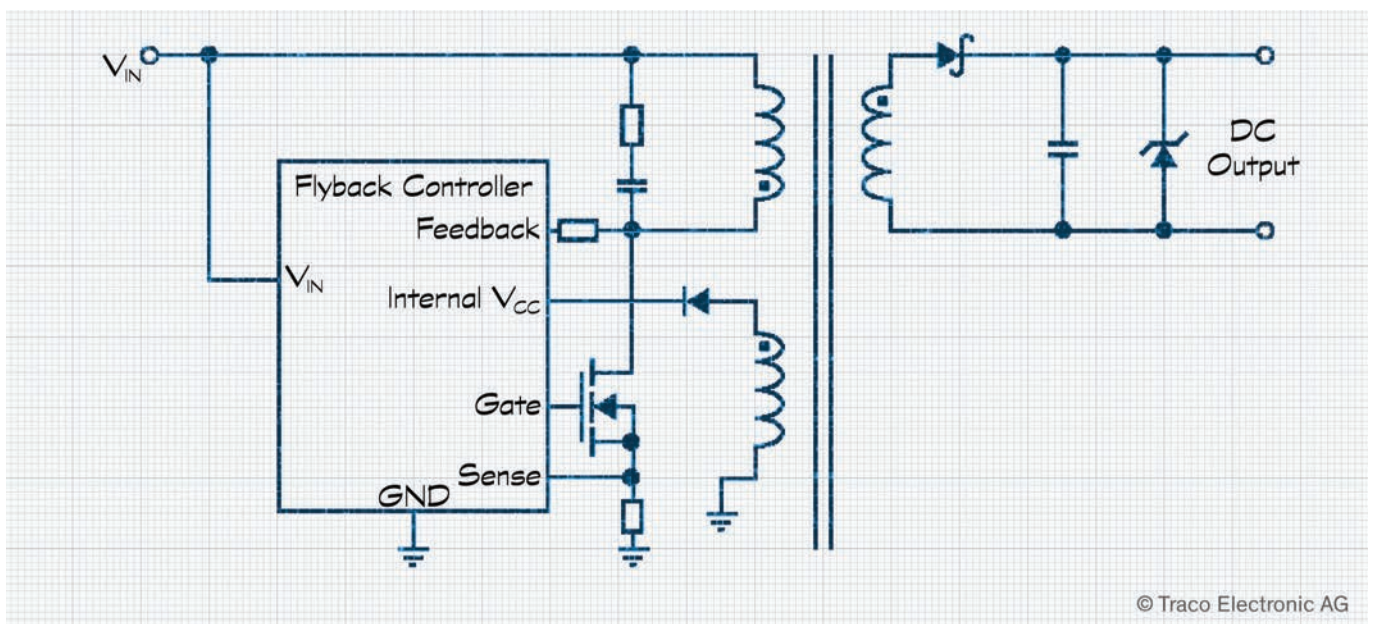
Použitím součástek poskytujících galvanické oddělení lze u oddělených zdrojů zajistit, že ze vstupní strany neteče žádný proud na stranu výstupní. Toho lze typicky dosáhnout vhodně navrženým transformátorem spolu s dalšími součástkami, takovými, jako jsou optočleny. U AC/DC zdrojů se jedná o relativně snadnou úlohu, jelikož transformátory jsou standardní součástí. DC/DC měniče však často vyžadují pro zajištění galvanického oddělení vstupní a výstupní strany přechod k odlišné topologii. Nejrůznější regulační orgány, takové jako

Underwriters Laboratory (UL) v USA a IEC a VDE v Evropě, určují požadovanou úroveň izolace. V IEC 62368 je například stanoveno pět kategorií elektrické izolace:

- Funkční izolace: vyžadována pro správnou funkci zařízení.
- Základní izolace: k zajištění základní ochrany proti zásahu elektrickým proudem.
- Přídavná izolace: dodatečná izolace ke snížení rizika úrazu v případě selhání základní izolace.
- Dvojitá izolace: použití základní i přídavné izolace.
- zesílená izolace: využívá materiálů takových elektrických a mechanických vlastností, které umožňují dosáhnout úrovně dvojitě izolace za použití jediné vrstvy.



Obr. 2 Typický AC/DC zdroj s galvanickým oddělením využívá k přenosu stavu sekundární strany na stranu primární optočleny



Obr. 3 Galvanicky oddělený měnič s topologií Flyback může využít třetího vinutí transformátoru ke zlepšení účinnosti

Úroveň oddělení je definována v katalogovém listu zdroje jako napětí pro různé dočasné podmínky, nikoli trvalý provoz. Jednotku lze například specifikovat, že snese 4 000 V_{stf} mezi vstupem a výstupem po dobu 60 sekund. Totéž zařízení ale může být specifikováno, že snese 1500 V_{stf} mezi vstupem nebo výstupem proti kostře nebo PE (Protective Earth).

■ Jaké jsou nevýhody měničů s galvanickým oddělením?

Největším problémem při vývoji DC/DC měniče s galvanickým oddělením je vyšší obvodová složitost ve srovnání s konstrukcí bez oddělení. Tato skutečnost ovlivňuje vše od vývojového času a výběru součástek po hmotnost a účinnost a ve výsledku zvyšuje cenu.

U AC/DC měničů potřebují sekundární a primární strany sdílet informace. Jedná se o provozní informace, jako je úroveň zatížení, stejně jako o jakýchkoli obvodových poruchách nebo zkratu. Tato data se typicky přenášejí za pomoci optočlenu.

U DC/DC měničů je to transformátor, který zajišťuje galvanické oddělení. Na rozdíl od standardních indukčností použitých v neoddělených měničích je tato součástka s velkou pravděpodobností navržena speciálně pro danou aplikaci. Tato skutečnost zvyšuje její cenu a může při výrobě vyžadovat ruční pájení. Transformátory jsou také objemné, následkem čehož je objemnější i koncové zařízení, stejně jako je těžší v poměru k dodanému napájecímu výkonu. I zde může být

využit optočlen mezi sekundární a primární stranou ke zlepšení stabilizace a účinnosti. Existují však i jiné přístupy, jako je třetí vinutí transformátoru. Výrobní náklady na galvanicky oddělené DC/DC měniče jsou celkově vyšší než u konstrukcí bez oddělení.

■ Galvanicky oddělené měniče – v mnohých aplikacích nutnost

Zatímco stále dochází ke zdokonalování konstrukcí transformátorů a také k pokroku v konstrukčních topologiích, oddělené DC/DC měniče stále zaostávají za neoddělenými, pokud jde o účinnost, stabilizaci (regulaci) a další provozní kritéria. Měníče bez oddělení například dosahují účinnosti 90 až 99 %, zatímco u oddělených měničů se tento parametr pohybuje typicky v pásmu 85 a 95 %. Má tedy smysl pečlivě zvážit, zda je galvanicky oddělený zdroj se svými většími rozměry, hmotností a vyššími pořizovacími náklady potřebný. Galvanicky oddělené zdroje mohou pomoci vyřešit otázky rušení, zemních smyček a vytváření referenčních napětí. V některých aplikacích, jako jsou aplikace lékařské, kde ochrana před nebezpečnými napětími poskytuje zabezpečení uživatelů proti úrazu, je však jejich užití povinné.

POZNÁMKA: Článek byl přeložen společností AMTEK, spol. s r. o., která je distributorem výrobků Traco Power v České republice a na Slovensku.

TRACO POWER

Reliable. Available. Now.

www.tracopower.com

Řada TCI

Zapouzdřené AC/DC zdroje 130 až 500 wattů chlazené vedením

- konstrukční přístup využívající způsob chlazení vedením
- provoz bez ventilátoru s až 100procentním výstupním výkonem
- rozsah provozních teplot -30 °C až +80 °C
- zesílené galv. oddělení I/O 4250 V_{stf}
- přepětová kategorie (OVC III)
- vysoká účinnost až 94 %



	výkon	max. výkon při chlazení vedením	teplotní rozsah včetně výkonového omezení	přepětová kategorie	výstupní napětí	rozměry
TCI 130	130 W	130 W	-30 °C až +80 °C	OVC III	12, 24, 48 V _{SS}	80 × 59.7 × 43.2 mm 3.15 × 2.35 × 1.7"
TCI 240	240 W	130 W	-30 °C až +80 °C	OVC III	12, 24, 48 V _{SS}	104 × 62.5 × 39.2 mm 4.1 × 2.46 × 1.54"
TCI 500U	500 W	450 W	-30 °C až +80 °C	OVC III	12, 24, 48 V _{SS}	130 × 83 × 40 mm 5.12 × 3.27 × 1.57"
TCI 500	500 W	450 W	-30 °C až +80 °C	OVC III	12, 24, 48 V _{SS}	130 × 83 × 62.3 mm 5.12 × 3.27 × 2.45"



* Společnost AMTEK spol. s r. o. je autorizovaným distributorem výrobků Traco Power v České republice a na Slovensku.

Každý návrh někde začíná. I ten vysokofrekvenční

Mark Patrick | Mouser Electronics

Před bezdrátovou komunikací neutečete. Vytváří zcela zásadní podobu prakticky u všech technologií, se kterými přicházíme denně do styku, ať již doma, v práci, nebo ve svém autě. Vysoké frekvence (vf) a bezdrátový návrh se v elektronickém průmyslu považují za umění, které si žádá odborníky, takže terminologii a zásadním principům obvykle rozumí jen ti, kteří se tomu věnují. Jenže vývojáři hardwaru, včetně vestavných návrhů, stále častěji zjišťují, že se při své práci bez pochopení základních pojmů z oblasti vf návrhu neobejdou.

V našem článku proto prozkoumáme základy bezdrátové komunikace, budeme se zabývat některými klíčovými pojmy a vysvětlíme si rovněž důležité výrazy či termíny.

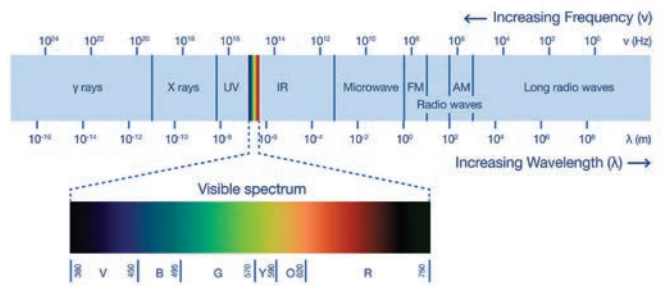
■ Bezdrátová komunikace je zkrátka všude

Trvale dostupnou konektivitu dnes považujeme za něco zcela samozřejmého. Bezdrátová komunikace zde přitom tvoří základ všech našich technologií – od sluchátkových sad s Bluetooth® a chytrých telefonů až po domácí multimediální centra nebo infotainment v automobilech. Seznam bezdrátových aplikací nebere konce a díky inovacím, pokud jde o mimořádně nízkou spotřebu vf transceiverů, se může rozrůstat ještě více.

V průběhu posledních dvou desetiletí jsme při zavádění bezdrátové konektivity zaznamenali výrazné zrychlení, které počátkem nového tisíciletí v našich domácnostech odstartovaly síť Wi-Fi®. Počítačové periférie připojené přes Bluetooth® byly v tomto kontextu zpočátku pomalé, nicméně jejich využívání v případě sluchátek či jejich sad u mobilních telefonů brzy nabralo na obrátkách. Rozhlédněte se dnes v jakékoli domácnosti, kanceláři nebo továrně a spatříte bezdrátovou propojitelnost na každém kroku. Umožňuje mobilitu na osobní úrovni, osvobozuje od drátů a rozšiřuje i komunity.

■ Přenášíme informace bezdrátovou cestou

Aby vývojáři a také technici plně pochopili, jak bezdrátová komunikace funguje, musí vzít v úvahu několik základních věcí. Vf komunikace je v první řadě závislá na elektromagnetickém vlnění, což jsou synchronizované oscilace elektrického a magnetického pole šířící se prostorem. Tento předpoklad jako první vyslovil skotský fyzik James C. Maxwell již v roce 1872 při zkoumání světla. Spektrum elektromagnetického vyzařování je přitom nesmírně široké a zahrnuje např. dlouhé rádiové vlny, mikrovlny, viditelné světlo nebo ultrafialové záření. Pojem vlnová délka, měřená v metrech, poté popisuje vzdálenost mezi vrcholy či dvěma odpovídajícími body elektromagnetické vlny,



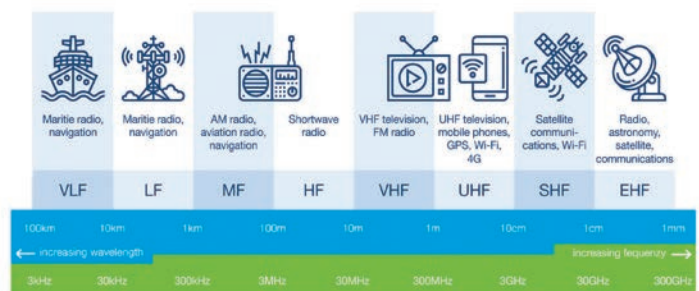
Obr. 1 Elektromagnetické spektrum zasahuje od dlouhých rádiových vln až po rentgenové paprsky a gama záření nebo ještě dále (zdroj: Mouser Electronics)

viz obr. 1, např. v rozsahu do deseti kilometrů (dlouhovlnné rádio), ale třeba i v řádu desítek nanometrů (v případě UV). Viditelné světlo, které dokáže lidské oko zaznamenat, se pro ilustraci nachází mezi 380 a 750 nm.

Maxwellovy rovnice předpověděly existenci elektromagnetického pole, kterou však experimentálně potvrdil až Heinrich Hertz v roce 1887. Frekvence vln je měřena v cyklech za vteřinu a na počest Heinrichovy práce se vyjadřuje v hertzích (Hz). Vlnová délka odpovídá převrácené hodnotě kmitočtu. Použitelné rádiové frekvence přitom zabírají značnou část spektra (obr. 2), od 30 kHz pro vysílače na dlouhých vlnách do 300 GHz, tedy pásma mm vln pro telekomunikace nebo např. astronomii.

Vysokofrekvenční vlny jsou vyzařovány nebo se šíří ze svého zdroje a podobně jako u světla budou ovlivňovány odrazy, rozptylem či absorpcemi. Způsob jejich šíření se mění s kmitočtem a vytváří základní podstatu rádiové komunikace. Jestliže pochopíme, jak a kudy se vlny šíří, dokážeme určit maximální vzdálenost, včetně spolehlivosti komunikačního kanálu. Vlny směřující mezi dvěma body označujeme jako zemní, přímé či povrchové. U relativně krátkých vzdáleností bez překážek v cestě pak hovoříme o přímé viditelnosti. K přenosu může docházet i přes ionosféru, což případnou vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem ještě rozšíří (obr. 3).

Ionosféra je tvořena několika vrstvami, označovanými jako D, E a F. Schopnost vrstev odrážet vf vlny závisí na ionizaci slunečním zářením, což se ale neustále mění s denní dobou a také ročním obdobím. Krátkovlnné vysílače využívají tohoto způsobu šíření k překonání dlouhých vzdáleností, nicméně komunikace může být ovlivněna výrazným kolísáním intenzity



Obr. 2 Vf spektrum aneb od velmi nízkých kmitočtů (VLF) až po ty mimořádně vysoké (EHF, zdroj: Mouser Electronics)

signálu, včetně odrazů, pokud jde o různé trasy. Každý, kdo někdy poslouchal vysílání na krátkých vlnách během dne či v noci nebo středovlnné vysílače během noci, nejspíš dobře ví, o co se jedná.

