

# Mikrohullámú frekvenciamérő – szintézer IC-vel

Nagy Sándor okl. villamosmérnök

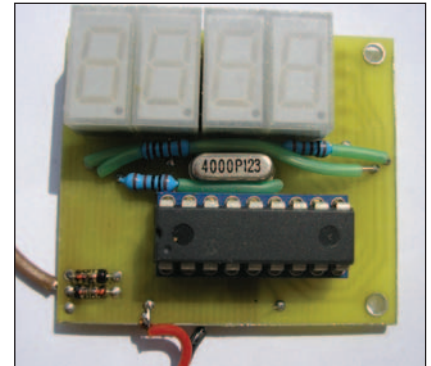
Napjainkban a rádiófrekvenciás eszközök működési frekvenciája a mind magasabb értékek tartományába tolódik. A már mindennapos 2,4 GHz mellett gyakori az 5 GHz és a magasabb frekvenciák használata is. Ez új kihívásokat jelent a tervező mérnökök mellett a szervizelést, javítást végzők számára is. Az alkatrészgyártó ipar az igényekhez alkalmazkodva a felmerült feladatok megoldása érdekében újabbnál újabb alkatrészeket állít elő. Az amatőrök sem kerülhetik el az új eszközök alkalmazását, és mivel a nagyfrekvenciás műszerek magas árak miatt számukra elérhetetlenek, saját készítésű eszközökkel próbálkozhatnak.

## Műszaki adatok:

Táp feszültség:	5 V (+0,2 V, -0,8 V)						
Áramfelvétel:	kb. 40 mA (a kijelzéstől függ)						
Felbontás:	1 MHz						
Bem. érzékenység: (A mintakészüléken mért értékek.)							
frekv. (GHz)	0,1	0,5	1	3	4	5	6
érz. (dBm)	-14	-25	-27	-15	-7	-4	-4
(A bemeneti érzékenység alkatrészfüggő, és befolyásolja a nagyfrekvenciás jelút minősége.)							

A mikrohullámú sávu rádiós eszközök működési frekvenciáját meghatározó kvarcalapú oszcillátorok sokszorozásos módszerrel már nem használhatók, de a PLL-alapú frekvenciaszintézer alkalmas eszköz pontos, nagy frekvenciájú jelforrások megvalósítására. Ilyen áramkörök készítésekor, az azokban levő szintézer IC alkalmazása során, annak jó tulajdonságait látva, felmerült annak frekvenciamérőben történő felhasználásának a lehetősége. A megoldás pazarlónak tűnhet, mivel a nagy bonyolultságú, nem túl olcsó, eszköz tudásának csak egy részét használja. Más részről viszont építhető belőle 1/1000 osztású, 7 GHz ig működő előosztó, melynek áramfelvétele párszor tíz milli-ampér és a bemeneti érzékenysége – előerősítő nélkül is – 10 dBm körüli.

A 2008-as RT Évkönyv GDO-s cikkében (159. old.) közölt kis frekvenciamérő elég nagy számban megépült, most az abban alkalmazott előosztó helyére került az 1000-es osztású előosztó. Ezzel egy elvileg 7 GHz ig működő készülék építhető, 1 MHz felbontással (ld. **fotó**). Így lehetővé válik a mikrohullámú tartományban működő készülékek frekvenciájának meghatározása. Az előosztó leosztott, meghertz tartományú kimenőjele használ-



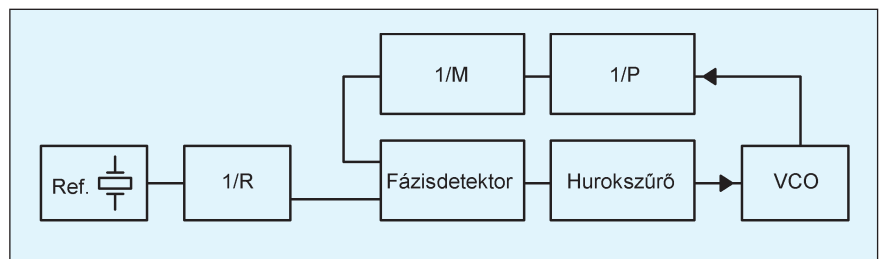
ható nagyobb pontosság-igény esetén külső frekvenciamérő meghajtására.

