

Méréselmélet és mérőrendszerek

GEVEE 224M tantárgy ütemterve

a nappali tagozatos MSc villamosmérnök hallgatók számára

Hét	Előadás tárgyköre	Gyakorlat tárgyköre
1.	Tantárgy programjának és követelményrendszerének ismertetése. Szakirodalom bemutatása.	LabView alapok ismételése
2.	A mérés alapfogalmai, általánosítása. Metrológia alapjai. mértékegység rendszerek Mérési hibák. A mérési hibák forrásai. Hibafüggvények, hibatípusok.	
3.	Mérés és modellezés. A modell fogalma. A mérés és modellezés kapcsolata.	Mérésadatgyűjtők digitális portainak alkalmazása.
4.	Mérési hibák halmozódása.	
5.	A mérési struktúrák, mérési eljárások. Jel és rendszerelmélet. Jelek osztályozása, leírása. Konvolúció, korreláció, regresszió, Fourier sor	Mérésadatgyűjtők analóg bemenetének alkalmazása folya-matos mérésre trig-gerelesi eljárásokkal
6.	Mérési adatok feldolgozása, megjelenítése. A távolság- függvény általánosítása. Legfontosabb eloszlás típusok.	
7.	Mérési sorozatok eloszlásának alkalmazása az ipari gyakorlatban.	Mérésadatgyűjtők analóg kimenetének alkalmazása
8.	Jelek feldolgozása a frekvencia tartományban. Ablakfüggvények. Az aliasing jelenség.	Mérésadatgyűjtők funkcióinak szinkronizált alkalmazása.
9.	Mérőrendszerek felépítése és működése, számítógép alapú rendszerek. Irányítási és monitoring rendszerek felépítése.	Mérési adatok kiértékelése 1. Regresszió analízis.
10.	Napjainkban használt fontosabb ipari szenzorok működési elvének bemutatása.	Mérési adatok kiértékelése 2. Normál eloszlás és empirikus sűrűségfüggvény
11.	Ipari szenzorok és kommunikáció	Mérés szenzorokkal 1. Villamos mennyiségek mérése
12.	Smart mérők az ipari gyakorlatban.	Mérés szenzorokkal 2. Nem villamos mennyiségek mérés
13.	Hallgatói előadások	Feladat megoldás/beadás
14.	Pótzárthelyi és beadandó pótlása	Feladat pótlás

Miskolc, 2019. szeptember 3.

Váradiné Dr. Szarka Angéla
tudományos főmunkatárs

Méréselmélet és mérőrendszerek
GEVEE 224M tantárgy ütemterve
a nappali tagozatos villamosmérnök hallgatók számára

A tárgy lezárásának módja: aláírás, gyakorlati jegy

Az aláírás megszerzésének feltétele:

- Részvétel a gyakorlati órákon. Maximum 2 hiányzás megengedett és pótolható. A hiányzások pótlása csak a szorgalmi időszakban, a tárgyjegyzővel egyeztetett időpontban lehetséges.
- 1 db beadandó dolgozat minimum elégséges teljesítése, amelyet írásban és szóban kell bemutatni.
- 1 db mérési feladat legalább elégséges szintű teljesítése.

Végleges aláírás-megtagadásban részesül az a hallgató, aki a gyakorlati órákról, bármilyen okból kettőnél több alkalommal hiányzik.

A gyakorlati jegy és aláírás pótlása:

A félév végéig meg nem szerzett aláírás és elégtelen gyakorlati jegy a kar dékánja által kijelölt időszakban egy alkalommal pótolható.

Gyakorlati jegy és értékelése:

A gyakorlati jegy a félév során elkészített és bemutatott beadandó dolgozat és a mérési feladat eredményeiből kerül kiszámításra az alábbiak szerint:

Beadandó dolgozat: max megszerezhető pont 50 pont, elégséges szint 20 pont. Írásbeli dolgozat - bemutató max. 25 -25 pont, elégséges szint mindkét fél részben 10-10 pont.

Mérési feladat: max. megszerezhető pont: 50 pont; elégséges szint 20 pont.

Gyakorlati jegy kiszámítása:

- 0 – 39 pont között a gyakorlati jegy elégtelen
- 40 – 54 pont között a gyakorlati jegy elégséges
- 55 – 69 pont között a gyakorlati jegy közepes
- 70 – 84 pont között a gyakorlati jegy jó
- 85 – 100 pont között a gyakorlati jegy jeles

Az a hallgató, akinek a félév során nincs elégtelen érdemjegye és igazolatlan hiányzása a szorgalmi időszakban, a megszerzett pontjaihoz 8 pontot kap.

Felkészüléshez ajánlott irodalom:

- Huba A. és Lipovszki Gy.: **Méréselmélet**, kézirat, 2014, ISBN 978-963-313-171-8
- Balog L., Kollár I., Németh J., Péceli G. és Sujbert L.: **Digitális jelfeldolgozás**, kézirat, 2008
- Gerzson M.: **Méréselmélet**, Egyetemi tananyag, 2011, ISBN 978 963 279 502 7
- Gerzson M.: **Méréselmélet példatár**, Pécs, 2015
- S. W. Smith: **The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing**, 2nd Edition, San Diego, California, ISBN 0-9660176-6-8
- D. Manolakis and V. Ingle: **Applied Digital Signal Processing**, Cambridge, 2011, ISBN 978-0521-11002-0
- Measurement Computing: **Data Acquisition Handbook**, 3rd Edition
- S. J. Orfanidis: **Introduction to Signal Processing**, Rutgers University, 2010

Miskolc, 2019. szeptember 03.

Váradiné Dr. Szarka Angéla
tudományos főmunkatárs
tárgyjegyző

Méréselmélet és mérőrendszerek
GEVEE 224M tantárgy beadandó házi dolgozatok témái
a nappali tagozatos villamosmérnök hallgatók számára

A beadandó dolgozatok témáit az alábbi listából adjuk ki a hallgatóknak, de a témák nem korlátozottak a listára, a hallgatókkal egyeztetve lehetőség van új témák felvételére is.

1. Nem normál eloszlású mérési sorozatok hibabecslő módszerei
2. Mért jelek feldolgozása frekvencia tartományban, DFT, FFT, power spektrum
3. Wavelet transzformáció
4. Digitális szűrés elmélete és gyakorlati alkalmazása
5. Mérési folyamatok on-line vezérlési módszerei
6. Mérőrendszerek időzítési és alarm módszereinek szimulációja és fejlesztése
7. Érzékelők elmélete: nem villamos mennyiségek érzékelési módszerei 1. (rezisztív, kapacitív, induktív, lézer interferométer)
8. Érzékelők elmélete: nem villamos mennyiségek érzékelési módszerei 2. (ultrahangos, mágneses)
9. Érzékelők elmélete: nem villamos mennyiségek érzékelési módszerei 2. (optikai)
10. Hőmérséklet érzékelés módszerei (rezisztív, termisztoros, hőelemes, félvezetős hőelemes, infra érzékelők, üvegszálas hőérzékelők,, stb)
11. Villamos hálózatok minőségi diagnosztikája
12. Villamos energia fogyasztásmérőkben alkalmazott mérési módszerek kiértékelése.

Példa házi dolgozat kidolgozásra és bemutatóra
Méréselmélet és mérőrendszerek
GEVEE 224M tantárgy
a nappali tagozatos villamosmérnök hallgatók számára

MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR



Méréselmélet és mérőrendszerek

Wavelet transzformáció

Készítette: Tóth József, F3CVKI

Miskolc, 2018

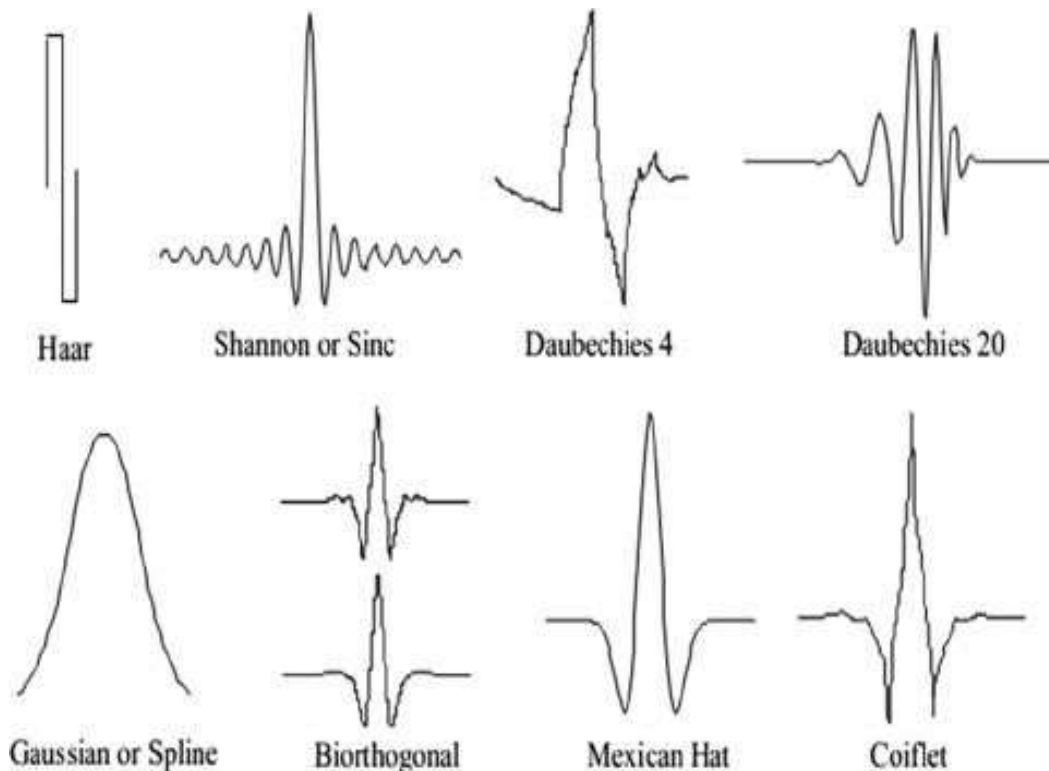
Tartalomjegyzék

Wavelet transzformáció fogalma	6
Matematikai háttér	6
Lineáris algebra, vektortér	6
Függvényterek, ortogonalitás	7
Fourier transzformáció	7
Rövid idejű Fourier transzformáció	8
Wavelet transzformáció	10
Határozatlansági reláció	10
Gyakorlati alkalmazásuk, előnyei hátrányai	12
Előnyei	12
Hátrányai	12
Alkalmazásuk	12
Ujjlenyomatok tárolása	13
Inverz wavelet transzformáció zajszűrésre	13

Wavelet transzformáció fogalma

A wavelet szó jelentése kis hullám, hullámocska. A wavelet időben és frekvencia szempontjából is lokalizált $\psi(t)$ elemző függvény. A lépték szerinti felbontást a kiválasztott elemző függvény nyújtásával vagy zsugorításával érhetjük el. A módszer tehát alkalmas mind időbeli, mind frekvenciabeli lokalizálásra, de nem tetszőleges pontossággal. A wavelet analízis az utóbbi évtizedekben került a figyelem középpontjába. Az analízisnek ezt a fajtáját a tranziens jelek hatékony ábrázolásának képessége teszi népszerűvé a jelfeldolgozás területén. Különböző típusú és fajtájú wavelet bázisfüggvények állnak a felhasználók rendelkezésére.

A wavelet bázisfüggvények konstruálásának története a Haar-féle ortogonális rendszer megalkotásával kezdődött a múlt század elején (1909). Ekkor alkotta meg Haar Alfréd elsőként a Hilbert térnek $L^2(\mathbb{R})$ egy teljes ortonormált rendszerét melyet később Haar waveletnek kereszteltek át. A 80-as években megjelent a Morlet-, majd a Gauss-függvény szerű és Mexican-Hat wavelet. További wavelet bázis függvények - a teljesség igénye nélkül - a Shannon, Meyer, Battle-Lemarié, Daubechies, Symlets, Coiflets, B-spline, és biortogonális waveletek. A transzformáció matematikai hátterét a dolgozat később részletezi.



1. ábra: Wavelet-ek típusai

A Fourier transzformációval a frekvencia-térbeli leírás pontosan megadja a jelsorozatot létrehozó sin és cos függvények amplitúdó és fázisértékeit, de semmit nem mond a jel időbeli változásairól (pl. a jellemző időbeli frekvenciák változásáról).

A wavelet transzformáció segítségével egy éles változás a frekvenciaspektrumban annak előfordulási idejével együtt, egyszerre határozható meg.

Matematikai háttér

Lineáris algebra, vektortér

A vektortér fogalma: az E vektorhalmaz a valós vagy komplex $\mathbb{R}$ vagy $\mathbb{C}$ számok teste felett akkor vektortér, ha tetszőleges $x, y \in E$ vektorra két művelet, az összeadás és $\alpha \in \mathbb{R}$ vagy $\mathbb{C}$ skalárral való szorzás értelmezett: $x + y, \alpha x$

A vektorokat gyakran szám n -esekkel jellemezzük (n dimenziós vektortér): $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$.

E-nek egy M részhalmaza E-nek lineáris altere, ha minden $x, y \in M$ vektorra $x + y$, illetve tetszőleges $\alpha \in \mathbb{R}$ vagy $\mathbb{C}$ skalárra αx is M -ben van

Ha $S \subseteq E$, akkor az S által **kifeszített „S” altér** az S vektorainak összes **lineáris kombinációja**:

$$"S" = \left\{ \sum_i \alpha_i x_i \mid \alpha_i \in \mathbb{R} \text{ vagy } \mathbb{C} \text{ és } x_i \in S \right\}$$

Az $x_1, x_2, \dots, x_n$ vektorok lineárisan függetlenek, ha

$$\sum_i \alpha_i x_i = 0$$

csak akkor igaz, ha az összes α_i zérus.

Egy $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ vektorrendszer E-nek **bázisa**, ha

$$E = "(x_1, x_2, \dots, x_n)"$$

és $x_1, x_2, \dots, x_n$ lineárisan függetlenek.

E végtelen dimenziós vektortér, ha végtelen sok lineárisan független vektort tartalmaz.

Függvényterek, ortogonalitás

Legyen az E vektortéren értelmezett $\langle \dots, \dots \rangle$ skalárszorzat egy valós vagy komplex értékű függvény, amely $E \times E$ felett értelmezett (vektorpárok halmaza) és teljesít bizonyos tulajdonságokat (pl. $\langle x+y, z \rangle = \langle x, z \rangle + \langle y, z \rangle$, $\langle x, \alpha y \rangle = \alpha \langle x, y \rangle$, $\langle x, x \rangle \geq 0$)

Például az $\mathbb{R}$ feletti komplex értékű függvények, illetve szám n -esek vektorterében:

$$\langle f, g \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} f^*(t)g(t) dt \quad \text{illetve} \quad \langle x, y \rangle = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x^*[n]y[n]$$

Ha az x vektor ortogonális (merőleges) y -ra, akkor $\langle x, y \rangle = 0$.

Az x vektor normája az $\|x\| = \sqrt{\langle x, x \rangle}$ skalárszorzat. Vektorok egy $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ halmaza ortogonális, ha bármely két vektora ortogonális. Ha ebben a halmazban az összes vektor egységnyi normájú, akkor ortonormált vektorrendszerrel beszélünk.

Ha az ortonormális vektorrendszer kifeszíti E -t, akkor E -nek ortonormális bázisa.

Fourier transzformáció

A wavelet transzformáció pontosabb megértése érdekében mindenképp meg kell említenünk a Fourier transzformáció működését és tulajdonságait.

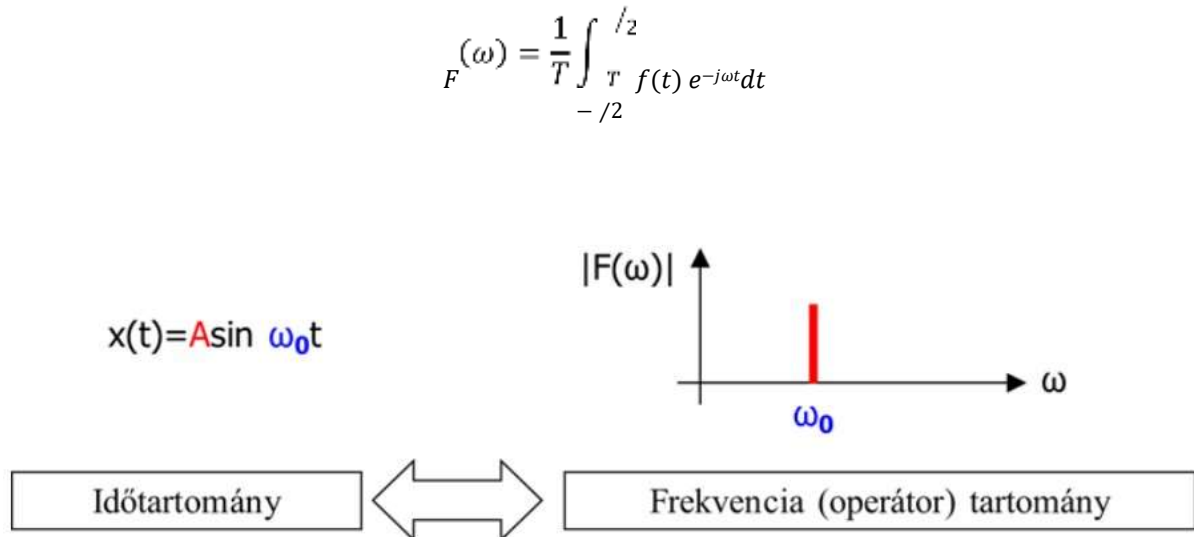
A Fourier-transzformáció (Fourier-integrál) a matematikai analízis eszköze, melynek segítségével egy időben folytonos jelet szinuszos jelkomponensek összegére bonthatunk fel.