Rádiový signál je tvořen sinusovou vlnou o stanovené frekvenci, nazývané nosná. K přenosu jakéhokoli zvuku či digitální informace pak bude nosná potřebovat modulaci. Obvykle se využije řada různých způsobů. Pro komerční vysílání jsou populární amplitudová (AM) a frekvenční (FM) modulace nazované od počátku dvacátého století. Amplitudová modulace dle očekávání mění amplitudu nosného signálu, zatímco kmitočtová modulace zachovává stálou amplitudu, ale měnit bude frekvenci, např. v důsledku vstupního zvukového signálu. Rozdíl plyne z obr. 4. Vstupem je audio kmitočet s konstantní amplitudou. AM průběh vykresluje, jak se bude měnit amplituda vysílaného signálu podle signálu zdroje, u FM je pak místo toho ovlivňována frekvence. K získání původního signálu z modulované nosné slouží demodulace.

Mezi složitější způsoby modulace, používané pro vysokorychlostní datovou komunikaci, lze zařadit:

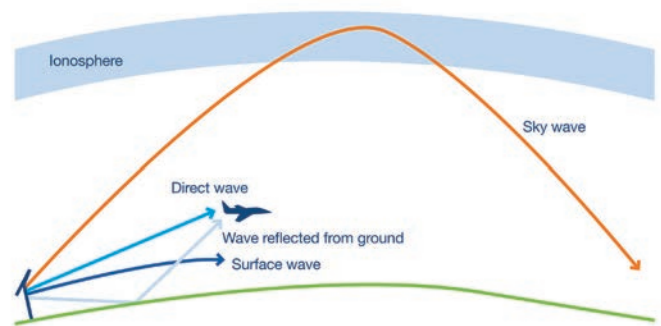
- BPSK (binary phase shift keying),
- OFDM (orthogonal frequency division multiplex),
- QAM (quadrature amplitude modulation).

■ Základní pojetí přijímače

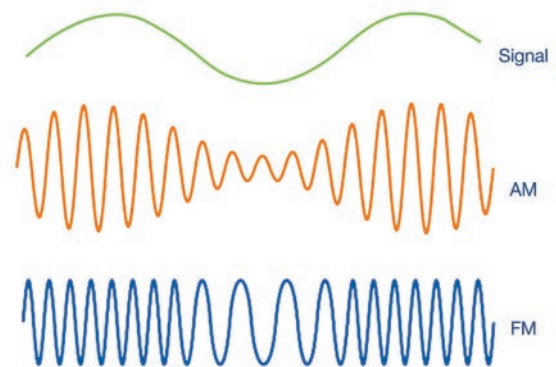
Na obr. 5 vidíme výchozí funkční blokový diagram přijímače typu superhet s jedním mezifrekvenčním stupněm, který se obvykle použije k příjmu AM vysílání v pásmu středních či krátkých vln. Směšovač a místní oscilátor (LO) převádí požadovaný vlnový signál níže na mezifrekvenci (mf). Navzdory změně LO je mezifrekvence pořád stejná, což dále zjednodušuje návrh mezifrekvenčních zesilovačů a filtrů. Číselně se bude jednat o 10,7 MHz nebo 455 kHz, přičemž k dispozici je i možnost dvojího směšování.

Na popularitě nyní získává i přímá konverze, resp. nulová mf, kdy je místní oscilátor nastaven na požadovanou frekvenci příjmu, takže lze signál v základním pásmu, připravený k demodulaci, získat rovnou ze směšovače. Bloky přijímače sloužící k demodulaci a zpracování signálu navíc stále častěji používají číslicové metody zpracování založené na softwaru. SDR, jako „software-defined radio“ se již stalo normou pro řadu složitých vlnových aplikací typu mobilních základnových stanic, chytrých buněk či zabezpečených systémů bezdrátové komunikace.

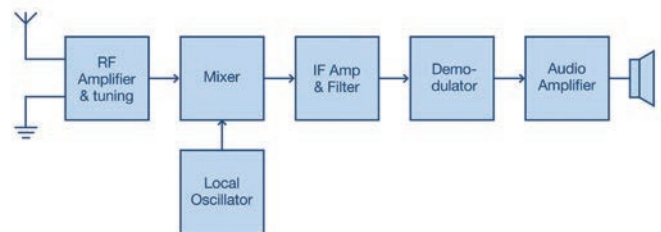
Při práci s jakýmkoli vlnovým signálem bude oblíbenou mírou relativní intenzity signálu či výkonového výstupu dBm (decibel milliwatt) vztažený k 1 mW. Podobně jako u jakéhokoli měření s decibely lze takto rovněž signalizovat zisk nebo ztráty stupně zesilovače či filtru. U přijímače se tím normálně uvádí jeho citlivost – minimální síla signálu, která přichází v úvahu. Modul s Wi-Fi může ke spolehlivé činnosti kupříkladu vyžadovat signál na úrovni -70 dBm. Profesionální krátkovlnné přijímače si zase dokážou poradit s něčím tak slabým, jako je -100 dBm, zatímco u satelitní navigace jdeme s citlivostí ještě dále. Přijímač zde totiž bude typicky pracovat s intenzitou signálu dosahující dokonce -150 dBm. Jednotka dBm se také používá k popisu zisku antény. Jedná se o klíčovou záležitost ovlivňu-



Obr. 3 K otázce šíření rádiových vln různými způsoby (zdroj: Mouser Electronics)



Obr. 4 Rozdíl mezi modulacemi AM a FM (zdroj: Mouser Electronics)



Obr. 5 Funkční blokový diagram jednostupňového superhetu – přijímače AM vysílání (zdroj: Mouser Electronics)

jící při instalaci celkové „rozpočet“ bezdrátové linky. K tomu se ale ještě dostaneme.

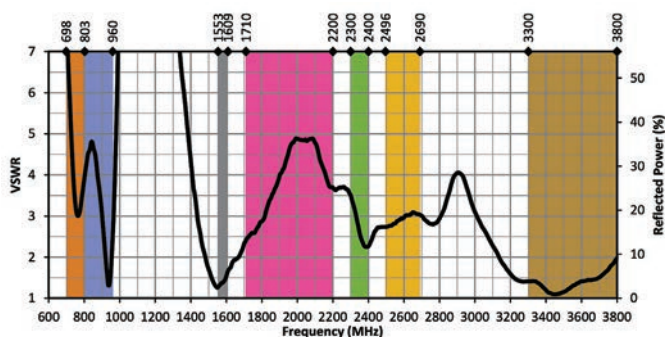
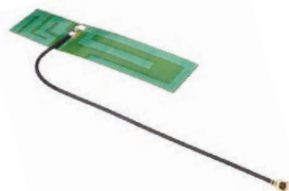
■ Na téma antén a vysílače

Antény mohou mít nejrůznější podoby a také velikosti. Délka antény obecně odpovídá použité vlnové délce. Typicky se můžeme setkat s půlvlnným nebo i čtvrtvlnným dipólem. U skutečně nízkých kmitočtů se mohou délky počítat v řádu kilometrů. Pro mnohem vyšší frekvence, jako je např. pásmo 2,4 GHz využívané rozhraním Wi-Fi, bude naproti tomu půlvlnná anténa měřit pouze 30 mm. Kvůli ještě kompaktnějšímu provedení vyvoňají rovněž používají některé originální způsoby, kdy anténu v podstatě „poskládají“, takže lze vyrobit přímo na desce plošného

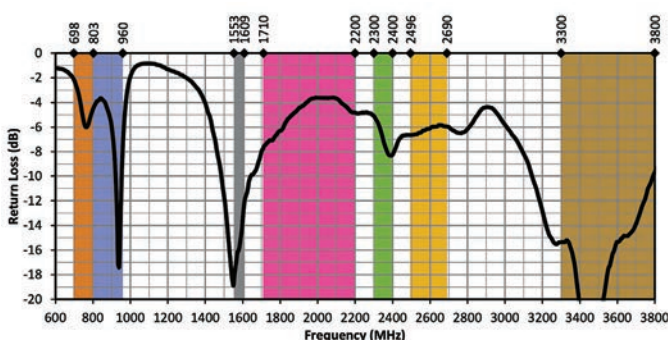
spoje nebo flexibilním obvodu. Obr. 6 ukazuje flexibilní dipólovou anténu pro mobilní aplikace od Linx Technologies [1].

Pro dosažení optimálního přenosu energie musí impedance antény odpovídat impedanci výstupu výkonového zesilovače na straně vysílače. V případě antén, koaxiálních kabelů či koncových stupňů se ustálila hodnota 50 Ω. Pokud nejsou impedance sladěné, energie se vrací zpět ke koncovému stupni (PA) vysílače, a bude-li příliš velká, může jej i poškodit. Činitel VSWR

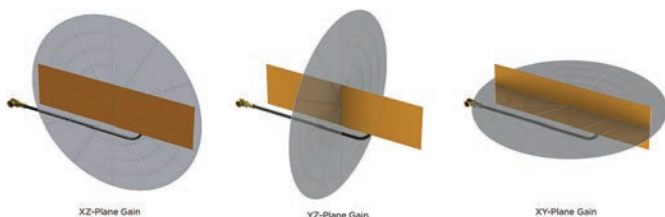
Obr. 6 Flexibilní anténa ANT-LPF-FPC-50 od Linx Technologies je vhodná pro celou řadu mobilních aplikací, včetně GNSS či LPWAN (zdroj: Linx Technologies)



Obr. 7 Průběh VSWR v závislosti na kmitočtu pro půlvlnný dipól, anténu Linx Technologies ANT-LPC-FPC-50 (zdroj: Linx Technologies)



Obr. 8 Charakteristika útlumu odrazu v případě antény Linx Technologies ANT-LPC-FPC-50 (zdroj: Linx Technologies)



Obr. 9 Vyzařovací diagram antény obnáší tři různé roviny (zdroj: Linx Technologies)

(voltage standing wave ratio) nám poté ukáže, kolik výkonu se odráží zpět k vysílači místo toho, aby se jinak vyzářil. Na obr. 7 sledujeme charakteristiku VSWR pro flexibilní anténu Linx Technologies ANT-LPF-FPC-50. Poměr 1 : 1 signalizuje nulový odražený výkon, přičemž v praxi pro většinu aplikací vyhovuje VSWR 1 : 3.

Další způsob, jak postihnout impedanční nepřizpůsobení antény, vede přes útlum odrazu měřený v dB (return loss). Takovou charakteristiku vidíme pro anténu ANT-LPC-FPC-50 na obr. 8. Nižší útlum signalizuje menší výkonovou ztrátu způsobenou impedančním nepřizpůsobením.

Mezi další charakteristické vlastnosti antény patří zisk a vyzařovací diagram. Ziskem vyjádřeným v dBi odkazujeme na hypoteticky bezztrátovou izotropní anténu (vyzařuje rovnoměrně ve všech směrech jako koule). Některé antény vyzařují v konkrétních směrech větší výkon (viz polarizace). Když tedy vývojáři znají příslušný vyzařovací diagram (obr. 9), mohou při osazení zvolit pro různé případy tu nejlepší polohu. Výsledky jsou pro antény obvykle vynášeny formou polárních diagramů pro každou rovinu.

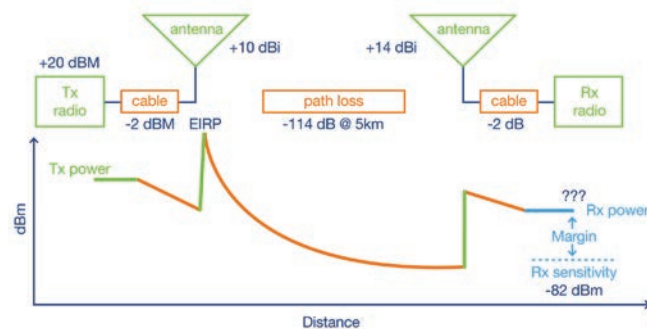
■ Jak na spolehlivý bezdrátový spoj

Abychom určili, zda je možné na konkrétní vzdálenost realizovat bezdrátový spoj, potřebujeme u takové linky provést rozpočet. Jedním z klíčových činitelů se stává útlum volné trasy. Při šíření signálu se bude poplatně geometrickému rozptylu čela vlny snižovat hustota výkonu. Výpočtem útlumu trasy ve volném prostoru pak zjistíme, jak velký výkon obdržíme v odlehlejších místech. Vzorec zde mezi vysílačem a přijímačem předpokládá přímou viditelnost:

$$L_{FS} \text{ (dB)} = 20 \log_{10} \left(4\pi \frac{\text{distance}}{\text{wavelength}} \right) \quad (1)$$

Překážky tvořené krajinnými prvky, budovami nebo např. stroji ztráty na trase jen prohlubují. Spousta výrobců se zaměřením na vysokofrekvenční techniku, včetně antén, má kalkulačky pro výpočet útlumu trasy ve volném prostoru k dispozici na svých stránkách.

Na obr. 10 jsou konečně znázorněny všechny faktory vstupující do hry mezi vysílačem a přijímačem. V našem příkladu má vysílač (Tx) výstupní výkon +20 dBm a připojen bude k anténě



Obr. 10 Abychom dokázali rozhodnout o spolehlivosti bezdrátového spoje mezi dvěma body v prostoru, neobejdeme se bez výpočtů a jednoduché rozvahy (zdroj: Mouser Electronics)

se ziskem +10 dBi. Pro ztráty v koaxiálním kabelu pak máme vyčleněny -2 dBm. Na straně přijímače (Rx) zase počítáme, že anténa s vyšším ziskem dosahuje +14 dBi, zatímco ztráty na kabelu zde činí -2 dBm. Citlivost přijímače, zjištěná z dokumentace, je rovna -82 dBm. Zároveň jsme již dříve spočítali útlum trasy v délce 5 km a obdrželi -114 dBm. Vzniká tedy otázka: bude přijímaný signál dostatečně silný, abychom s ním zajistili spojení? Pokud všechny údaje v souvislosti s tzv. „link budgetem“ započteme, lze očekávat signál na úrovni -74 dBm, což u citlivosti přijímače stále představuje rezervu 8 dBm.

■ Shoda s předpisy

Pokud jde o dodržování norem, každé vř zařízení může podléhat třem různým typům:

– Certifikace protokolu bezdrátové komunikace

Protokoly vř komunikace, jako jsou Bluetooth či Wi-Fi, budou zřejmě vyžadovat certifikaci. Moduly nebo bezdrátové transceivery v podobě SoC (systems-on-chip) jsou certifikovány příslušnými organizacemi (např. Wi-Fi Alliance, [2]).

– Svolení k využívání kmitočtového spektra

Je známo, že některé metody bezdrátové komunikace pracují v celostátně licencovaném spektru – třeba mobilní telefony. Další, jako je např. rozhraní Bluetooth, licenci mít ale nemusí.

– Prototyp a jeho schvalování

V některých případech budou muset národní či místní regulační orgány pro vř techniku schvalovat jakýkoli bezdrátový modul či obvod. Celý proces pak zajistí, že ostatní uživatelé nebudou obtěžováni žádnými elektromagnetickými interferencemi a řešení vyhoví všem specifikacím, pokud jde o výstupní výkon či koexistenci kanálů a rušení.

■ Chopte se otěží.

Vyrážíme bezdrátovou cestou

V tomto krátkém článku jsme si představili některé klíčové pojmy a výrazy spojené s vř technikou a bezdrátovým návrhem. Každé z témat si každopádně zaslouží podrobnější vysvětlení, na které už ale nezbylo místo. Text je proto dobré vnímat jako odrazový můstek vedoucí k dalšímu průzkumu v tomto úchvatném oboru. S návrhem vř systému v pásmu delších vln se zase tak často nesetkáme, nicméně kontext nám alespoň pomůže vysvětlit některé výše uvedené principy. Vývojáři se dnes obvykle věnují projektům nad 100 MHz a s relativně krátkým dohledem. Máme tu ale též kosmický prostor a satelity komunikující na obrovské vzdálenosti. Zde již bývá kvůli významným ztrátám na přenosové cestě zapotřebí vysokých výkonů, stejně jako vysoce směrových antén s mimořádně velkým ziskem.

