



A felsőfokú oktatás minőségének és
hozzáférhetőségének együttes javítása a
Pannon Egyetemen



Dr. Gugolya Zoltán
Dr. Medvegy Tibor

Mechatronika laboratóriumi gyakorlatok

Fizika és Mechatronika Intézet

2019



Tartalomjegyzék

1.1	MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE	3
1.2	MŰSZEREK	16
1.3	NI ELVIS II+	23
1.4	QNET MECHATRONIKAI SENZORPANEL	25
2	SZENZORTECHNIKA	27
2.1	NYOMÁSMÉRŐ SENZOR VIZSGÁLATA	27
2.2	ULTRAHANGOS TÁVOLSÁGMÉRÉS	31
2.3	POTENCIOMETRIKUS ÚTADÓ ÉS SZÖGELFORDULÁSMÉRÉS	34
2.4	NYÚLÁSMÉRŐ BÉLYEG VIZSGÁLATA	38
2.5	OPTIKAI KÖZELÍTÉSKAPCSOLÓ	42
2.6	INDUKTÍV ÚTADÓ VIZSGÁLATA	46
2.7	KAPACITÍV ÉS INDUKTÍV KÖZELÍTÉSKAPCSOLÓK	48
2.8	OPTIKAI ÚTADÓ VIZSGÁLATA	51
2.9	AZ LVDT VIZSGÁLATA	55
2.10	HŐMÉRÉSÉLMÉRÉS	58
3	AKTUÁTORTECHNIKA	61
3.1	DC MOTOR	61
3.2	LÉPTETŐMOTOR VIZSGÁLATA	67
3.3	TELJESÍTMÉNY ALKATRÉSZ MELEGEDÉSÉNEK VIZSGÁLATA	74
3.4	SCORBOT ER-4U ROBOTKAR PROGRAMOZÁSA	78
3.5	KARDÁNCUKLÓ	82
3.6	LÉZERES MEGMUNKÁLÁS X-Y ASZTALON	87
3.7	TÁPEGYSÉG	90
3.8	MITSUBISHI ALPHA 2 MIKROVEZÉRLŐ	95
3.9	POHL INGA	99
3.10	PWM	101



Mérés és műszertechnika

1.1 Mérési eredmények kiértékelése

Mérés

Mérések végzésekor általában valamilyen fizikai, kémiai mennyiség nagyságára – azaz egy másik, egységként kiválasztott mennyiséghez viszonyított arányára – vagyunk kíváncsiak. A mérés tehát egy olyan folyamat, ahol információt szerzünk a mérendő mennyiségről.

A mérési módszer azoknak az alkalmazott törvényszerűségeknek, elveknek az összessége, amelyek alapján a mérést végrehajtjuk. Bizonyos mennyiségeket a megfelelő mérőeszközzel közvetlenül meg tudunk mérni, ekkor közvetlen mérési módszerről beszélünk (pl. hosszúságmérés). Közvetett mérésnél ez nem lehetséges. Ilyen esetben egy olyan másik mennyiséget kell közvetlen méréssel meghatároznunk, amelynek pontosan ismerjük a mérendő mennyiséggel való kapcsolatát (pl. egy telep belső ellenállásának meghatározása).

Ha valamilyen mennyiséget megmérünk, akkor a mérési eredmény mindig tartalmaz valamekkora hibát. **Tökéletes mérés nem létezik!** Nincs az a bármely körülményben végrehajtott mérés, amely ne tartalmazna valamekkora bizonytalanságot. Különösen igaz ez a megállapítás, ha a mért mennyiség folyton változhat (pl. feszültség érték).

Jellegük alapján a mérési hibák több csoportra oszthatók. Véletlen hibáról beszélünk akkor, ha a mérést többször megismételve a kapott értékek egy x^* valódi érték körül ingadoznak. A véletlen hibáknak is vannak konkrét okai, de ezeket vagy nem tudjuk kiküszöbölni, vagy pedig nem is ismerjük. Rendszeres (szisztematikus) hiba esetén a mért értékek nem az x^* valódi érték körül, hanem attól eltérő $x^{*'}$ érték körül ingadoznak. Szisztematikus hibát okozhat pl., ha a mérés előtt nem győződünk meg arról, hogy a mérőműszer mutatója nullán áll-e. Ilyen esetben a szisztematikus hibák nagysága és előjele meghatározható, így az eredmény korrigálható. Törekedjünk arra, hogy kellő körültekintéssel a rendszeres hibákat szüntessük meg. A leg súlyosabb mérési hibák oka a mérési feladat félreértése, téves leolvasás, adatelírás,

mértékegységek összekeverése a számolásban stb. Ezek a hibák a laboratóriumi gyakorlatra való felkészüléssel nagymértékben kiküszöbölhetők.

Beclsés

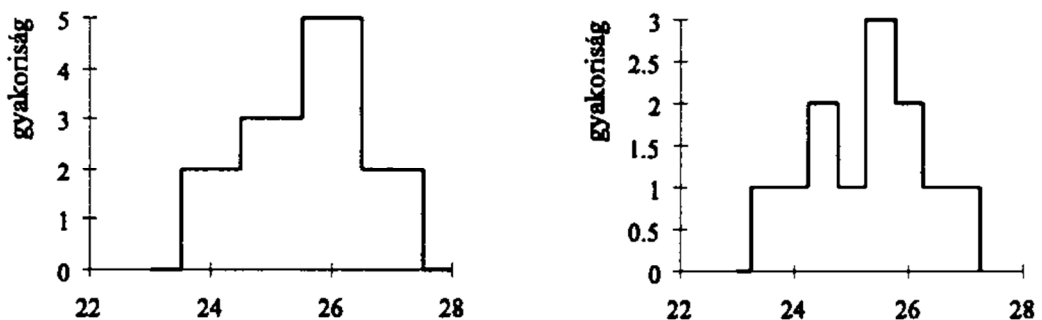
A fentiek alapján egyértelmű, hogy a véletlen hibák miatt egy mennyiség mérésével való meghatározásához kevés az egyszeri mérés. Célszerűnek látszik a mérés többszöri megismétlése változatlan körülmények között.