A Fourier transzformáció igen fontos eszköz jelek vizsgálatában, mérési eredmények értékelésében stb. Nem kell tehát különösebben csodálkoznunk azon, hogy rengeteg munkát fordítottak a transzformáció részleteinek alapos kidolgozására. A digitális számítógépek, valamint a digitális mérés technika elterjedése újabb lökést adott a Fourier transzformáció alkalmazásának. A digitális számítógépek azonban lényegüket tekintve nagyon lomha, lusta rendszerek, mivel az aritmetikai műveleteket mindig logikai alpműveletekre vezetik vissza.

Különösen vontatottak a szorzások végzésében. A Fourier transzformáció pedig igen sok szorzást igényel: a mátrix koncepcióból eléggé nyilvánvalóan következik, hogy N szám transzformációjához szorzás szükséges. Egy 1000 mérési pontot tartalmazó adatsor DFT-je tehát egymillió szorzást igényel, ami a jelenlegi (átlagos) gépsebességek mellett több/sok másodperces műveleti időt igényel.

A Fourier transzformáció komplex elemző függvénye:

$$T$$



2. ábra: Fourier függvény analízis

A Fourier-transzformáció eredményeként az $f(t)$ vizsgált jel időfüggvényéből kapunk egy $F(\omega)$ egyváltozós függvényt a frekvenciatartományban. Ez pontosan megadja, hogy a vizsgált jel egyes frekvencia-összetevői milyen mértékben vannak jelen, azonban nem ad tájékoztatást arról, hogy a komponensek mikor fordulnak elő, tehát nem ad információt a jel időbeli változásairól.

Rövid idejű Fourier transzformáció

Az FFT leképezi az idősort egy frekvenciatérbe, de az időbeli alakulásról semmit nem mond, ezért szükség van egy olyan eljárásra, ahol képet kapunk a jel időbeli változásáról is. Erre egy lehetséges megoldás a rövid idejű Fourier transzformáció (STFT). A STFT képet ad a jel időbeli változásáról, valamint a frekvencia komponensekről, de egyiket sem végzi tökéletesen.

A vizsgálat elvégzéséhez egy ún. ablakfüggvényre van szükség, amelyet a jelünkön időben eltolva futtatunk végig. Az ablakfüggvény segítségével meghatározható a jel frekvenciakomponensei, valamint képet kapunk az időbeli változásáról is. A kiszámításhoz szükséges összefüggést a következő képlet mutatja.

$$g_{t_0, \omega_0} = e^{j\omega_0 t} \cdot g(t - t_0) \quad \text{illetve} \quad \|g\| = 1$$

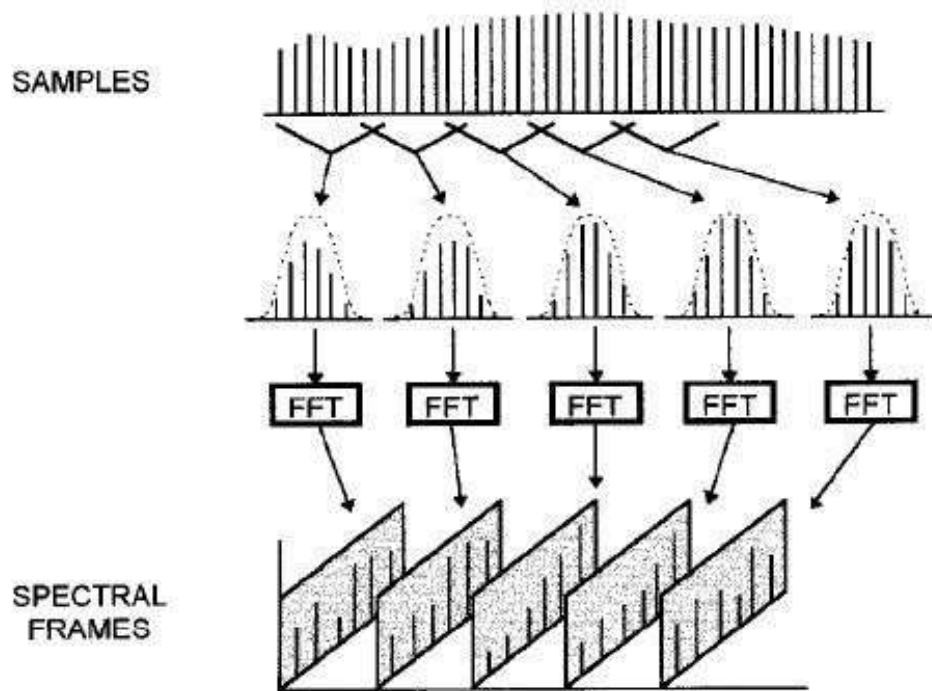
Az STFT transzformált meghatározása a következő integrál segítségével történik, amely a korábban definiált skalárszorzzattal hajtható végre. Az egyik tag a vizsgált időfüggvény, a másik a vizsgálófüggvény komplex konjugáltja.

$$Sf(t_0, \omega_0) = \langle f, g_{t_0, \omega_0} \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) g(t - t_0) e^{-j\omega_0 t} dt$$

Ez a mennyiség invertálható, a jel teljes energiája meg fog maradni. Az energiasűrűség eloszlását az idő-frekvencia síkon (spektogram) az alábbi összefüggéssel számíthatjuk, ami az STFT transzformált abszolútérték-négyzete.

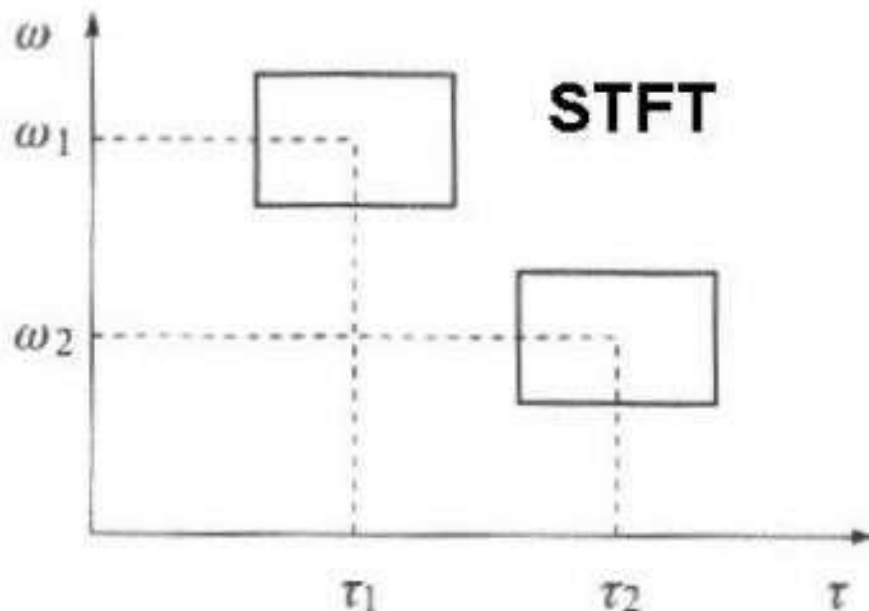
$$P_S f(t_0, \omega_0) = |Sf(t_0, \omega_0)|^2$$

A transzformáció végeredménye egy kétváltozós függvény, amely függ az idő- és frekvenciatartománybeli lokalizáltságtól. Azt az ábrázolásmódot, ahol a frekvenciát az idő függvényében ábrázoljuk fázistérnek nevezzük.



