Irányítástechnikai programrendszerek

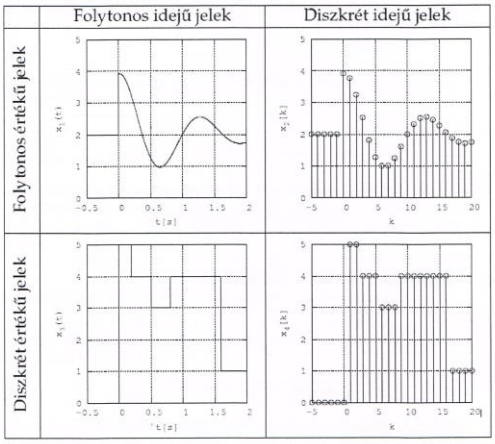
SIMON RÓBERT

2018

Analóg jelillesztés

Javasolt irodalom:

- Dr. Konecsny Ferenc – Irányítástechnika
- Kelemen András – Digitális jelfeldolgozás

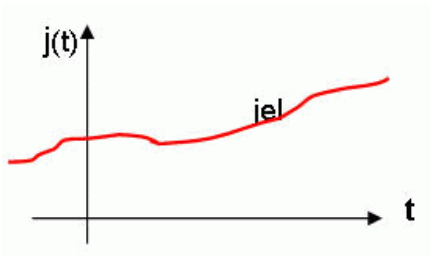


A jelek négy alaptípusa

Jelek definíciója, osztályozása

- Jelnek nevezzük azokat a fizikai mennyiségeket, amelyek egy fizikai rendszer állapotát írják le a valamely más fizikai mennyiség (pl. hely, idő, hőmérséklet) függvényeként
- A jel viselkedését általában egyetlen független változó függvényében vizsgáljuk, ami leggyakrabban az idő
- A jel értékkészletét a jel amplitúdójának nevezzük
- A jelfeldolgozás feladata a jel által hordozott információtartalom meghatározás
- A jelek feldolgozása során bemeneti vagy bemenő jelnek nevezzük a feldolgozandó jelet. Kimenti vagy kimenő jelnek pedig a feldolgozás eredményeképpen előálló jelet

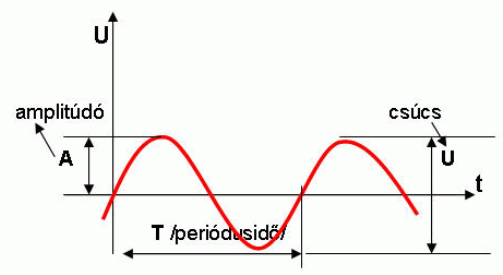
Jelek definíciója, osztályozása



Analóg jelek

- A jeleket osztályozhatjuk az értelmezési tartományuk és az értékkészletük alapján
- Azokat a jeleket, melyek mind értékkészletükben, mind értelmezési tartományukban folytonosak analóg jeleknek nevezzük
- Az analóg jelre jellegzetes példa a mikrofon kimenőjele.

Jelek definíciója, osztályozása

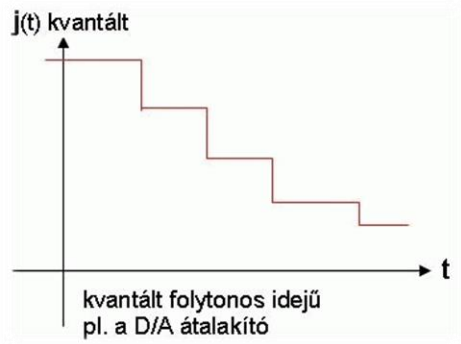


Periodikus jelek

- Egy *f(t)* jelet periodikusnak nevezünk, ha minden egyes t időpontra fennáll a következő összefüggés:

$$f(t) = f(t+T)$$
$$ahol\ T \in \mathbb{N}^+$$

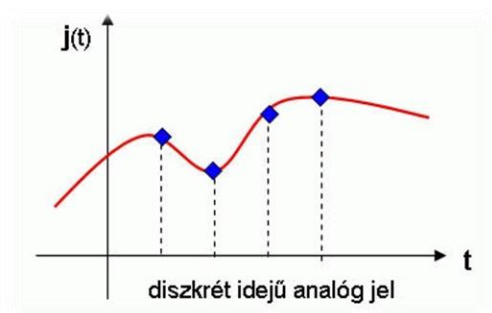
Jelek definíciója, osztályozása



Diszkrét amplitúdójú (kvantált) jelek

- Egy jelet diszkrét amplitúdójúnak nevezünk, ha az amplitúdó értékek ugrásszerűen változnak, míg a jel értelmezési tartománya folytonos

