

MAXIMALIZACE VYUŽITÍ REFERENČNÍHO MULTIMETRU FLUKE 8508A

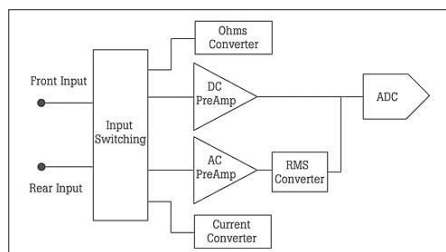
Nový multimetr Fluke 8805A (**obr. 1**) není jen přístroj nabízející měření proudu, napětí a odporu. Byl vyvinut s vysokou přesností a stabilitou určenou pro metrologii. Tyto vlastnosti z něj dělají přístroj, který může být použit na místě mnoha tradičních laboratorních přístrojů jako jsou Kelvin-Varleyovi děliče, nulové detektory, odporové mosty i jako kalibrátor platinových odporových teploměrů.



Obr. 1

V tomto článku se pokusíme naznačit, jak lze tyto vlastnosti multimetru Fluke 8508A využít k maximalizaci efektivity vaší laboratoře.

Architektura multimetru je naznačena na **obr. 2**. Klíčovým prvkem je AD převodník (adc), který definuje základní schopnosti převádět elektrický signál na čísla. Šumové vlastnosti, stabilita, linearita, rozlišení a rychlost se liší velmi značně přístroj od přístroje.



Obr. 2

Referenční multimetry metrologické úrovně užívají integrační převodníky, kde vstupní signál je efektivně porovnáván s vnitřní referencí v obvodech integrátoru. Lze tak dosáhnout linearity lepší než 0,1 ppm v celém rozsahu přes řád 2×10^8 . Pro stejnosměrná měření jsou vstupní signály upravovány útlumovými články a nízkošumovými zesilovači. Pro měření střídavá je použita další cesta také s nastavením úrovně a s usměrňovačem efektivní úrovně. Pro měření proudu jsou použity proudové převodníky a bočníky, které převádějí měření proudu na měření napětí. Použitím speciální techniky je redukován úbytek napětí na bočnickových odporech. Měření odporu v multimetru Fluke 8508A je zajištěno vnitřními proudovými zdroji, které generují řadu konstantních proudů. Rozsahy přístroje jsou rozšířeny od 2Ω do $20 \text{ G}\Omega$. Přístroj je navržen tak, že umožňuje přepínat mezi dvěma sadami vstupních svorek na hlavním resp. zadním panelu. Díky těmto dvěma kanálům přístroj umožňuje provádět poměrová měření jak při měření odporu, ale i při měření napětí.

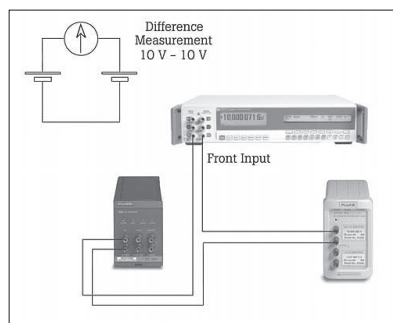
Díky několika stupňové integraci převodníku je dosaženo linearity až 0,1 ppm v celém rozsahu, avšak vysoké rozlišení je dosaženo pouze při relativně dlouhých integračních časech. To má na druhou stranu dobrý vliv na potlačení šumu a střídavého rušení. Fluke 8508A má možnost volby mezi rychlým a pomalým režimem, a tak lze efektivně ovlivnit dobu integrace ve všech režimech přístroje.

Praktické stejnosměrné aplikace

Typickou metrologickou aplikací je porovnávání napětových standardů a měření poměrů napětí. Porovnávání probíhá většinou u dvou či více standardů se stejným jmenovitým napětím, například porovnání dvou standardů 1 V pomocí mikrovoltmetru nebo nulového detektoru. Takovéto přístroje jsou citlivé v rozsahu 10 μV a dávají dobré údaje a rozliší až 200 nV (0,2 ppm na 1 V). Typický mikrovoltmetr rozliší pouze 20 μV na rozsahu 1 mV. Referenční multimetr Fluke 8508A na jeho rozsahu 200 mV rozliší až 10 nV. Lze tak měřit dva standardy s odchylkou až 100 mV a stále mít rozlišení 10 nV. V současnosti jsou velmi oblíbené reference založené na Zenerových diodách, často s napětími 10 V, 1 V a 1,018 V. Porovnání mezi dvěma různými napětovými výstupy vyžaduje znalost napětového poměru. K tomu se používají tradičně napětové děliče (kalibrované). Znamé napětí na 10 V je děleno známým po-

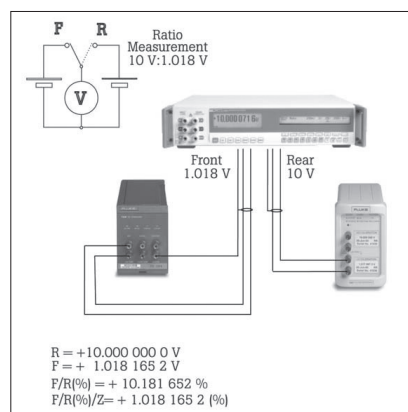
měrem na 1 V nebo 1,018 V a porovnáno mikrovoltmetrem. Je třeba mít tedy děliče pro všechny potřebné poměry.

Na **obr. 3** je naznačen způsob použití F 8508A jako mikrovoltmetru při porovnávání dvou referencí 10 V.



Obr. 3

Na **obr. 4** je naznačen způsob měření poměru s využitím předních a zadních svorek přístroje. Multimetr má dvě sady svorek, které jsou mezi sebou přepínány automaticky, a tak lze



Obr. 4

snadno měřit poměr mezi jejich vstupními veličinami. V režimu poměrového měření přístroj zobrazuje rozdíl mezi předními a zadními svorkami (F front – R rear) nebo jejich poměr (F/R) – přední jako procentní poměr zadních a konečně (F-R)/R.

V režimu F/R například při 10 V připojených na přední svorky (jako reference) a 1 V připojených na zadní svorky bude zobrazeno +10,000 000%. To je poměr mezi neznámým 1 V k známé referenci 10 V. Je třeba poznamenat, že při tomto měření přístroj měří celá napětí na jednom rozsahu (20 V). Jedinými chybovými příspěvky k tomuto měření je nejistota standardu 10 V, šum a diferenciální linearita multimetru a šum měřeného standardu 1 V. Typický šum referenčního

multimetru je $< 50 \text{ nV } \text{š/š}$ a diferenciální linearita v $8 \frac{1}{2}$ režimu je v celém rozsahu $0,1 \text{ ppm}$. Tyto hodnoty může získat jen velmi zkušený metrolog na čerstvě kalibrovaném napěťovém děliči a mikrovoltmetru. Referenční multimetr může toto měření provádět průběžně a jeho linearita se významně nebude měnit s časem. Čas přípravy měření je mnohem kratší a dané měření lze automatizovat.

Odporové aplikace

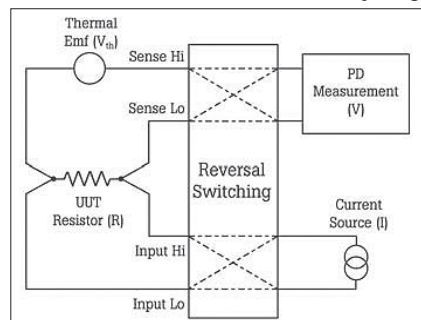
Další velmi využitelnou aplikací referenčního multimetru je měření odporu. Fluke 8508A má stejnou linearitu a jeho odporových funkcí jako na funkcích napěťových.

Metoda True-Ohms pro potlačení vlivu termoelektrických napětí

Typickou chybou je, že je často zaměňována metoda čtyřvodičová a technika „True Ohm“ při měření odporu. Tyto dva principy jsou naprosto odlišné, ale oba jsou používány pro potlačení chyb při měření odporu. V metrologii je obvyklé používat čtyřvodičovou metodu při měření malých odporů pro kompenzaci odporu vodičů a spojů. Tato metoda však neřeší žádným způsobem vlivy napěťových ofsetů, které jsou způsobeny přechody různých kovů na různých teplotách. Typické zdroje tohoto jevu mohou být přímo uvnitř měřeného rezistoru a nebo na svorkách a kabelech. Další vliv může mít referenční multimetr sám o sobě. Jednoduchá operace nulování (matematické odečtení) před měřením odstraní všechny „statické“ ofsety.

Ofsety jsou však ze své podstaty „dynamické“ a mění se vlivem změn okolní teploty, proudění vzduchu, ohřevu svorek atd, ale i ohřevu samotného bočníku průtokem proudu. Při větších prouděch může dojít také k nárůstu termoelektrického napětí na vnějších svorkách. Tyto jevy nastávají pouze při průtoku proudu, ale vlivem tepelné setrvačnosti je lze měřit. Tradiční odporové můstky používají specifický proces pro izolaci odporu od dalších nechtěných parazitických efektů, jako je například termoelektrické napětí. Typické uspořádání může být zapojit do série s neznámým rezistorem rezistor známý, a nechat jím protékat proud. Pak můžeme měřit poměry napětí na obou rezistorech, přepólovat směr proudu a měřit znovu. Průměrná hodnota napětí při obou směrech proudu odstraní ofsety. Bohužel tato technika je používána pouze u velmi drahých odporových můstků. Multimetr Fluke 8508A řeší tento problém použitím techniky „True Ohms“. Při této metodě se v podstatě vypne proudový zdroj a provede se další měření napětí bez průtoku proudu. Po té se digitálně odečte takto naměřené napětí od napětí při protékajícím proudu, a tak se eliminuje vliv nechtěných ofsetů v měřené cestě. Tato metoda má však nevýhodu v tom, že vypínání proudu rychlostí čtení moduluje rozptýlený výkon na měřeném rezistoru, a i jeho teplotu. Tento efekt může vést k významným chybám při měření některých typů rezistorů, především rezistorů s nízkým odporem nebo rezistorů s vysokou tepelnou závislostí, což jsou například platinové teploměry.

Fluke 8508A má však pokročilé řešení pro kompenzaci jak statického, tak i dynamického termoelektrického napětí (emn). Na **obr. 5** je naznačeno řešení techniky přeměrování proudu v technice True Ohms. V tomto případě je zdroj proudu schopen přepínání polarity. Každé čtení sestává ze dvou měření, prováděných automaticky pod kontrolou procesoru multimetru. Prvé měření je v přímém směru proudu

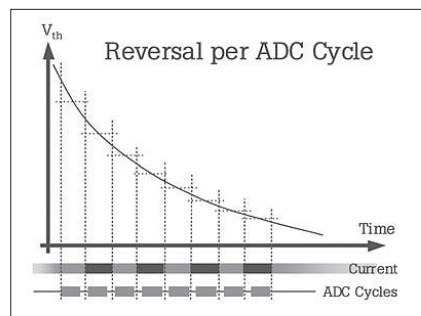


Obr. 5

a druhé v opačném, a obě pak jsou průměrována pro získání zobrazené hodnoty. Výkon rozptýlený v měřeném rezistoru je konstantní, protože protékající proud nikdy neklesne na nulu.

Tím je potlačen vliv nejen statických, ale i dynamických termoelektrických napětí. Při vyšším rozlišení, díky pomalé integrační době, by mohlo docházet k neefektivnímu potlačení emn pokud by se toto emn významněji měnilo po dobu integrace. Aby se předešlo této situaci, je digitálně průměrováno několik čtení při několikrát změně směru proudu během sekvence integrace.

Obr. 6a



Obr. 6b

pro každou polaritu v obou případech znamená jinou změnu v emn a lepší potlačení emn.

V další části článku seznámíme čtenáře s řešením potlačení parazitních vlivů při měření velkých odporů na Fluke 8508A, měření poměrů odporů, kalibrací odporových dekád, měření odporů při vysokém napětí, měření velkých proudů pomocí Fluke 8508A a v neposlední řadě s využitím Fluke 8508A jako přesného nástroje pro měření teploty.

Další informace o referenčním multimetru a dalších kalibračních zařízeních získáte od výhradního zástupce Fluke FPM, společnosti Blue Panther s.r.o. (www.blue-panther.cz)