3. ábra: STFT működésének szemléltetése

A fenti ábra kiválóan szemlélteti az eljárás lényegét, viszont ez csak ideális esetet szemléltet. Az eljárás valós eredményeit a következő ábra szemlélteti. Az ábrán megfigyelhető, hogy az eljárás csak bizonyos pontosság figyelembevételével végezhető el. A transzformáció segítségével megkapjuk a jel idő-frekvencia leképezését amely, az ábrán látható módon egy $\Delta\omega \times \Delta t$ cella a fázistérben.



4. ábra: STFT a fázistérben

Az eljárás hátrányát pontosan ez a $\Delta\omega \times \Delta t$ cellaméret adja. Az STFT a fázistér minden pontján azonos a felbontás, így nem tudunk sehol sem pontos értékeket vizsgálni.

Wavelet transzformáció

A STFT transzformáció hiányosságai kiküszöbölhetők wavelet transzformációval. A későbbiekben láthatjuk, hogy a wavelet hogyan küszöböli ki az STFT transzformáció hiányosságait, ha függvényanalízist akarunk végezni. A wavelet transzformációnak hasonló a meghatározásának menete, viszont több dologban is eltér. A waveletnél más bemeneti paramétereket határoznak meg illetve más lesz a transzformáció bázisfüggvénye. Elsőként meg kell határoznunk az ún. any wavelet-et.

$$\psi_{ab}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad \text{illetve} \quad \|\psi_{ab}\| = 1$$

Az összefüggésben változtatható mennyiségek az a: skála- és b: eltolási paraméterek. Az $1/\sqrt{a}$ mennyiséget normalizációs együtthatónak nevezik. Ennek segítségével felírva a vizsgált időfüggvény folytonos wavelet-transzformáltját skalárszorzatot képezve:

$$CWT \quad \{f(a, b)\} = W_f(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{ab}^*(t) dt = \langle f(t), \psi_{ab}(t) \rangle$$

Az STFT transzformálthoz hasonlóan invertálható, a jel teljes energiája megmarad. Az energiasűrűség-eloszlást az idő-frekvencia síkon az alábbi összefüggéssel nyerjük (skalagram):

$$P_w f(a, b) = |W_f(a, b)|^2$$

Ebben az esetben azonban változó nagyságú „idő-frekvencia atomokkal” történik a lefedés, ami az eltolási- és skálaparaméterek függvénye.

Határozatlansági reláció

A következőkben beszélni kell az idő/frekvencia határozatlansági elvről. Legyen $f(t)$ a vizsgált jel időfüggvénye, $F(\omega)$ a jel Fourier-transzformáltja. Jelölje t_0 és ω_0 az idő- és frekvenciatartománybeli súlyozott négyzetátlagot:

$$t_0 = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} t |f(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt} \quad \text{illetve} \quad \omega_0 = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \omega |F(\omega)|^2 d\omega}{\int_{-\infty}^{+\infty} |F(\omega)|^2 d\omega}$$

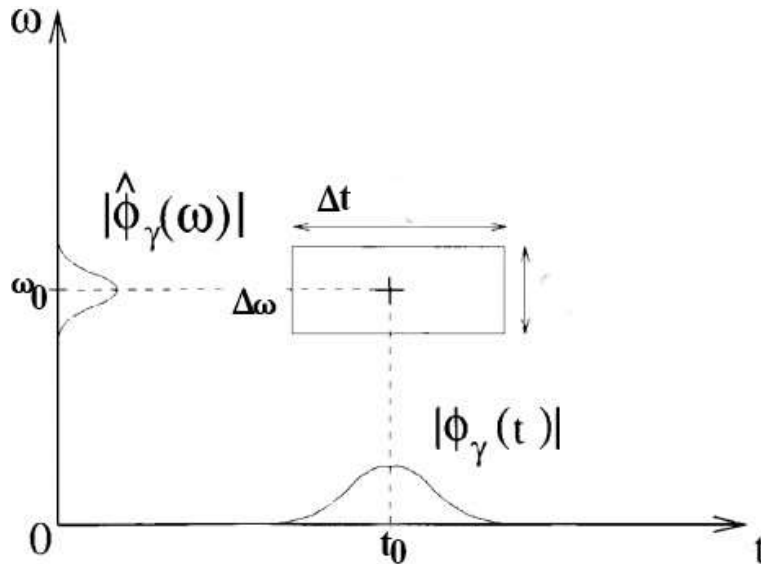
Azt mondjuk, hogy a jel a t_0 , illetve az ω_0 pontokban lokalizált. Ekkor a s idő-, illetve a S frekvenciatartománybeli szórások mérik fel az $f(t)$ és az $F(\omega)$ jelek t_0 és ω_0 pontok körüli eloszlásának szélességét. Számszerűleg a s^2 és a S^2 varianciák (szórásnégyzetek) négyzetgyökei:

$$s^2 = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} (t - t_0)^2 |f(t)|^2 dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt} \quad \text{illetve} \quad S^2 = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} (\omega - \omega_0)^2 |F(\omega)|^2 d\omega}{\int_{-\infty}^{+\infty} |F(\omega)|^2 d\omega}$$

Felírva az idő-frekvencia határozatlansági elvet:

$$\sigma_s^2 \cdot \sigma^2 \geq \frac{1}{4}$$

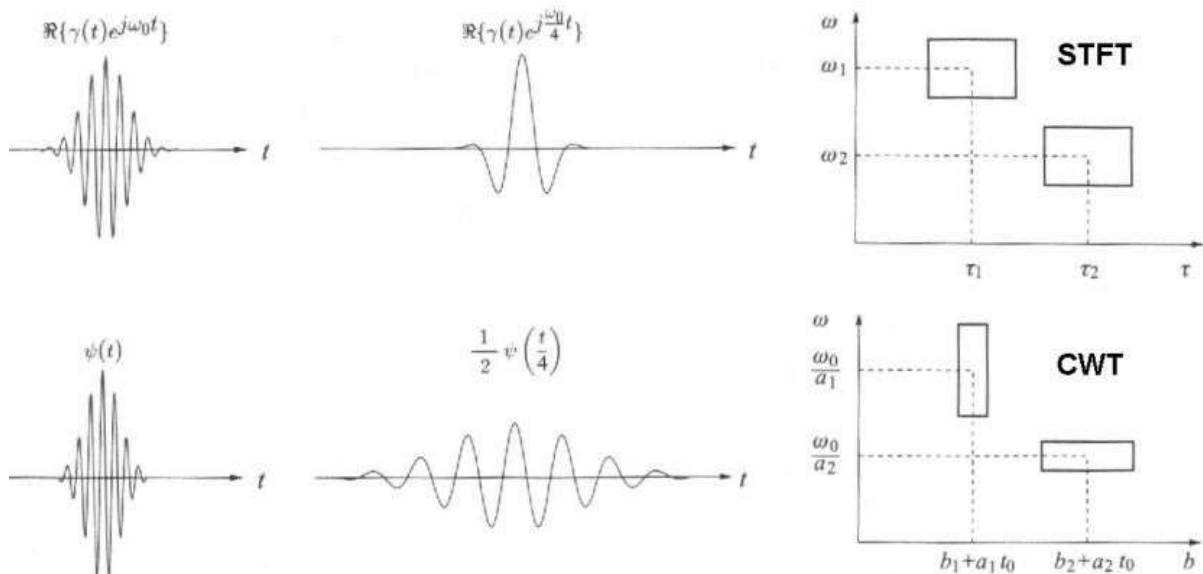
Az összefüggés azt fejezi ki, hogy *a jel nem lehet idő- és frekvenciatartományban egyszerre tetszőleges pontossággal lokalizált*. Példaként egy jel elhelyezkedése a fázistérben idő és frekvencia szempontjából, bejelölve a súlyozott négyzetátlagokat, illetve a két tartománybeli felbontás mértékét.



5. ábra: Határozatlansági reláció ábrázolása a fázistérben

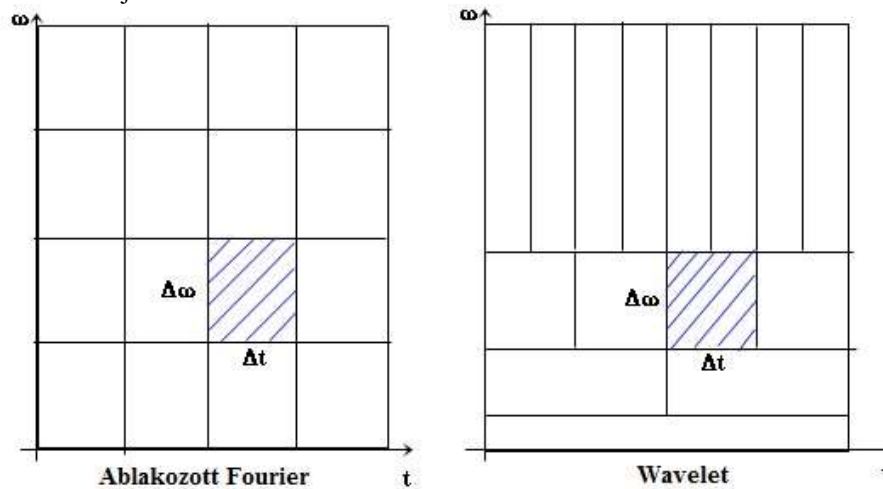
Wavelet és STFT összehasonlítása

A határozatlansági elv alapján kimondtuk, hogy a jel nem lehet tetszőleges pontossággal lokalizált idő- és frekvenciatartományban egyszerre. A következő ábrán láthatjuk a wavelet illetve az STFT eljárások viselkedését a fázistérben.