Szeretnénk pl. egy feszültségértéket mérésével meghatározni. Mérési adatainkat a következő táblázat tartalmazza:

24,5	25,9	24,3	25,6	26,1	25,5
24,9	24,7	24,3	25,2	23,4	25,6

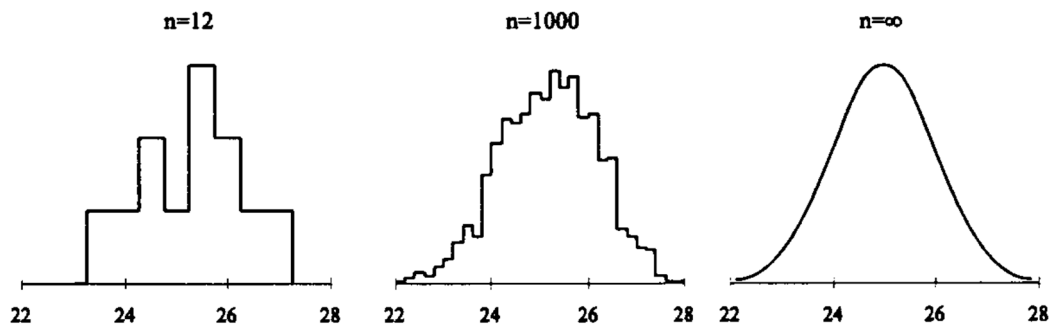
Akkor most mekkora a kérdéses feszültség? Ezek az adatok választ adnak erre a kérdésre, de érezzük, hogy biztosan van egy rövidebb, könnyebben kezelhető válasz is, mint az összes mérési adat felsorolása.

Osszuk fel a mérési adatok által felölelt intervallumot egyenlő nagyságú szakaszokra és számoljuk meg, hogy az egyes szakaszokba hány darab esik bele az eredményeink közül. Az intervallumokat osztályoknak nevezzük, az osztályokban lévő adatszámot pedig gyakoriságnak. Ha a gyakoriságot elosztjuk a mért adatok számával, akkor kapjuk a relatív gyakoriságot. A gyakoriságot ábrázolva egy hisztogramot, a gyakorisági eloszlást kapjuk (1. ábra)



1. ábra

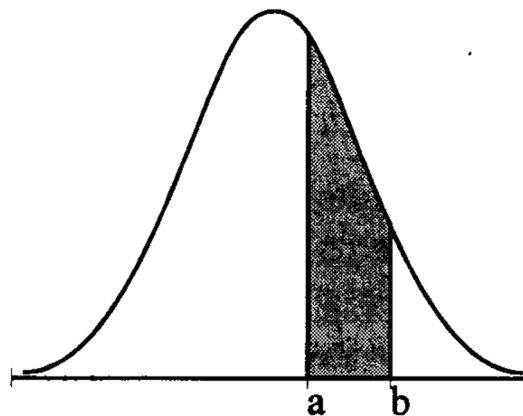
Természetesen, mivel az osztályhatárok megválasztása önkényes, ugyanazokból az adatokból többféle gyakorisági eloszlást is készíthetünk. Az azonban jól látszik az így kapott hisztogramokból, hogy mért értékeink egy bizonyos érték körül csoportosulnak. Ha a mérési adatok számát növelnénk, az osztályok szélességét pedig csökkentenénk, akkor a hisztogramok durva lépcsős burkolói egyre finomabb felosztásúak lennének, végtelen sok adat esetén egyetlen folytonos görbébe mennének át (2. ábra)



2. ábra

Ez azt jelenti, hogy míg a hisztogramok elsősorban a mért adatokra jellemzőek, addig a kapott folytonos görbe annak az elméleti, ideális esetnek felel meg, amikor adataink száma végtelen, tehát az összes lehetséges információval rendelkezünk. Az így kapott görbét a változó (példánkban a feszültség) elméleti eloszlásának nevezzük. Az elméleti eloszlás meghatározza a változó minden jellemzőjét, azaz megadja, hogy a változó a lehetséges értékeit mekkora valószínűséggel veszi fel. Ha például kijelölünk valahol a számegegyenesen egy (a,b) intervallumot (3. ábra), akkor az intervallumra eső görbe alatti terület azzal a valószínűséggel egyenlő, hogy egy véletlenül kiválasztott érték éppen az (a,b) intervallumba essen. A fentiekből következik, hogy folytonos változó esetén nulla annak a valószínűsége, hogy egy véletlenül kiválasztott érték pontosan egy előre megadott értékkel legyen egyenlő, hiszen egy nulla szélességű terület adja meg ezt a valószínűséget. Ez az oka annak, hogy ilyenkor elvileg minden mérési adat különbözik egymástól. Az, hogy a gyakorlatban még sincs így, azzal magyarázható, hogy a mérési adataink leolvasáskor már eleve egy intervallumot takarnak, mivel

számaink mindig véges tizedes törtek. Így a leírt utolsó számjegy mindig kerekített érték.



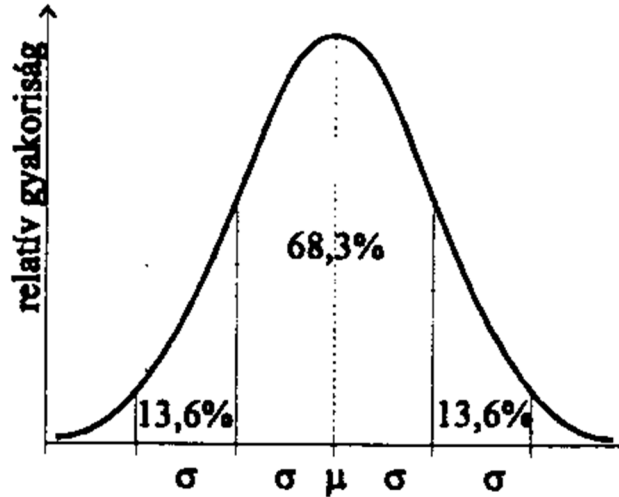
3. ábra

Az elméleti eloszlás a mérendő mennyiségtől függően különböző alakú lehet, de az esetek többségében egy maximummal rendelkező, szimmetrikus, harang alakú görbe, amit normális vagy Gauss-eloszlásnak nevezünk. A Gauss-eloszlást matematikailag a következő függvény írja le:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

A fenti képletben szereplő μ és σ állandók az eloszlás paraméterei. A μ paraméter a **várható érték**, ami megadja az eloszlás maximumának helyét az x -tengelyen. A σ paraméter az **elméleti szórás**, ami az eloszlás szélességét jellemzi. A görbe inflexió pontjai éppen σ távolságra vannak a μ értéktől.

A függvény alapján kiszámolható, hogy a $\mu - \sigma$ és $\mu + \sigma$ érték között van a görbe területének mintegy kétharmada (68,3 %), a $\mu - 2\sigma$ és $\mu + 2\sigma$ között kb. 95,5 %-a, a $\mu - 3\sigma$ és $\mu + 3\sigma$ között kb. 99,7 %-a. Így bár az eloszlás elméletileg minden számot magába foglal, gyakorlatilag egy 6σ hosszúságú szakaszon helyezkedik el a várható érték körül (4. ábra).



4. ábra

Mivel a Gauss-görbét két paramétere egyértelműen jellemzi, és az eloszlásgörbe megadja a változó minden jellemzőjét, ezért a célunk az, hogy megbecsüljük ezen elméleti paramétereket a mérési adatok alapján. Az így kapott becslt értékeket szokás statisztikai jellemzőknek is nevezni.

A μ várható értékének a becslésére normális eloszlású változó esetén leggyakrabban az átlagot használjuk. Az **átlag** az adatokból képzett számtani közép:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

ahol n a mérési adatok száma.