Odkazy:

[1] https://eu.mouser.com/ProductDetail/Linx-Technologies/ANT-LPC-FPC-50?qs=t7xnP681wgU0ksLr188W1w%3D%3D&utm_source=publitek-media-for-articles&utm_medium=display&utm_campaign=mra388&utm_content=article

[2] <https://www.wi-fi.org/>

www.mouser.com

Komplexní řešení pro bateriový dohled



- Monitorování, balancing a ochrana až pěti Li-Ion nebo Li-Polymer článků
- Měření napětí, teploty a proudu v reálném čase
- I²C sběrnice pro nastavení parametrů a komunikaci
- Integrované 3,3 V pro napájení MCU a LED
- Určeno pro průmyslové aplikace -40 až 85 °C



tomas.pokorny@st.com | www.st.com/l9961

Spínače, mikroprocesory, ale i čidla.

Obvody ST se budou v provozu vyjímat

Ing. Jan Robenek

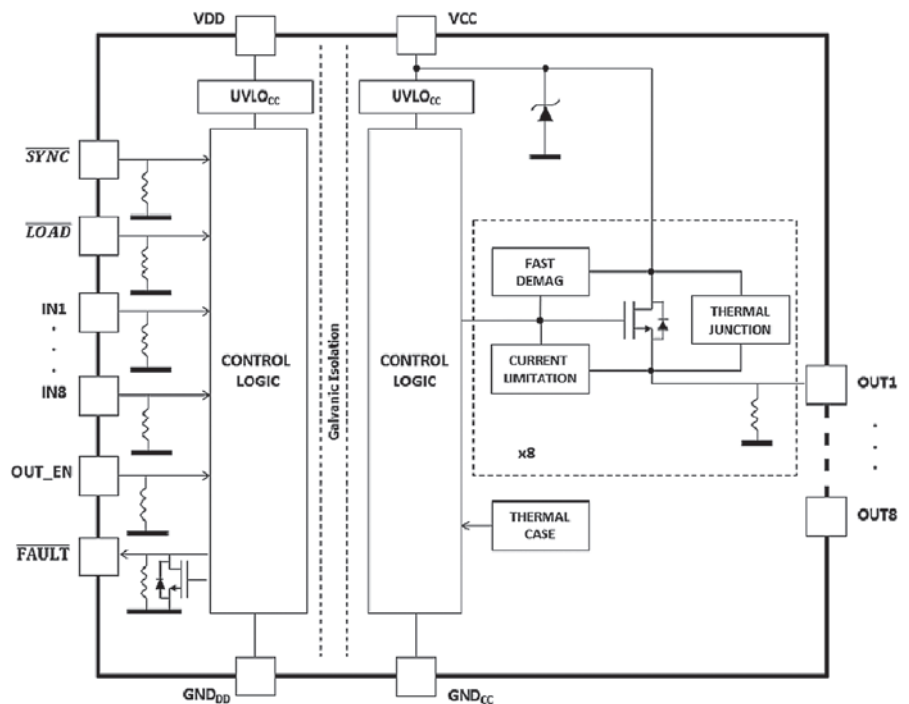
Průmyslové systémy a součástková základna s logem firmy STMicroelectronics, to jde hezky dohromady. Pojďte se s námi podívat na vybrané elektronické prvky, které známý výrobce světa představil v uplynulých měsících. Půjde o vícenásobné spínače s vlastní diagnostikou, výkonné 64bitové mikroprocesory podporující umělou inteligenci nebo též robustní senzory tlaku, které se díky své konstrukci nezáleknou ani ponoření do hloubky jednoho metru.

■ Osm kanálů pod kontrolou

A začínáme hned u spínání, tedy přesněji rodiny integrovaných polovodičových spínačů s diagnostikou a také možností galvanického oddělení pro účely robustního řízení, včetně ochrany zátěží provozovaných v průmyslových podmínkách na vyšší straně napájení (tzv. high – side), jejichž odpor v sepnutém stavu $R_{DS(on)}$ zde přitom dosahuje typických 125 miliohmů na jeden kanál. Součástky s osmi výstupy a také vývody kompatibilními s dalšími oblíbenými prvky svého druhu ponese označení ISO808, ISO808A, ISO808-1 nebo též ISO808A-1 a uplatní se ve spojení jak s odporovými, tak i kapacitními nebo induktivními zátěžemi, které mají jeden ze svých vývodů spojený se zemí – programovatelných logických automatech, průmyslových počítačích,



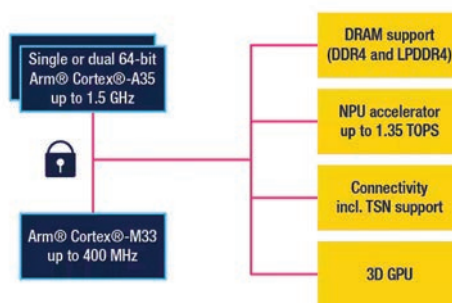
Isolated octal high-side switches with auto-recovery and diagnostics



Obr. 1 Osmikanálové spínače pracují v různém provedení a na vyšší straně napájení, kde také nabízí galvanické oddělení, včetně vlastní diagnostiky. Blokový diagram zde patří variantám ISO808 a ISO808-1 [1, 2]

CNC strojích apod., zvláště když bude v chytrých provozech zapotřebí ještě lépe ochránit jinak citlivou elektroniku. Čím se ale jednotlivé novinky rodiny ISO808 v pouzdrech typu PowerSO36 a s cenovkou, která při odběru jednoho tisíce kusů začíná přibližně na pěti a půl dolarech, mezi sebou liší?

Rozdíl u spínacích prvků, řešených na způsob SSR, tedy jako „Solid State Relay“, spočívá nejen ve výstupním proudu, který dosahuje buď 700 mA, nebo celého jednoho ampéru, ale také samostatných vstupních pinech pro každý z osmi kanálů, kdy lze výstupy ovládat buď přímo, nebo i synchronně a všechny najednou, resp. sériově rozhraní SPI přítomném na vstupní straně společně se signalizací Power Good s otevřeným kolektorem. Pokud jde o negovaný výstup Fault, ten pak bude k dispozici pro všechny



Obr. 2
Nové 64bitové mikroprocesory od ST jsou typickou ukázkou systému navrženého pro potřeby umělé inteligence pracující přímo v náročných průmyslových podmínkách [3, 4]



Obr. 3
K robustnímu měření tlaku v rozsahu až do 4060 hPa se budou zase hodit voděodolná čidla ILPS28QSW s doplňkovým kanálem Qvar® [5, 6]

varianty. Za zmínku stojí rovněž nezávislé řešení ochran v případě přetížení pro každý z přítomných kanálů, takže nemusí být nezbytně nutné vyřadit při potížích vše z činnosti. Díky automatickému restartování pak výrobce umožňuje i jejich rychlé „zotavení“, to abychom nemuseli zbytečně zatěžovat nadřazený systém.

■ Chytré a také robustně

Co když ale bude polovodičových spínačů v podobě tranzistorů tolik, že vznikne rovnou celý mikroprocesor? Firma STMicroelectronics nezůstane „při zemi“ ani tentokrát. Vždyť zde také dále představuje v pořadí již druhou generaci svých MPU skupiny STM32 zohledňující potřeby Průmyslu 4.0, a tudíž i stále častější přítomnosti systémů umělé inteligence, řešených přímo v místě určení – tzv. Edge. 64bitové součástky skloňující dále certifikaci SESIP, úroveň 3 přichází s novou architekturou vystavěnou na shodném ekosystému, takže bude možné v aplikacích (průmyslového) internetu věcí navýšit výkon a zdokonalit i potřebné zabezpečení.

Mikroprocesory STM32MP25 coby první řada produktů nové generace jsou k dispozici s jedním nebo i dvěma jádry Arm® Cortex®-A35 taktovanými na 1,5 GHz, jejichž možností, pokud jde o zpracování v reálném čase, dále rozšiřuje 400MHz jádro Cortex®-M33. Neural Processing Unit (NPU) k tomu ještě přidává až 1,35 TOPS (tera operací za vteřinu) s optimalizací umožňující zrychlit činnost systémů umělé inteligence AI řešených přímo na místě určení, a to v aplikacích, jako je pokročilé strojové vidění, třeba s 3D GPU a roz-

lišením 1080p nebo např. prediktivní údržba. Výrobce zde rovněž podporuje 32bitové paměti DDR4 nebo LPDDR4 a celou řadu průmyslových rozhraní, včetně klíčového TSN (Time Sensitive Networking).

Průmyslová elektronika se ale neobejde ani bez odolných senzorů typu MEMS. Jeden přesně takový v provedení odolném vůči vodě (IP58 a s certifikací dle IEC 60529 nebo ISO 20653), vybavený dále rozhraním I²C či MIPI I3CSM bude mít pro účely měření tlaku ve dvou režimech, buď do 1260, nebo i 4060 hPa, nově v nabídce i firma STMicroelectronics. Prvky s označením ILPS28QSW zde měří s přesností 0,5 hPa, zatímco dále ustojí teplotní rozsah od -40 až do +105 °C. K tomu se rovněž přidává firemní technologie Qvar®, tedy kanál sloužící k detekci změn, pokud jde o elektrický náboj, takže vývojáři mohou např. zapracovat i funkce pro sledování provozních úniků kapalin.

Odkazy:

- [1] Tisková zpráva, <https://newsroom.st.com/media-center/press-item.html/n4553.html>
- [2] Obvody ISO808, <https://www.st.com/en/power-management/iso808.html>
- [3] Tisková zpráva, <https://newsroom.st.com/media-center/press-item.html/p4546.html>
- [4] Mikroprocesory řady STM32MP2, www.st.com/stm32mp2
- [5] Tisková zpráva, <https://newsroom.st.com/media-center/press-item.html/p4549.html>
- [6] Sensory ILPS28QSW, <https://www.st.com/en/mems-and-sensors/ilps28qsw.html>

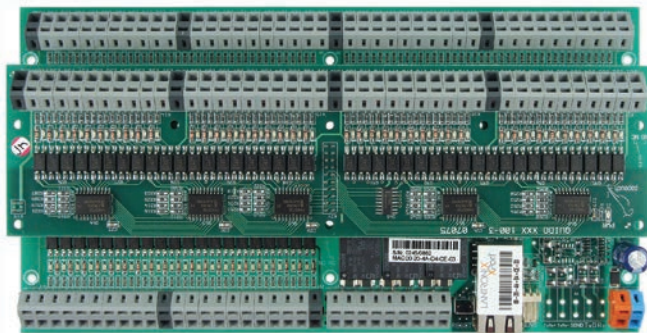
robenek@dps-az.cz

Univerzální I/O moduly pro RS232, RS485, USB i ethernet

Papouch s. r. o.

Vstupů a výstupů pro automatizaci či sběr dat není nikdy dost. Pro malé systémy občas postačuje jen několik dvoustavových vstupů a výstupů, někdy jsou jich naopak třeba desítky či stovky. Podle použití se také liší ovládací rozhraní, nejčastěji jsou využívány linky RS232, RS485, USB a ethernet.

Obr. 1
Modul Quido
s 60 vstupy,
3 výstupy (relé)
a rozhraním
ethernet



■ Řada modulů Quido

Moduly Quido jsou samostatná I/O zařízení, nejedná se tedy o modulární stavebnici. Z toho vyplývá jednoduchost použití, kompaktní rozměry a nízká cena. Přehled typů je v tabulce. Vodorovně je počet vstupů / počet výstupů, svisle pak rozhraní. Moduly mají mnoho shodných vlastností, ale i některé odlišnosti, které plynou z jejich velikosti a uplatnění. Většina modulů používá na výstupu relé, vyveden je přepínací kontakt. K dispozici jsou ale i typy s otevřeným kolektorem (OC), které se hodí pro spínání LED či ovládání stykačů. U některých vstupů je možné zapnout čítač a připojit tak například čidla s impulzním výstupem. Na stavy vstupů je možné se dotazovat či nastavit mód, kdy je zpráva automaticky odeslána při změně vstupu. Většina modulů Quido umožňuje i připojení teplotního čidla s rozsahem od -55 °C do +125 °C.

■ Použití

– **Ovládání výstupů:** Základní možností je výstup okamžitě sepnout nebo rozepnout. Dále je možné výstup nastavit do požadovaného stavu na zadanou dobu (např. sepní výstup 2 na 5 s).



Obr. 2 Modul Quido s 2 vstupy,
16 výstupy (OC) a rozhraním ethernet.
Lze dokoupit svorkovnici.

Rozhraní:	Počet vstupů / Počet výstupů:										
	3/0	10/1	4/4	8/8	30/3	60/3	100/3	0/2	2/2	2/16	2/32
RS232, RS485	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
USB		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Ethernet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Speciální typy:

Rozhraní:	Počet vstupů / Počet výstupů:							
	2/0	3/0	4/4	8/8	10/1	2/16	10/16	4/32
RS232, RS485			Duplex	Duplex		OC	OC	
Ethernet	WDT	BOX	Duplex	Duplex	SMS	OC		OC

OC: S výstupy typu otevřený kolektor. | BOX: V krabičce. | Duplex: Obousměrný přenos binárních signálů. | SMS: Odesílá SMS a emaily - co vstup to jiný adresát. | WDT: IP WatchDog pro hlídání stavu ethernetových zařízení.



Obr. 3 Interní webová stránka modulu Quido

- **Sledování stavu vstupů:** Dvoustavové vstupy jsou připraveny pro připojení kontaktu nebo napětí.
- **Počítání impulzů:** U vstupů je možné zapnout funkci čítač (u každého vstupu samostatně) a počítat impulzy (počítání výrobků, osob apod.) nebo připojit externí čidla s impulzním výstupem.

- **Automatická informace o změně na vstupu:** U vstupů lze jednotlivě aktivovat funkci, kdy se při změně stavu vstupu odešle automatická zpráva. Jde o datový paket nebo e-mail.
- **Hlídaní teploty:** Pro každý z výstupů lze nastavit teplotní meze, při kterých vybrané relé vykoná nastavenou akci (sepne, rozezne nebo sepne či rozezne na zadanou dobu).
- **Přenos dvoustavových signálů po lince RS485 nebo ethernetu.** Tuto funkci umožňují Quida s názvem Duplex. Často se využívají na místech, kde je nedostatek vodičů.

■ Ethernet má mnoho možností

I/O moduly Quido s rozhraním ethernet jsou přímo připojitelné do sítě LAN. Patří mezi ně možnost ovládání protokolem Spinel nebo MODBUS TCP, oblíbený SNMP protokol a také možnost odesílání dat při změně stavu vstupů protokolem http GET. Právě tato vlastnost umožňuje použití modulů Quido v sítích bez pevné IP adresy. Všechny stavy jsou také dostupné v XML formátu.

Napájení všech modulů Quido je 8–30 V. Některé malé typy mohou být napájeny z rozhraní USB. Napájení a komunikace jsou indikovány kontrolkami. Všechny moduly mohou být dodány s držákem na lištu DIN.

Moduly Quido je možné zapůjčit k vyzkoušení a technici společnosti Papouch jsou připraveni poradit s jejich aplikací.

