

2. Elméleti összefoglaló

2.1 A D/A konverterek [1]

A D/A konverter feladata, hogy a bemenetére érkező egész számmal arányos analóg feszültséget vagy áramot állítson elő a kimenetén. A működéséhez szükséges egy referencia feszültség (U_{ref}) - ez egy nagyon pontos feszültségforrás -, ebből számítjuk a kimeneti feszültséget és határozza meg a maximális értékét is. Ez a következő képlet alapján történik:

$$U = Z \cdot U_{ref} / 2^b$$

ahol U_{ref} a konverter referenciafeszültsége, $N=2^b$ a konverter pontosságára jellemző egész szám, b a bitek száma, a Z szám értéke pedig 0 és 2^b-1 között lehet. A kimeneti jel arányos a bemeneten lévő digitális számmal és a referencia feszültséggel. Következésképpen használhatjuk úgy, hogy fix referenciafeszültség mellett változtatjuk a digitális bemenetet, vagy a referenciafeszültséget változtatjuk, ez esetben szorzó típusú átalakításról beszélünk. A kimenet a referencia és a digitális szám szorzatával arányos, ezt a lehetőséget nem minden D/A konverter biztosítja. Felbontásukat a bitek számával jellemezzük, megadja, hogy a realizálható feszültségtartomány hány elemi egységre oszlik.

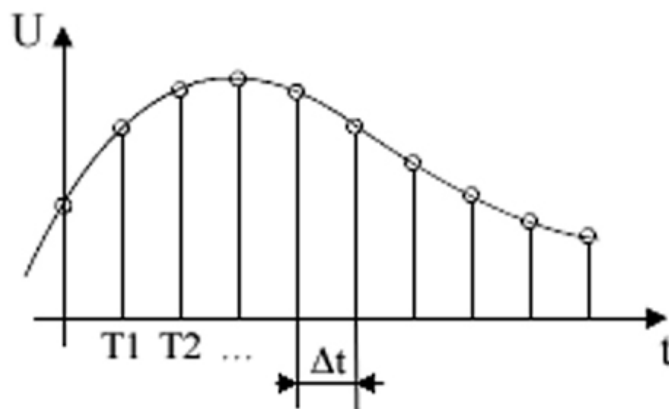
A D/A konverterek alkalmazása rendkívül széles körű, például időben állandó jelek és időfüggő jelek előállítása. Működéséből következően háromféleképpen lehet időfüggő a kimeneti jel: időfüggő referencia, időfüggő digitális bemenet vagy mindkettő esetén. A digitális bemenőjelek időfüggése által szintén időfüggő jelek állíthatók elő. Az előállítandó jelalaknak megfelelő egész számokat egy memóriában tároljuk és adott időközönként a D/A konverter bemenetére juttatjuk. Ez csak egy közelítése a jelnek, de elvileg nagy pontosság érhető el. E módszer mérés technikai alkalmazása lehet a speciális gerjesztő jelek előállítása (például: szinuszos).

2.2 Mintavételezés

Az időben változó analóg jeleknél ahhoz, hogy belőlük digitális információt lehessen képezni, meghatározott időközönként (Δt) mintát kell venni a jelből. Ezt nevezzük mintavételezésnek. Az egymást követő mintavételek közötti idő nem tetszőlegesen választható meg (így a mintavételi frekvencia sem), hanem függ a jelben

előforduló legnagyobb frekvenciájú összetevőtől. Egy adott jelhez tartozó minimális mintavételi frekvenciát a Shanon-tétel mondja ki: a mintavételi frekvenciának a jelben előforduló legnagyobb jelfrekvencia kétszeresénél nagyobbnek kell lennie ahhoz, hogy a jel a mintaértékekből teljes mértékben visszaállítható legyen. Egy folytonos jel mintavételezését mutatja az 1. ábra.

A mintavételi tétel megsértése zajt okoz, ezt aliasing zajnak nevezzük. E zaj esetén a jel spektruma olyan frekvenciákat is tartalmaz, amelyek az eredeti jelben nem szerepelnek.



1. ábra: Folytonos jel mintavételezése

2.3 A DDS (Direct Digital Synthesis) elv [2]

A DDS fogalma: digitális technikával generált szinusz függvény, fix frekvenciájú órajel forrás segítségével.

A DDS eszközök egy nagy sebességű SPI-vel (Serial Peripheral Interface) vagy PPI-vel (Parallel Peripheral Interface) vannak programozva és csak egy külső órajel szükséges az egyszerű szinusz hullám generálásához.