A σ elméleti szórás legjobb becslése az ún. **tapasztalati szórás**:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

A számlálóban szereplő négyzetes összefüggést könnyen átalakíthatjuk a számolásokhoz jobban alkalmazható alakba:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2$$

Az átlag és a szórás fenti definícióira igaz a következő állítás:

Ha a mérési adatok elemszáma a végtelenhez tart, akkor az átlag a várható értéket, a tapasztalati szórás pedig az elméleti szórást egyre jobban megközelíti, azaz $n \rightarrow \infty$ esetén $\bar{x} \rightarrow \mu$ és $s \rightarrow \sigma$.

Az s szórás azt mutatja meg, hogy az adatok átlagosan mennyire térnek el az átlagtól, de igazából az az érdekes, hogy az adatokból számolt átlag mennyire tér el a mért mennyiség várható értékétől. Ennek jellemzésére szolgál az **átlag szórása**, vagy más néven **standard hiba**:

$$s_x^- = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

aminek segítségével a végső eredményt a következő formában szokás megadni:

$$a) \bar{x} \pm s_x^- \quad b) \bar{x} \pm 2s_x^- \quad c) \bar{x} \pm 3s_x^- \quad (2)$$

Végeredményként tehát egy intervallumot adunk meg, azzal a feltevésével, hogy a keresett várható érték nagy valószínűséggel ebbe esik. Az intervallum határainak megadása nem egyértelmű. Ha nagyon tág határokat adunk meg, akkor várható ugyan, hogy ezek a valódi értéket közrefogják, de ennek túl sok információtartalma nem lesz. Ha szűkítjük az intervallumot, fokozottan növekszik annak a kockázata, hogy a határokat tévesen adjuk meg, és azok nem fogják közre a valódi értéket, következtetésünk biztonsága csökken.

A matematikai statisztikai módszerek lehetővé teszik, hogy két olyan határoló értéket adjunk meg, melyek a valódi értéket meghatározott valószínűséggel fogják közre. Az így megállapított határoló értékeket konfidenciahatároknak, a

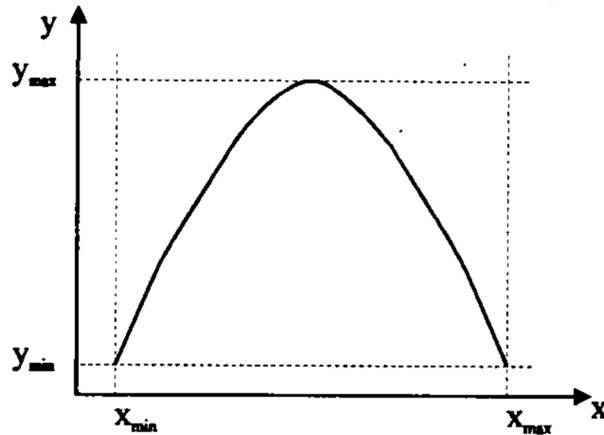
konfidenciahatár által közrefogott szakaszt konfidenciaintervallumnak, a valószínűség mértékét pedig konfidenciavalószínűségnek vagy konfidenciaszintnek nevezzük.

Az egyszeres szórás esetében (2a) a konfidenciaszint kb. 0,68, a kétszeres szórás esetén (2b) kb. 0,95, a háromszoros szórás esetén pedig, amit biztos hibakorlátnak is neveznek (2c), a konfidenciavalószínűség nagyobb, mint 0,99. Gyakorlatban legtöbbször a kétszeres szórást szokás hibakorlátnak megadni.

Az átlag szórásának definíciójából (1) kitűnik, hogy a hiba az adatok számának növelésével egyre csökken: $n \rightarrow \infty$ esetén $s_x^- \rightarrow 0$, ami rámutat a sokszori mérés értelmére. Így az adatok számának növelésével elérhető az, hogy rögzített konfidenciaszint mellett a konfidenciaintervallum csökkenjen.

Grafikus adatfeldolgozás

Méréseink során a megfigyelt változót gyakran egy másik változó függvényében vizsgáljuk. Ilyenkor a két változó közötti kapcsolat jobb áttekinthetősége érdekében célszerű a mérési eredményeket grafikusán ábrázolni. A megrajzolásánál törekedjünk arra, hogy a grafikonra töltsük ki a rendelkezésre álló területet. Nem szükséges, hogy a grafikonon minden esetben feltüntessük az origót! Ez azt jelenti, hogy a tengelyeknek elég tartalmazni a mérési értékekből adódó minimális és maximális értékekkel határolt tartományt. Általában érdemes egy $y_{\max}-y_{\min}$, $x_{\max}-x_{\min}$ oldalú téglalap alakú tartományban ábrázolni az adatainkat (5. ábra). Szükségtelen azonban a skálabeosztást olyan mértékben megnövelni, hogy a grafikon leolvasási pontossága nagyobb legyen, mint amilyen a mérési pontosság volt. Méréseinknél bizonyos hibával mindig számolni kell, ezért a görbék berajzolásánál ne ragaszkodjunk szigorúan a mérési pontokhoz. A görbe alá és fölé eső mérési pontok száma ill. a görbétől való eltérésük mértéke kb. egyezzen meg. A laborban előforduló mérések többségében a két változó közötti kapcsolat lineáris, vagy valamilyen transzformációval lineárisra vezethető vissza. Ezért a továbbiakban azzal foglalkozunk, hogyan lehet meghatározni a mérési pontjainkhoz legjobban illeszkedő egyenest.



5. ábra

Egyenes illesztése

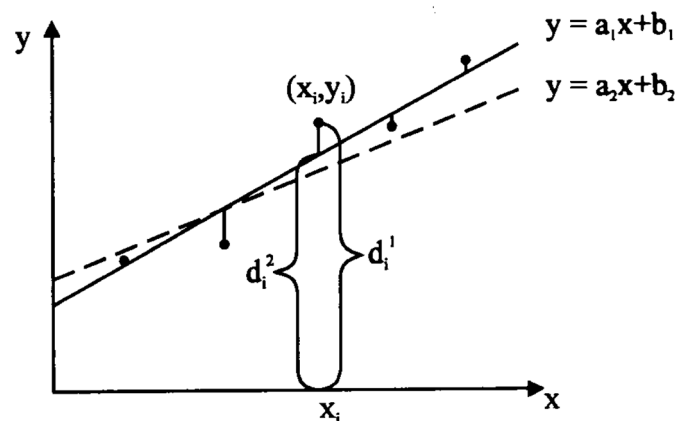
Tudjuk, hogy az egyenes egyenlete $y = ax + b$, ahol a az egyenes meredeksége, b pedig a tengelymetszet (ennél az értéknél metszi az egyenes az y tengelyt). Az egyenest ez a két paraméter egyértelműen meghatározza. A feladat az, hogy a mérési pontjainkra legjobban illeszkedő egyenes a és b paramétereit megadjuk.