Datové a měřicí převodníky

RS232	Ethernet	CAN BUS	RS485
RS485	WiFi	Wiegand	MODBUS
RS422	M-Bus	Pt100	4 - 20 mA
0 - 10 V	USB	PoE	HTTP

od Papoucha!



papouch.com

eshop
s průmyslovou
elektronikou

Papouch s.r.o. | 267 314 267 | papouch@papouch.com

ON-LINE VYHLEDÁVÁNÍ SOUČÁSTEK S POROVNÁNÍM CEN



- Farnell
- RS Components
- Mouser
- Digi-Key
- Rutronik
- Avnet
- TME

a více než 100 dalších dodavatelů



ZDARMA, s uvedením počtu součástek na skladě dodavatele a možností okamžitého on-line objednání.

Dostupné ve spolupráci s Oemsecrets.com na webu časopisu DPS

www.dps-az.cz/parts

Indukční senzory polohy pro ještě lepší řízení průmyslových motorů

Alessandro Maggioni | onsemi

Nepřetržitý rozmach prakticky všeho, od výroby až po přepravu či zábavu, často závisí na zlepšování vlastností našich zařízení, kdy zdokonalujeme svoji schopnost řídit je s ještě větší přesností.

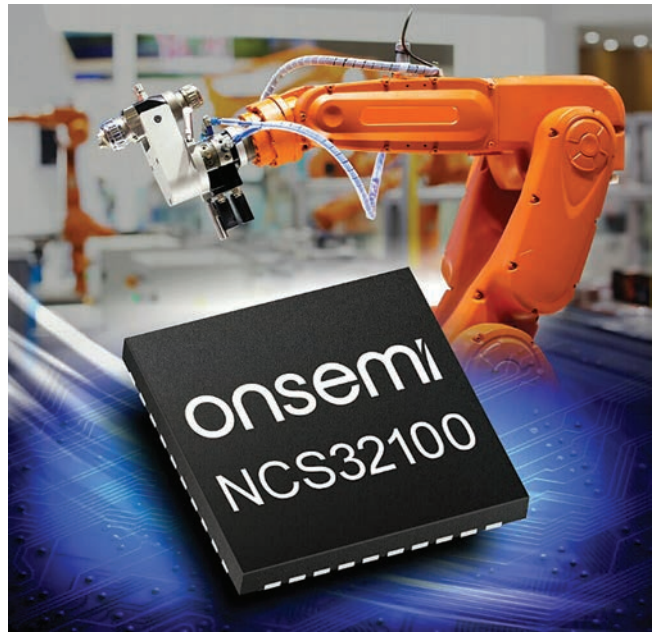
V srdci mnoha moderních systémů se nachází alespoň jeden motor. Způsob, jak dále zlepšovat roboty, výtahy, automobily, elektrické nářadí a další věci, pak spočívá v ještě přesnějším řízení jejich motorů. Chování motoru je přitom závislé na precizním řízení a precizní řízení motoru zase závisí na přesné detekci jeho polohy. Precizní detekce je konečně závislá na rostoucí přesnosti senzoru a jeho technologie. Aby vývojáři zlepšili přesnost motoru, jeho řízení a také dosahované vlastnosti, mohou nyní využít indukční snímače polohy nabízející při určování polohy nové úrovně přesnosti.

■ Enkodéry

Magnetické a také optické enkodéry budou pokaždé těžit ze vztahu mezi změnami polohy motoru a jeho rychlosti. Existuje zde několik druhů magnetických enkodérů, nicméně všechny budou odkázány na změny spojené s totožným jevem. Motor je každopádně vybaven jedním nebo i více magnety. Když se pak takové prvky pohybují vzhledem k magnetickému detektoru, bude se úměrně jejich vztažnému pohybu měnit i magnetické pole.

Rozlišení se pro různé druhy magnetických enkodérů liší a v některých případech může být i docela nízké, když dosahujeme pouze několika stovek pulzů na otočku (PPR). Vyšší přesnost se bude odvíjet od precizní výroby. Dle konkrétního typu se pak různí též rozměry a hmotnost. Výsledky mohou rovněž neblaze ovlivnit teplotní extrém. Stinnou stránkou magnetických snímačů je skutečnost, že v aplikacích vystavených elektromagnetickým interferencím (EMI) mohou být nespolehlivé nebo dokonce nepoužitelné.

Optické enkodéry detekují pro změnu světelné pulzy. Základní provedení spočívá v tom, že motor vybavíme diskem se speciální mřížkou. Fotodiody poté poplatně otáčení u takové mřížky zaznamenávají světelné pulzy (na nebo i skrz;



Obr. 1 Rotační snímač polohy NCS32100 od onsemi

posloupnost světelných pulzů zde vytváří „kód“ a odtud pochází též název „optický enkodér“). Díky zmíněné metodě proto určujeme jak rychlost otáčení, tak i pozici motoru.

Optické enkodéry jsou vůči magnetickým polím odolné. Mohou nabízet vysoké rozlišení a zajišťovat solidní přesnost, nicméně jejich výstupy dokáže ovlivnit pečlivost při instalaci. Optické enkodéry může snadno ohrozit i znečištění pocházející z okolního prostředí, jako je prach, saze a dokonce i vlhkost. Pod jejich chování se také mohou nepříznivě podepisovat teplotní extrém. U kteréhokoliv z těchto senzorů bude vysokých rychlostí obvykle dosahováno na úkor přesnosti, za kterou se pokaždé připlácí.

■ Indukční snímače

Třetím typem snímačů používaných ve spojení s motory se stávají indukční senzory. Indukční snímače jsou ve skutečnosti sice založeny na magnetech, nesledují zde ale změny magnetického pole. Místo toho budou měřit proud – indukované proudy. Magnetický detektor zaznamenává otáčení ústrojí. Když pak jeho zuby míjí senzor, vytváří proměnlivý tok indukující ve snímači úměrné napětí. Napětí může být ve vzájemném vztahu s rychlostí a směrem otáčení.

Indukční senzory se používají zhruba sto let. Taková řešení pro zjišťování polohy jsou povětšinou necitlivá vůči vibracím, změnám teploty nebo znečištění okolního prostředí. Po mechanické stránce bývají jednodušší, a proto i spolehlivější.

Během uplynulých dvou desetiletí stále více rostla oblíbenost indukčních senzorů v automobilovém průmyslu. Indukční snímače používané v automobilovém prostředí jsou navrženy tak, aby byly levné a vysoce spolehlivé. Také se ale náhodou stalo, že pracovaly s nízkou rychlostí a malou přesností. Zmíněné senzory se každopádně hodily pro potřeby konkrétní aplikace. Jenže indukční snímače mohou dosahovat i lepších výsledků.

■ Duální indukční rotační senzor

Duální indukční rotační snímač je novou variantou indukčního senzoru. Tato nová indukční čidla polohy jsou nejen velmi rychlá, ale také vysoce přesná. Duální indukční snímač polohy od onsemi se skládá ze dvou desek plošných spojů (DPS). Jednou bude rotor se dvěma tištěnými indukčnostmi a další poté stator s tištěnými indukčnostmi, stejně jako integrovaným obvodem – enkodérem.

Přesnost součástky bude pro 38mm senzor lepší než ± 50 arcsec. Plná přesnost systému je definována až do 6 000 RPM, ačkoli zde můžeme jít i mnohem dál, a to až k maximu v podobě 100 000 RPM). K dispozici je výstup s dvacetibitovým rozlišením (single-turn) a také rozlišení 24 bitů (multi-turn). Jedná se přitom o absolutní enkodér (oproti přírůstkovému enkodéru), což znamená, že systém poskytuje informaci o poloze i v případě, kdy není rotor v pohybu.

Standardní modul staví na vestavném mikrokontroléru (MCU) společně s firmwarem. Kontrolérem zde bude programovatelné MCU s ARM® M0. Místo nezpracovaných analogových signálů tak bude na výstupu k dispozici pozice a také rychlost. Možností flexibilní konfigurace modulu zde umožňují spojení s celou řadou systémů indukčního snímače, zatímco se rovněž nabízí různé formáty číselového výstupu.

Způsob řešení není po mechanické stránce vůbec složitý a počítá se sníženým počtem součástí. Rovněž si žádá minimální počet vnějších součástí, jako např. kondenzátorů (bypass, ladění a tak dále). Řešení zde nabízí schopnosti ve

stylu „plug-and-play“, poměrně snadno lze kalibrovat a nechybí mu ani korekce chyb či diagnostika, takže se bude snadno instalovat a jednoduše i používat. A podobně jako u dalších indukčních senzorů skloňujeme i řady robustnost, bezpečnost a spolehlivost. K dispozici je v rámci standardního modulu, nicméně základní návrh umožňuje i jiné konfigurace.

Integrované řešení bylo navrženo pro průmyslové aplikace a jejich požadavky. Duální indukční snímače polohy lze použít v místech, kde v současné době zapojujeme středně výkonné, ale také špičkové optické enkodéry a v aplikacích, jako jsou robotika, průmyslové pohony, systémy tovární automatizace nebo i celá řada strojních zařízení pro průmyslové využití.

Pokaždé když vývojáři zhodnotí možnosti snímače, je důležité, aby nejen vyhověli provozním požadavkům dané aplikace, ale zcela zásadní bude i potřeba zvážit výdrž aplikace v dlouhodobém výhledu. Díky duálnímu, indukčnímu rotačnímu senzoru polohy od onsemi, sníženému počtu součástek, rozšířené provozní životnosti a také jednoduché kalibraci to bude znamenat i nižší celkové náklady. Další informace naleznete pod odkazy na konci článku, které také zahrnují dva dokumenty od onsemi.

Odkazy:

[1] <https://www.onsemi.com/download/data-sheet/pdf/ncs32100-d.pdf>

[2] https://www.celeramotion.com/zettlex/wp-content/uploads/sites/7/2019/05/Dummys-Guide-to-Position-Sensors_REV_1.0.pdf

[3] <https://www.eetimes.com/podcasts/powerup-s2-ep2/>



TVORBA DOKUMENTACE PRO VÝROBU DPS

- Rychle a bezchybně z dat návrhového systému DPS
- Interface: OrCAD, PADS, PCAD, Altium...
- Automatické anotace změn mezi dokumentací a návrhovým systémem
- Postupy a varianty osazování
- Výpisy materiálu pro jednotlivé etapy osazování
- Všechny informace vč. zdrojových dat v jednom souboru
- Přesnější a detailnější podklady pro výrobu
- Plná návaznost na program CAM350
- Import externích výkresů, obrázků a fotografií s odkazy

**EFEKTIVNĚJŠÍ KONTROLA VÝROBY
SNÍŽENÍ NÁKLADŮ A ÚSPORA ČASU**

CADware
s.r.o.

www.cadware.cz

DownStream
Technologies



Posouváme lidi kupředu
s promyšlenou lehkostí
a neochvějnou přesností.



Řešení intuitivních rozhraní styku člověka a technologie:

- / CAN BUS a dotykové displeje / joysticky / tlačítka
- / klávesnice / Hallův efekt enkodéry / Touch enkodéry



VCT VIENNA
components
TRADING

Vienna-Components-Trading, s. r. o.
Modřínová 578 (sídlo Jedlová 395)
CZ-33008 Zruč-Senec | Czech Republic
Phone: +420 373 701 030-32, 377 824 986
vct@vicomtrade.cz, info@vicomtrade.cz

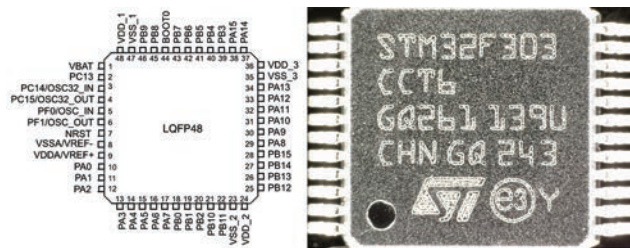
www.vicomtrade.cz | www.vicor.cz | www.stepper-motor.eu

Nepůvodní elektronické součástky: rok třináctý

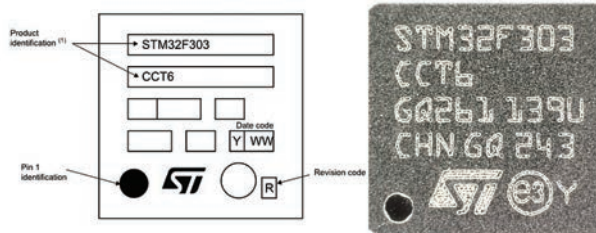
Ing. Petr Neumann, Ph.D. | Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Jako téma výročního třináctého pokračování našeho seriálu o odhalování nežádoucích tajemství v pouzdrech nepůvodních součástek se hodí aktuální problematika nedostatku moderních polovodičových součástek, mezi které pochopitelně patří i integrované obvody. Jako názorný příklad nám poslouží populární mikrokontrolér firmy STMicroelectronics reprezentovaný modelem STM32F303CCT6. Tento obvod jsme na našem pracovišti detailně zkoumali na základě skupiny vzorků, které jsme obdrželi k analýze. Právě předběžné výsledky analýzy nás vedly k tomu, že jsme pořídili doplňující vzorky tohoto obvodu z několika nezávislých zdrojů, přičemž jsme zvolili zavedené dodavatele, případně další dodavatele s certifikací ohledně důvěryhodnosti a zavedených metod pro odfiltrování nepůvodních součástek. Naším cílem nebylo hodnotit dodavatele, ale získat statistickou představu o vlastnostech daného typu ve větším počtu a zaměřit se i na případné odlišnosti v jednotlivých skupinách těchto vzorků. Samotná analýza nás průběžně inspirovala k získávání dalších údajů, tedy situaci na trhu, dostupnost tohoto modelu, dodací lhůty a především jsme se snažili blíže dekodovat symboly v popisu pouzdra i ve vazbě na konkrétní lokality, kde podle dostupných pramenů k výrobě dochází.

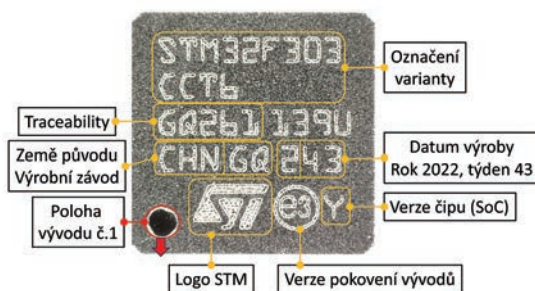
Na rozdíl od většiny předchozích analýz neposkytla optická a rentgenová analýza významné odchytky mezi vzorky přesto, že vstupní skupina vzorků obsahovala některé vzorky označené jako vadné a jiné v dané aplikaci jako funkční. To pochopitelně znamenalo, že čipy vzorků zřejmě nebyly zhotoveny mimo oficiální výrobní lokality. Zapouzdřené obvody nevykazovaly hrubé odchytky a montážní pochybení jako u mnoha předešlých analýz. Proto jsme pro formulaci svých závěrů použili ještě metodu analogové příznakové analýzy, která stála na počátku budování naší laboratoře. Byli jsme mile překvapeni, že právě voltampérové charakteristiky začaly poskytovat rozdíly nejen mezi vadnými a ostatními vzorky, ale také mezi vzorky pořízenými dodatečně ze známých zdrojů. K dané situaci je nutné podotknout, že současná situace v dodávkách tohoto konkrétního obvodu a dalších obvodů řady STM32 komplikuje kromě jejich relativního nedostatku i skutečnost, že v zájmu posílení výrobních kapacit využila firma STMicroelectronics výrobní kapacity firem v dalších zemích, jako je především Čína a dále pak Malajsie, Filipíny a v rámci jednotné Číny i Tchajwan. Podle různých blogů v oblasti aplikací analyzovaného obvodu je zřejmé, že se vyskytují také různé klony těchto obvodů, z nichž mnohé nejsou klony oficiálními. Proto bližší zkoumání původu a historie součástky i podle popisu pouzdra bylo, je a bude stejně důležité jako samotná ana-



Obr. 1 Vývody pouzdra a snímek horní strany pouzdra obvodu STM32F303CCT6



Obr. 2 Grafické znázornění rozložení a obsah jednotlivých segmentů hlavního popisu



Obr. 3 Upřesnění některých segmentů popisu pouzdra na jednom ze vzorků

Table 1. Device summary	
Reference	Part numbers
STM32F303xB/C	STM32F303CB, STM32F303RB, STM32F303VB, STM32F303CC, STM32F303RC, STM32F303VC

Table 2. Device variants		
Reference	Silicon revision codes	
	Device marking ⁽¹⁾	REV_ID ⁽²⁾
STM32F303xB/C	Z	0x1001
	Y and 1	0x1003

1. Refer to the device data sheet for how to identify this code on different types of package.
2. REV_ID[15:0] bit field of DBGMCU_IDCODE register. Refer to the reference manual.