A DDS előnyei:

- A szinusz hullám frekvenciája digitálisan hangolható
- A szinusz hullám kezdő fázisa is digitálisan állítható
- DDS digitális, frekvencia és a lépés határozott számok, így nincs drift hiba a hőmérsékletváltozás és az alkatrészek öregedése függvényében
- A szinusz hullám frekvenciája akár 1 μ Hz-es pontossággal is beállítható (ennek értéke eszközfüggő)

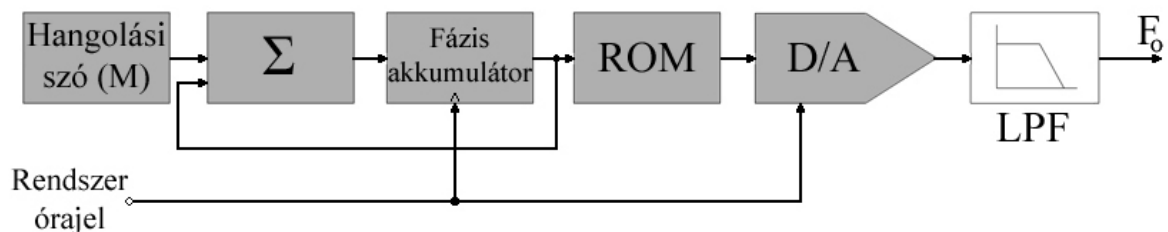
A DDS megkötöttségei:

- Az előállított szinusz hullám frekvenciája maximum az órajel frekvenciájának fele lehet
- A szinusz jel amplitúdója rögzített
- Digitálisan létrehozott szinusz görbében vannak torzítások

Alapvető DDS építő elemek:

- Akkumulátor
 - Digitális blokk, mely tartalmaz egy összeadót visszacsatolással
- PROM (programozható memória)
 - Digitális blokk, úgy működik, mint egy szinusz értékeket tároló tömb. A számláló lépései folyamán hozzáfér a PROM memória egyes tömbjeihez, és ezek értékeit adja át D/A konverternek.
- Digitális-analóg konverter (DAC)
 - Digitális/analog blokk, mely átalakítja a digitális „számot” egy skálázott analóg mennyiséggé (feszültséggé vagy árammá)
 - Konvertálja analóg jellé a digitális blokkok által generált minta szinusz hullámot

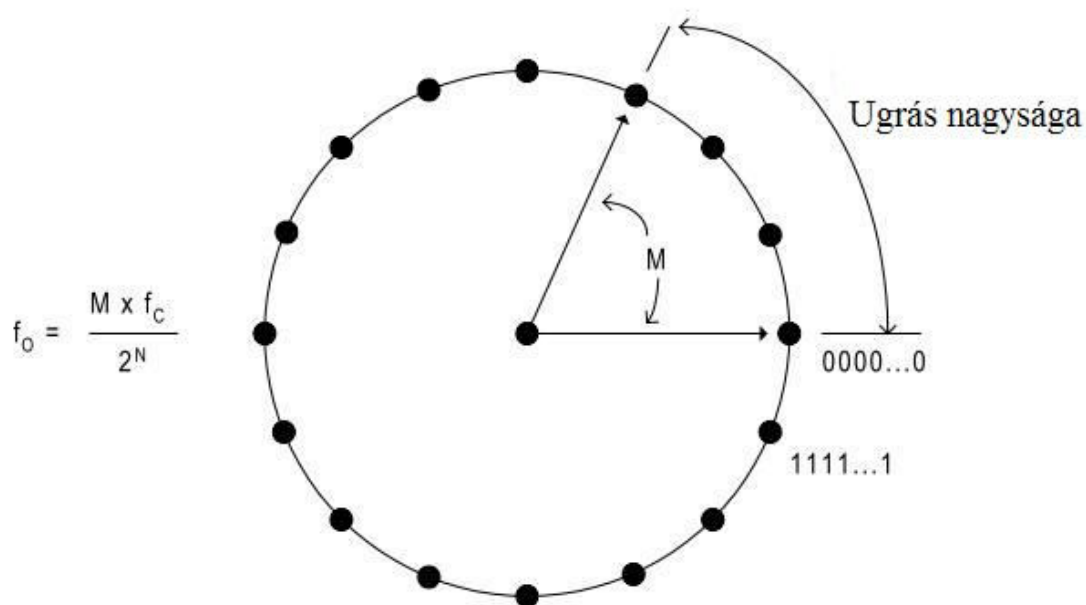
Ezek az építőelemek látszanak a 2. ábrán.