Húzzunk a mérési pontjainkon át egy tetszőleges $-a_1, b_1$ paraméterekkel adott – egyenest és határozzuk meg a mérési pontoknak az egyenestől való távolságait (6.ábra).

Az i -edik mérési pont (x_i, y_i) távolságát az x tengelytől (d_i^1) az y_i adja meg. Az x_i koordinátához tartozó, az egyenesen lévő pont x tengelytől mért távolsága (d_i^2) az egyenes egyenletébe való behelyettesítéssel $d_i^2 = a_1 x_i + b_1$ adódik. A kettő különbsége ($d_i^1 - d_i^2 = y_i - (a_1 x_i + b_1)$) a pont és az egyenes függőlegesen mért távolsága. Az így definiált távolságot a többi pontra is kiszámíthatjuk. Ha a pont az egyenes felett van, akkor ez a kifejezés pozitív, ha alatta, akkor pedig negatív. Az előjelből adódó nehézségeket (ha összegeznénk ezeket a távolságokat, nagy pozitív és a negatív tagok összegeként – tehát rossz illesztés esetén – is kaphatnánk viszonylag kis számot) négyzetreemeléssel szüntethetjük meg. Adjuk össze

az összes pontra kiszámolt távolságnégyzeteket és az összeget jelöljük χ^2 -tel. Ha behúzzunk egy másik egyenest a_2, b_2 paraméterekkel, akkor itt egy másik χ^2 értéket kapunk. Mivel az (x_i, y_i) pontok változatlanok, ezért a χ^2 változását az a, b paraméterek változása okozza. Tehát egy χ^2 olyan kétváltozós függvény, ahol az a és b a független változó:

$$\chi^2(a, b) = \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)]^2$$



6. ábra

A mérési pontokhoz az az egyenes illeszkedik a legjobban, amelytől a mérési pontok függőlegesen mért eltéréseinek négyzetösszege minimális. Tehát azt az (a, b) értékpárt keressük, ahol a χ^2 függvény felveszi a minimumát. Az ilyen a módon illesztett egyenest regressziós egyenesnek, az illesztési módszert legkisebb négyzetek módszerének nevezik.

A χ^2 függvénynek ott van minimuma, ahol az a és b szerinti első parciális deriváltak nullával egyenlők:

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial a} = -2 \sum_i (y_i - ax_i - b)x_i = 0$$

$$\frac{\partial \chi^2}{\partial b} = -2 \sum_i (y_i - ax_i - b) = 0$$

A zárójeleket felbontva és -2 -vel való osztás után a következő egyenleteket kapjuk:

$$\begin{aligned} a \sum_i x_i^2 + b \sum_i x_i &= \sum_i x_i y_i \\ a \sum_i x_i + nb &= \sum_i y_i \end{aligned}$$

A két egyenletből a és b értéke meghatározható:

$$a = \frac{n \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{n \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum_i y_i - a \sum_i x_i}{n} = \bar{y} - a\bar{x} \quad (4)$$

A fenti módszerrel tetszőleges mérési adatokra is megadható a legjobban illeszkedő egyenes, még akkor is, ha a pontok szemmel láthatóan nem egyenes, hanem valamilyen görbe mentén helyezkednek el. Természetesen ebben az esetben nincs értelme a mérési pontokhoz egyenest illeszteni.

Annak eldöntésére, hogy a mérési pontokat mennyire jól közelíti meg az illesztett egyenes, szubjektív megítélés helyett célszerű meghatározni az ún. **korrelációs együtthatót**:

$$r = \frac{n \cdot \sum_i x_i y_i - \sum_i x_i \sum_i y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_i x_i^2 - \left(\sum_i x_i \right)^2 \right) \cdot \left(n \cdot \sum_i y_i^2 - \left(\sum_i y_i \right)^2 \right)}} \quad (5)$$

A korrelációs együttható a változók közötti kapcsolat szorosságát jellemzi, r értéke 1 és -1 között változhat. Pozitív előjelhez pozitív, negatívhoz negatív meredekségű egyenes tartozik. Ha a pontok tökéletesen illeszkednek az egyenesre, akkor $|r| = 1$, különben $|r|$ értéke annál kisebb, minél inkább eltérnek a pontok az egyenestől.

Példa lineáris regresszió alkalmazására

Egy telep kapcsolófeszültségét mérjük az áramkörben folyó áramerősség függvényében. Ohm törvénye olyan esetben, amikor a telepnek belső ellenállása van:

$$U_k = U_0 - IR_b$$

ahol U_k a kapcsolófeszültség, U_0 a telep elektromotoros ereje, R_b pedig a belső ellenállása.

Az összefüggés szerint a kapcsolófeszültség és az áram között lineáris összefüggés van. Az illesztett egyenes tengelymetszete a telep elektromotoros erejét adja meg, míg a meredekségből a telep belső ellenállását határozhatjuk meg. $n = 7$ db mérési adatunkat a következő táblázat tartalmazza:

I(A)	0	0,024	0,040	0,059	0,080	0,108	0,125
U_k (V)	1,430	1,395	1,371	1,340	1,305	1,253	1,217

A lineáris regresszióval illetett egyenes paramétereit a (3), (4), (5) összefüggésekkel számolhatjuk ki. A számoláshoz célszerű elkészíteni a következő táblázatot:

	x_i	y_i	$x_i y_i$	x_i^2	y_i^2
	I	U_k			
1	0	1,430	0	0	2,0449
2	0,024	1,395	0,03348	0,00058	1,94603
3	0,040	1,371	0,05484	0,00160	1,87964
4	0,059	1,340	0,07906	0,00348	1,7956
5	0,080	1,305	0,10440	0,00640	1,70303
6	0,108	1,253	0,13532	0,01166	1,57001
7	0,125	1,217	0,15213	0,01563	1,48109
Σ	0,436	9,311	0,55923	0,03935	12,4203

Az x értékeknek példánkban az áramértékek felelnek meg, így azokat írjuk az első oszlopba. A második oszlopba írjuk az y értékeket, azaz a megfelelő áramhoz tartozó feszültségértékeket. A harmadik oszlopba az összetartozó x_i , y_i értékpárok szorzatai kerülnek. A negyedik oszlopban az x_i értékek négyzetei, az utolsóban pedig az y_i értékek négyzetei szerepelnek. A táblázat oszlopaiban szereplő értékeket függőlegesen összeadva megkapjuk a értékeket. Ezek segítségével a keresett paramétereket könnyen kiszámíthatjuk:

$$a = \frac{7 \cdot 0,55923 - 0,436 \cdot 9,311}{7 \cdot 0,03935 - (0,436)^2} = -1,699$$

