

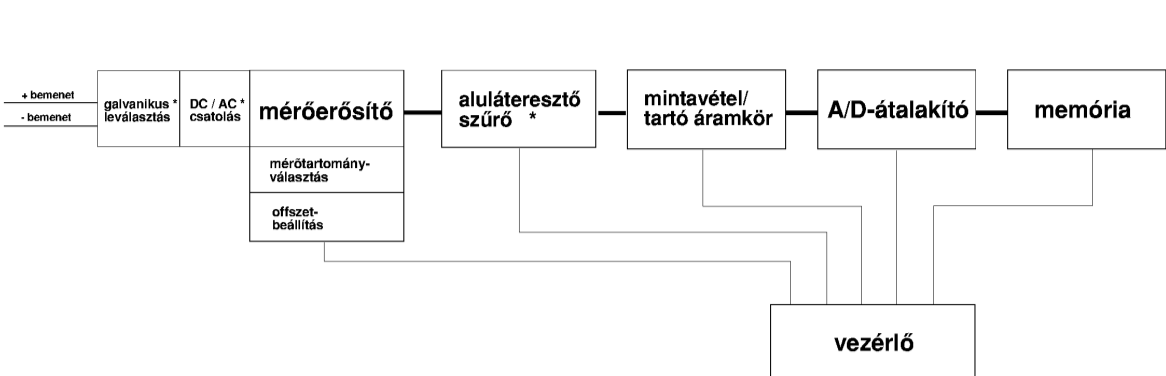
A digitális mérőlánc elemei

Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök

Copyright © PIM Professzionális Ipari Méréstechnika Kft.

A digitális mérőlánc elemei között találjuk az analóg méréstechnikából ismert DC/AC csatolást, az előerősítőt/mérőerősítőt és a mérési tartományokat definiáló osztókat (ezeket az elemeket az egyszerűség kedvéért a továbbiakban a mérőerősítő fogalmával foglaljuk össze) valamint a jel digitalizálásához szükséges elemeket: a mintavétel/tartó-áramkört, az A/D-átalakítót, az adattárolást biztosító memóriát, a mindent vezérlő kontrollert és a jelek kiértékelését/megjelenítését és a felhasználói kommunikációt egyaránt megvalósító processzoros feldolgozó rendszert a szükséges tartozékaival.

Az analóg jelből digitális információt előállító digitális mérőlánc elemeinek szokásos elrendezését mutatja a következő ábra. A csillaggal jelölt elemek opcionálisak, tehát nem mindegyik digitális mérőeszköznél található meg.



1-es ábra: A digitális mérőlánc elemei szokásos elrendezése

Az ábrán látható elemek szoftvervezérelhetősége lényeges szempont a digitális eszköz sokoldalúsága és használhatósága szempontjából. Gyakorlatilag a controller szoftvervezérelhető, az ő feladata ezeket az információkat az egyes elemeknek továbbítani. Rajta keresztül tehát vezérelhető a mérőerősítő jelfemeneteinek DC/AC-csatolása, a méréstartomány-átkapcsolása, az offset-beállítása, továbbá az aluláteresztő szűrő (Anti-Aliasing-szűrő) határfrekvenciája, a mintavétel/tartó áramkörnek és az A/D-átalakítónak az ütemezése (egyes típusoknál még az A/D-átalakító digitális felbontása is), sőt a digitális információk tárolását szolgáló memória beosztása is. Többcsatornás rendszerek esetén a controller funkciói bővülnek, éspedig vagy a csatornák sorban ciklikusan egymásutáni mérését biztosító multiplexer vezérlésével vagy szimultán rendszereknél az összes csatorna egyszerre történő ütemezésével.

A következőkben az egycsatornás digitális mérőlánccal és csak a jelrögzítéshez közvetlenül szükséges elemekkel - a mérőerősítővel, a mintavétel/tartó-áramkörrel és az A/D-átalakítóval - foglalkozunk. Főleg funkciójuk és a jelrögzítés minőségére való hatásuk kerül a középpontba.

A mérőlánc első eleme - a mérőerősítő - az analóg technikából már ismert. Funkciói közé tartozik a bemenetek galvanikus leválasztása (opció), a bemenetek csatolása (AC, DC) és a jel olyan mértékű erősítése/osztása, hogy a kimenetén levő jel a további feldolgozóegységek jeltartományait minél jobban kihasználja, de ne lépje túl. Ehhez nemcsak a bemenő jel megfelelő szorzása és osztása tartozik, hanem az esetleges nem szimmetrikus jelek offsettel való eltolása is. A mérőerősítőt minősítő műszaki paraméterek természetesen hatással vannak a mért jel pontosságára.

A következő felsorolás a mérés pontosságát befolyásoló mérőerősítő-paramétereket tartalmazza:

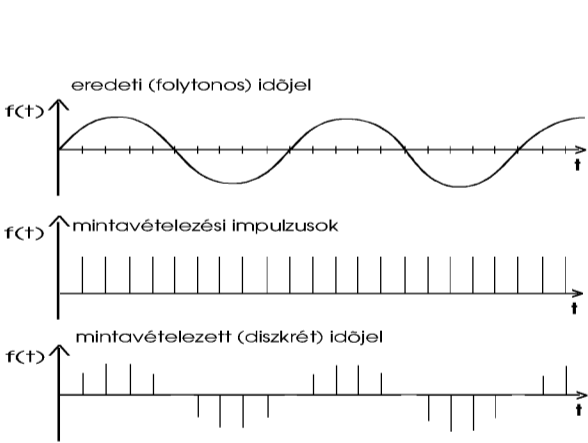
- Hőmérsékletfüggés
- Linearitáshiba, offszethiba
- Felfutási idő, csillapítási idő
- Max. követhető jelmeredekség
- Átviteli karakterisztika (frekvenciamenet és fázisszög)

Ezekkel külön-külön itt nem foglalkozunk, helyette megelégszünk azzal a minőségi erősítő-paraméterrel, mely kifejezi, hogy az összes hibaforrásból eredő hibaérték milyen pontosságot tesz lehetővé. Továbbá fontos tudnunk, hogy mennyi a mérőerősítő analóg frekvenciatartományának felső határfrekvenciája. A mérőerősítő összpontossága az A/D-átalakító által elérhető pontosságnál jobb legyen és a felső -3dB -es határ-frekvenciája lehetőleg a legnagyobb mintavételezési frekvencia felével egyenlő legyen. Kisebb határfrekvencia-értékek a magasabb frekvenciájú jelek szűrését eredményeznék, nagyobb értékek pedig a digitalizálás alapját képező Shannon-tétel miatt fölöslegesek.

A következő mérőláncelem az ún. Anti-Aliasing-szűrő, egy aluláteresztő szűrő, melynek fő feladata az alumintavételezésből adódó jeltorzítások kiküszöbölése és e mellett a jel/zaj-viszony javítása is. Feladatának teljesítése érdekében a felső határfrekvenciája többnyire szoftver által beállítható úgy, hogy az alkalmazott mintavételezési frekvencia felénél - az ún. Nyquist-frekvenciánál - legalább -66dB -es csillapítást eredményezzen. Természetesen bármilyen szűrő alkalmazása a célul tűzött alumintavételezési jeltorzítások kiküszöbölésén kívül mellékhatásokkal is jár: a jel a szűrő amplitúdóhibája és fáziseltolása miatt csekély mértékben megváltozik, a szűrő karakterisztikájának megfelelően a fent már említett Nyquist-frekvenciánál kisebb frekvenciájú jelkomponensek csillapítása is történik. (Pl. egy 8-pólusú Bessel-szűrő már a mintavételezési frekvencia tized részénél -3dB -es jelcsillapítást okoz.)

- Összegezve azt lehet mondani, hogy a szűrő annál jobb,
- minél kisebb fázishibával rendelkezik,
- minél egyenletesebb az amplitúdókarakterisztikája,
- minél kevésbé csillapítja a Nyquist-frekvenciánál kisebb frekvenciájú jelkomponenseket és
- minél finomabb lépcsőkben hozzáigazítható a -66dB -es csillapítási frekvenciája a mindenkori mintavételezési frekvenciához (tehát a -66dB -es frekvenciája minél közelebb legyen a mindenkori Nyquist-frekvenciához).

A mérőlánc következő eleme - a mintavétel/tartó áramkör - az első olyan elem, amely közvetlenül az analógjel digitalizálásában játszik szerepet. Ez az egység a folytonos analógjel "feldarabolását" végzi a mintavételezési frekvencia által adott ütemezésben. Ennek a folyamatnak az eredménye egy diszkrét időjel, mely egyes elemeinek amplitúdója a folytonos jel pillanatértékeinek felel meg.



2-es ábra: A folytonos analógjel átalakítása diszkrét jellé mintavételezéssel

Ez az átalakítás szintén hibákat és pontatlanságokat okozhat. Egyrészt garantálni kell, hogy az áramkör mintavételezési funkciójához az analóg frekvenciatartomány felső határfrekvenciája olyan nagy legyen, hogy az analógjel sávkorlátozást ne szenvedjen. Ez egyben azt is jelenti, hogy az áramkör felfutási ideje olyan rövid legyen, hogy az bármikor képes legyen az analógjel változásait követni. A tartófeladatához tartozik, hogy a mintavételezett amplitúdóértékeket mindaddig feszültségesés nélkül kell a kimenetén tartania, amíg az A/D-átalakító digitális értéket nem képzett belőle. Ezenkívül fontos, hogy a minták vételének ütemezése minél pontosabb órajel alapján és az A/D-átalakító ütemezésével összehangoltan történjen.

A mintavétel/tartó-áramkör kimenetére kapcsolódik az A/D-átalakító. A működésük alapján különböző kivitelek léteznek, itt csak példaképpen említenénk a szukcesszív approximáción, a soros-párhuzamos (flash) ill. a teljesen párhuzamos feldolgozáson alapuló A/D-átalakítókat. Feladatuk a mintavétel/tartó áramkör által szolgáltatott diszkrét jelsorozatot digitális információkká átalakítani. Ehhez mindegyik diszkrét jelmintát egy digitális számértékkel jellemzi, mely az A/D-átalakító felbontásának megfelelő pontossággal a jelminta amplitúdóértékét tükrözi.

Az A/D-átalakító felbontásának szerepét a következő táblázat mutatja:

A/D-átalakító felbontás	elvileg elérhető pontosság
8 Bit	0,40%
10 Bit	0,1 %
12 Bit	0,025 %
14 Bit	0,0062 %
16 Bit	0,0016 %

Az elérhető pontosság viszont nemcsak a felbontástól függ. Az A/D-átalakító még további műszaki paramétere is befolyásolja a digitalizálás pontosságát: elsősorban a differenciális és az integrális nemlinearitása és az átalakítás zajszintje. Ezek a hibák együttesen általában +/- 1,5 ... +/- 2 LSB hibát okoznak.

Az A/D-átalakítóból a jelinformációk - most már digitális számadatként - a memóriába kerülnek. Az A/D-átalakítástól számítva már nincsenek olyan áramkörü elemek, melyek a jel pontosságát folyamatosan befolyásolnák. Egyedüli hibaforrások a digitális (számítógépes) feldolgozás során stochasztikusan fellépő bit-hibák, melyek a mai számítástechnikában igen ritkák, ám az adatok teljesmértékű elrontását eredményezhetik.

A jelrögzítés és digitalizálás folyamatában fontos szerepet játszó vezérlőről (controller-ről) még nem volt szó. A feladata a digitális mérőlánc elemeinek vezérlése, mely a beállítható paraméterek vezérlését és az egész lánc megfelelő ütemezését jelenti. Nagyon fontos a jelrögzítés pontosságának szempontjából, hogy az ütemezés alapját képező órajel minél pontosabb legyen. A modern kvarzstabil órajelgenerátorok ezt a feltételt nagy megbízhatósággal és kitűnő idő- és hőmérsékletstabilitás mellett teljesítik. A controller további feladata a mérés indításának vezérlése a triggerfeltétel beteljesülésekor ill. a memória vezérlése annak érdekében, hogy ún. PRE-Trigger esetén a beállított triggerfeltétel előtti időtartomány jelmintái a memóriában rögzítésre kerüljenek.