Obr. 4 Firmou uváděný význam symbolu označení technologické varianty provedení čipu

JEDEC J-STD-609	
e0	- contains intentionally added lead (Pb)
e1	- tin-silver-copper (SnAgCu) with silver content greater than 1.5% and no other intentionally added elements
e2	- tin (Sn) alloys with no bismuth (Bi) nor zinc (Zn), excluding tin-silver-copper (SnAgCu) alloys in e1 and e8
e3	- tin (Sn)
e4	- precious metal (e.g., silver (Ag), gold (Au), nickel-palladium (NiPd), nickel-palladium-gold (NiPdAu) (no tin (Sn)))
e5	- tin-zinc (SnZn), tin-zinc-other (SnZnX) (all other alloys containing tin (Sn) and zinc (Zn) and not containing bismuth (Bi))
e6	- contains bismuth (Bi)
e7	- low temperature solder (≤ 150 °C) containing indium (In) (no bismuth (Bi))
e8	- tin-silver-copper (SnAgCu) with silver content less than or equal to 1.5%, with or without intentionally added alloying elements. This category does not include any alloys described by e1 and e2 or containing bismuth or zinc in any quantity.

Obr. 5 Kódování materiálu pokovení vývodů součástky

lýza technickými prostředky. V souladu s dokumentací firmy STMicroelectronics je možné podle kódů uložených v paměti obvodu ověřit podrobné údaje o výrobci, verzi, číslu série, kódu dohledatelnosti (traceability) apod. Některé z těchto údajů lze získat i z popisu pouzdra, ale podrobnou, konzistentní a vyčerpávající dokumentaci se nám zatím nepodařilo získat. Kromě technické dokumentace k jednotlivým obvodům (datasheet), kde je uvedena historie revizí, je možné z příslušných portálů stáhnout také dokumentaci o provedených změnách a tzv. Errata ohledně zjištěných problémů a jejich odstranění. Podle místa výroby obvodů firma uvádí, že je možné zaregistrovat odchylky v poloze a provedení popisu pouzdra, nikoliv však samotný obsah a členění popisu, které je dáno firmou. Proto při optickém posuzování hraje hlavní roli rozložení segmentů popisu a samotný informační obsah.

Předložené vzorky obvodu STM32F303CCT6 i doplňující vzorky byly jednotně v pouzdru LQFP 48. Na obr. 1 je vlevo rozložení vývodů po obvodu pouzdra, jak uvádí datový list, vpravo je pak snímek horní části pouzdra s hlavním popisem.

Obr. 2 ilustruje komentář výrobce k popisu horní části pouzdra v datovém listu a příklad popisu na konkrétní součástce. Komentář k popisu pouzdra v datovém listu výrobce popisuje pouze umístění názvu konkrétní varianty součástky, lokalizaci vývodu č. 1, kód data konečné montáže a zapouzdření třemi symboly, z nichž první reprezentuje rok a další 2 symboly pořadové číslo týdne v daném roce. Na uvedené konkrétní součástce je datum výroby ve 43. týdnu roku 2022. Y představuje verzi litografie čipu a symbol „e3“ v kroužku povrchový materiál pokovení vývodů podle standardu JEDEC J-STD-609.

Obr. 3 poskytuje upřesnění dalších symbolů na základě prostudování změnových listů PCN, které firma STMicroelectronics průběžně zveřejňuje.

Na obr. 4 je pak výřez z veřejné firemní dokumentace týkající se variant znaku revize litografie plátku uváděného v popisu pouzdra a odpovídající kód dostupný v paměti součástky. Obr. 5 je pak výřezem ze zmíněného standardu JEDEC J-STD-609 a představuje seznam možných variant kódu povrchové úpravy vývodů včetně komentáře ohledně složení povlakového materiálu.

Obr. 6 je výtahem z příslušného změnového listu PCN, který objasňuje význam kódů pro varianty výrobců finální součásti. Tato informace je důležitá pro představu ohledně lokalit konečné výroby a usnadňuje analýzu popisu pouzdra součástky v případě nesrovnalostí při analýze konkrétních vzorků. Podobně obr. 7 a 8 ilustrují kódové varianty výrobců křemíkových plátků se systémy i s ohledem na zpětnou dohledatelnost (traceability).


5. Reason / motivation for change	
5.1 Motivation	Due to the success on the market of STM8L & STM32 devices, ST Microcontrollers Division decided to qualify an additional back-end site to maintain state of the art service level to our customers thanks to extra capacity.
5.2 Customer Benefit	CAPACITY INCREASE

6. Marking of parts / traceability of change	
6.1 Description	Change is visible through assembly traceability plant, in the marking: - "GQ" and "GH" for Stats ChipPAC China - "9H" for ST Muar Malaysia - "7B" for Amkor ATP Philippines - "AA" for ASE Kaohsiung Taiwan Please refer to PCN 10548 – Additional information attached document.

The marking is changing as follows:

Existing		Additional	
PP code	Fab	PP code	Fab
GH/GQ	Stats ChipPAC China	AA	ASE Kaohsiung Taiwan
9H	ST Muar Malaysia		
7B	Amkor ATP Philippines		

Obr. 6 Seznam možných finálních výrobců součástek s kódem pro popis pouzdra

1. PCN basic data	
1.1 Company	 STMicroelectronics International N.V
1.2 PCN No.	MDG/18/10553
1.3 Title of PCN	STM32F listed products – TSMC Singapore Wafer Fab SSMC additional source
1.4 Product Category	STM32F030x8 & STM32F051 & STM32F058 & STM32F301xB/C & STM32F302xB/C & STM32F303xB/C & STM32F358xC products listed
1.5 Issue date	2018-05-25

3. Change		
3.1 Category	3.2 Type of change	3.3 Manufacturing Location
Transfer	Line transfer for a full process or process brick (process step, control plan, recipes) from one site to another site: Wafer fabrication	TSMC Singapore Wafer Fab SSMC

Obr. 7 Změnový list PCN ohledně doplnění dalšího výrobce plátků se systémy (Front-end)

4. Description of change		
	Old	New
4.1 Description	Wafer diffusion plants : - TSMC Taiwan Wafer Fab 8 - TSMC USA Wafer Fab 11	Wafer diffusion plants : - TSMC Taiwan Wafer Fab 8 - TSMC USA Wafer Fab 11 - TSMC Singapore Wafer Fab SSMC There is no change in the product functionality.
4.2 Anticipated impact on form, fit, function, quality, reliability or processability?	no change	

6. Marking of parts / traceability of change	
6.1 Description	Traceability of the change is ensured by ST internal tools. Change is visible through diffusion traceability plant, in the marking: - "98" for TSMC Taiwan Wafer Fab 8 - "9U" for TSMC USA Wafer Fab 11 - "9C" for TSMC Singapore Wafer Fab SSMC Please refer to PCN 10553 – Additional information attached document.

Obr. 8 Další část změnového listu PCN se seznamem výrobců plátku a jejich traceability kód

Front-end Sources - SoC

Výroba plátků s integrovanými systémy
Wafer diffusion plants :
TSMC Taiwan Wafer Fab 8
TSMC USA Wafer Fab 11
TSMC Singapore Wafer Fab SSMC

Back-end Sources

(Finální kompletace – Pouzdření)
"GQ" and "GH" for Stats ChipPAC China
"9H" for ST Muar Malaysia
"7B" for Amkor ATP Philippines
"AA" for ASE Kaohsiung Taiwan

Zkratky názvu země původu: CHN – Čína
MYS – Malajsie; PHL – Filipíny

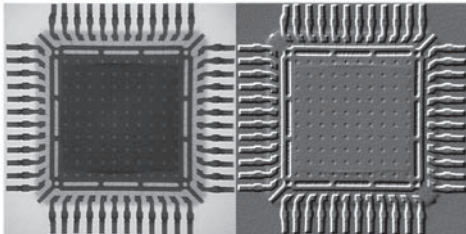


Obr. 9 Příklad popisu pouzdra s vyznačením zhotovitele plátku a země s lokalitou dokončení

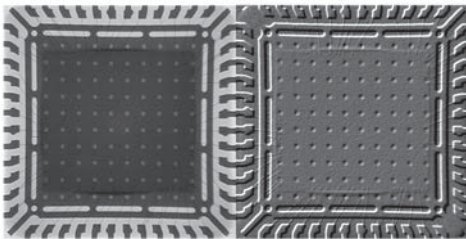
Obr. 9 pak tyto informace dává do souvislosti s popisem konkrétního vzorku obvodu STM32F303CCT6.



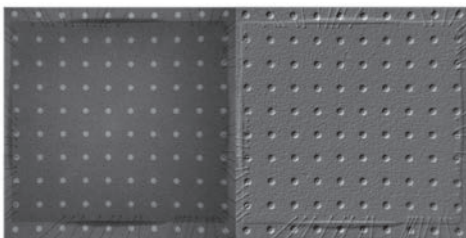
Obr. 10 Příklad popisu horní a dolní strany pouzdra



Obr. 11 Rentgenový snímek globálního pohledu na vnitřní strukturu pouzdra



Obr. 12 Rentgenový snímek bezprostřední oblasti čipu



Obr. 13 Rentgenový snímek detailu čipu

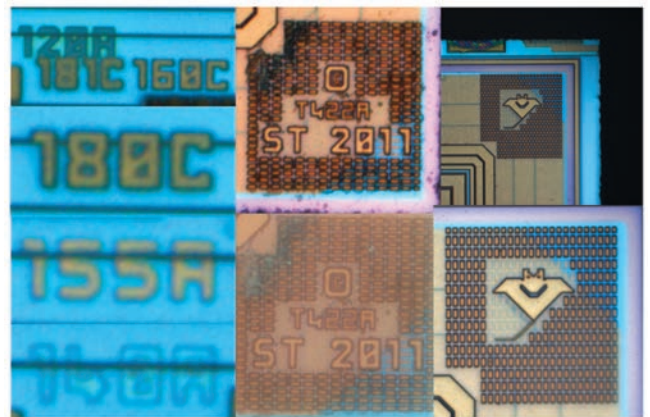
Na obr. 10 je praktický příklad popisu horní i spodní části pouzdra. Symboly popisu spodní části pouzdra jsou součástí vstřikovací formy, což může být vodítkem při posuzování konzistentnosti všech údajů v popisu pouzdra.

Obr. 11 až 13 představují příklady rentgenových snímků na třech úrovních rozlišení, které mohou kromě podobnosti či odlišnosti struktury poskytnout představu o technologii kontaktování a tmelení čipu. Jsou vytvořeny dvěma typy obrazových filtrů s ohledem na kontrast a plasticitu zobrazení.

U některých vzorků byla provedena ablace materiálu pouzdra nad čipem, abychom si udělali představu o vnitřním značení a symbolech. Bývá zvykem uvádět určitou variantu loga firmy, která nemusí být totožná s logem uvedeným na pouzdru součástky. Uvádí se i rok nebo jiný, oficiálně nekomentovaný, kód. Na obr. 14 a 15 jsou snímky značení čipu obvodu STM32F303CCT6 pořízené polarizačním mikroskopem ve zvětšení 200× a 400×. Je zahrnuta i oblast číselných kódů jednotlivých



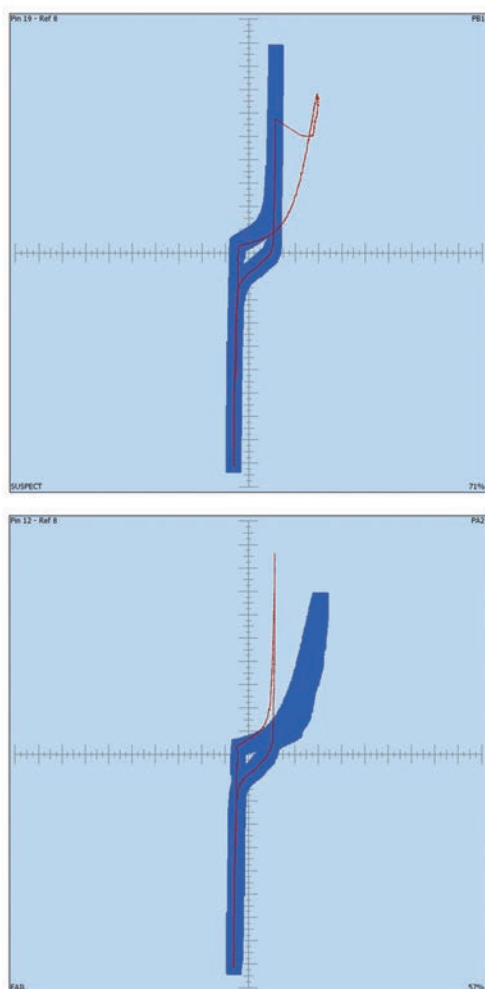
Obr. 14 Snímek oblasti s logem a číselnými kódy litografických vrstev



Obr. 15 Detaily symbolů na čipu

vých litografických vrstev, která je obdobně vrstvená, takže se vyskytuje v různých ohniskových vzdálenostech.

Konečně na obr. 16 je příklad voltampérových charakteristik nestabilních vývodových párů. V tomto případě se analogová příznaková analýza ukázala jako konečný arbitr posouzení všech vzorků obvodu STM32F303CCT6. Pro tuto analýzu bylo třeba získat představu o statisticky významném průběhu voltampérových charakteristik, aby bylo možné zvolit referenční průběhy k posouzení předložených vzorků. K tomu dopomohlo získání dalších vzorků od různých důvěryhodných dodavatelů. Analogová příznaková analýza realizovaná na našem zařízení s praxí ověřenou metodikou umožňuje použít řadu variant testů, aby bylo možné najít nejvhodnější podmínky testu a posoudit i stabilitu při opakovaném měření v manuálních i automatických cyklech. Právě stabilita vykazovaných průběhů u jednotlivých vzorků je prvním kritériem jejich důvěryhodnosti z hlediska analogové příznakové analýzy. Vzájemné porovnávání vzorků pak umožňuje vybrat potenciální referenční součástky. Analogová příznaková analýza při posuzování původnosti i vhodnosti součástek pro danou aplikaci nese z pohledu současných snah v oblasti EMC významný potenciál. Vzhledem k tomu, že jde v podstatě o průběh impedance, mohou její výsledky poskytnout představu o možných vlivech jejího chování z hlediska EMC na integritu napájení i na integritu

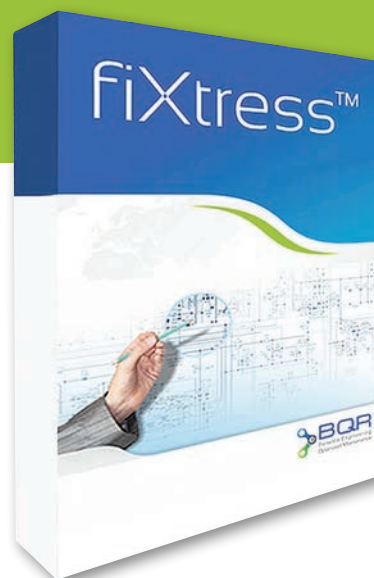


Obr. 16 Příklad voltampérových charakteristik indikujících elektrickou nestabilitu struktury

signálu. Horní voltampérová charakteristika na obr. 16 ukazuje náhlou změnu ve svém průběhu, což může znamenat změnu v chování obvodové struktury vlivem směru a průběhu napětí. Spodní voltampérová charakteristika pak vykazuje jakýsi konečný přechod horního průběhu do „stabilní“ odlišnosti od referenčního průběhu. Pokud se tento jev vyskytuje pouze u některých součástek, může to znamenat určitou nežádoucí „choulostivost“ na hodnoty parametrů vnějšího prostředí. Podobně voltampérová charakteristika, pokud je takový výskyt v menšině, charakterizuje odlišnou obvodovou strukturu v dráze mezi zvolenou dvojicí vývodů.