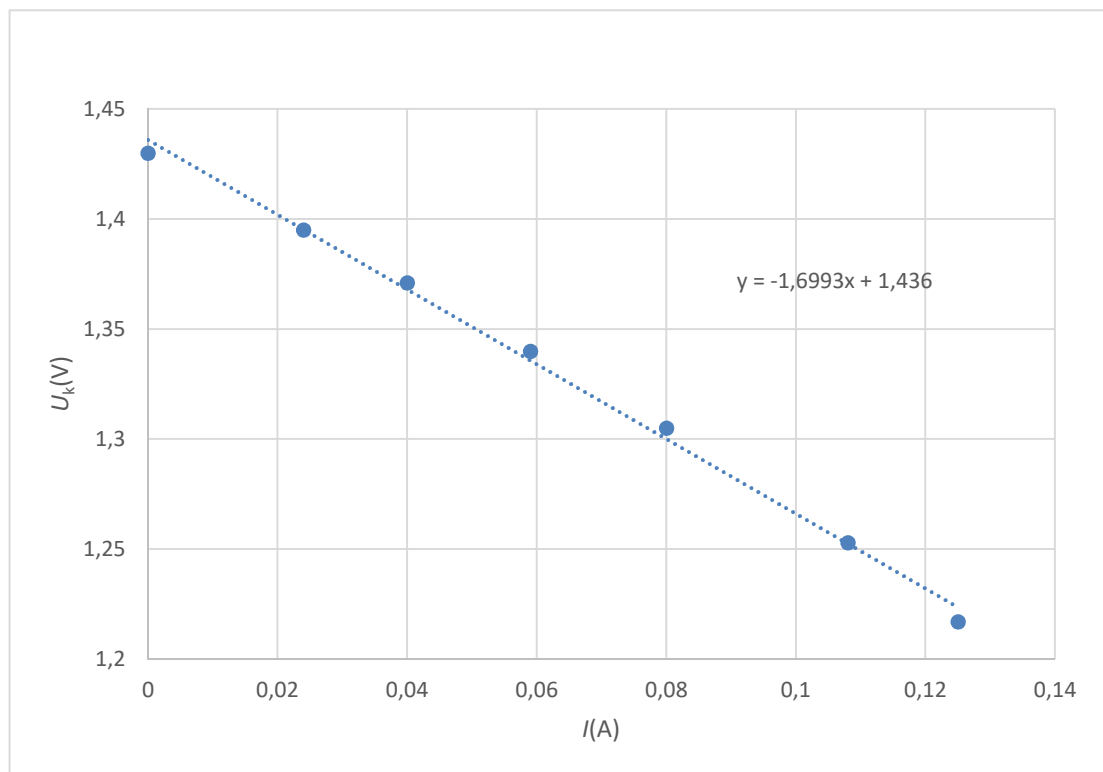
$$b = \frac{9,311}{7} - (-1,699) \cdot \frac{0,436}{7} = 1,436$$

$$r = \frac{7 \cdot 0,55923 - 0,436 \cdot 9,311}{\sqrt{(7 \cdot 0,03935 - 0,436^2) \cdot (7 \cdot 12,4203 - 9,311^2)}} = -0,998$$

A számolt paramétereiből a keresett fizikai mennyiségek:

$$U_0 = 1,436 \text{ V}, R_b = 1,699 \text{ } \Omega.$$

A mérési pontokat és az illesztett egyenest a 7. ábrán látható grafikonon ábrázoltuk.



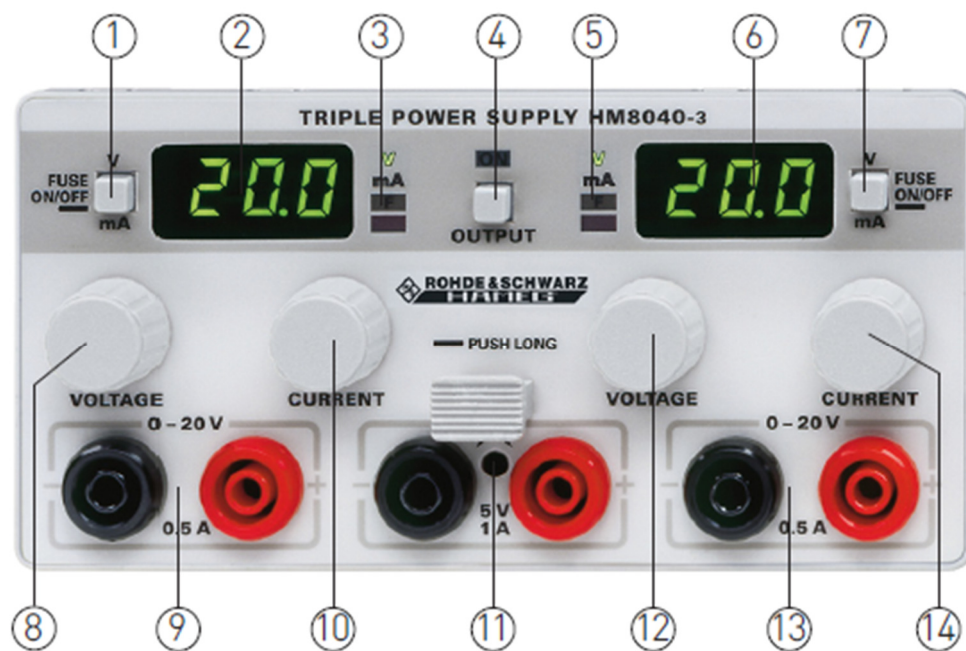
7. ábra

1.2 Műszerek

A különböző laboratóriumi gyakorlatokon sokszor használjuk a HAMEG 8000-es sorozatú moduláris készüléket. A berendezés egy tápellátást biztosító keret egységből, az ebbe helyezhető két különböző modulból áll.



Hameg HM8040-3 hármas tápegység



A tápegység két (ábrán 9,13), 0 – 20 V között folytonosan változtatható és egy fix (11) 5 V egyenfeszültség előállítására alkalmas. A folytonosan változtatható kimenetek maximálisan 0,5 A, a fix kimenet 1 A terhelhetőségűek.

A (9) bal oldali a feszültségforrás negatív potenciálú pontja a fekete csatlakozó aljzat, a jobb oldali piros pedig a pozitív potenciálú pontja. A szükséges feszültséget a (8) forgatógombbal lehet beállítani. A (10) forgatógomb segítségével az áramkorlát



állítható be 0 és 0,5A közötti tetszőleges értékre. A beállított feszültség a (2) kijelzőn olvasható le, amennyiben az (1) nyomókapcsoló kiengedett állapotban vannak. Az (1) nyomókapcsoló benyomott állapotban a (2) kijelzőn a tápegység által leadott áram értéke olvasható le. A mértékegységet a kijelző melletti (3) világító piktogram jelzi. A legalsó piros led világítása azt jelenti, hogy az áram elérte a beállított áramkorlátot. A (13) jobb oldali a feszültségforrás negatív potenciálú pontja a (13) szám melletti fekete csatlakozó aljzat, a jobb oldali piros pedig a pozitív potenciálú pontja. A szükséges feszültséget a (12) forgatógombbal lehet beállítani. A (14) forgatógomb segítségével az áramkorlát állítható be 0 és 0,5A közötti tetszőleges értékre. A beállított feszültség a (6) kijelzőn olvasható le, amennyiben az (1) nyomókapcsoló kiengedett állapotban vannak. Az (1) nyomókapcsoló benyomott állapotban a (6) kijelzőn a tápegység által leadott áram értéke olvasható le. A mértékegységet a kijelző melletti (7) világító piktogram jelzi. A legalsó piros led világítása azt jelenti, hogy az áram elérte a beállított áramkorlátot.