2. ábra: DDS elv blokk vázlata

A DDS-sel létre lehet hozni egy szinusz hullámot adott frekvencián. Ez a frekvencia két paramétertől függ: a referencia órajeltől és a frekvencia regiszterbe binárisan beprogramozott számtól (hangolási szó, M). A frekvencia regiszterben lévő bináris szám adja a bemenetét a fázis akkumulátornak. Ha a fázis-amplitúdó konverter foglalt, akkor a fázis akkumulátor kiszámolja a fázis (szög) címet helyette, amely a digitális kimenet amplitúdó értéke. Ez kerül a digitál-analóg konverter (DAC) bemenetére, mely átalakítja ezt a számot megfelelő értékű analóg árammá vagy feszültséggé. Ahhoz, hogy állandó frekvenciájú szinusz hullámot hozzon létre, az állandó érték (fázisnövekedés, amelyet meghatároz a bináris szám) minden órajel ciklusban bekerül a fázis akkumulátorba. A

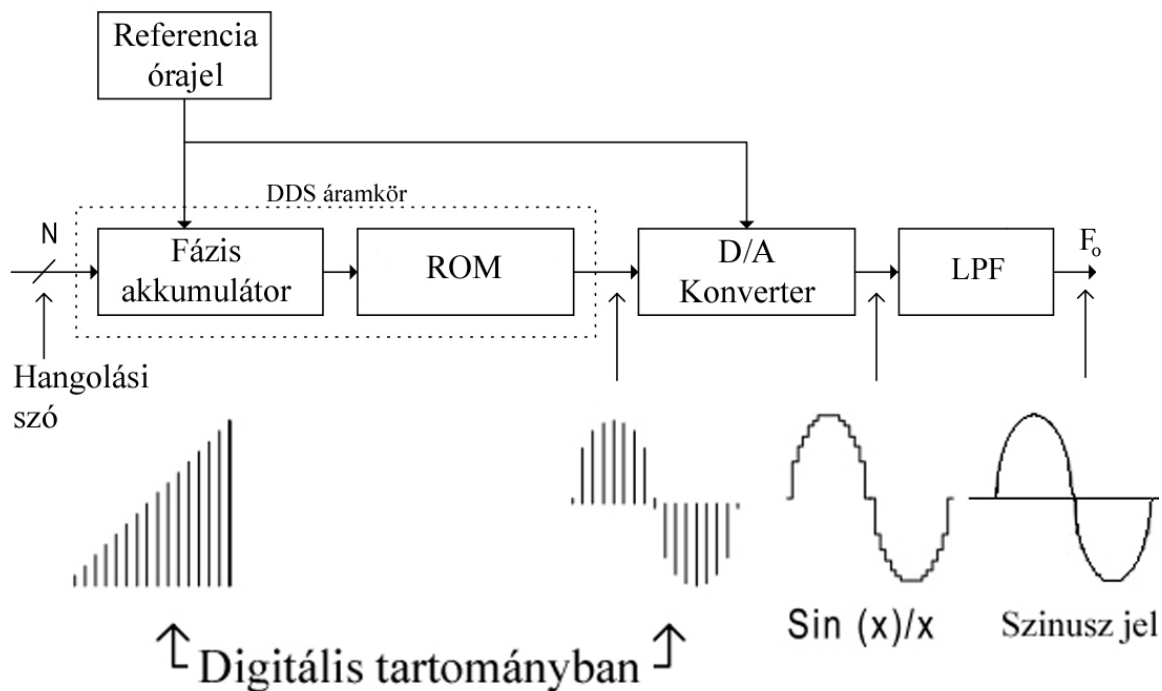
fázisnövekedés nagyságát figyelembe véve generálja a hullámokat (ha kicsi, akkor több lépésben).



<u>n</u>	<u>Pontok száma</u>
8	256
12	4096
16	65535
20	1048576
24	16777216
28	268435456
32	4294967296
48	281474976710656

3. ábra: Digitális fázis kerék rajza

A folyamatos idejű szinuszos jeleknek van egy ismétlődő tartománya 0 és 2π között. A digitális megvalósítás sem különbözik ettől. A fázis keréken (3. ábra) mindegyik kijelölt pont megfelel a szinusz hullám ciklus egy pontjának. Ahogy a vektor forog a kerék körül, a vektor helyzete megadja a szinusz hullám egy pontját úgy, hogy az amplitúdónak a vektor y irányú koordinátája felel meg, a fázisnak pedig az ugrás nagysága. Egy fordulatot a vektor a fáziskerék körül állandó sebességgel tesz meg, ez a teljes ciklus eredményezi a kimeneten a szinusz hullámot.