Dnešní „jubilejn“ 13. pokračování se z podstatné části věnuvalo i zdánlivě netechnickému přístupu k analýze, tedy „papírování“ s dokumentací originálního výrobce. Z hlediska praxe však je toto „papírování“ důležité, protože zmíněné doplňující informace ohledně možných výrobců jak křemíkového plátku, tak finální součástky, způsob kódování v popisu součástky a význam jednotlivých skupin symbolů nabízí uživateli relativně levnou možnost prvotní analýzy za pomoci levného digitálního mikroskopu a poučeného či „znalého“ oka. Jak uvádí sám výrobce, poloha popisu a jeho provedení se může podle konkrétního alternativního výrobce lišit. Jeho skladba, souvislosti znaků a topologie dělení skupin znaků musí odpovídat bezvýhradně zásadám originálního výrobce, kterým je v tomto případě firma STMicroelectronics.

Výkonný pomocník pro zjištění spolehlivosti elektronického zařízení



fiXtress od společnosti BQR

- analýzy spolehlivosti podle různých metod
- předpověď MTBF z výpisu součástek nebo podle jejich skutečného namáhání
- analýzy namáhání součástek a stanovení jejich bezpečných hodnot

CADware
s.r.o.

Informace a prodej:

CADware s. r. o. | tel: +420 485 106 131
info@cadware.cz | www.cadware.cz

Češi vyvinuli speciální balicí papír na elektroniku i výbušniny

Speciální papír, který dobře odvádí elektřinu a zabraňuje nežádoucímu působení statické elektřiny, vyvinuli čeští výzkumníci díky použití modifikované celulózy. Nový materiál lze využít při balení elektroniky citlivé na statický elektrický náboj.

Další využití má například i pro balení výbušných produktů, kde by statická elektřina mohla způsobit explozi. Na projektu, který finančně podpořila Technologická agentura ČR (TA ČR), spolupracovali výzkumníci z Centra polymerních systémů Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně [1] společně s kolegy z Centra organické chemie s. r. o. a firmy Synpo, a. s.

V rámci iniciativy Green Deal je trendem přechod na obalové materiály z obnovitelných zdrojů, které nejsou na bázi plastů a lze je dále recyklovat. Všichni výrobci se proto snaží ustupovat od obalů z plastu a nahrazovat je ekologičtějšími variantami, které nevyžadují čerpání nerostných surovin a jejich následné uvolňování do životního prostředí, ať už přímo, nebo ve formě oxidu uhličitého po jejich spálení.

V oblasti balení citlivé elektroniky, výbušnin a dalších produktů, které mohou být poškozeny výboji statické elektřiny, nebylo až dosud možné papírové obaly použít bez nežádoucí kontaminace papírové hmoty. Musí se do ní přidávat totiž příměsi na bázi uhlíkových vláken, grafitu a podobně, které jsou v papíru cizorodým prvkem.



„Nový přístup k výrobě papíru s antistatickými vlastnostmi je postaven na přímé modifikaci papírenské celulózy. Díky patentovanému postupu je do ní vkládán vodivý polymer. Výsledná celulóza má pak požadovaný povrchový odpor a je rozmíchána standardním postupem v papírenské hmotě. Případný elektrický náboj je tak ve finálním papíru i při relativně nízké koncentraci polymerů dobře přenositelný,“ vysvětlil Lubomír Kubáč z firmy Centrum organické chemie s. r. o., které se dlouhodobě zabývá inovativními aplikacemi vodivých polymerů.

Papír tak získává schopnost takzvané disipace náboje. To znamená, že případný elektrický náboj je zcela odveden z místa, ve kterém by mohlo dojít k nežádoucím jevům. Novým způsobem je možné připravit tři varianty papíru, a to v závislosti na koncentraci polymeru v celulóze. První je vodivý papír zamezující vzniku statického náboje. Ten je možné použít pro běžné účely, když je potřeba zamezit vzniku statické elektřiny, a to především při balení výrobků citlivých na statický výboj. Druhý typ papíru umožňuje efektivní odvod náboje od baleného zboží. Je určen především pro balení elektroniky, výbušných materiálů, rozbusek a podobně. Třetí typ papíru je možné použít jako substrát pro flexibilní elektroniku či senzorické systémy. Kromě papíru připravili výzkumníci spolu s firmou Synpo základní nátěr s obsahem vodivé celulózy pro betonové substráty pro čisté provozy. Modifikovaná vodivá celulóza byla také ve spolupráci s Centrem polymerních systémů při UTB ve Zlíně použita pro výrobu vodivých plastů.

„Kromě vývoje speciálního papíru projekt zahrnoval rovněž výzkum možností uplatnění modifikovaných celulóзовých vláken pro zlepšení antistatických vlastností polymerních materiálů, což bylo našim úkolem. I zde se nám podařilo vyvinout materiál s dobrými antistatickými vlastnostmi, který má uplatnění nejen v obalech pro elektroniku, ale také ve výrobcích určených pro vnitřní vybavení prostor, zejména s nebezpečím výbuchu. Konkrétně se jedná o nové typy podlahových krytin či nátěrových hmot,“ uvedl ředitel Centra polymerních systémů UTB prof. Vladimír Sedlařík.

Odkazy:

[1] <https://cps.utb.cz/>

Zdroj: <https://zpravy.utb.cz/2023/08/15/cesi-vyvinuli-specialni-balici-papir-na-elektroniku-i-vybusniny/>

Zajištěná kvalita a hmatatelné ekonomické výhody. Strojové učení a umělá inteligence ve výrobě elektroniky

- AI v průmyslové výrobě s rostoucím objemem trhu
- AI přináší technické a ekonomické výhody
- Automatizace a výkonová elektronika jako další ústřední témata veletrhu productronica 2023 konaném 14.–17. 11. 2023 na mnichovském výstavišti

Umělá inteligence (AI) získává ve výrobě elektroniky významnou dynamiku a stává se středem zájmu tohoto odvětví. Díky mnoha úspěšným projektům tento obor hlouběji integruje řešení strojového učení do výrobních linek. Productronica 2023, která se bude konat od 14. do 17. listopadu na výstavišti v Mnichově, ukáže, jaké možnosti produktivity z toho plynou.

Umělá inteligence je považována za prostředek k vyšší produktivitě, a proto nabízí obrovské možnosti růstu: kanadská společnost Emergen Research zabývající se průzkumem trhu zaznamenala v roce 2022 celosvětový objem trhu 2,6 miliardy amerických dolarů pro „AI ve výrobní technologii“ – s průměrnou roční mírou růstu 44,5 % v předchozích letech. Podle prognóz bude tento trend pokračovat. Hnacími silami budou ‚Predictive Maintenance‘ a ‚Smart Factory‘.

■ AI v průmyslové výrobě s rostoucím objemem trhu

Dnes jsou automatizované kontrolní systémy ve výrobě elektroniky téměř vždy „připraveny na chytrou továrnu“. Přestože mezi objemy obou trhů existuje pouze nepřímá souvislost, celosvětový objem trhu pro AOI kolem 650 milionů amerických dolarů a roční růst kolem 20 % tento trend jasně potvrzují.

U výrobků všech předních společností na trhu (např. u vystavovatelů na productronice, jako jsou Goepel, Koh Young, Saki a Viscom) se přechod na používání AI v systémech jednoznačně zvyšuje.

Volker Pape, předseda výstavního výboru veletrhu productronica při VDMA a zároveň spoluzakladatel a člen dozorčí rady společnosti Viscom, vysvětluje: „Schopnosti samoučení našich kontrolních systémů dosáhly vysoké úrovně vspěllosti tam, kde využíváme AI. Vzhledem k tomu, že frekvence



skutečných chyb ve výrobě elektroniky je zvládnutelná, museli naši inženýři vytvořit další „umělé“ obrázky chyb pomocí zpracování obrazu, aby dosáhli relevantnějšího učebního vzorku pro AI, a tím ještě většího efektu učení.“

■ Další ústřední body veletrhu productronica 2023: automatizace a výkonová elektronika

Mottem veletrhu je „Utváření budoucnosti výroby elektroniky“. Vedle umělé inteligence ve výrobě elektroniky jsou dalšími klíčovými tématy letošního veletrhu pro vývoj a výrobu elektroniky trendy automatizace v průmyslu a rostoucí význam výkonové elektroniky. Řada vystavovatelů na veletrhu productronica se tak více zaměřuje na téma senzorů ve výrobě elektroniky.



■ Odborný doprovodný program

Příspěvky ve fórech poskytují hluboký pohled na nejnovější trendy a témata, která ovlivňují toto odvětví – a vy můžete být součástí!

Fórum productronica

V centru pozornosti jsou trendy a změny pro průmysl SMT – od Průmyslu 4.0 po umělou inteligenci.

Inovační fórum

Je zde také tematicky široký program přednášek na aktuální témata – od výroby polovodičů a řešení inspekcí až po kvantové technologie a elektromobilitu.

■ PCB & EMS Marketplace

Vedle aktuálních tržních trendů a budoucího technologického vývoje zde hrají důležitou roli témata digitalizace a transformace.

Bližší informace: www.productronica.com

Elektronové mikroskopy v akci: Brněnské týmy vyvíjí energeticky úsporné čipy

Prozkoumat nové materiály k výrobě čipů i umožnit jejich analýzu přímo ve výrobním prostředí – takovými úkoly se zabývají dva vědecké týmy z #brnoregion – z firmy Thermo Fisher Scientific a z Vysokého učení technického v Brně. Klíčovou roli v jejich snažení hrají elektronové mikroskopy.

Díky nim se v rámci tříletého evropského projektu ALL2GaN [1] můžeme dočkat řešení, které má enormní potenciál úspory energie, a tím zmírnění klimatické krize snížením emisí CO₂. Vyvíjené čipy z nitridu galia totiž najdou uplatnění v široké škále aplikací včetně telekomunikací či e-mobility.

■ Čipy pro solární články i nabíječky elektromobilů

Čipy na bázi nitridu galia poskytují více energie na malém prostoru a vysoce efektivně energii přeměňují. Díky tomu přímo přispívají k úsporám a špičkovým inovacím v oblasti zelených technologií. V široké škále aplikací, do kterých v rámci projektu budou směřovat, mají potenciál ušetřit celosvětově až 218 milionů tun CO₂ za rok.

„V Česku obecně býváme vůči zelené energii dost skeptičtí. V případě aplikace všech typů čipů, na jejichž vývoji se v rámci projektu podílíme, se ale ušetří řádově šestina roční celosvětové výroby elektrické energie z jaderných elektráren. Pro Thermo Fisher Scientific je takové zaměření klíčové. Udržitelný design je nejen přímo technickým parametrem našich zařízení, ale zapojujeme se i do vývoje řešení, která k udržitelnosti významně přispívají, jako v případě projektu All2GaN,“ popisuje Tomáš Vystavěl z vývojového týmu předního světového výrobce elektronových mikroskopů [2].

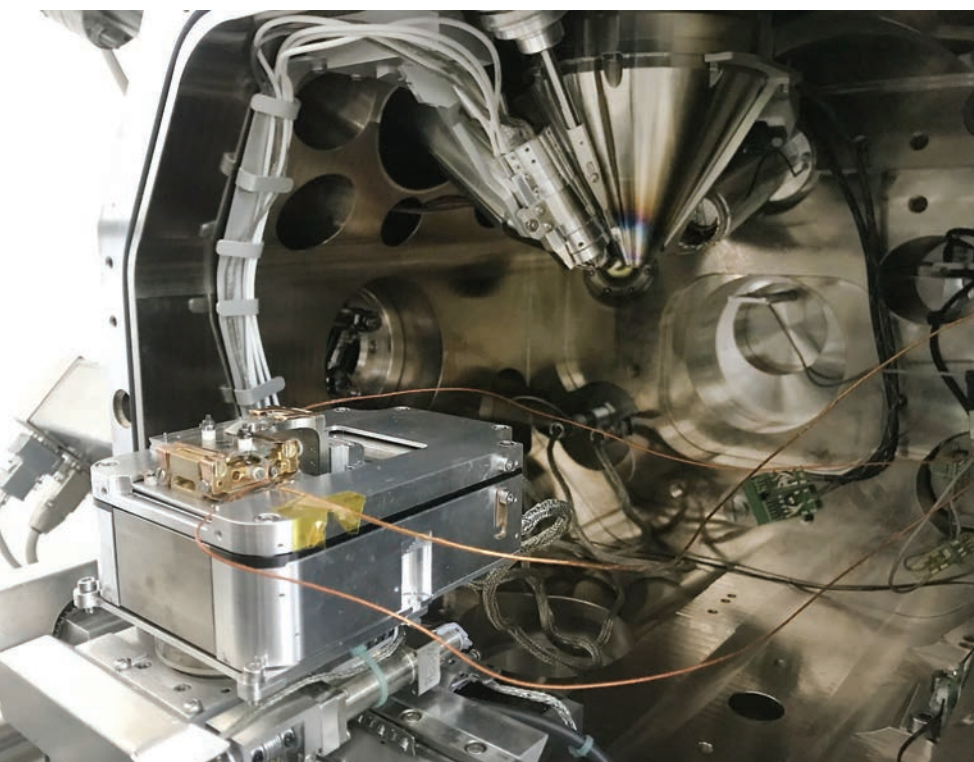
Z nové generace tzv. GaN čipů budou těžit telekomunikace, datová centra a serverové farmy, stejně jako e-mobilita, obnovitelné zdroje energie a vysoce účinná řešení inteligentních sítí.