6. ábra: STFT és CWT összehasonlítása

A megfelelő skálárpárparaméterek kiválasztásával eldönthetjük, hogy időbeli vagy frekvenciabeli felbontást szeretnénk pontosabban vizsgálni. Azaz kisebb frekvenciákon jó időbeli, de rossz frekvenciabeli felbontást kapunk, nagyobb frekvenciákon jó frekvenciabeli, de rossz időbeli felbontásunk lesz. A következő ábra a felbontásbeli különbségeket ábrázolja a fázistérben. Az ábrán $\Delta\omega \times \Delta t$ méretű cellákat jelöltünk. Ezt Heisenberg doboznak hívják.



7. ábra: Heisenberg doboz

Gyakorlati alkalmazásuk, előnyei hátrányai

Előnyei

- Gyorsan változó jelek, tranziensek jobban elemezhetők waveletek segítségével mint sin/cos függvényekkel
- A jel frekvenciaösszetevőinek, energiájának helyfüggő változásai a térben lokalizált waveletekkel jól leírhatók (ún. nem stacionárius jelek - sin/cos erre alkalmatlan)
- A wavelet analízis a Fourier analízisnek, azaz a jel frekvenciaösszetevőkre bontásának egy-fajta kibővítéseként sokfajta jel teljesebb elemzését adja

Hátrányai

- Az elemző wavelet megválasztása némiképpen tetszőleges
- A wavelet analízis erőforrás igényesebb a Fourier analízisnél (2 változó: helyzet, skála)
- A folytonos wavelet transzformáció (CWT) nem ortogonális felbontást ad
- Nehezebb számszerűsíteni és standardizálni az analízis eredményeit
- Kevésbé kiforrott eljárás, mint a jel Fourier analízise

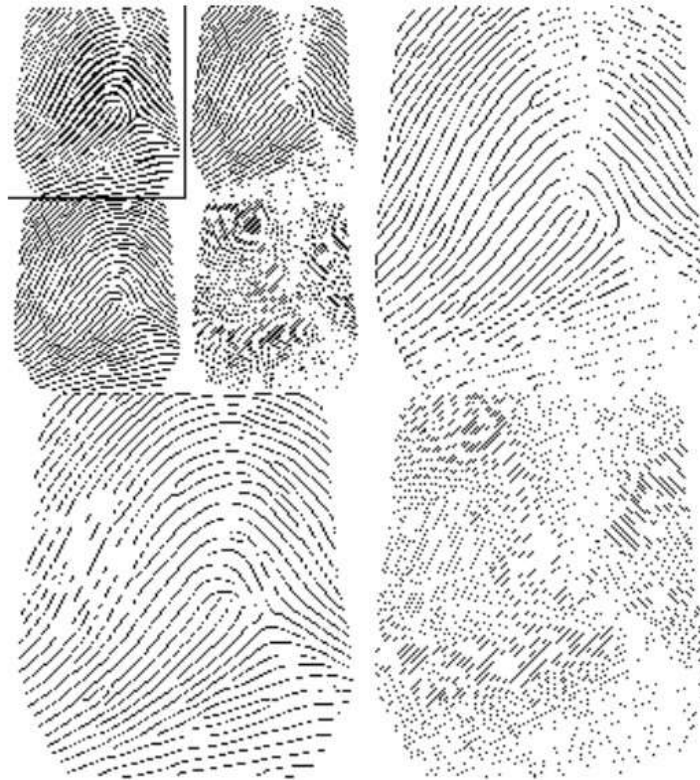
Alkalmazásuk

- A waveletek alkalmazása igen szerteágazó és folyamatosan bővül. Néhány terület:
- Adat és képtömörítés (JPEG2000, FBI)

- Lineáris egyenletrendszer átalakítása ritkán kitöltött mátrixú egyenletrendszerre
- Fraktálok, káosz, turbulencia modellezése
- Szűrés, zajszűrés
- Időben változó tulajdonságú jelek analízise

Ujjlenyomatok tárolása

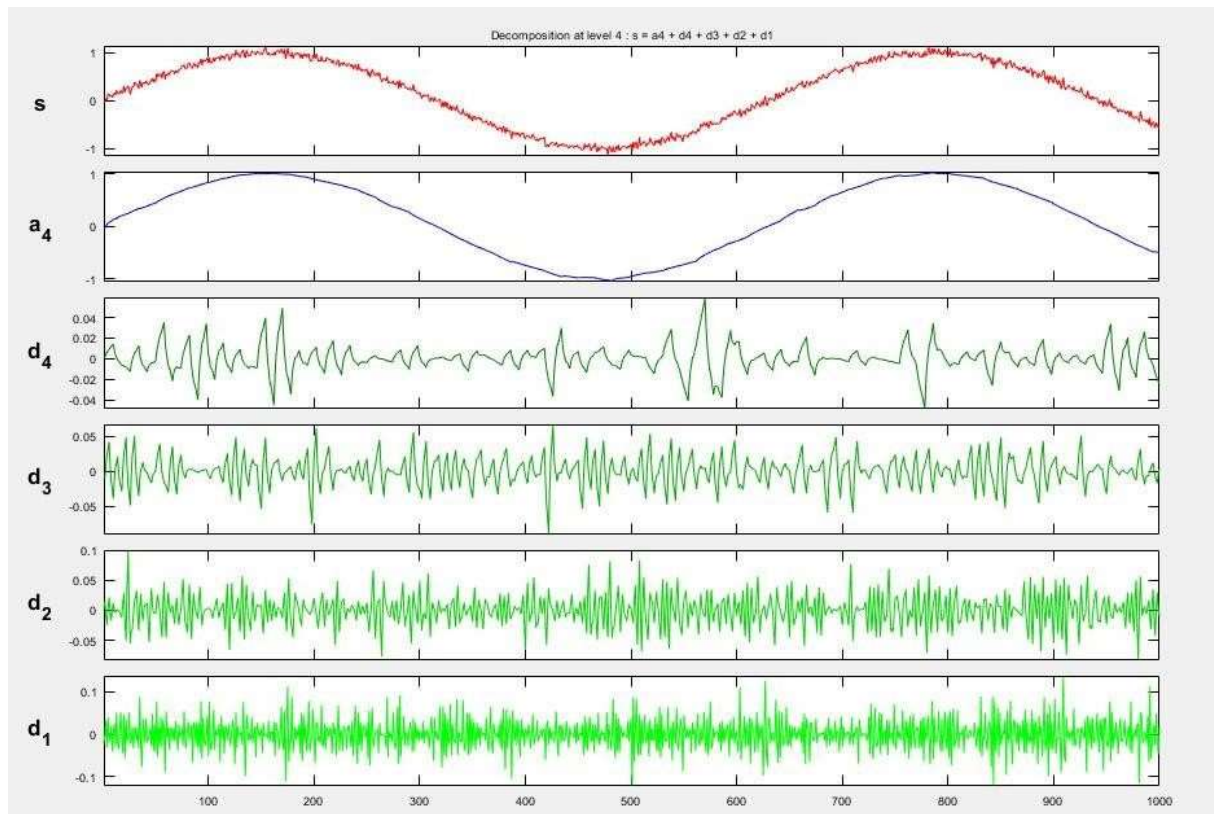
Egy teljes ujjlenyomat tárolása kb. 10 Mb tárhelyet igényel ami azt jelenti hogy az emberekhez tartozó ujjlenyomat tárolása tárhelyigényes. Ennek a problémának a megoldása a wavelet transzformáció. A tárhelyigény a wavelet transzformáció után kb. 0.5 Mb lesz így jelentősen csökken a helyigény.



