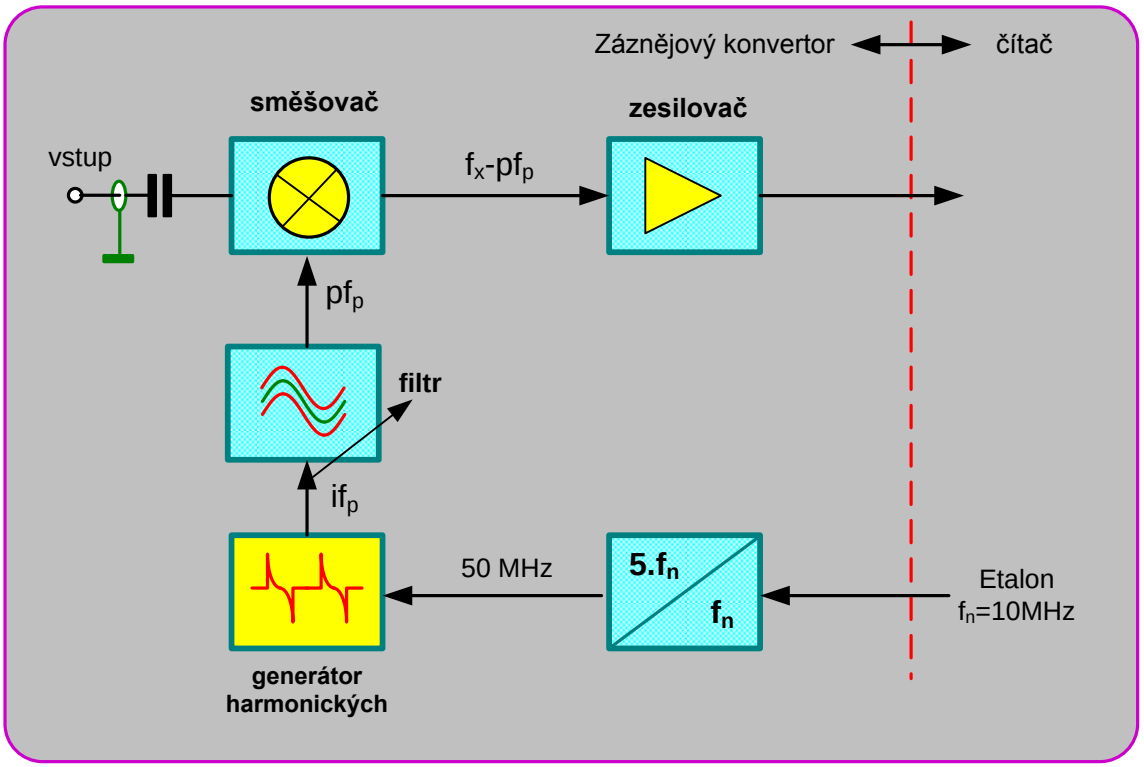
Rozšíření frekvenčního pásma čítačů

Pokud rozsah měřené frekvence přesahuje hodnotu 500 MHz, je běžný čítač nepoužitelný. Omezujícím faktorem je omezená rychlost digitálních obvodů (to se technologickým pokrokem může časem změnit). Měření do jednotek až desítek GHz umožňuje čítač závislý na různých složitých konvertorech frekvence, které jsou zpravidla součástí každého mikrovlnného čítače. Není neobvyklé, že čítač obsahuje několik vstupních svorek pro měření v různých frekvenčních rozsazích.