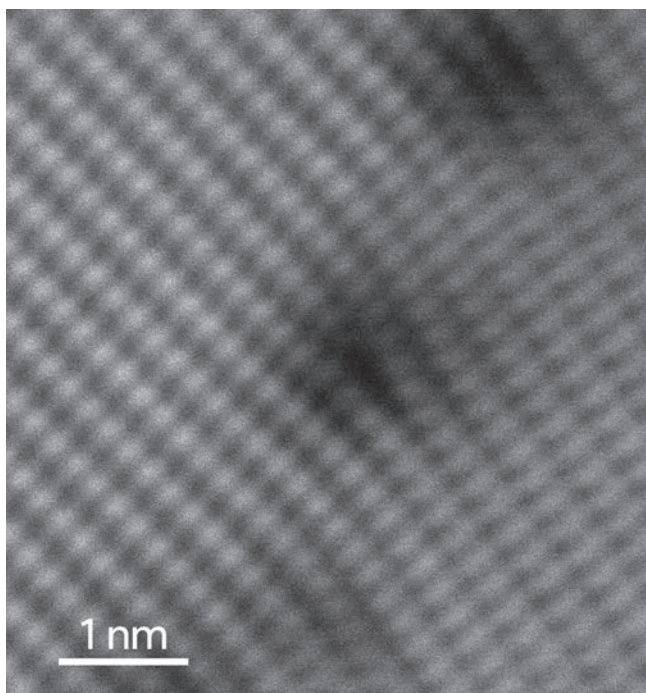
„Ač je nitrid galia dlouho studovaný materiál, stále existuje mnoho otázek a technologických problémů, jejichž vyřešení umožní výrobu pokročilých čipů s atraktivní cenou. Cílem je nové znalosti zužitkovat v součástkách, které zásadním způsobem změní trh s výkonovou elektronikou – plánovány jsou účinnější měniče napětí, elektronika v zařízeních pro konverzi energie, jako jsou solární články anebo výkonná bezdrátová nabíječka pro elektromobily,“ přibližuje cíle projektu Miroslav Kolíbal z Fakulty strojního inženýrství a CEITEC Vysoké učení technické v Brně [3].

■ Zkoumání dislokací pomocí elektronových mikroskopů

Cesta k aplikaci těchto pokročilých čipů do výkonové elektroniky začíná u materiálového výzkumu. „Podílíme se na analýze a vývoji substrátů z nitridu galia pro výrobu čipů. Materiál obsahuje dislokace – čárové poruchy krystalové mřížky, což může způsobit, že čip funguje jinak, než jak byl navržen. Přispíváme tak tomu, aby výrobci čipů mohli pracovat se substráty s minimálním počtem dislokací,“ popisuje Tomáš Vystavěl zapojení vývojového týmu společnosti Thermo Fisher Scientific.

Ve vývoji čipů hrají zásadní roli zařízení umožňující v některých případech rozlišení až na úrovni atomů. „V Brně vyvíjíme mikroskopy, díky kterým jsme schopni pozorovat a kvantifikovat mož-





né defekty čipu, a to bez poškození, což je velká přidaná hodnota. Tato tzv. nedestruktivní charakterizace se provádí díky unikátním technikám rastrovacího elektronového mikroskopu," vysvětluje.

Další fáze výzkumu spočívá v přípravě tenkého vzorku, který se následně pozoruje v transmisním elektronovém mikroskopu například k odhalení příčin selhání čipu. „Tady spolupracujeme s kolegy z VUT, kteří jsou odborníky na fyziku defektů a zjišťují, jak mohou ovlivnit vlastnosti zařízení,“ zmiňuje Vystavěl úzké napojení na výzkumný tým Miroslava Kolíbal.

„Výzkum Thermo Fisher Scientific budeme podporovat komplementárními pokročilými analytickými technikami. V tomto ohledu je pro nás klíčová infrastruktura výzkumného centra CEITEC Nano [4],“ říká Miroslav Kolíbal, který se zabývá fyzikou materiálů, nanotechnologiemi a ve výzkumné činnosti v těchto oblastech využívá intenzivně právě elektronové mikroskopy vyrobené v Brně.

„V projektu se, stejně jako Thermo Fisher Scientific, zaměřujeme na dislokace, což je v řeči fyziků čárová porucha v pravidelném uspořádání atomů v krystalu. Jedním z výzkumných úkolů je pozorování pohybu dislokací v GaN materiálu pomocí transmisního elektronového mikroskopu. A ve spolupráci s dalšími industriálními partnery se budeme podílet na použití vybraných analytických technik ve výrobním prostředí,“ shrnuje Kolíbal zapojení do ALL2GaN.

„Máme už metodologii, jak defekty pozorovat, ale s potřebou velmi zkušeného operátora. Je to jako dodávat Formulí 1 s tím nejlepším pilotem. Naším úkolem je ale ověřit, že dnes manuální metody jsme schopni nastavit a automatizovat přímo při výrobě,“ přibližuje Vystavěl tuto část projektu All2GaN, ve které hrají brněnští odborníci stěžejní roli.

■ Uznávání odborníci z Brna

Oba brněnské týmy se mezi celkem 45 partnerů projektu z 12 evropských zemí nedostali náhodou, ale jsou v oblasti polovodičového průmyslu etablovaní. Už v minulosti odborníci z Thermo Fisher Scientific úspěšně řešili projekty spojené s charakterizací defektů krystalové mřížky s výrobcí napojenými např. na IMEC v Belgii [5].

I na VUT je vývoj detekčních technik pro analýzu povrchů a pevných látek ukotven historicky – výzkumná skupina profesora Tomáše Šikoly se podílela např. na úspěšném vývoji mikroskopu UHV SEM ve spolupráci s firmou Tescan, z výzkumné skupiny také vzešel spin-off NenoVision. „Konkrétně i s nitridem galia jsme pracovali už dříve v rámci spolupráce s onsemi, takže v základním výzkumu orientovaném na tento materiál máme zkušenosti,“ říká Miroslav Kolíbal.

Zapojení do projektu All2GaN tak jen potvrzuje špičkový výzkum v regionu propojující elektronovou mikroskopii a polovodičový průmysl. Ten může mít podle docenta z Ústavu fyzikálního inženýrství Strojní fakulty VUT v Brně do budoucna ještě větší přesah: „Těší nás, že výrazným rysem projektu je umístění celé výroby v Evropě. V souladu s aktuální aktivitou tzv. Chips Act [6] může pomoci kontinentu ustavit vedoucí pozici v konkrétním segmentu polovodičového průmyslu, výkonové elektronice, kde je to na rozdíl od logických obvodů v procesorech realistické.“

Výrazně k tomu přispívají právě vědecká pracoviště a firmy z #brnoregion, místa, ze kterého se bude koordinovat vznik a činnost národního kompetenčního centra pro čipy.

■ O projektu

Projekt ALL2GaN (Affordable smart GaN IC solutions for greener applications) se týká snadno integrovatelných energeticky úsporných čipů z nitridu galia. Ty mají potenciál zvýšit energetickou účinnost o 30 procent v široké škále aplikací, jako je nabíjení mobilních zařízení, napájení datových center, měniče napětí pro domácnosti či palubní nabíječky pro elektromobily, a ušetřit tak celosvětově až 218 milionů tun CO₂. Pod vedením společnosti Infineon Austria sdružuje v období od března 2023 do dubna 2026 celkem 45 partnerů z 12 zemí s rozpočtem přibližně 60 milionů eur.

Odkazy:

- [1] www.all2gan.eu/home
- [2] www.thermofisher.com/cz/en/home.html
- [3] www.vut.cz/vav/centra/ceitec
- [4] <https://nano.ceitec.cz/>
- [5] www.imec-int.com/en
- [6] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en

Zdroj: www.ceitec.cz/elektronove-mikroskopy-v-akci-brnenske-tymy-vyvi-energeticky-usporne-cipy/t11174

E-mobilita a baterie Li-ion Terminologie

RNDr. Karel Jurák, Ph.D.

Ing. Zuzana Nejezchlebová, CSc.

Článek je zaměřen na terminologii z oblasti nekolejových elektrických vozidel s bateriemi Li-ion, které dnes dominují jako zdroj energie pro pohon elektrických vozidel všech druhů a kategorií.

Článek navazuje na předchozí terminologická témata *Intelligentní dopravní systémy* atp. Text vychází z dokumentů normalizačních komisí IEC/TC 21, IEC/TC 69 a ISO/TC 22/SC 37, webů českých škol a dále z článků české a anglické wikipedie.

■ Elektrochemické zdroje energie

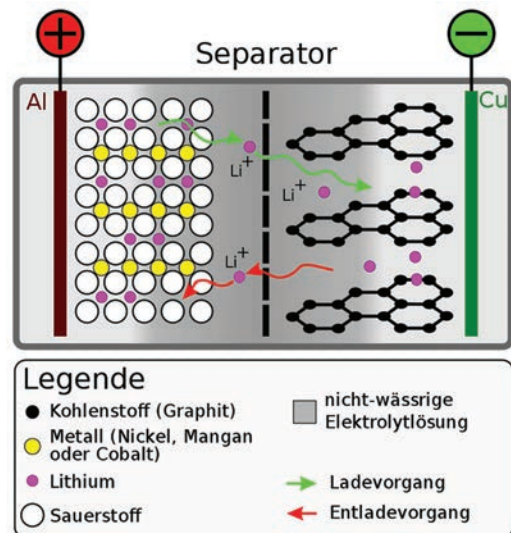
- **Primární článek** (*primary cell*) v elektrotechnice – článek, který dodává elektrický proud jako výsledek chemické reakce, která není dostatečně reverzibilní, tj. článek nelze znovu nabíjet.
- **Sekundární článek, akumulátor** (*secondary cell, rechargeable battery*) – článek, který lze po vybití znovu nabít. Tento typ článku je vhodný pro pohon e-vozidel.
- **Baterie** (*batteries*) – jeden nebo více článků vybavených prvky nezbytnými pro použití, např. pouzdem, pólovými vývody, značením a ochrannými prvky. Baterie může sestávat z velkého počtu bateriových modulů, což umožní dojezd v řádu stovek kilometrů.
- **Lithium ion akumulátorová baterie**, lithium iontová baterie (*lithium ion battery*) – akumulátorová baterie, jejíž elektrolyt je organické rozpouštědlo a kladná a záporná elektroda využívají interkalovanou sloučeninu s lithiem (viz obr. 1). Tato baterie neobsahuje kovové lithium.
- **Olověná akumulátorová baterie** (*automotive battery*) – sekundární galvanické články s elektrodami na bázi olova, jejichž elektrolytem je roztok kyseliny sírové. Tyto baterie jsou používány pro startování „klasických“ automobilů a cca do roku 2018 se používaly také pro pohon e-koloběžek atp.

■ Elektrická vozidla

Elektrické vozidlo (*electric vehicle, e-vehicle*) – motorové vozidlo na elektrický pohon, kde elektromotor je jediným pohonným ústrojím. energii mu dodává akumulátorová baterie nebo palivový článek.

Hybridní vozidlo (*hybrid vehicle*) – vozidlo, které využívá více zdrojů pohonu, např.

- **hybridní e-vozidlo** (*hybrid e-vehicle*) – zahrnuje spalovací motor, kterému sekunduje elektromotor; nabíjení je realizováno za jízdy, nepotřebujete externí zásuvku;



Obr. 1 Článek Li-ion; zelená šipka: nabíjení, červená šipka: vybíjení [WikiComm]

- **plug-in hybridní e-vozidlo** (*plug-in hybrid*) – proti hybridu je elektrický motor výkonnější a baterie, dobíjená ze zásuvky, má větší kapacitu.

Elektromobilita (*e-mobility*) – pohyb (vozidel) pomocí elektrické energie nebo provoz dopravních prostředků s elektrickým pohonem, např.:

- elektrický autobus (*e-bus*);
- elektrický automobil, elektromobil (*e-mobile*);
- elektrický motocykl (*electric motorcycle*) – elektrické vozidlo typu plug-in se 2 nebo 3 koly;
- elektrický skútr (*e-scooter*) – e-vozidlo typu plug-in, konstrukčně obdobné benzinovému skútru, resp. koloběžce;
- Mars Curiosity rover – „vozítko“, které jezdilo v roce 2011 na povrchu Marsu;
- sněžný elektroskútr (*electric snowmobile*), např. Taiga TS2.

Mikromobilita – způsob osobní dopravy ve městech na kratší vzdálenosti, zahrnuje např.:

- elektrická jízdní kola, e-kola (*electric bicycles, e-bikes*) – konstrukční varianta jízdního kola, velmi populární ve verzi bike-sharing;
- elektrické koloběžky (*electric kick scooter, e-scooter*) – konstrukční varianta koloběžky, velmi populární ve verzi sdílených koloběžek (*scooter-sharing*);
- vozítka pro osoby se sníženou pohyblivostí (*mobility e-scooters, e-wheelchairs*);
- osobní e-přepravníky se samovyvažováním:
- Segway: 2 kola + opěrka pro ruce;
- Hoverboard: 2 kola bez opěrky pro ruce (viz obr. 2);
- Solowheel: 1 kolo.

Jízdní kolo s pomocným elektrickým pohonem (*electrically power assisted cycle*); norma ČSN EN 15194 rozlišuje:

- městský a trekingový bicykl (*city and trekking bicycle*);
- horský bicykl (*mountain-bicycle*);
- závodní bicykl (*racing-bicycle*);
- lehokolo (*recumbent bicycle*) pro polohu vleže;
- jízdní kolo pro mládež (*young adult bicycle*).



Obr. 2 Hoverboard_Minisegway_Gyroskútr_osobní přepravník se samovyvažovacím zařízením [WikiComm]

Uspořádání hybridního pohonu:

- **paralelní hybridní pohon**, resp. plný hybridní pohon, např. spalovací motor + elektromotor současně nebo samostatně;
- **sériový hybridní pohon** – např. spalovací motor pohání generátor elektrické energie;
- **sériově-paralelní pohon** – oba pohony jsou připojeny k převodovému ústrojí;
- **mild hybridní pohon** – elektrický pohon je pouze pomocný;
- **plug-in hybridní pohon** – možnost dobíjení akumulátoru ze zásuvky.

Plug-in e-vozidla (plug-in e-vehicle) – e-vozidla, jejichž baterii lze dobít z vnějšího zdroje (*that can charge the battery from an external electric source*);

Dobíjecí stanice (chargeup stations) pro e-mobily:

- firemní dobíjení: rychlonabíječka, ½ h až 2 h;
- veřejné dobíjení: veřejná rychlonabíječka, ½ h až 2 h;
- domácí dobíjení: přes noc.

E-autobusy podle zdroje energie:

- bateriové e-busy (*battery e-bus*);
- superkapacitorové e-busy (*capacitor e-bus*);
- palivočláňkové e-busy (*fuel cell e-bus*);
- e-bus na diesel-hybridní pohon (*diesel-hybrid e-bus*).

Související legislativa EU a ČR odpovídá kategoriím vozidel (*vehicle categories*), např. kategorie:

- L: motorky a tříkolky (*less than fourwheels*);
- L1: e-kolo (*e-bicycle*);
- M: osobní vozidla (*carriage of passengers*);
- N: nákladní vozidla (*carriage of goods*).

Legislativa EU

- Nařízení (EU) 168/2013, o schvalování (2, 3 a 4)kolových vozidel/vozítek.
- Nařízení (EU) 2017/2400, pro středně těžká a těžká nákladní vozidla a těžké autobusy (*medium and heavy lorries and heavy buses*).
- Nařízení (EU) 2022/1379 doplňuje do nařízení (EU) 2017/2400 další elektrická vozidla, včetně právních definic termínů pro tato e-vozidla.

Legislativa ČR

- Zákon 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích. Novelizované znění zahrnuje (gyroskopický) osobní přepravník se samovyvažovacím zařízením pod pojem osobní technický prostředek.
- Zákon 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností, upřesňuje místa zpětného odběru baterií a akumulátorů v ČR. Toto souvisí zejména s obtížnou recyklovatelností článků Li-ion.

Studium související problematiky

- ČVUT v Praze, FD, Projektová výuka, Elektromobilita; Laboratoř dopravní energetiky;
- ČVUT v Praze, FEL, Katedra elektrotechnologie, kurz Úvod do lithium-iontových baterií (*Introduction to Lithium-ion Batteries*);
- Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta, předmět Akumulátor Li-ion;
- VUT v Brně, FEKT, kolokvium: Technické výzvy a vize pro e-mobilitu.