A kimeneteken csak akkor lesz feszültség, ha a (4) nyomókapcsolót benyomjuk!

Hameg HM8012 digitális multiméter

A digitális multiméterrel egyen- és váltakozó feszültséget, egyen- és váltakozó áramot valamint ellenállást, és megfelelő szenzorral hőmérsékletet lehet mérni.



A mérendő mennyiséget a (18,19) nyomógombok segítségével tudjuk kiválasztani. A (16) világító piktogrammon az a mértékegység világít amit a műszer a beállításunk szerint mér. Feszültség- és árammérés attól függően, hogy egyen vagy váltó mennyiséget akarunk mérni, ennek megfelelően a (17) nyomógombot kiengedett (egyen mennyiség esetén a felette lévő kijelzőn DC felirat világít) vagy benyomott (váltó mennyiség mérése esetén, AC) állapotba hozzuk.

Feszültség és ellenállás mérése esetén a (7) és a (9) pontokhoz kell csatlakozni. Árammérésnél, ha a mérendő áram nem nagyobb 2 A-nél, akkor a (7) és (5) pontokhoz csatlakozunk. 2 A-nél nagyobb (legfeljebb 10 A) áramot a (7) és (4) pontokhoz csatlakozva kell mérni.

A (11,12) méréshatár-váltó kapcsolóval a méréshatárt tudjuk állítani. Olyan méréshatárba kell állítani, hogy a várható legnagyobb mérendő mennyiség is kisebb legyen mint a kiválasztott méréshatár.

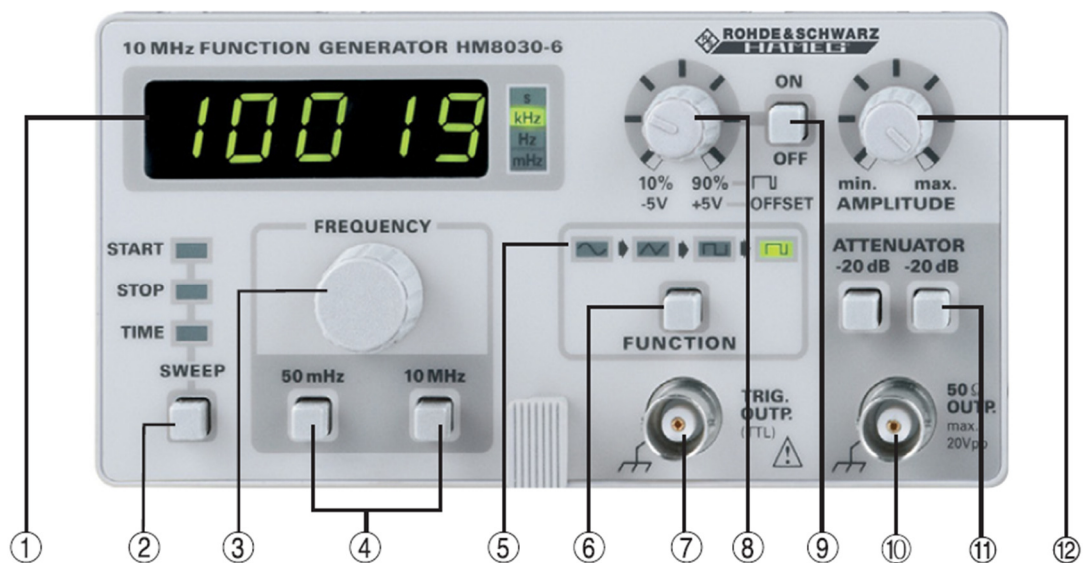


Ha a kijelző OFL felirat jelenik meg, akkor azt jelenti, hogy a mérendő mennyiség nagyobb, mint a kiválasztott méréshatár. Ilyenkor nagyobb méréshatárt kell állítani a (12) nyomógombbal.

Árammérésnél a műszert az áramkörbe sorosan kell csatlakoztatni, feszültségmérés esetén a mérendő áramköri elemmel párhuzamosan kell csatlakozni!

Hameg HM 8030 függvénygenerátor

A HM 8030 függvénygenerátor 5 mHz – 50 MHz frekvenciatartományban szinusz-, háromszög- és négyszögjel előállítására alkalmas elektromos jelforrás.



A beállított jel a (10) jelzett BNC csatlakozón jelenik meg. A (6) nyomógomb segítségével léptetéssel kiválasztható a kívánt jelalak, amit a felette levő (5) világító piktogram jelez. Ha egyik piktogram sem világít, (a négyszögjel utáni léptetés) akkor a kimeneten nincs jel.

A jel frekvenciájának beállítása a (3) forgatógomb és a (4) nyomógombok segítségével történik. A beállított érték az (1) kijelzőn olvasható le. A számérték mellett világító piktogramról olvashatjuk le a mértékegységet. A képen látható beállított frekvencia ezek szerint 10019 kHz. A (3) forgatógombbal egy dekádon belül folytonosan állítható a jel frekvenciájának értéke. A forgatógombnak nincs végállása, ezért a dekád szélső értékeinek elérését csak a kijelzőn lehet észrevenni oly módon, hogy a gombot forgatva a kijelzett érték már nem változik. Ekkor, a (4) nyomógombok segítségével a jobb oldali gombbal egy dekáddal feljebb vagy a bal oldali gombbal lejjebb lehet ugrani.

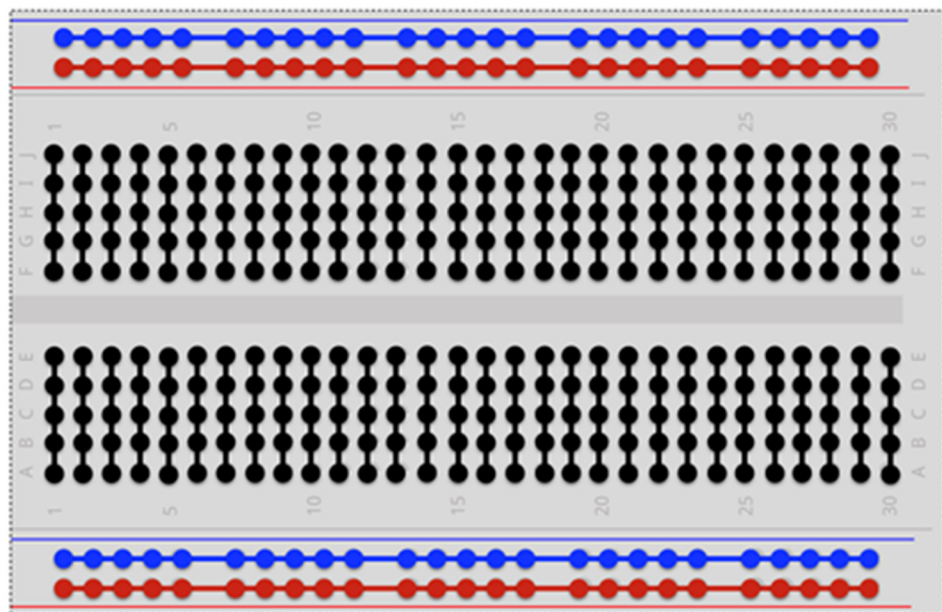


A jel amplitúdóját a (12) forgatógombbal állíthatjuk. A (11) nyomógombok egyenként tizedére osztják a kimeneti jel nagyságát.

A (9) nyomógombbal a jel egyenfeszültség szintjét állíthatjuk be. A gomb kiengedett állapotában a jel a 0 értékre szimmetrikus, benyomott állapotában a (8) forgatógombbal eltolható.

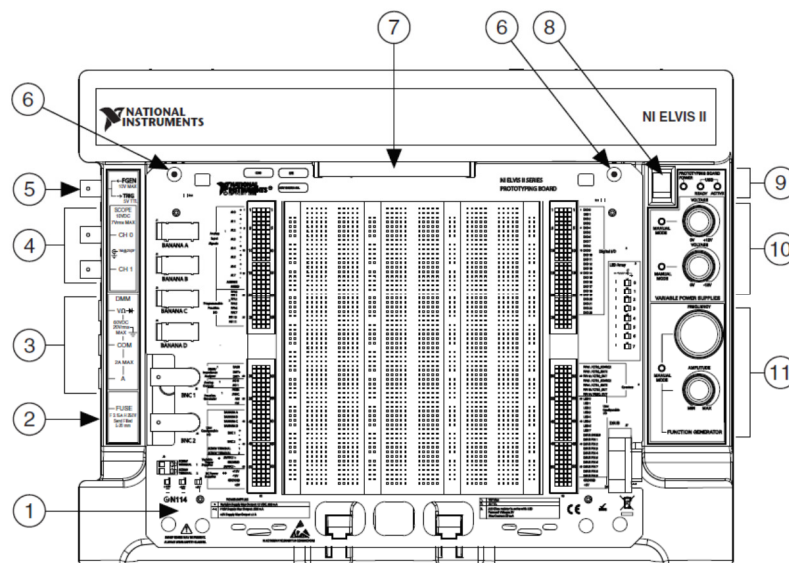
Próbapanel

A próbapanelen található lyukak az ábra szerint a burkolat alatt fém összeköttetéssel rendelkeznek. Előnye, hogy nem kell forrasztani a fém összeköttetéseket kihasználva egy csomó vezetéket megspórolhatunk és bármikor szétszedhető az áramkör, így az alkatrészeket újra fel lehet használni egy másik áramkörben. Az oldalsó, gyakran a panelen is kék és piros vonallal jelzett lyuksort a tápfeszültséghez használjuk, az áramköri elemeket a belső lyukakba szúrjuk bele. Az IC-ket a panel középső sávjában helyezhetjük el. Alapvetően prototípus készítésére alkalmas, és ha már megfelelően működik az áramkörünk, akkor véglegesen össze lehet forrasztani az alkatrészeket egy NYÁK lemezlapon.



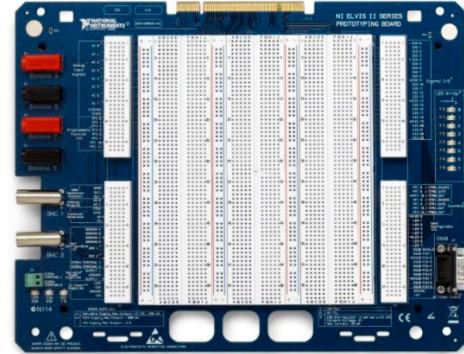
1.3 NI ELVIS II+

Az úgynevezett NI ELVIS II+ a National Instruments cég által gyártott kompakt, moduláris laboratóriumi mérő és tesztberendezés. Beépített 100 MS/s sebességű oszcilloszkóppal, digitális multiméterrel, függvénygenerátorral és változtatható tápegységgel is rendelkezik. A funkciók vezérlésére és a mért adatok kijelzésére USB kábelen keresztül számítógéppel csatlakozik. Vezérlő szoftvere szintén a National Instruments cég által fejlesztett LabVIEW grafikus programozási nyelven készült.

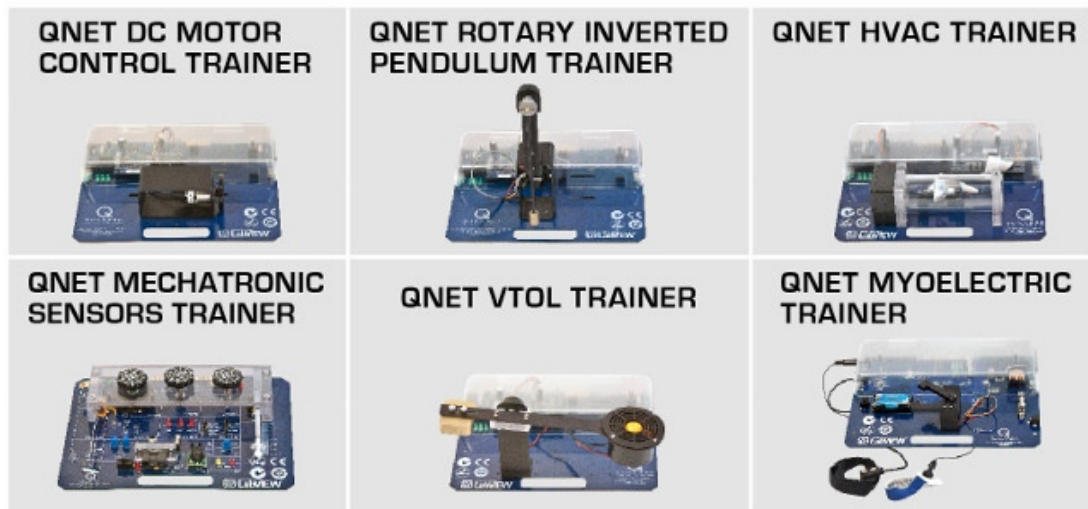


1	NI ELVIS II tesztpanel	7	Tesztpanel csatlakozó
2	Digitális multiméter biztosíték	8	Tesztpanel tápkapcsoló
3	Digitális multiméter bemenetek	9	LED-es állapotjelzés
4	Oscilloszkóp bemenetek	10	Változtatható tápegység vezérlő
5	Függvénygenerátor kimenet	11	Függvénygenerátor vezérlő
6	Rögzítőcsavarok		