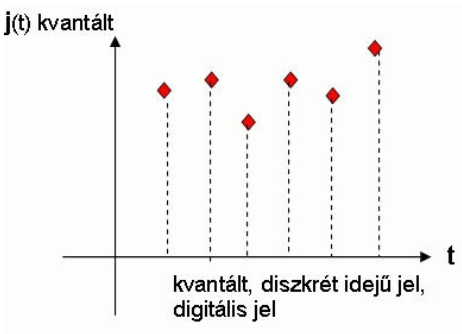
Jelek definíciója, osztályozása



Diszkrét idejű jelek

- Egy jelet diszkrét idejűnek nevezzük, ha a jel értékek csak diszkrét időpontokban állnak rendelkezésre, azonban a jel értékkészlete folytonos

Jelek definíciója, osztályozása



Digitális jelek

- Egy jelet digitálisnak nevezünk, ha mind értékkészletében, mind értelmezési tartományában diszkrét

Digitális jelfeldolgozás

Az analóg folyamatjeleken bizonyos műveleteket el kell végezni, hogy egy digitális rendszerben felhasználhatóak legyenek. Ezek:

- mintavételezés
- átkódolás
- méréskorrekció
- digitális szűrés
- átszámítás fizikai értékre

Ezek a feladatok jellemzően periodikus tevékenységek

Digitális jelfeldolgozás

A mintavételezés

- Egy digitális eszköz nem képes a folyamatos, analóg jelet közvetlenül feldolgozni, csak annak digitalizált mintáit
- A mintavételezést és a digitalizálást – jellemzően – célhardver végzi: az A/D konverter, vagyis az ADC
- A mintavételezés egyik legfontosabb eleme a mintavétel gyakorisága
- Ezt ugyanis nem a mintavevő eszköz szabja meg, hanem az analóg bemeneti csatornákat lekérdező program

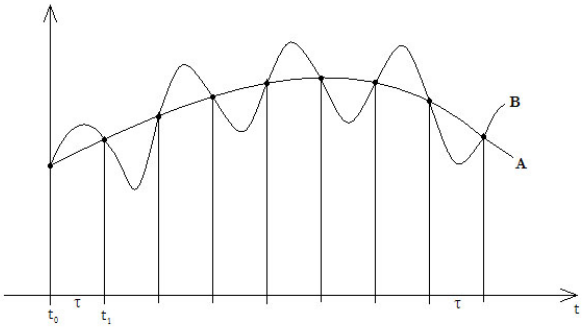
A mintavételezés során a cél, hogy a vett jelminták sorozata hűen képviselje az eredeti folyamatos jelet, vagyis az eredeti jel által hordozott információból a mintasorozat a legtöbbet megőrizze

Digitális jelfeldolgozás

- Ugyanazon mintavételezési frekvencia helyes (A) és helytelen (B) alkalmazása

$$t_1 = t_0 + \tau$$

- A szomszédos mintákból (t_0, t_1) számított közelítő derivált a t_1 pillanatban pozitív, ami helyesen tükrözi A növekedését, de félrevezet B-t illetően



Digitális jelfeldolgozás

Mintavételezés

- A folyamatos jel spektruma és a helyes **mintavételi gyakoriság** között összefüggés van, amelyet kvantitatív formában **Shannon mintavételi törvénye** ad meg
- Shannon mintavételi törvénye értelmében egy folytonos idejű jel elvileg tökéletesen visszaállítható mintáiból, ha a mintavételi frekvencia legalább kétszer akkora, mint a jel sávszélessége. Ha a jel sávszélessége nagyobb, mint a mintavételi frekvencia, az átlapolódik valamelyik eltoltjával

$$f_\tau > 2f_h$$

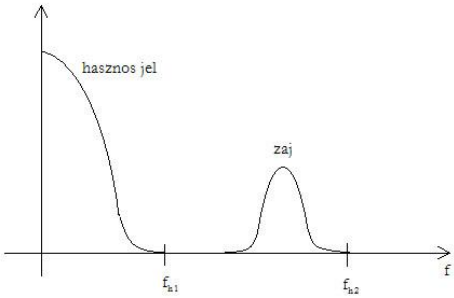
- Ennek a feltételnek a biztosítására gyakran alkalmaznak úgynevezett átlapolásgátló szűrőket az analóg fokozatban, a mintavételezés előtt, amik általában aluláteresztő szűrők és a mintavételi frekvencia felénél magasabb frekvenciájú jeleket hivatottak elnyomni
- Időnként használják az alulmintavételezésnek nevezett technikát, amelynél nagy frekvenciás de keskeny sávú jeleket mintavételeznek olyan mintavételi frekvenciával, amelyre nem teljesül a Shannon-kritérium. Alkalmasan választott mintavételi frekvenciát választva a spektrum átlapolás ekkor is elkerülhető, sőt, a jelenséget kihasználva a jelet alacsonyabb frekvenciára is lehet keverni keverő áramkör alkalmazása nélkül. Ekkor az átlapolásgátló szűrők sávszűrők