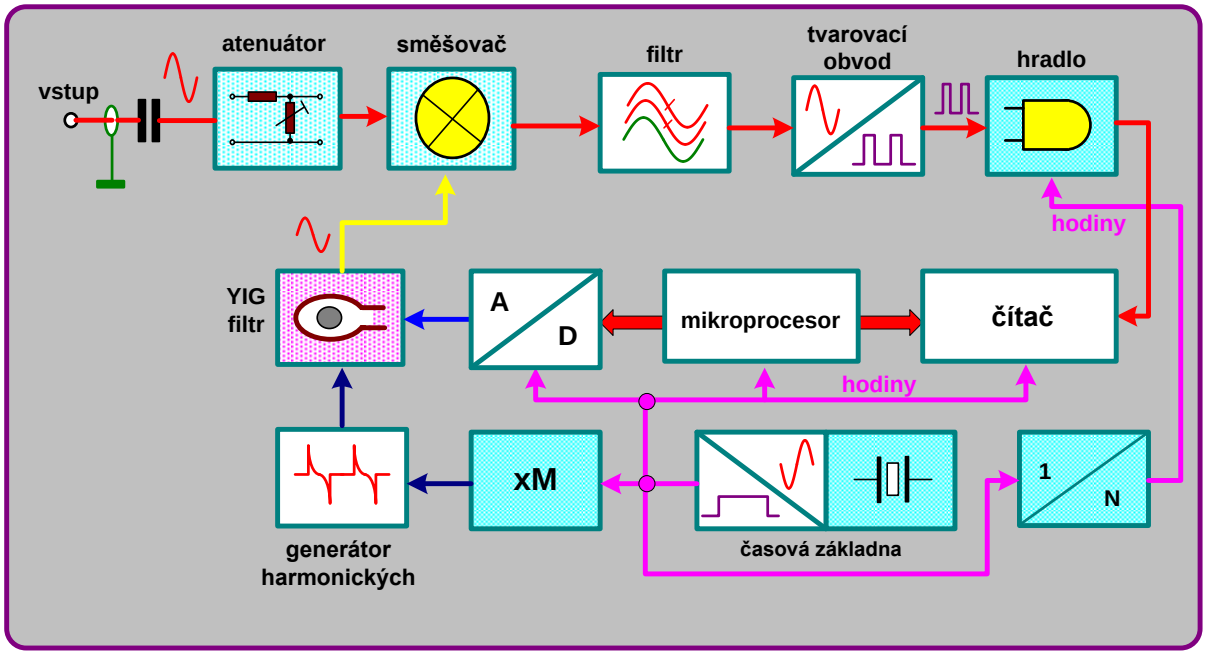
Obr. 1. Záznějový konvertor

Princip konvertoru frekvence je naznačen na obr. 1. Vstupní frekvence f_x, převyšující rozsah použitého čítače, se přivádí na směšovač. Pomocná frekvence pf_p je odvozena z frekvence etalonu f_n , která se nejdříve vhodně vynásobí a pak v generátoru harmonických upraví na široké spektrum mnoha harmonických frekvencí $i.f_p$. V laděném uzkopásmovém filtru je vybrán vhodný kmitočet pf_p , který ve směšovači vytvoří rozdílový kmitočet $f_x - pf_p$, který je již vhodný pro měření použitým čítačem. Popsaný konvertor vyžaduje kvalifikovanou činnost operátora k určení hodnoty pf_p a proto je žádoucí tuto činnost zautomatizovat. Dále jsou uvedeny některé způsoby.

Na obrázku 2 je skupinové schéma mikrovlnného čítače, kde manuální činnost ladění selektivního filtru převzal mikroprocesor. Horní a spodní větev obrázku 2 jsou podobné s obrázkem 1. Horní větev upravuje signál pro čítač a spodní větev upravuje signál pro filtr. YIG (Ytrium Iron Garnit) filtr je laděný rezonátor s jádrem ze železitého granátu umístěný v proměnném stejnosměrném magnetickém poli. Proud cívkou, která vytváří magnetické pole, je ovládán mikroprocesorem přes DA převodník. Filtr má velmi úzké pásmo propustnosti a jeho jemné ladění se provádí změnou magnetické indukce cívky, buzené proudem z DA převodníku. Časová základna, řízená krystalem, synchronizuje čítač, mikroprocesor i DA převodník.