A továbbiakban először röviden összefoglaljuk az elméleti alapokat, melyek ismerete nem szükséges az áramkör megépítéséhez, de hasznos lehet egy frekvenciaszintézer tervezése során. Ezután részletes elkészítési leírással segítjük a készülék megépítését

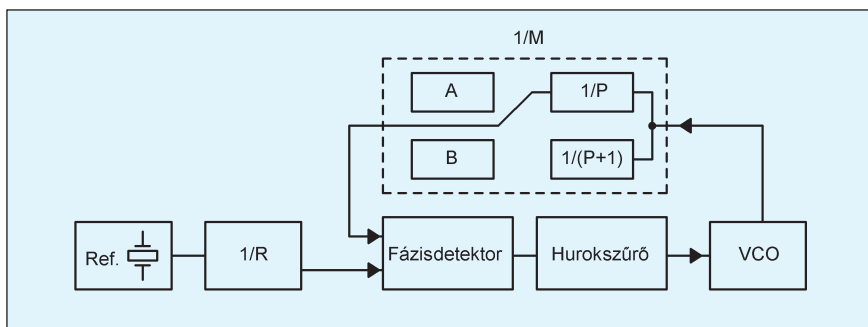
## Elméleti alapok

A szintézer IC működésének megértéséhez vizsgáljuk meg a fáziszárt hurokkal (PLL) működő, tetszőleges magas frekvencia előállítására alkalmas áramkört (**1. ábra**). A vizsgálatot elsősorban a frekvenciaosztók beállításának szemszögéből végezzük.

A Ref. kvarcalapú, meghertz tartományba eső frekvenciájú referenciaoszcillátor kimenőjelét az R referenciaosztó az úgynevezett összehasonlítási frekvencia-értékre osztja le. Ez lesz a beállítható legkisebb frekvencialépés,



1. ábra



2. ábra

például 12,5 kHz. A nagyfrekvencián működő feszültséggel vezérelt oszcillátor, a VCO jelét először egy fix  $P$ , majd egy változtatható osztásarányú  $M$  frekvenciaosztó osztja le az összehasonlítási frekvenciaértékre. A fázisdetektor a hurokszűrővel olyan hangoló feszültséggel vezérli a VCO-t, hogy annak a frekvenciája az összehasonlítási frekvencia  $P \cdot M$ -szerese legyen. Itt lép fel az a probléma, hogy mivel a  $P$  előosztó egy állandó frekvenciaosztást biztosít, ezért ezzel a módszerrel nem lehet tetszőleges értékű  $P \cdot M$  leosztást biztosítani.

Ennek a problémának a kiküszöbölésére fejlesztették ki az úgynevezett duál modulusú elő-

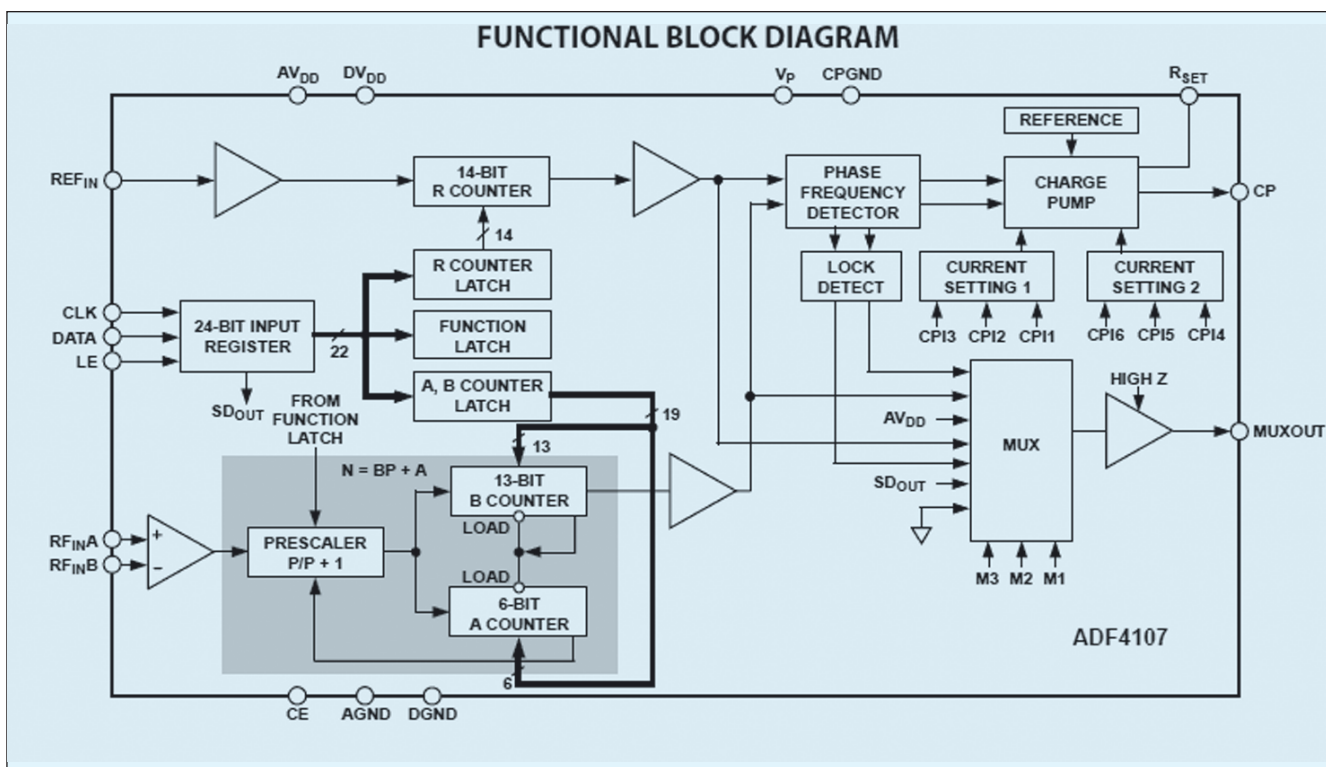
osztót (2. ábra). Ezek osztása 10/11 vagy 31/32 stb. lehet. Az ábrán látható, hogy itt két előosztó van. Az egyik  $P$ , a másik  $P+1$  osztást biztosít. Az osztók vezérlését az  $A$  és  $B$  számlálók végzik.

Az így kialakított áramkörben a VCO jelét az előosztó először a  $P+1$  értékkel osztja le, és annak a kimenete mind az  $A$ , mind a  $B$  számlálók értékeit csökkentik (dekrementálják) mindaddig, míg az  $A$  számláló értéke 0 nem lesz. Ez  $(P+1) \cdot A$  számú VCO pulzust jelent. Ezután a  $P$  osztású előosztó kapcsolódik be, és ekkor a  $B$  osztó értéke csökken egygel minden  $P$ -edik periódusban mindaddig, míg az értéke nulla nem lesz. Ekkor a  $B$  osztó által

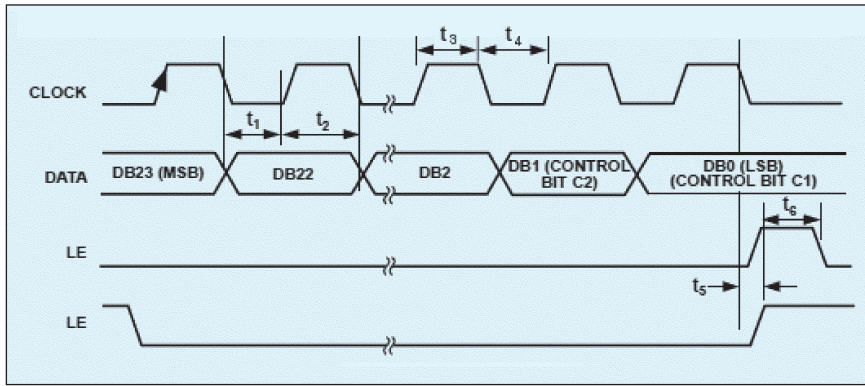
leosztott pulzusok száma  $P \cdot (B-A)$ . Mire mind a két számláló eléri a nulla értéket összesen  $N = A \cdot (P+1) + P \cdot (B-A) = P \cdot B + A$  számú pulzust állított elő a VCO, és ennek hatására keletkezik egy pulzus a fázisdetektor bemenetén. Az  $N = P \cdot B + A$  összefüggés  $B \geq A$  esetén igaz, és ez a duál modulusú frekvenciaosztók osztás beállításának alapösszefüggése.

A frekvenciamerőben megkívánt 1000-es osztás beállítása az  $N = P \cdot B + A$  összefüggés szerint az alábbi módon történik.  $N = 1000$  és válasszuk  $P = 16$ -ot, ekkor  $1000 = 16 \cdot B + A$ . Először  $A$  legyen nulla. Ekkor  $B = 1000/16 = 62,5$ , de „ $B$ ” csak egész értékű lehet, ezért legyen  $B = 62$ . Itt jelenik meg a duál modulus, ugyanis a tört értékek az  $A$  számlálóval állíthatók be:  $A = 1000 - 16 \cdot 62 = 8$ . Így az  $1000 = 16 \cdot 62 + 8$  összefüggés teljesül.

A számítás tízes számrendszerben történt, de a programozásra szolgáló regiszterbe binárisan kell az értékeket beírni. Az átalakítás legegyszerűbb módja a Windows programban lévő számológéppel lehetséges:  $62 = 111110$  és  $8 = 1000$ . (Ezen



3. ábra



4. ábra

értékek konkrét beírási módjára később visszatérünk.) Az ADF4107 IC tömbvázlata a 3. ábrán látható. A szintézer áramkör digitális alkotóelemei mind megtalálhatók a 16 kivezetéses tokban. Az IC paramétereinek beállításához szükséges adatok négy 24 bites regiszterben vannak eltárolva.

A kívánt beállításhoz szükséges értékek bevitele sorosan, ún. SPI buszon keresztül történik (CLK, DATA, LE bemenetek). Az adatbitek bevitele az órajel felfutó élével ütemezve a 4. ábra szerint történik.

Az adatok regiszterbe történő beírását a LE jel végzi. A blokkvázlaton látható MUX nevű multiplexer programozható módon különböző belső jeleket képes a MUXOUT kimenetre juttatni. Jelen felhasználásban az  $RF_{in}$  bemenetre vezetett nagyfrekvenciás jel ezred részére leosztott frekvenciájú értéke van a MUXOUT kimeneten kivezelve. Az integrált áramkör programozásához négy 24 bites adatsor beírása szükséges. Az adatlap szerint az A és a B számlálók beírásához szükséges adatsor formátuma az 5. ábrán látható.

A kis táblázat alá be vannak írva az ezres osztáshoz szükséges, előzőleg kiszámított A és B értékek. A DB0, DB1 bitek az adatsor azonosítására szolgálnak. Ebből tudja meg a belső logika azt, hogy a LE jellel érvényesített adat az IC N nevű regiszterbe írandó értékeket tartalmazza. A DB2, DB7 az A értékeit, 001000-et, míg DB8, DB20 pedig a B = 62-nek megfelelő biteket tartalmazza. A 24 biteket a mikrokontroller három 8 bites karaktorsor formájában küldi az ADF4107-nek. Megjegyzendő, hogy az IC1 működéséhez még másik három 24 bites karaktorsor kiküldése szükséges. Ezek az R osztó és egyéb más regiszterek értékeit tartalmazzák, melyek a frekvenciamérő alkalmazás tekintetében nem játszanak szerepet.

### Az áramkör működése

A frekvenciamérő kapcsolási rajza a 6. ábrán látható. Az IC1, frekvenciaosztónak használt szintézer, bemenetén lévő D1, D2 diódák túlfeszültség elleni védelemre szolgálnak. Az IC4 3,3 V-os stabilizátor az IC1 tápfe-

szültségét biztosítja. A C7, C8, C10 kondenzátorok szűrésre és gerjedés-gátlásra szolgálnak. Az IC1 MUXO kimenetén jelenik meg az 1000-rel leosztott bemenő frekvencia. A jelalak keskeny pozitív pulzussorozat, melyet a T1 tranzistor erősít 5 V-os szintre. Az ezt követő IC2 viszonylag nagy kimeneti terhelhetőséggel abban az esetben szükséges, ha külső frekvenciamérő kimenet is kialakításra kerül. Ellenkező esetben a ki- és a bemenő pontokat egymással összekötve el is hagyható.

A frekvenciamérőt egy PIC16F627A típusú mikrokontrollerben futó program valósítja meg, amely tápfeszültségre kapcsolás után elsőként elvégzi az IC1 programozását. Mivel a mikrokontrollernek nem volt elég szabad kimenete, ezért a CLK és a DAT vezérléseket az IC1 felprogramozása után, a frekvenciamérő program futásakor a kijelzők vezérlésére használt kimenetek végzik. A programozás után a LE pulzussal beíródnak az előzőekben tárgyalt bitsorozatok, és ezt követően a CLK és a DAT bemeneteken lévő jelek nem befolyásolják az IC1 működését. Az R4-R6 ellenállások az 5 V és a 3,3 V közti szintkülönbség áthidalása miatt szükségesek. A mikrokontroller 4 MHz frekvenciájú kvarccal működik, ez vezérli a belső időzítéseket. Mivel a frekvenciafelbontás 1 MHz, ezért a kvarc pontossága nem kritikus, használható az olcsó, mikrokontrollereknél használt típus. Pontosabb frekvencia-beállítás igénye esetén, a C3, C4 kondenzátorok értékének változtatásával lehet a pontosságot javítani. A közös katódos kijelzők

N COUNTER LATCH																							
RESERVED		CFGAIN	13-BIT B COUNTER													6-BIT A COUNTER						CONTROL BITS	
DB23	DB22	DB21	DB20	DB19	DB18	DB17	DB16	DB15	DB14	DB13	DB12	DB11	DB10	DB9	DB8	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
X	X	G1	B13	B12	B11	B10	B9	B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	A6	A5	A4	A3	A2	A1	C2 (0)	C1 (1)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1

5. ábra