Související technické komise

- **IEC/TC 21**, Akumulátorové články a baterie (*Secondary cell and batteries*).
- **IEC/TC 69**, Systémy pro napájení/přenos elektrické energie pro silniční vozidla a průmyslové vozíky s elektrickým pohonem (*Electrical power/energy transfer systems for electrically propelled road vehicles and industrial trucks*).
- **ISO/TC 22/SC 37** Vozidla s elektrickým pohonem (*Electrically propelled vehicles*).

Související normy, příklady

- ČSN EN 15194:2019, Jízdní kola – Jízdní kola s pomocným elektrickým pohonem (*Cycles – Electrically power assisted cycles*)
- ISO/TR 8713:2019 Electrically propelled road vehicles – Vocabulary
- ČSN EN 50604-1, Akumulátorové lithiové baterie pro lehká EV (elektrická vozidla) – Část 1: Obecné bezpečnostní požadavky a metody zkoušek (*Secondary lithium batteries for light EV (electric vehicle) applications – Part 1: General safety requirements and test methods*)
- ČSN IEC 60050-482, Mezinárodní elektrotechnický slovník – Část 482: Primární a akumulátorové články a baterie (*Part 482: Primary and secondary cells and batteries*)
- ČSN EN IEC 61851, Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením (*Electric vehicle conductive charging system*)
- ČSN EN IEC 61980, Systémy bezdrátového přenosu elektrické energie (WPT) elektrického vozidla (*Electric vehicle wireless power transfer (WPT) systems*)

■ Další související termíny

- **Gigafactory Plzeň-Lině** má v záměru výrobu článků Li-ion, která souvisí s připravovanou těžbou lithia na Cínovci.
- **Plug-in unit** (zásuvná jednotka) – podsestava (*subassembly*), kterou lze zasunout do sestavy.

- **Segway Navimow** – typ robotické sekačky trávy (*robotic lawn mower*), která nevyžaduje kladení hraničních drátů.
- **Spalovací motory** (*Internal Combustion Engines*) používají jako palivo benzin nebo naftu, ale i plyn, propan-butan nebo zemní plyn.
- **Systém sdílení kol** (*bikesharing*) je systém půjčování jízdních kol, které si lze na jednom místě půjčit a na jiném vrátit. Nejčastěji se počítá s půjčováním kol ve městě pro dopravu na krátkou vzdálenost, respektive na krátký čas, existují ale i systémy pro regionální turistiku.
- **Systém sdílení koloběžek** (*scooter-sharing system*) – sdílená přepravní služba používající elektrokoloběžky, které jsou k použití na krátkodobý pronájem (viz obr. 3).



Obr. 3 Stanoviště sdílených e-koloběžek (*shared e-scooters*) a sdílených e-kol (*bikesharing*) [WikiComm]

- **Tesla Gigafactory** Berlin-Brandenburg – výroba e-vozdů Tesla a článků Li-ion.
- **Vodíkový elektromobil** (*hydrogen vehicle*) – varianta elektromobilu s palivovými články. V nich elektrochemicky vzniká elektřina pro elektromobil a vodní pára vycházející z výfuku.

Literatura:

Abeceda baterií a akumulátorů, www.battex.info/slovnicek-a-pojmy/
 Elektromobilita, www.proelektrotechniky.cz

IEC Product and Services Portal, Glossary, <https://products.iec.ch/view/search>

[csWiki] csWikipedia:

- Hybridní pohon
- Kategorie:Elektromobilita
- Kategorie:Chemické zdroje elektřiny
- Lithium-iontový akumulátor
- Osobní přepravník se samovyvažovacím zařízením
- Systém sdílení kol

[DPS-AZ]

- Inteligentní dopravní systémy – Terminologie, DPS-AZ, č.5/2020

[enWiki] enWikipedia:

- Electric motorcycles and scooters
- Lithium-ion battery
- Motorized scooter
- Plug-in electric vehicle
- Self-balancing scooter

[WikiComm] Wikimedia Commons: (obr. 1, 2 a 3)

- Li-Ion-Zelle (NMC-Carbon, Schema).svg, autor: Cepheiden
- Red self-balancing two-wheeled board with a person standing on it.png, autor: Soar Boards
- Kola Nextbike a koloběžky Bolt, Olomouc (01).jpg, autor: Jana Sekyrová

Nový infračervený laserový 3D skener iReal M3

Firma Elvira představila nový profesionální skener iReal M3 od iReal 3D, obchodní divize společnosti Scantech. Barevný 3D skener řady M (Master) je ze zcela nové řady profesionálních 3D skenerů. Jeho infračervený laser a režim strukturovaného světla umožňují plynulé získávání 3D dat v různých aplikacích, ať už jde o skenování lidí, nebo objektů, uvnitř nebo venku.

iReal M3 přináší profesionální a cenově mimořádně efektivní řešení 3D digitalizace, které splňuje požadavky průmyslového, uměleckého a lékařského designu, digitalizace lidského těla atd. Je vhodný pro výuku a školení, 3D tisk, reverzní inženýrství, CADové navrhování – tedy všude, kde je třeba úpravy produktů, 3D digitální archivace, redesignu, dále pro 3D digitální zobrazení, kreativní design a další.

iReal M3 se vyznačuje základní přesností do 0,1 mm a objemovou přesností do 0,25 mm/m. Dokáže vyhovět potřebám zachycování 3D dat v různém prostředí a v mimořádné rychlosti. S rozlišením až 0,1 mm dokáže iReal M3 rekonstruovat geometrické struktury s vysokým rozlišením a zachytit jemné



detaily hran, čímž snadno zvládne skenovací úlohy pro objekty větší než 5 cm. Je schopen 3D skenování průmyslových dílů, automobilových exteriérů a interiérů s černými a reflexními povrchy. Velké zorné pole (FOV), až 580 × 550 mm, umožňuje rychlé a přesné skenování středně velkých až velkých položek. Pro 3D skenování není potřeba žádný sprej.

iReal M3 je optimalizován pro skenování objektů s vysokými barevnými kontrasty s využitím unikátního dekodovacího algoritmu strukturovaného světla. Díky své vysoké přizpůsobivosti různým barvám software automaticky nastaví celkovou expozici co nejpřesněji při 3D skenování objektů s tmavými a světlými povrchy. Je ideální pro uživatele, kteří upřednostňují jednoduché a plynulé 3D skenování.

www.abc3d.cz/produktova-stranka/sct-ireal-m3

Elektrostatický separátor z FEL ZČU umí kromě třídění plastů také čistit zemědělské plodiny

Výhodou separátoru je kromě jeho variability a vysoké kvality separace také energetická nenáročnost. Příkon vysokonapěťové části separátoru se totiž pohybuje pouze v jednotkách wattů.

Před více než dvěma lety představil tým výzkumného centra RICE Fakulty elektrotechnické (FEL) Západočeské univerzity v Plzni (ZČU) pod vedením Františka Macha elektrostatický separátor plastů. Princip, kdy silné elektrické pole třídí jednotlivé části směsi podle jejich elektrického náboje, vědci otestovali i u dalších materiálů. Své využití tak separátor najde také při nakládání s elektroodpadem, nerostnými surovinami i v zemědělství.

„V posledním roce se náš projekt výrazně posunul a proměnil. S jedním z našich aplikačních partnerů jsme se naplno věnovali využití separátoru při čištění zemědělských plodin,“ přibližuje František Mach z FEL nové využití zařízení určeného původně na separaci plastového odpadu z průmyslové výroby [1]. Vědci zjistili, že separátor se může uplatnit například při čištění semen plodin od semen plevelných a anorganických nečistot nebo při separaci zdravých zrn od zrn mechanicky porušených.

Samotná elektrostatická separace probíhá téměř stejně jako v případě plastů: Znečištěná směs zemědělských plodin se vsype do separátoru, putuje vzduchovým dopravníkem, kde v důsledku tření získávají různé části směsi různý elektrický náboj, a následně se dostane do separační komory se dvěma elektrodami, na které je připojeno vysoké napětí. Tam se jednotlivé prvky směsi rozdělí právě podle toho, zda jsou elektrodami přitahovány, nebo odpuzovány. Ve sběrném koši pak zůstane čistá plodina, vše ostatní se odseparuje do dalších košů.

Princip separace tak zůstává i pro použití v zemědělství stejný, technologii je však potřeba adaptovat. Rozdíly jsou především na chemické úrovni plodin, na kterou je nutné změnit nastavení separátoru. „Pro predikci chování materiálu v elektrickém poli využíváme matematické modely, zároveň už dnes máme také velké množství dat a zkušeností, které nám pomáhají upravit nastavení elektrod, kolektorů a velikost napětí tak, aby výsledky byly co nejlepší,“ vysvětluje František Mach s tím, že zatímco plastovou drť dokáže separátor tříditi



Pohled do vysokonapěťové komory průmyslového prototypu

s 99% čistotou, při práci se zemědělskými plodinami je požadavek až 99,9 procent čistoty.

„Zdá se, že technologie našeho separátoru je v tomto ohledu relativně unikátní. Dokážeme totiž díky ní odseparovat ze směsi i plevelná semena, která jsou mnohdy stejně velká a těžká jako semena, která potřebujeme vyčistit,“ upozorňuje František Mach.

Výhodou separátoru je kromě jeho variability a vysoké kvality separace také energetická nenáročnost. Příkon vysokonapěťové části separátoru se totiž pohybuje pouze v jednotkách wattů.

Technologie, jejíž vývoj finančně podpořilo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR a která původně sloužila na separaci různých druhů plastů, tak nachází další uplatnění. Využití ji lze u takových směsí materiálů, které jsou od sebe dostatečně vzdáleny v triboelektrické řadě a u nichž je tedy možné provést separaci na základě jejich rozdílného náboje. Kromě plastů a zemědělských plodin to mohou být i nerostné suroviny. „Co se nabíjí, jsme schopni separovat,“ doplňuje s nadsázkou František Mach.

I vzhledem k široké uplatnitelnosti technologie pracuje v současné době tým FEL na vzniku start-up společnosti, která technologii převezme a zajistí její uvedení na trh.

Odkazy:

[1] <https://info.zcu.cz/clanek.jsp?id=3462>

Zdroj: <https://info.zcu.cz/clanek.jsp?id=5625>



14. ročník | listopad, prosinec 2023
 vychází: 7. 11. 2023 | Cena 64 Kč/4,10 €
 vydavatel: CADware s. r. o.

Šéfredaktor: **Ing. Milan Klauz**
 Zástupce šéfredaktora, inzerce: **Jitka Fabianová**
 Redakce: **Ing. Jan Robenek**
 Předplatné: **Ing. Michaela Tůmová**
 Sazba časopisu: **CADware s. r. o.**
 Webmaster: **Ing. Michal Mokříž**

REDAKČNÍ RADA:

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc., ČVUT v Praze
 doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc., ZČU v Plzni
 prof. Ing. Vladislav Musil, CSc., VUT v Brně
 doc. Ing. Ivan Szendiuch, CSc., VUT v Brně
 prof. Ing. Alena Pietriková, CSc., TU v Košiciach

Distribuci zajišťuje společnost CADware s. r. o.

Tisk: Calamarus s. r. o.

KONTAKTY REDAKCE:

CADware s. r. o. | Aloisina výšina 447/13
 460 05 Liberec | tel.: +420 485 106 131
 redakce@dps-az.cz | inzerce@dps-az.cz
 predplatne@dps-az.cz | www.dps-az.cz

Za obsah příspěvku ručí autor. Přetisk a jakékoliv šíření
 povoleno pouze se souhlasem vydavatele.

ISSN: 1805-5044 | ev. č. MK ČR E 19570

OBJEDNÁVKA PŘEDPLATNÉHO



Roční předplatné v ČR:
380 Kč (vč. DPH)

Roční předplatné v SR:
24,20 € (vč. DPH)

Časopis DPS Elektronika od A do Z je členem asociací:



European Institute
 of Printed Circuits



EPCI – European
 Passive Component
 Institute



International
 Microelectronics Assembly
 and Packaging Society

SEZNAM INZERCE

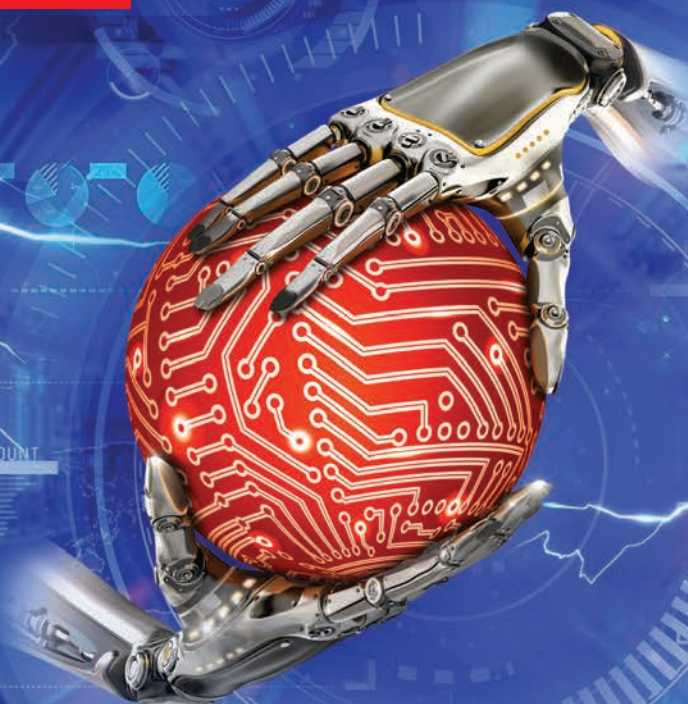
ABE.TEC	39
AJ Technology	41
AMSET	EN 21
AMTEK	65
Amtest Czech Republic	29
APAMA	39
ARROW Electronics Czech Republic	5
AWOS	30 EN 8, 23
Certuma	27 EN 5, 23
CADware	26, 79
CODICO GmbH	57
Digi-Key Electronics	II. Ob.
DownStream Technologies	36, 75 EN 11
ELPRO	32
ELITRONIC production	EN 11, 23
EVERMAX	35 EN 13, 23
EXPO-Consult+Service	31
FONSIL	33 EN 3
HC electronics	32 EN 17, 23
CH-PRINT	41
ICAPE Czech Republic	35 EN 13
Kinalisoft	33
MAROX	36 EN 13
MICRONIX	45
Mouser Electronics	15
Panasonic Industry Europe	30
Papouch	73
PCB Benešov	39 EN 16, 23
PragoBoard	30 EN 8, 23
PRINTED	32 EN 4, 23
RETRY	13
Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH	21, 53
Ryston Electronics	59
SAFIRAL	EN 3, 23
STMicroelectronics	69
TELUX	EN 15, 23
Terinvest	89
Top Power	36
V.P.S. ELEKTRO	37 EN 11, 23
Vienna Components Trading	75

Mezinárodní veletrh elektrotechniky, energetiky, automatizace,
komunikace, osvětlení a zabezpečení

ZVEME VÁS NA VELETRH, KTERÝ NABIJE VÁŠ BUSINESS

30^{AMPER}[®] 2024 SMART & CONNECTED WORLD

19. – 21. 3. 2024
VÝSTAVIŠTĚ BRNO



NEJNOVĚJŠÍ TRENDY V ELEKTROTECHNICE A ELEKTRONICE
ŘEŠENÍ PRO ENERGETIKU
NOVINKY V AUTOMATIZACI A DIGITALIZACI

www.amper.cz

VYSTAVOVATELÉ AMPER VŽDY NAPŘED

pořádá  TERINVEST