Digitális jelfeldolgozás

Mintavételezés

- Bizonyos feltételeknek eleget tevő függvények felbonthatók harmonikus (szinuszos) összetevőkre (Fourier-sor, Fourier-integrál) illetve a harmonikus komponensek szuperpozíciójával rekonstruálható az eredeti függvény
- Egyetlen szinuszos jel két olyan minta alapján meghatározható, melyek időbeli távolsága rövidebb a periódusidő felénél.
- Ha a mintavételi feltétel teljesül, akkor a mintasorozat hűen képviseli a jelet és a minták alapján biztosan lehet következtetni az eredeti jel tulajdonságaira.
- Ha a jel nem sávkorlátozott, akkor a mintavételnek végtelen sűrűnek kellene lennie
- A valóságos jelek általában nem sávkorlátozottak. Viszont jellemzően létezik olyan frekvencia, amely fölött a spektrum már elenyésző, illetve zajos. Ezt tekinthetjük gyakorlati sávkorlátnak, és a mintavételi frekvenciát ennek alapján írhatjuk elő

Digitális jelfeldolgozás



Mintavételezés

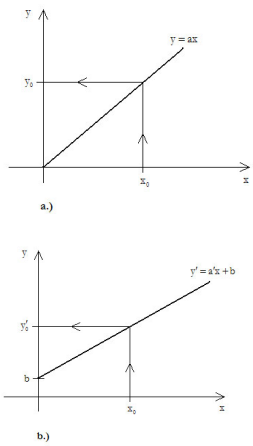
- Kisfrekvenciás jelre nagyobb frekvenciájú zaj szuperponálódik.
- A zaj jól szűrhető, ezért analóg szűrővel leválasztható a jelről még mintavételezés előtt.
- Ebben az esetben a mintavételi frekvencia megválasztása szempontjából f_{h1} tekinthető sávkorlátnak
- Ha a zajt digitálisan szűrjük, akkor a zajos jelet kell mintavételezni, vagyis f_{h2} lesz a sávkorlát

Digitális jelfeldolgozás

Az átkódolás

- Az átkódolás digitalizált analóg és digitális jelekkel kapcsolatban egyaránt felmerülhet
- A digitális jelek átvitele során az átvitel biztonságának növelése érdekében az egybites jeleket gyakran redundáns módon tárolják. Ebben az esetben az átkódolás az eredeti bit-érték visszaállítását jelenti
- Analóg jeleknél akkor szükséges az átkódolás, ha az A/D átalakító által használt számábrázolási mód nem felel meg a processzor számábrázolásának.
- Az A/D-ről leolvasott számokat a legtöbb esetben kettes komplemens vagy lebegőpontos számábrázolásba kell konvertálni

Digitális jelfeldolgozás



Méréskorrekció

- A méréskorrekcióval a mérőrendszer jelátalakítóinak a referencia-feltételektől eltérő üzemi körülmények közti működtetéséből eredő rendszeres hibái küszöbölhetők ki
- A felső ábrán az előírt feltételek közt üzemelő átalakító statikus karakterisztikája látható. A karakterisztika lineáris

$$y = ax$$

- Az alsó ábra ugyanannak a jelátalakítónak az üzemi feltételek megváltozása következtében deformálódott statikus karakterisztikáját ábrázolja, melyben *b* a nullponteltolódás

$$y' = a'x + b$$

Digitális jelfeldolgozás

Méréskorrekció

- Ha a, a' és b ismert, a bejövő, hibás y'-ból a helyes y visszaállítható

$$y = a\frac{y' - b}{a'}$$

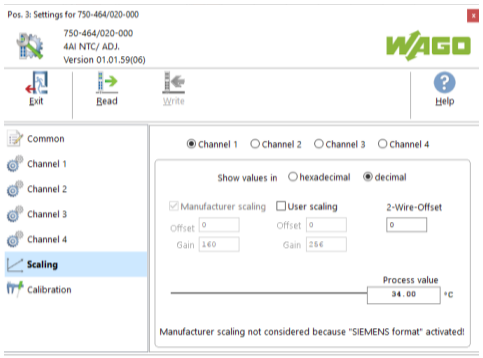
- Az átalakító műszerkönyvéből ismert, az a' és a b értékét előzetesen meg kell mérni mindhármat tárolni kell a memóriában, így a korrekciót szoftveresen végrehajthatjuk
- A korrekcióhoz szükséges adatokat jelátalakítónként külön kell megadni
- A korrekciós eljárások körébe tartozik a nemlineáris statikus karakterisztikák linearizálása is