4. ábra: Szinuszos hullám szintézis blokk vázlata

A fázis akkumulátor valójában egy számláló, amiben növekszik a tárolt szám minden alkalommal, amikor kap egy órajel impulzust. A növekedés nagyságát a binárisan kódolt input szó (M) határozza meg. Ez a szó alkotja a fázis lépcső méretét a referencia órajel frissítései között, ténylegesen meghatározza, hogy hány pontot ugrik a vektor a fázis kerék körül. A 4. ábra mutatja egy szinuszos hullám előállításának blokk vázlatát.

A keréken lévő diszkrét fázis pontok száma határozza meg a fázis akkumulátor (n) felbontását, amely a DDS hangolási felbontását határozza meg. Ha a fázis akkumulátor $n=28$ bites, a M értéke 0001-el változik, akkor a fázis akkumulátor 2^{28} referencia órajel ciklus után túlsordul. Ha az M értéke 0111-ről 1111-re változik, csak 2 referencia órajel ciklus kell a túlsorduláshoz. Ez a kapcsolat megtalálható a DDS kimeneti frekvenciájának kiszámítási egyenletében.

A DDS kimeneti frekvenciájának (F_o) meghatározása

$$F_o = F_s * M / 2^N \quad (2.1)$$

- Az F_o három paramétertől függ:
 - F_s – DDS órajele
 - C – az akkumulátor kapacitása, ahol $C=2^N$

- M – a hangolási szó értéke, ahol $0 < M < 2C$

M értékének változásai azonnali és fázis folytonos változásokat eredményeznek a kimeneti frekvencián.

A kimeneti frekvencia növekedésével a minták száma csökken a ciklusban. A mintavételi tétel értelmében a legnagyobb kimeneti frekvenciája egy DDS-nek $F_s / 2$. Azonban a gyakorlati alkalmazásban a kimenő frekvencia maximuma valamivel kevesebb, hogy lehessen az épített hullámforma minőségén javítani és szűrni.

Az Analog Devices DDS IC-jeinek összehasonlítása:

	Rendszer órajel fclk	Felbontás (Bit)	Hangolási szó hossz (bit)	Névleges feszültség (V)	Áram felvétel (max)	REFCLK Szorzó	I/O Interfész
AD9832	25MHz	10	32	Single(+3.3),(+3.6),(+5)	15mA	Nincs	Soros
AD5932	50MHz	10	24	Single(+2.3 to +5.5)	8mA	Van	Soros
AD9834	75MHz	10	28	Single(+2.3 to +5.5)	8.7mA	Nincs	Soros
AD9850	125MHz	10	32	Single(+3.3),(+5)	96mA	Nincs	Párhuzamos, Soros
AD9851	180MHz	10	32	Single(+3),(+3.3),(+3.6),(+5)	130mA	Van	Párhuzamos, Soros
AD9913	250MHz	10	32	Single(+1.8)	63.5mA	Van	Párhuzamos, Soros
AD9852	300MHz	12	48	Single(+3.3)	922mA	Van	Párhuzamos, Soros
AD9954	400MHz	14	32	Multi(+1.8,+3.3),Single(+1.8)	n/a	Van	Soros
AD9958	500MHz	10	32	Multi(+1.8, +3.3)	105mA	Van	Soros
AD9910	1000MHz	14	32	Single(+1.8),(+3.3)	n/a	Van	Párhuzamos, Soros

1. Táblázat: Analog Devices DDS IC-k

Ezen IC-k néhány alkalmazása:

- Digitális moduláció (AD9832)
- Hálózat impedancia mérése (AD5932)
- Folyadék és gáz áramlás mérése (AD9834)
- Szenzoralkalmazások: távolság és mozgás (AD5932, AD9834)
- Vizsgálati és mérési eszközök (AD9852, AD9954)
- Radar és hanglokátor (AD9911)
- Akusztó-optikai eszközillesztő (AD9954, AD9910)
- Gyors helyi oszcillátor (AD9850, AD9958, AD9910)