8. ábra: Ujjlenyomat wavelet transzformáció után

Inverz wavelet transzformáció zajszűrésre

A wavelet transzformációt használhatjuk zajszűrésre is. Erre egy szemléltető példa könnyedén készíthető Matlab szoftver segítségével. A szoftver tartalmaz beépített modult a wavelet kezelésére. Itt minden paraméterét megadhatjuk a waveletnek, megadható a típusa és ábrát is készít a transzformációról.



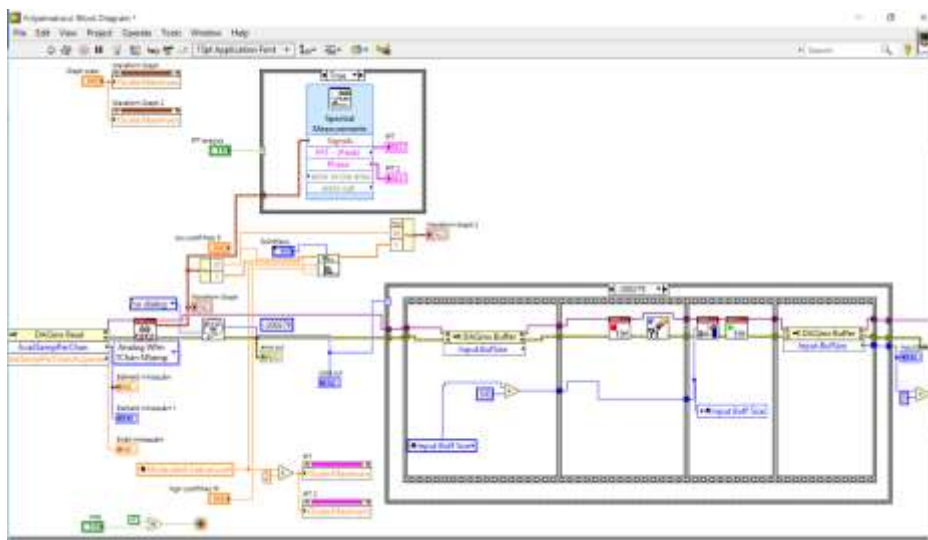
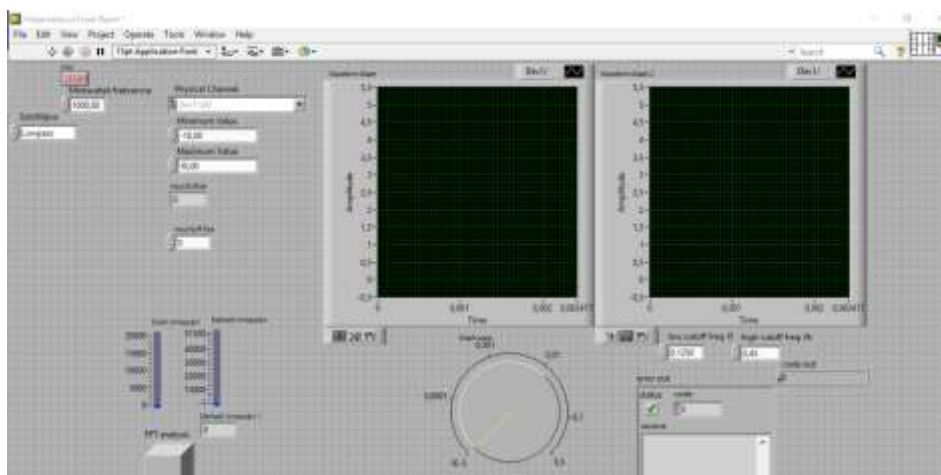
9. ábra: Zajszűrés wavelet segítségével

Példa feladat kidolgozásra
Méréselmélet és mérőrendszerek
GEVEE 224M tantárgy
a nappali tagozatos villamosmérnök hallgatók számára

Feladatok:

1. Készítsen egy olyan bemutató rendszert, amellyel demonstrálni lehet a lehető legtöbb fajta triggerelési módszert!
2. Készítsen egy olyan bemutató rendszert, amellyel demonstrálni lehet a különböző adatátvitel vezérlési módszerek közötti működési különbséget. (programozott, megszakítás vezérelt, DMA vezérelt)
3. Készítsen egy olyan bemutató rendszert, amellyel demonstrálni lehet a folyamatos mintavételezés működését és működési korlátait.
4. Készítsen egy olyan bemutató rendszert, amellyel demonstrálni lehet az analóg kimenet működését és működési korlátait.

Példa feladat megoldásra:



Tantárgyi dosszié

Tárgy: MÉRÉSELMÉLET ÉS MÉRŐRENDSZEREK
Tárgyjegyző: Szabó Norbert *mesteroktató*
Szak: MSc levelező alapszak

Tárgykód: GEVEE224ML
félév: 1. (ősz)
Szak: (MSc levelező)
Szakirány: közös tárgy
Kredit: 5 kredit
ETF: nincs

a) Tantárgyprogram

Előadások ütemterve

Hét	Előadás	Gyakorlat
3 (39)	Balesetvédelmi oktatás. A mérés technika tárgyköre. Mértékegység rendszerek. Mérési hiba. A hiba definíciói, rendszeres és véletlen hibák. A hibák feltárhatósága, a hibák csökkentésének lehetőségei. hibaszámítás. Feszültség és árammérés eszközei. Digitális multiméterek., analóg és digitális oszcilloszkópok, függvénygenerátorok. Teljesítménymérés eszközei és módszerei. 1 és 3 fázisú rendszerek teljesítményének mérése. Ellenállás és impedancia mérése. Null mérési módszer. Digitális mérési módszerek. a digitális adatfeldolgozás elvi kérdései. A mintavételezési és kvantálási törvények. Mintavételezett jelek feldolgozása idő-és frekvenciatartományban. Aktív és passzív transducer elemek, szenzorok. Ezek típusai, jellemzői felhasználási területei.	
5 (41)	Nem villamos mennyiségek villamos mérése. Hőmérsékletmérés érzékelői. Hőellenállás, hőelem. Piezoelektromos érzékelők, gyorsulás- és erőmérő. Hall-elemes árammérő. Számítógépes mérőrendszerek alapjai, és felépítése. Jelkondicionálók, D/A és A/D átalakítók. Mintavevő-tartó áramkörök. számítógépbe helyezhető adatgyűjtő kártyák jellemzői és alkalmazási lehetőségei. In-line és off-line feldolgozású mintavételezés. Mintavételezési módszerek. Analóg és digitális triggerelés lehetőségei. Véletlen hibák becslésének módszerei. Gauss és nem Gauss eloszlású mérési sorozatok kiértékelése. Folyamatképeség vizsgálat. Regresszió analízis. A számított eredmények hibái, a hibák halmozódása a matematikai műveletek során. Gyakorlati feladatok és problémák megoldása a mérési hibák területén. A mérés technikában használatos soros és párhuzamos kommunikáció protokolljai, vezeték nélküli mérőrendszerekben alkalmazott protokollok. Ipari mérőrendszerek, tesztelési módszerek	Számítógépes adatgyűjtő kártya analóg bemenetének használata, mérések érzékelőkkel
10 (46)	ZH írás	Feladat beadás

b) Ajánlott irodalom:

1. Szabó N. elektronikus példatár, letölthető a www.electro.uni-miskolc.hu/~elkszabo honalpról
2. Zoltán István: Mérés technika (Egyetemi Tankönyv) 1997
3. J.G. Webster: The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, 1998.

c) Félévi követelmények:

A tantárgy lezárásának módja:

aláírás, gyakorlati jegy

Félév elismerésének módja:

Az aláírás megszerzésének feltétele:

1. A félév során a számítógépes egyéni feladat, legalább elégséges szintű teljesítése.
2. A **zárthelyi** dolgozat legalább elégséges minősítésű teljesítése. Időpontja **10.(46.) hét**, időtartama 80 perc, értékelése 0-40pont. Elégséges szint 50% (20 pont).

Laboratóriumi eszközök használatának feltétele:

Laboratóriumi mérési gyakorlaton csak az a hallgató vehet részt, aki balesetvédelmi oktatásban részesült.

Az elégtelenre értékelt laboratóriumi mérés pótlására csak a 14. oktatási héten van lehetőség.

Ekkor csak a mérési feladat pótolható.

A gyakorlati jegy kiszámításának módja:

A zárthelyi dolgozat 40 pont, mérési gyakorlatokon szerezhető ugyancsak 40 pont. Így összesen 80 pont szerezhető:

Elégtelen 0 - 39 pont

Elégséges 40 - 49 pont

Közepes 50 - 59 pont

Jó 60 - 69 pont

Jeles 70 - 80 pont

Pótlások

A laboratóriumi mérések pótlására a szorgalmi időszak 14. hetében van lehetőség. Ahol maximum 1 mérés pótolható.