Kritickými částmi konvertoru je směšovač a přeladitelný filtr. Jsou to součásti, které zpracovávají analogový mikrovlnný signál a jejich technologii nelze sloučit s technologií digitálního zpracování ostatních obvodů čítače.

Úkolem směšovače je posunout frekvenční pásmo vstupního signálu do frekvenčního pásma, které lze zpracovávat digitálními logickými obvody. Směšovač je nelineární obvod, na jehož výstupu vzniknou kombinace vstupního a pomocného (oscilatorového) kmitočtu. Ze všech možných kombinací nás zajímá jen ta, která konvertuje frekvenční pásmo, to je rozdíl vstupního a pomocného kmitočtu f_x - f_p . Je to princip heterodynního měniče, který je známý z rozhlasových přijímačů.



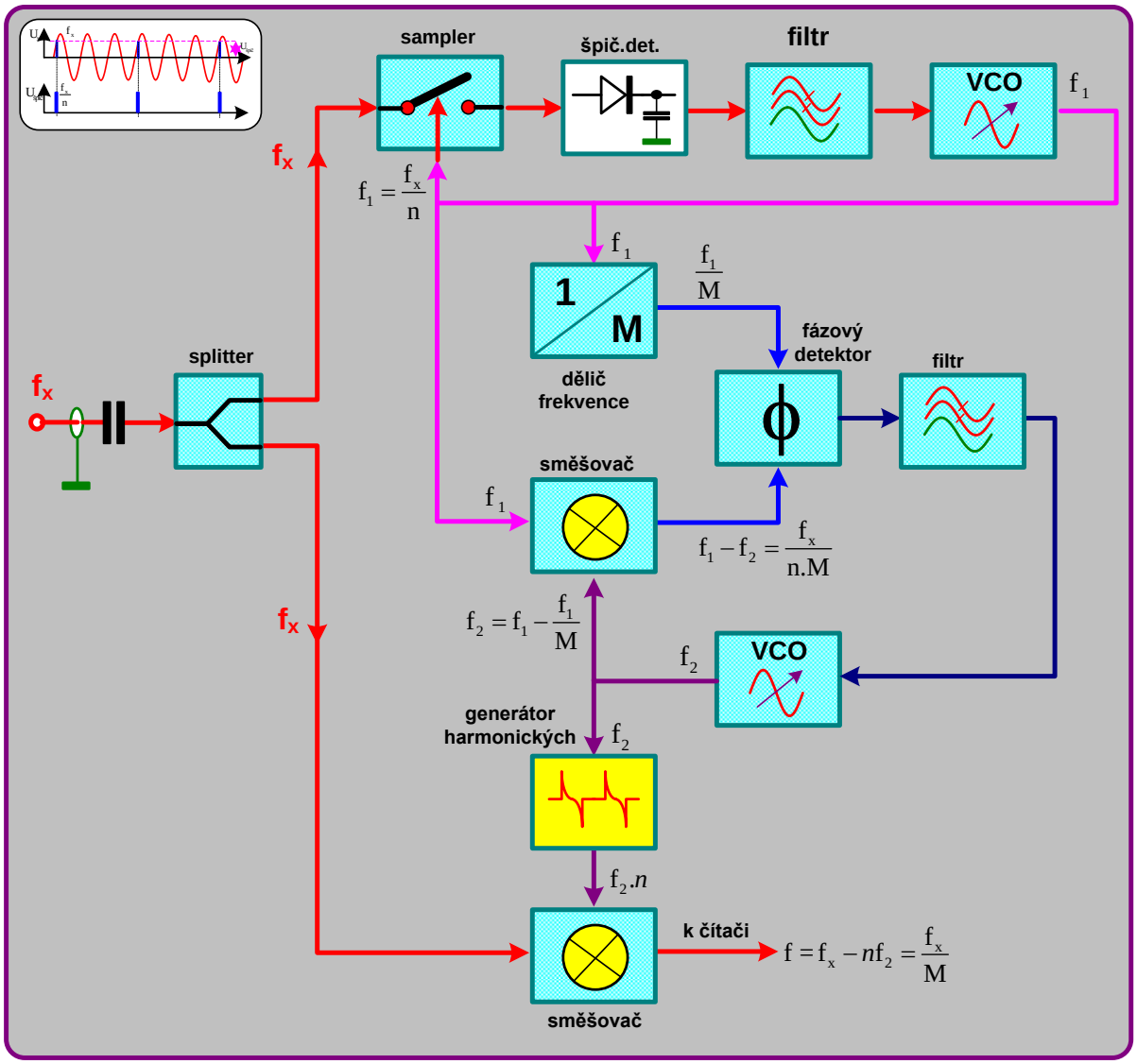
Obr. 2. Skupinové schéma mikrovlnného čítače