Digitális jelfeldolgozás

Méréskorrekció

- PLC-k esetében a korrekciós értékeket a PLC, vagy az jellemzően az analóg modul hardveres konfigurációjában beállíthatjuk, az egyes értékeket definiálhatjuk
- Ilyen esetekben jellemzően nincs szükség további méréskorrekcióra szoftveres oldalon, a mérőmodul a szolgáltatott adatokat már korrigáltan továbbítja

Digitális jelfeldolgozás



Méréskorrekció

- Ezen a képen egy WAGO 4 csatornás Analóg Input modul konfigurációs felülete látható
- Ez egy RTD hőmérő modul, amin belül Offset-et, illetve Gain-t állíthatunk, vagyis a korábban bemutatott *y=ax+b* mérés értékeit állíthatjuk
- A függvény meredekségének változtatásával módosíthatjuk a függvény alsó és felső határértékét, ezáltal „biztonsági zónákat” hagyhatunk a teljes mérési tartományon. Így a modul képes lesz over-/underrange hibát is érzékelni, továbbítani

Digitális jelfeldolgozás

Digitális szűrés

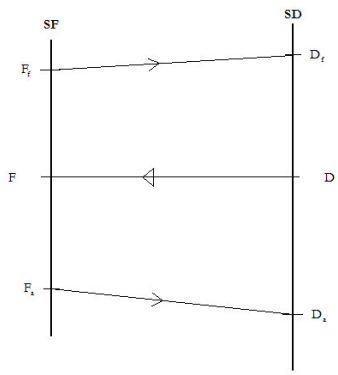
- A folyamatirányításban a hasznos jelek jellemzően egyenfeszültségű, vagy kis frekvenciás jelek. A szűrendő zavarok tehát a nagyobb frekvenciájú spektrális tartományban jelennek meg, vagyis aluláteresztő szűrőket kell alkalmazni
- Aluláteresztő szűrőnek minden minimumfázisú arányos tag megfelel (P-tag). Az ilyen tagok jelmintákra vonatkoztatott differenciálegyenlete szűrőként viselkedik, a kimenet a jel szűrt mintájának tekinthető.

Digitális jelfeldolgozás

Digitális szűrés

- Digitális szűrőtípusok:
  - Elsőrendű, exponenciális szűrő
  - Másodrendű szűrő (k-ad rendű szűrő)
  - Logikai adaptív szűrő
  - Átlagoló szűrő

Digitális jelfeldolgozás



Átszámítás fizikai értékekre (mérnöki tartomány)

- A számítógép a jelfeldolgozási műveletek során binárisan kódolt, dimenziótlan értékekkel dolgozik *(D)*, azonban a kezelő számára az adatokat a megfelelő mértékegységben kifejezett decimális értékké *(F)* kell alakítani.
- Ez az átalakítási művelet a fizikai értékre, vagy másnéven mérnöki tartományra való átszámítás

Digitális jelfeldolgozás

Áttérés fizikai értékekre

- A két skála *(F_a-F_f és D_a-D_f)* között lineáris összefüggés van, amelyre igaz:

$$\frac{F - F_a}{F_f - F_a} = \frac{D - D_a}{D_f - D_a}$$

- Ebből az aktuális fizikai érték (F) az A/D kimenetén megjelenő D számból kiszámítható

$$F = \frac{F_f - F_a}{D_f - D_a}(D - D_a) + F_a$$

Digitális jelfeldolgozás

Áttérés fizikai értékekre

- Az $\frac{F_f - F_a}{D_f - D_a}$ együtthatót **skálafaktor**nak,
- Az F_a tagot **nullponteltolás**nak nevezzük

Fizikai értékek (mérnöki tartomány)

Általánosan használt tartományok

- 0..2 mA
- 4..20mA
- 0..5V
- 0..10V
- -10..+10V
- RTD jelek, pl. Pt100, Pt1000, NTC
- Különböző hőelemek jelei (J, K, T stb.)

Fizikai értékek

- Az analóg jelek bemenetén van ráhagyás,
- Ezért 16 bites felbontás mellett +/- 27.648 az értéktartomány,
- És nem +/- 32.767
- Szélsőértékek automatikusan túlcsordulást jeleznek

System			Current Measuring Range		
	Dec.	Hex.	0 to 20 mA	4 to 20 mA	
118.515 %	32767	7FFF	23.70 mA	22.96 mA	Overflow
117.593 %	32512	7F00			
117.589 %	32511	7EFF	23.52 mA	22.81 mA	Overrange
	27649	6C01			
100.000 %	27648	6C00	20 mA	20 mA	
75 %	20736	5100	15 mA	15 mA	
0.003617 %	1	1	723.4 nA	4 mA + 578.7 nA	Rated range
0 %	0	0	0 mA	4 mA	
	– 1	FFFF			Underrange
– 17.593 %	– 4864	ED00	– 3.52 mA	1.185 mA	
	– 4865	ECFF			Underflow
≤ –17.596 %	– 32768	8000			