A sikertelen zárthelyi is az utolsó héten pót-zárthelyi keretében pótolható.

Aláírás és gyakorlati jegy pótlása

A vizsgaidőszakban **nincs lehetőség számítógépes mérés pótlására!** Akinek csak a zárthelyi nem sikerült, annak pótlására van lehetőség a vizsgaidőszakban.

Végleges aláírás megtagadás

Aki a órák több min 30%-áról hiányzik, az végleges aláírás megtagadásban részesül.

d) Zárthelyi minta:

Elektronika- elektronikus mérőrendszerek vizsga zárthelyi

A

GEVEE217ML tárgy hallgatói számára

Név, Neptun kód

1., Néhány soros rövid lényegre törő válaszokat adjon az alábbi kérdésekre!

(5x2pont)

- a.) Miért kell a skála felső harmadában mérni, analóg és digitális műszerek esetén?
- b.) Mit jelent egy feszültség lineáris középértéke?
- c.) Mit nevezünk a műszer felbontásának?
- d.) Rajzolja fel az ellenállásmérés nullmódszerének kapcsolását és írja fel a kiegyenlítés feltételét is!
- e.) Hogy nevezzük azt a módszert, amelynek helyes alkalmazása biztosítja azt, hogy az oszcilloszkópon állóképet lássunk?

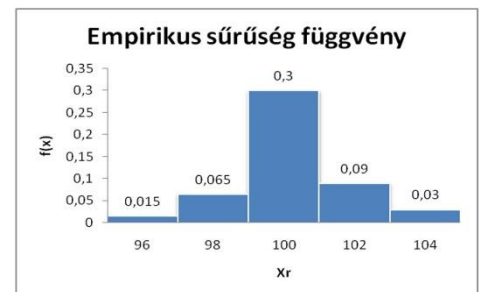
2., Mutasson be egy-egy példát analóg jel esetén trigger szint alatti és szint feletti mintavételezésre. Hiszterézises le és felfutó élre induló mintavételezésre illetve ablak triggerelésre! (8 pont)

3., Egy mérési sorozat csoportosított eredményeit tartalmazza az alábbi táblázat. Határozza meg annak az egyenesnek az egyenletét, amely legjobban közelíti az adott ponthalmazt. (6 pont)

x_i	y_i		
1	2		
2	5		
3	5		
4	7		

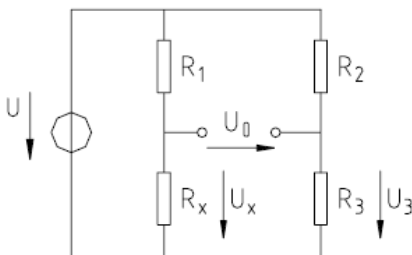
5	11		

- 4., Egy 50Hz-es 3 fázisú motoron szeretnénk méréseket végezni. Multiplexelt 1MHz-es maximális konverziós frekvenciájú mintavételező rendszer segítségével. A 3 fázis feszültségét és a 3 fázis áramát mérjük. (5x2pont)
- A feszültség- és az áramjelek frekvenciaspektrumát szeretnénk megvizsgálni a 30. felharmonikusig. Ehhez milyen tartományban választhatunk mintavételi frekvenciát?
 - A feszültség- és az áramjelek frekvenciaspektrumát szeretnénk megvizsgálni a 30. felharmonikusig. Ehhez milyen tartományban választhatunk konverziós frekvenciát?
 - A feszültség- és az áramjeleket időtartományban szeretnénk megvizsgálni. Ehhez milyen tartományban választhatunk mintavételi frekvenciát?
 - A feszültség- és az áramjeleket időtartományban szeretnénk megvizsgálni. Ehhez milyen tartományban választhatunk konverziós frekvenciát?
 - 24kHz-es konverziós frekvenciával csatornánként 1200 mintát mérve, határozza meg az amplitúdó-frekvencia spektrum alapharmonikusát! Számítsa ki, hogy az 50Hz-es jel a spektrum kép hányadik komponensénél fog megjelenni, és szükség lesz-e ablakozó függvény alkalmazása?
- 5., Az alábbi ábrán egy 1000 elemből álló mérési sorozat, csoportosított adataiból készült empirikus sűrűségfüggvényét ábrázoltuk. A csoportosítás alapadatai. $\Delta x = 20$, $x_{r1} = 96$. Határozza meg a mellékelt ábra alapján a mérési sorozat csoportosított átlagát, szórását és átlagos abszolút eltérését!



Vizga ZH megoldás:

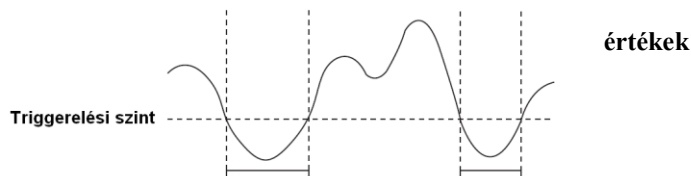
- 1., Néhány soros rövid lényegre törő válaszokat adjon az alábbi kérdésekre! (5x2pont)
- Miért kell a skála felső harmadában mérni, analóg és digitális műszerek esetén?
A relatív hiba a méréshatárhoz közeledve egyre csökken.
 - Mit jelent egy feszültség lineáris középértéke?
Azt az egyen feszültség, amely egységnyi idő alatt ugyanannyi vegyi munkát végez, mint a váltakozó feszültség.
 - Mit nevezünk a műszer felbontásának?
Két egymás mellett lévő, még éppen megkülönböztethető x jel távolsága. Általánosan: a műszerrel megadható legkisebb mérőszám különbség (Δx).
 - Rajzolja fel az ellenállásmérés nullmódszerének kapcsolását és írja fel a kiegyenlítés feltételét is!



Kiegyenlítés feltétele ($U_0=0$): $R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$

- Hogy nevezzük azt a módszert, amelynek helyes alkalmazása biztosítja azt, hogy az oszcilloszkópon állóképét lássunk?
Megfelelő triggerelés
- 2., Mutasson be egy-egy példát analóg jel esetén trigger szint alatti és szint feletti mintavételezésre. Hiszterézises le és felfutó élre induló mintavételezésre illetve ablak triggerelésre! (8 pont)

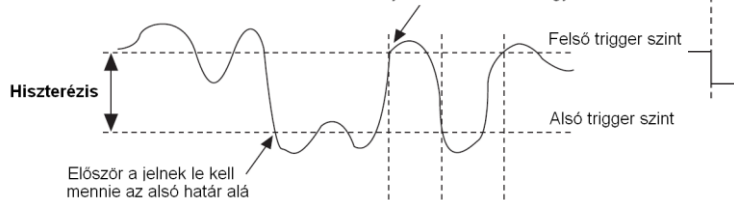
Beállított analóg triggerelési szint alatti mintavételezés



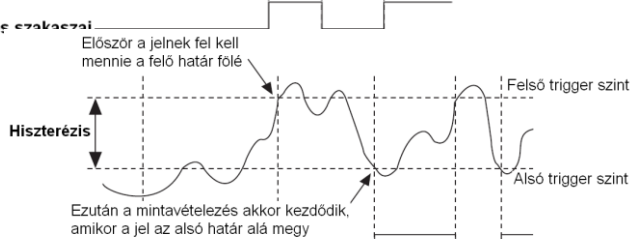
Beállított analóg triggerelési szint alatti mintavételezés



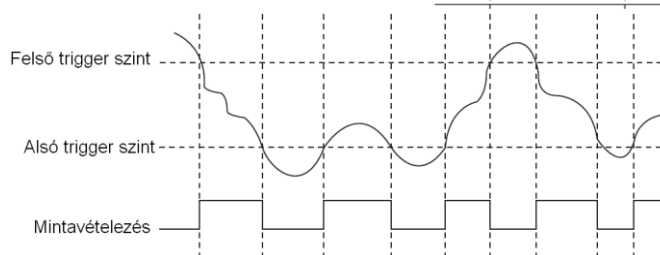
Felfutó jelre induló hiszterézises triggerelés



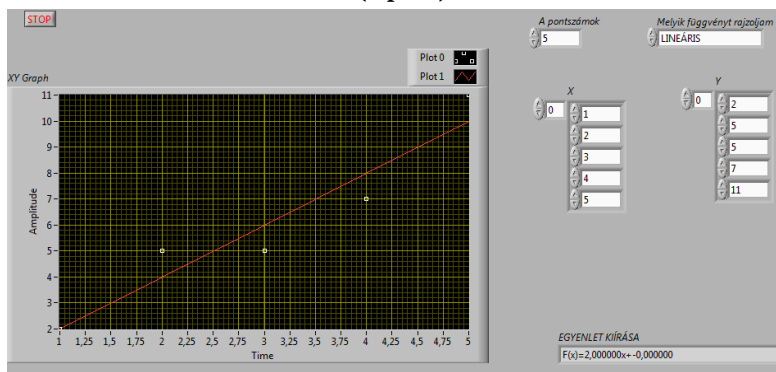
Lefutó jelre induló hiszterézises triggerelés