Na obrázku 3 je další typ konvertoru s *převodním oscilátorem*, pracujícím jako dělič kmitočtu, řízený smyčkou fázového závěsu PLL. Vzorkovací obvod byl vysvětlen ve druhé kapitole. Rychlé diody jsou spínány velmi krátkými impulsy, jejichž šířka je mnohem kratší než perioda nejvyššího měřeného kmitočtu. Stejnosměrné napětí za špičkovým detektorem řídí napětím řízený oscilátor VCO tak, aby platila rovnost $f_1 = f_x/n$, kde n je celé číslo. Druhá smyčka fázového závěsu pracuje již se zmenšeným kmitočtem f_1. Tento kmitočet je dále snížen podělením f_1 celým číslem M a přiveden na jeden vstup fázového detektoru. Na druhý vstup se přivádí rozdílový kmitočet f_1- f_2 z výstupu směšovače. Kmitočet f_2 je generován druhým oscilátorem VCO. Výstupní napětí fázového detektoru je úměrné rozdílu fáze obou vstupních signálů a smyčka PLL udržuje zpětnovazebním mechanismem kmitočet f_2, pro který platí:

$$f_2 = f_1 - \frac{f_1}{M} = \frac{f_x}{n} - \frac{f_x}{nM}$$

V generátoru harmonických se ze signálu o kmitočtu f_2 vytvarují krátké impulsy s vysokým obsahem harmonických kmitočtů. Kmitočet $n.f_2$ ve směšovači vytvoří rozdílový kmitočet, který již lze měřit čítačem.

$$f_{měř.čit.} = f_x - nf_2 = f_x - n\left(\frac{f_x}{n} - \frac{f_x}{nM}\right) = \frac{f_x}{M}$$



Obr. 3. Konvertor s převodním oscilátorem.

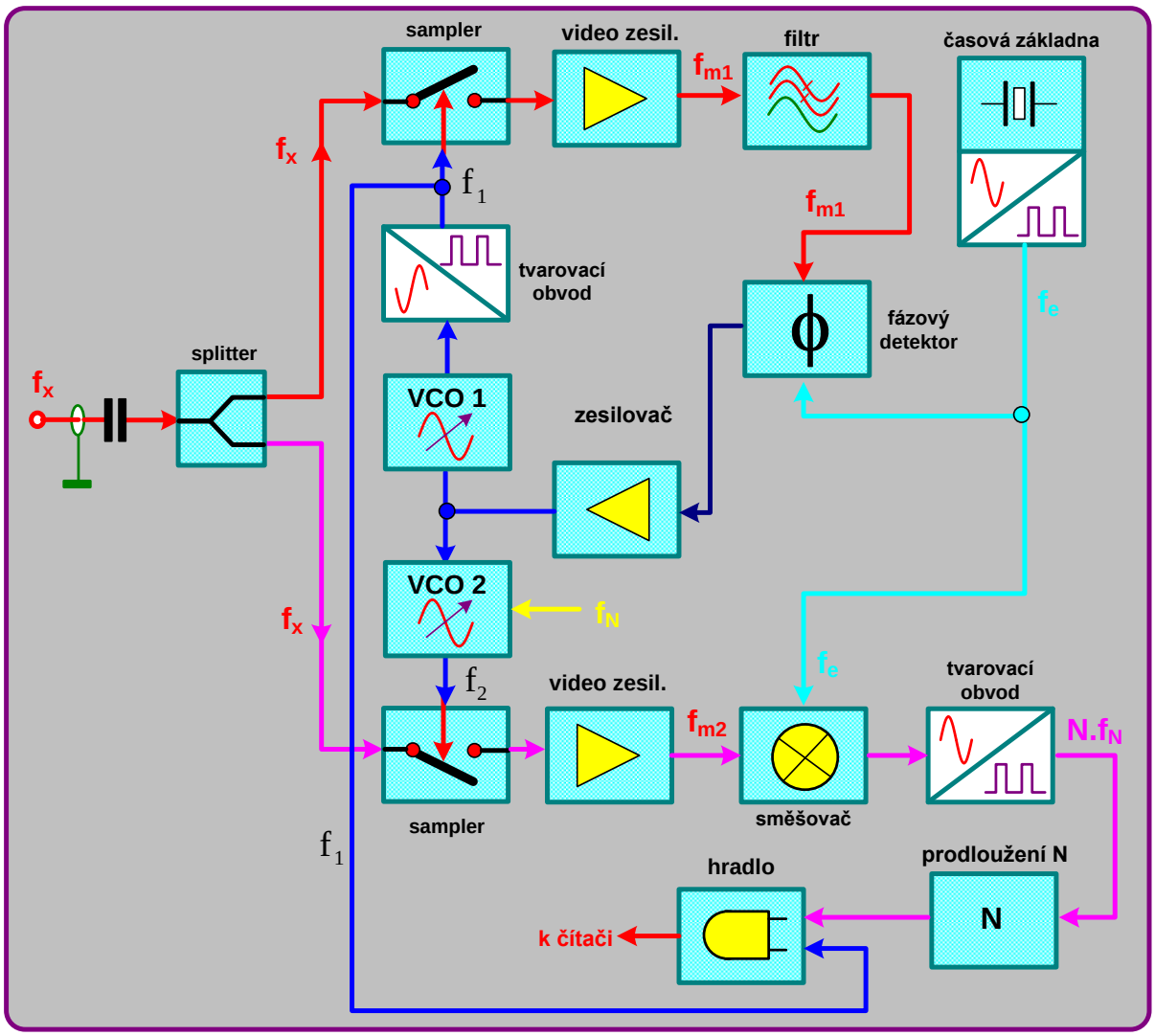
Obdobná koncepce převodního oscilátoru je i na obrázku 4. Číslem N se vhodně prodlouží otevření hradla čítače. První smyčka PLL stejně jako v předchozím případě snižuje původní kmitočet na hodnotu f_{m1}, druhá smyčka zajišťuje dělení kmitočtu pevným číslem N.

Doporučená literatura

[1] Gopinath, A.- Gupta, Ch.: Capacitance Parameters of Diskontinuities. MTT-26, No. 10, October 1978, str.831-835.

[2] Fundamentals of the Electronics Counters, Agilent Application Note 200, 5965.7660E

[3] Fundamentals of Microwave Counters, Agilent Application Note 200-1,5965.7661E



Obr.4. Konvertor s převodním oscilátorem.

Doporučená literatura

[1] Gopinath, A.-Gupta, Ch.: Capacitance Parameters of Diskontinuities. MTT-26, No.10, October 1978, str.831-835.

[2] Fundamentals of the Electronics Counters, Agilent Application Note 200, 5965.7660E

[3]] Fundamentals of Microwave Counters, Agilent Application Note 200-1,5965.7661E