

## 11. Mint reflexvizsgálatnál a térdkalapács Vizsgálójel forrás, hullámforma szintézis

A jelforrások új hulláma: DDS.<sup>1</sup>

1. A közvetlen numerikus<sup>2</sup> szintézisre épülő jelgenerátor diszkrét adatokból: időrekord-ból állítja elő (**rekonstruálja!**) az analóg jelet. A numerikus minták az amplitúdó értékeket rögzítik, a minták kiolvasásának módja (az időzítés) határozza meg a jelforma-szegmens ismétlődési gyakoriságát.

Numerikus formában a jel könnyen szerkeszthető/módosítható, és szabályozható módon szimulálhatók még a „szabálytalanságok” is, mint tranziens, túske (glitch), zaj... A jelalak „könyvtár” pedig igen megkönnyíti a felhasználó dolgát.

Ez a technika azonban csak korlátozott dinamikájú és spektrumú jeleket<sup>3</sup> generálhat: a mintavétel, kvantálás és rekonstrukció szab határokat!

2. Generátornál alapkövetelmény a **frekvencia** paraméter széles tartományban történő, jó felbontású és dinamikus változtatása. Rögzített mintaszámnál a memória-címzés manipulálásával módosítható egyszerűen a frekvencia:

(a) minden minta felhasználásával változtatható frekvenciájú kiolvasás (true\_arb)

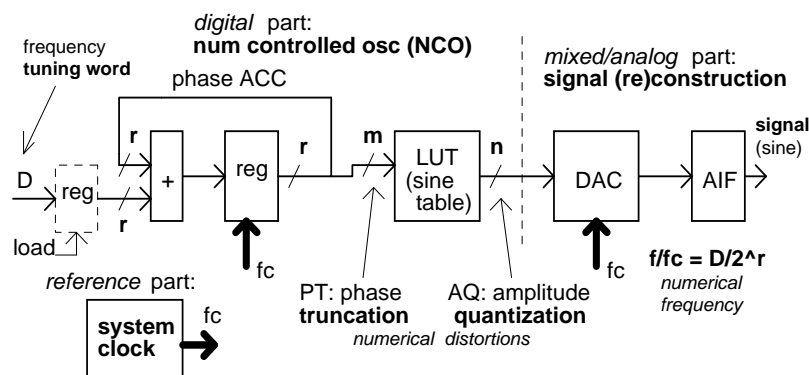
A memória cím-pointer egy számláló,<sup>4</sup> amelynek órajel-ütemét egy változtatható frekvenciájú generátor szolgáltatja.

*Probléma:* kell egy változtatható frekvenciájú generátor. („Róka fogta csuka”: olyan valami kell a működtetéshez, mint ami éppen a cél.)<sup>5</sup>

*Megoldás:* pl. a másik (DDS) módszerrel realizált órajel-generátort használunk.

(b) konstans frekvenciájú kiolvasás mintapontok kihagyásával (DDS\_arb)

A memória (LUT: look up table) cím-pointere akkumulátor (ACC): az állapotváltás konstans ütemű, de a lépésköz nem 1, mint a számlálónál, hanem változtatható ( $D \geq 1$  egész értékű; ha  $D = 1$ , akkor számláló).



Első hallásra elképesztő, de működik! A minta-kihagyás felgyorsítja a „körbefordulást” (rövidíti a periódusidőt), és ezt addig tehetjük a mintavételi törvény alapján, amíg a jel

<sup>1</sup> DDS: direct digital synthesis.

<sup>2</sup> Lélektani (és így piaci) ok indokolja a „digitális” helyett a numerikus jelző használatát, mert ehhez nem rögzült az analóg technikát művelők körében a „zajos” minősítés.

<sup>3</sup> A jel nem lehet teljesen tetszőleges (arbitrary), bár a megnevezés: AWG (arbitrary waveform generator).

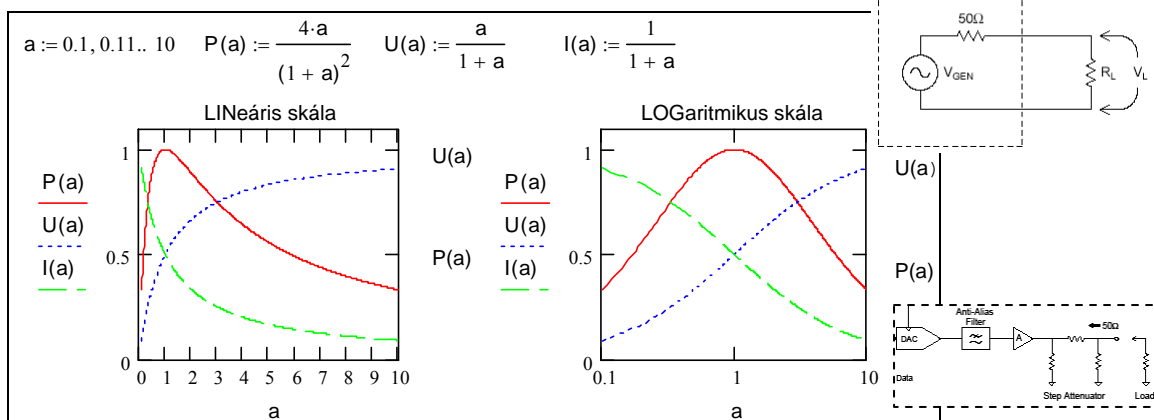
<sup>4</sup> Ahogyan pl. a CD-lejátszó esetén is (de ott konstans ütemű a kiolvasás!).