Ablak triggerelés



3., Egy mérési sorozat csoportosított eredményeit tartalmazza a lenti táblázat. Határozza meg annak az egyenesnek az egyenletét, amely legjobban közelíti az adott pontthalmazt. (6 pont)



x_i	y_i	$x_i \cdot y_i$	x_i^2
1	2	2	1
2	5	10	4
3	5	15	9
4	7	28	16
5	11	55	25
$\Sigma 15$	$\Sigma 30$	$\Sigma 110$	$\Sigma 55$

H_i legyen a négyzetes hibák összege, és n az elemek

száma. Ekkor $H_i = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$

Lineáris közelítés esetén $f(x) = a + b \cdot x$

$$H_i = \sum_{i=1}^n (y_i - a - b \cdot x_i)^2$$

H_i minimuma ha: $\frac{\partial H}{\partial a} = 0$ és $\frac{\partial H}{\partial b} = 0$

$$\frac{\partial H}{\partial a} = -2 \cdot \left[\sum_{i=1}^n y_i - n \cdot a - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i \right] = 0$$

$$\frac{\partial H}{\partial b} = -2 \cdot \sum_{i=1}^n x_i \left[\sum_{i=1}^n y_i - a - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i \right] = 0$$

$$\sum_{i=1}^n y_i - n \cdot a - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - a \cdot \sum_{i=1}^n x_i - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0$$

$$30 - 5 \cdot a - 15 \cdot b = 0$$

$$110 - a \cdot 15 - b \cdot 55 = 0$$

$$20 - 10 \cdot b = 0$$

$$b = 2$$

$$f(x) = y = 2 \cdot x + 0$$

- 4., Egy 50Hz-es 3 fázisú motoron szeretnénk méréseket végezni. Multiplexelt 1MHz-es maximális konverziós frekvenciájú mintavételező rendszer segítségével. A 3 fázis feszültségét és a 3 fázis áramát mérjük. (5x2pont)
- a.,) A feszültség- és az áramjelek frekvenciaspektrumát szeretnénk megvizsgálni a 30. felharmonikusig. Ehhez milyen tartományban választhatunk mintavételi frekvenciát?

$$50 \cdot 30 \cdot 2\text{Hz} < f_{mv} \leq 10 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 2\text{Hz}$$

$$3\text{kHz} < f_{mv} \leq 30\text{kHz}$$

- b.,) A feszültség- és az áramjelek frekvenciaspektrumát szeretnénk megvizsgálni a 30. felharmonikusig. Ehhez milyen tartományban választhatunk konverziós frekvenciát?

$$6 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 2\text{Hz} < f_{konv} \leq 1\text{MHz}$$

$$18\text{kHz} < f_{konv} \leq 1\text{MHz}$$

- c.,) A feszültség- és az áramjeleket időtartományban szeretnénk megvizsgálni. Ehhez milyen tartományban választhatunk mintavételi frekvenciát?

$$50 \cdot 10\text{Hz} < f_{mv} \leq 1\text{MHz} / 6$$

$$500\text{Hz} < f_{mv} \leq 166,6\text{kHz}$$

- d.,) A feszültség- és az áramjeleket időtartományban szeretnénk megvizsgálni. Ehhez milyen tartományban választhatunk konverziós frekvenciát?

$$50 \cdot 10 \cdot 6\text{Hz} < f_{konv} \leq 1\text{MHz}$$

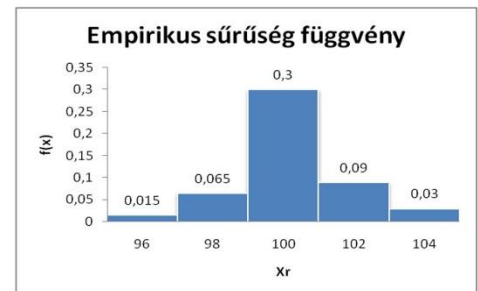
$$3\text{kHz} < f_{konv} \leq 1\text{MHz}$$

- e.,) 24kHz-es konverziós frekvenciával csatornánként 1200 mintát mérve, határozza meg az amplitúdó-frekvencia spektrum alapharmonikusát! Számítsa ki, hogy az 50Hz-es jel a spektrum kép hányadik komponensénél fog megjelenni, és szükség lesz-e ablakozó függvény alkalmazása?

$$f_1 = \frac{f_{konv}}{\text{csatorna} \cdot \text{mintaszám}} = \frac{24000}{6 \cdot 1200} = 3,33\text{kHz}$$

$$n_{\text{harmonikus}} = \frac{f_{\text{minta}}}{f_1} = \frac{50\text{Hz}}{3,33\text{kHz}} = 15 \text{ Mivel egész szám, nincs szükség, ablakozó függvényre!}$$

- 5., Az alábbi ábrán egy 1000 elemből álló mérési sorozat, csoportosított adataiból készült empirikus sűrűségfüggvényét ábrázoltuk. A csoportosítás alapadatai. $\Delta x = 20$, $x_{r1} = 96$. Határozza meg a mellékelt ábra alapján a mérési sorozat csoportosított átlagát, szórását és átlagos abszolút eltérését! (6 pont)



x_r	n_r	$x_r \cdot n_r$	δ_r	$\delta_r \cdot n_r$	δ_r^2	$\delta_r^2 \cdot n_r$
96	30	2880	4,22	126,6	17,8084	534,252
98	130	12740	2,22	288,6	4,9284	640,692
100	600	60000	0,22	132	0,0484	29,04
102	180	18360	1,78	320,4	3,1684	570,312
104	60	6240	3,78	226,8	14,2884	857,304
Σ	1000	100220	12,22	1094,4	40,242	2631,6

Csoportosított átlag. $\bar{x}_{cs} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n x_r \cdot n_r = \frac{100220}{1000} = 100,22$

Átlagos abszolút eltérés: A hibák abszolút értékeinek az összegéből a következő képlettel határozható meg:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n |\delta_r| \cdot n_r = \frac{1094}{1000} = 1,094$$

$$\text{Szórás, vagy standard eltérés: } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \delta_i^2 \cdot n_r} = \sqrt{\frac{2631,6}{1000}} = 1,622$$

e) Lehetséges mérési feladatok:

Mérési feladat

1. Készítsen olyan programot, amely segítségével a felhasználó képes lemérni a 16 csatorna mindegyikét is akár. Legyen lehetőség megadni a mintavételi frekvencia nagyságát és a minták számát. Gondoljon az értékhatárok max. és min. értékeinek beállítására! (7 pont)
2. Kapcsoljon a mérésadatgyűjtő kártya 0-ás bemenetére (AI0) egy 4V amplitúdójú háromszög jelet. A mérés összeállításánál ügyeljen a vezetékek helyes bekötésére! A mérési task egy MÉRÉS gomb megnyomása után induljon el, és egy megnyomás esetén csakis egyszer fusson le. A mintavételezett pontokat jelenítse meg egy (Feszültség – Idő) grafikonban, amely legyen kinagyítható. (3 pont)
3. Készítsen egy csatorna kiválasztó gombot, amely segítségével bármely csatornán lement adatot egyesével, külön meg tudjuk jeleníteni. A csatorna kiválasztását megoldhatja pl. egy forgó kiválasztó kapcsoló (knob) segítségével. Jelenítse meg a kiválasztott csatorna minimális és maximális értékeinek nagyságát is a grafikon mellett. (4 pont)
4. Adja meg a program a mérés várható idejét egy számkijelzőben. Amely úgy működjön, ha a mérés ideje meghaladná az 5 mp, akkor a program automatikusan módosítsa a mintaszámot még mérés előtt, a maximálisan megengedhető értékre. És írja ki a program a mért jel alapharmónikusának az értékét. (6 pont)
5. A program nem tartalmazhat ellentmondásos információkat a képernyőn. A képernyőn minden kezelő szervnek el kell férnie egyszerre 1 képernyőn, a képernyő görgetése nélkül. A feliratoknak minden esetben magyar nyelvűeknek kell lenniük. A nem feliratozott kapcsolók, grafikonok vagy értelemzavaró dolgok pontlevonást vonnak maguk után.

Megoldása:

