

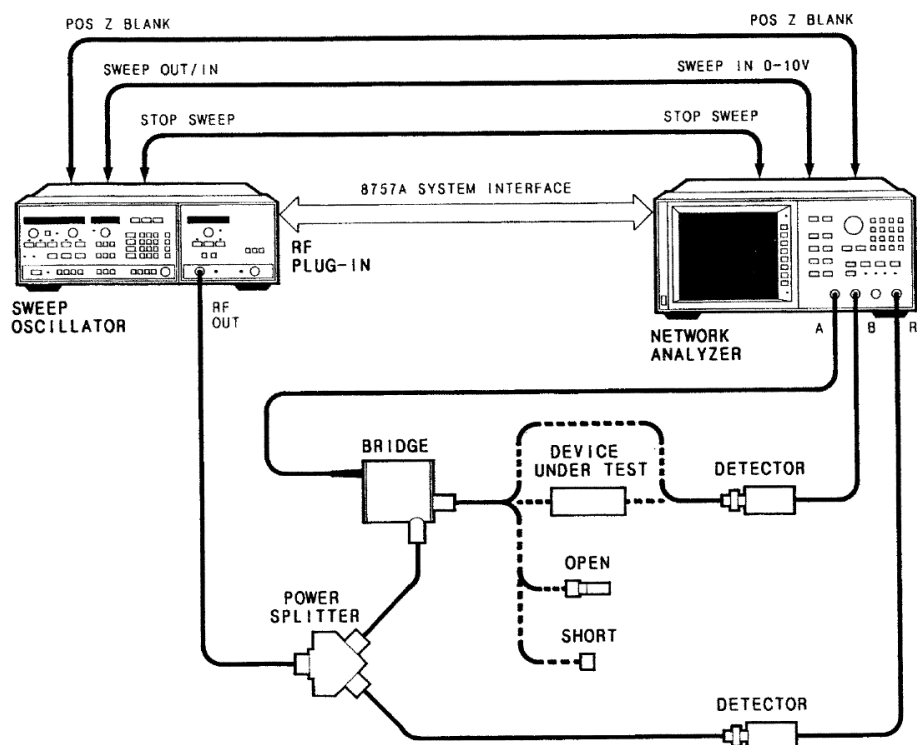
Skalární analyzátor – demonstrační úloha

Laboratorní úloha poskytuje studentům představu o metodice, problémech a možnostech skalárních analyzátorů, resp. poměrových měření výkonů.

Použité přístroje a komponenty

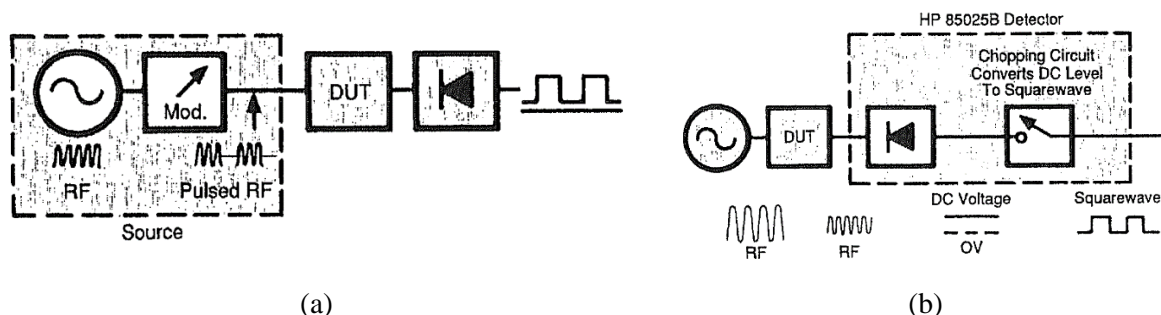
- Skalární analyzátor HP 8757E
- Řídící jednotka HP 8350B
- Zásuvná jednotka HP 83597B (10 MHz–40 GHz)
- Směrový můstek HP 85027C (10 MHz–18 GHz)
- Detektor HP8525A (10 MHz–18 GHz)
- Detektor HP8525D (10 MHz–50 GHz)
- Dělič výkonu typu Wilkinson - sedmistupňový (2–20 GHz)
- Směrová odbočnice Tesla „Precision High Directivity“ (2–4 GHz)
- Propojovací BNC a SMA kabely
- Kalibrační standard short a open na N-konektoru

1. Měření výkonů na nezkalibrovaném skalárním analyzátoru



Obr. 1 Základní zapojení skalárního analyzátoru pro měření odrazů a přenosů.

- Zapojení úlohy je na obr. 1.
- Na skalárním analyzátoru stiskněte tlačítko PRESET. Tím se i připojený generátor nastaví do základního nastavení.
- Nastavte na obou kanálech 1 a 2 scale na 10 dB/dílek (CHANNEL 1, tlačítko SCALE, 10 dB, CHANNEL 2, 10 dB).
- Nastavte nejvyšší frekvenci rozmítání generátoru na 18 GHz (tlačítko STOP, 18 GHz).
- Projděte si celé zapojení úlohy a na skalárním analyzátoru si prohlédněte měření výkonů A, B a R (CHANNEL 1 nebo 2, tlačítko MEAS). Zjistěte útlum kabelů, výkonového děliče a směrového můstku.
- Zjistěte maximální detekovaný odražený výkon při zakončení můstku vysokým odrazem.
- Zkuste měřit přijatý výkon jen na kanálu B při přiblížení N konektorů můstku a detektoru (rozptylová kapacita).
- Vyzkoušejte vliv přepnutí detektorů z režimu AC do DC (tlačítko SYSTEM, změňte MODE z AC na DC). Schematicky jsou oba režimy znázorněny na obr. 2. Diskutujte výhody AC (nižší šumový práh, nemodulované rušení neovlivňuje měření, menší teplotní závislost detektorů, rychlejší sweep in při nízkých výkonech, ...).



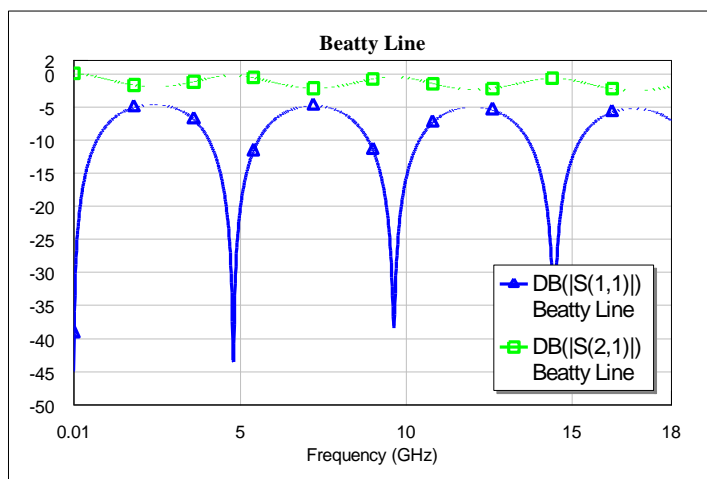
Obr. 2 Dva režimy fungování detektorů. (a) AC detekce, (b) DC detekce.

2. Měření výkonů na zkalibrovaném skalárním analyzátoru

- Na kanálech 1 a 2 měřte jen výkony A a B.
- Proveďte kalibraci měření kanálu 1 na odraz připojováním kalibrů open a short na výstup směrového můstku (tlačítka CHANNEL 1, CAL, volby SHORT/OPEN, STORE SHORT, STORE OPEN). Pro zobrazení zkalibrovaných hodnot stiskněte DISPLAY a volba MEAS–MEM. Diskutujte kalibrační metodu, její validitu a její nevýhody.
- Proveďte kalibraci měření kanálu 2 na přenos přímým propojením směrového můstku a detektoru (tlačítka CHANNEL 2, CAL, volba THRU, STORE THRU). Pro zobrazení zkalibrovaných hodnot stiskněte DISPLAY a volba MEAS–MEM.
- Mezi můstek a detektor připojte nějaký měřený obvod. Sledujte závislost měřených průběhů na vstupním výkonu (na generátoru tlačítko POWER LEVEL, vymačkat hodnotu, nebo měnit kolečkem).

3. Poměrová měření na zkalibrovaném skalárním analyzátoru

- Na kanálu 1 měřte veličinu A/R (tlačítko MEAS, volba A/R) a na kanálu 2 veličinu B/R.
- Proveďte kalibraci stejným způsobem jako v předchozím kroku, tedy pomocí kalibrů open, short a thru.
- Připojte mikropáskovou pásmovou propust a sledujte závislost měřených průběhů na vstupním výkonu. Diskutujte vliv vyšších harmonických na přesnost měření a vliv výkonu na dynamiku měření.
- Připojte k analyzátoru vlnovodnou pásmovou propust s vlnoměrem. Nastavte frekvenční rozsah měření od 9,1 do 9,3 GHz abyste viděli detail propustného pásma. Vlnoměr nastavte tak, aby byl vidět propad přenosu v propustním pásmu filtru. Diskutujte použití této metody na určení frekvence.
- Připojte ke směrovému můstku adaptér N konektor–vlnovod R100 a sledujte odrazy od ústí vlnovodu. Obzvláště jejich závislost na okolních předmětech.
- Změřte odrazy a přenos přes nepřizpůsobené vedení s impedancí 100 Ohm délky 20 mm, tzv. Beatty line, na substrátu RO4003C a diskutujte vhodnost kalibrační metody a pozici referenčních rovin. Teoretické parametry jsou zobrazeny na obr. 3.
- Připojte ke směrovému můstku přizpůsobenou koncovku, poté 10 dB atenuátor s otevřeným koncem a dále ještě 6 dB atenuátor. Diskutujte náhradu přizpůsobené koncovky atenuátorem.

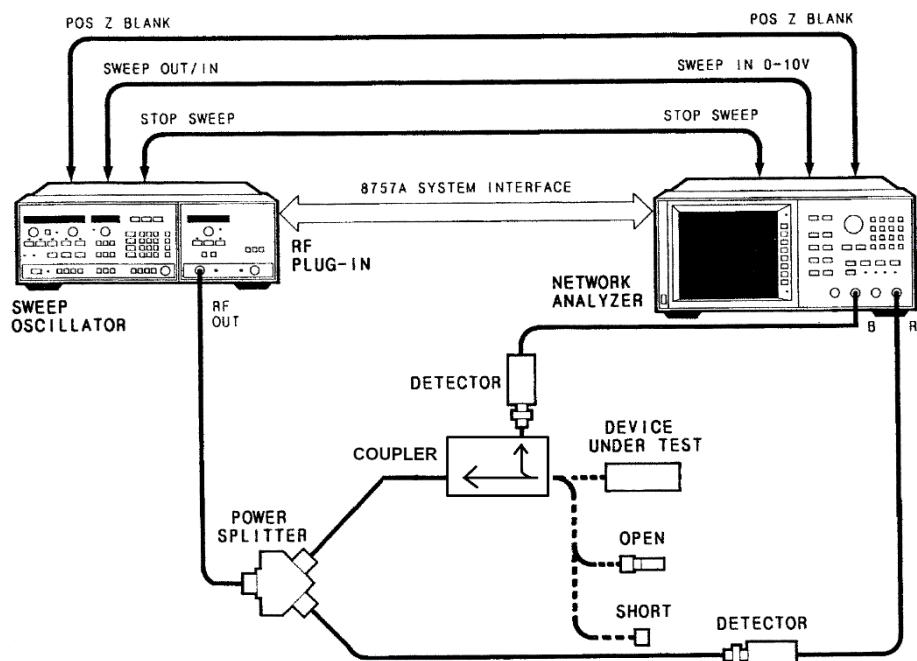


Obr. 3 Přenos a odraz od Beatty line s impedancí 100Ω a délkou 20 mm na substrátu RO4003C tl. 0,508 mm.

4. Skalární měření odrazů přes atenuátor

- Na směrový můstek připojte 10 dB atenuátor a proveďte kalibraci na odraz a přenos na jeho konci. Diskutujte validitu kalibrace a vliv odrazů od můstku, od konektoru atenuátoru a od kalibrů na konci atenuátoru.
- Připojte nějaký obvod a posuďte validitu měřeného přenosu a odrazu.

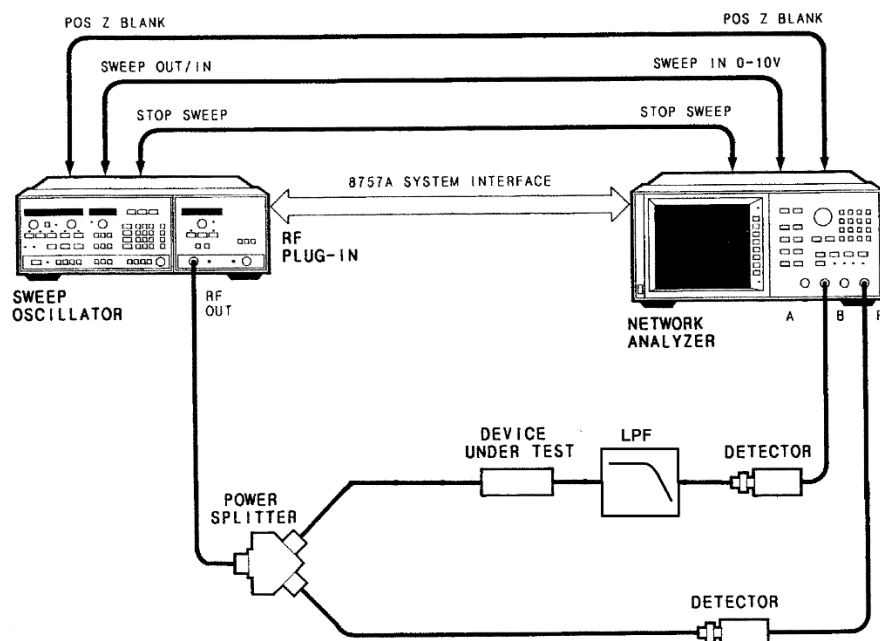
5. Měření odrazů přes směrovou odbočnici



Obr. 4 Zapojení skalárního analyzátoru pro měření odrazů přes směrovou odbočnici místo směrového můstku.

- Místo směrového můstku zapojte směrovou odbočnici podle obr. 4.
- Zobrazte jen měření B/R na kanálu 2.
- Proveďte kalibraci měření pomocí kalibrů open a short.
 - Na výstup směrové odbočnice připojujte různé jednoportové obvody (match, open, 3dB atenuátor + short, ...) a posuďte vliv směrovosti odbočnice na přesnost a dynamiku měření.

6. Měření 1-dB komprese zesilovačů



Obr. 5 Zapojení skalárního analyzátoru pro měření komprese zesilovačů.

- Přepojte úlohu pro měření 1-dB komprese zesilovačů podle obr. 5. Směrový můstek je vynechán, protože nebudeme měřit odraz od vstupu zesilovače a protože by nebylo možné dodat na vstup zesilovače dostatek výkonu.
- Aby nebyl detektor za zesilovačem ovlivněn přítomností vyšších harmonických složek produkovaných v zesilovači, je na jeho výstupu dolnofrekvenční propust LPF.
- Skryjte na skalárním analyzátoru měření kanálu 1 (2× stisk tlačítka 1).
- Na kanálu 2 měřte přímo detekovaný výkon B (tlačítko MEAS, volba B) nezkorigovaný kalibrací (tlačítko DISPLAY, volba MEAS).
- Propojte výstup děliče výkonu na vstup detektoru a zjistěte, jaký má dělič výkonu a příslušné kabely útlum. Případný frekvenční pokles výkonu korigujte na generátoru pomocí tlačítka SLOPE. Nastavte vhodně scale zobrazovaného frekvenčního průběhu výkonu abyste mohli slope přesně nastavit.
- Zjistěte podle datasheetu zesilovače, při jakém vstupním výkonu je zesilovač ještě v lineárním režimu. Prakticky to bude určitě $P_{in} = P_{1dB} - G - 10 \text{ dBm}$, kde P_{1dB} je deklarovaná 1-dB komprese vztažená k výstupu zesilovače a G je jeho zisk. Spočítaný výkon P_{in} nastavte na výstupu děliče výkonu.
- Zapojte zesilovač mezi dělič výkonu a detektor. Na výstup zesilovače ještě přidejte vhodný atenuátor, aby nedošlo k přetížení detektoru (max. měřte asi +10 dBm). Pomocí kurzoru (tlačítko CURSOR) zkontrolujte výstupní výkon zesilovače.
- Na kanálu 2 změňte měření na B/R (tlačítko MEAS, volba B/R). Proveďte kalibraci kanálu 2 na přenos (CAL, THRU, STORE THRU, DISPLAY, MEAS-MEM). Tím budete provádět relativní měření vůči současnému zisku zesilovače, kdy je ještě v lineárním režimu.
- Změňte scale asi na 1 dB/dílek, aby byly vidět i malé odchylky zisku zesilovače v závislosti na vstupním výkonu.

- Měňte vstupní výkon kolečkem na generátoru a sledujte změny zisku zesilovače. Jakmile dojde k poklesu zisku o 1 dB oproti lineárnímu režimu, dosáhli jste vstupního výkonu decibelové komprese.
- Oproti měření 1-dB komprese je na spektrálním analyzátoru je na skalárním analyzátoru ihned zřejmý i frekvenční průběh komprese.