<sup>5</sup> Ilyen (“lehetetlen megoldani”) esetben kiáltunk mérnökért.

max. frekvencia komponensének periódusában legalább két minta<sup>6</sup> marad.

A "hangolás" (ami lehet moduláció is) numerikus: a lépésköz (D, tuning word) módosítása után a frekvenciaváltás egy órajel-ütem alatt létrejön, tehát igen gyors. Ráadásul igen finom frekvenciaérték-beállítás<sup>7</sup> lehetséges, nagy frekvencia átfogás mellett.

3. Nagyfrekvenciás generátornál a forrásellenállás fix értékű ( $R_s = 50 \Omega$ ). Maximális teljesítmény leadás és reflexió(zavar)-mentes kimenet eléréséhez ugyanilyen  $R_L$  terhelés (jeltovábbító kábel) szükséges.



Max. értékre normált kimenő teljesítmény: **P** (ill. feszültség: **U** és áram: **I**) terhelés függése  
 $R_L$  a terhelő ellenállás,  $R_s$  a generátor forrásellenállása és  $a = R_L/R_s$

4. A készülék képességei igazán hatékonyan számítógéphez csatolva és hullámforma-szerkesztő szoftvert alkalmazva használhatók ki („letöltés” a készülék memóriába /LUT/, bár igen sok jelforma eleve beépített). A jel szerkesztése, dokumentálása összetett feladat, pontos és kényelmes megoldáshoz grafikus felhasználói környezet (GUI: graphical user interface) nyújt igen változatos eszközöket, mint pl. matematikai egyenletből vagy inverz FFT segítségével spektrális komponensekből villamos jel előállítása, DSO-val felvett jel módosítása és visszajátszása...

<sup>6</sup> A simító szűrő (AIF) realizálása miatt a gyakorlatban  $f_c/2$ -nél kisebb lehet a max. frekvencia komponens, ezt az eszköz specifikációs adatlapja rögzíti.

Jelalak-függő a frekvencia tartomány. Pl. standard formáknál: szinusz [és négyszög!] közel  $f_c/2$  értékig, míg háromszög és fűrész hullámforma ennél jóval kisebb frekvenciáig. [A négyszög jel trükkje: analóg komparátorral „négyzetesítjük” szinusz formából.]

<sup>7</sup> A frekvencia hangolási egyenlet könnyen megadható. Az akkumulátor (ACC) állapot száma  $2^r$ , ehhez egy teljes körfordulás tartozik, ami megfelel egy szinuszos jel  $2\pi$  fázis-változásának. Egy lépés [ $\Delta t (= 1/f_c)$  idő] alatt D értékkel növekszik az ACC tartalma, miközben a jel fázis-változása  $\Delta\varphi$ . Ebből

$$\frac{D}{2^r} = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \longrightarrow f = \frac{1}{2\pi} \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \left(\frac{f_c}{2^r}\right) \cdot D$$

tehát az  $f$  frekvencia felbontása ( $= f_c/2^r$ ) a regiszter  $r$  bitszámától függ, ezért  $r$  igen nagy (pl.  $r = 48$  bit!).

**Probléma:** így igen nagy a memória mérete.

**Megoldás** (avagy a mérnöki trükk): csak a regiszter legmagasabb helyértékű bitjeivel címezzük a memóriát, vagyis  $m \ll r$ ! Ez a fázis-csonkítás (phase truncation) elviselhető, mert a generált jel mindenképpen zajjal terhelt az  $n$  bites amplitúdó kvantálás (amplitude quantization) miatt, és ezt a zajt csak kevéssé növeli az igen nagy mértékű fázis-csonkítás, ha  $m \geq n+2$  a választás.

**Megjegyzés:**  $n$  értékét alapvetően a rekonstruáló D/A konverter korlátozza, különösen nagy  $f_c$  adatfrissítési gyakoriság esetén ( $n = 8 \dots 14$ ).