Az alapfunkciók (tápegység, függvénygenerátor) működtetéséhez hálózati áramforrásra van csak szükség, azonban a teljes eszközpárt kihasználásához egy számítógéppel is össze kell kötünk. Áramellátását a panel hátulján található fő kapcsolóval biztosíthatjuk. A cserélhető panel áramellátását az ábrán (8)-

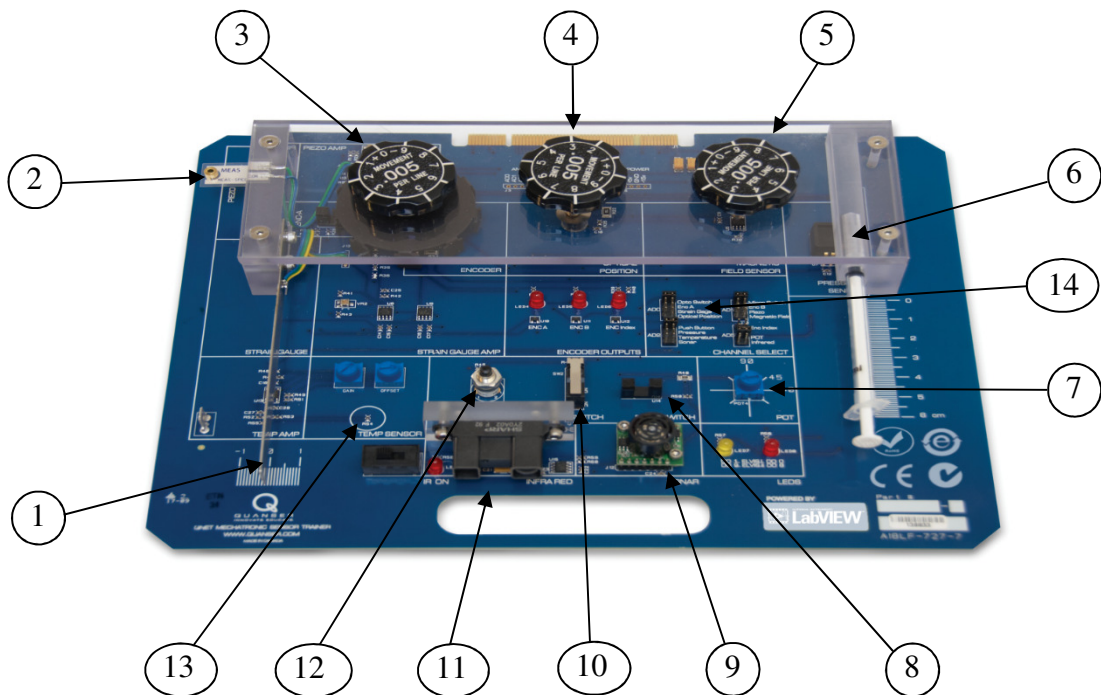


as számmal jelölt kapcsolóval kapcsolhatjuk. Az NI ELVIS II típusú próbapanel számos csatlakozó átalakítóval lett felszerelve, megtalálható a panelon stabilizált 5 V, illetve ± 15 V-os tápegység is, valamint egy előtét ellenállással felszerelt LED-sor és szoftveresen vezérelhető analóg és digitális kimenetek egyaránt. E tesztpanel számos egyéb panelre cserélhető:



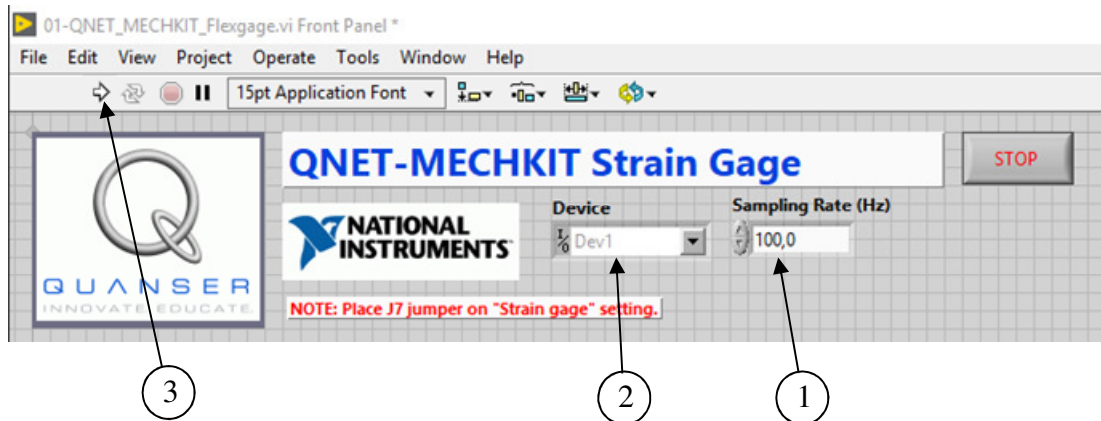
1.4 QNET Mechatronikai szenzorpanel

Az úgynevezett QNET Mechatronic Sensor Trainer a Quanser cég által, az NI ELVIS II+ berendezéshez fejlesztett, az eredeti tesztpanel helyére illeszthető szenzorpanel. Egyszerre négy analóg csatornán csatlakozik az ELVIS panelhez, e csatornákra pedig számos szenzor jelét köthetjük.



1	Nyúlásmérő bélyeg	8	Optokapu
2	Piezokristályos gyorsulásérzékelő	9	Ultraszónus távolságérzékelő
3	Optikai enkóder	10	Mikrokapcsoló
4	Optikai távolságérzékelő	11	Infravörös távolságérzékelő
5	Mágneses távolságérzékelő	12	Nyomógomb
6	Nyomásmérő szenzor	13	Hőmérsékletérzékelő
7	Forgó potenciométer	14	Jumperek

A tizenöt lehetséges bemenet közül (az Enkódernek három kivezetése van) jumperrel választhatjuk ki, mely négyet kössük rá az analóg csatornákra. A számítógépen pedig az egyes szenzorokhoz tartozó LabVIEW adatgyűjtő és kiértékelő szoftverek segítségével végezhetjük el a méréseinket. A mérés elindításához a LabVIEW szoftvereken belül először ki kell választanunk a kommunikációs csatornát (2), valamint a mintavételezési frekvenciát (1), majd ez után indíthatjuk el a mintavételezést (3).



2 Szenzortechnika

2.1 Nyomásmérő szenzor vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

A nyomás fizikai mennyiség, az anyagok egyik fizikai jellemzője, állapothatározó.

Jele: p . A nyomást a nyomóerő (F) és a felület (A) hányadosából számítjuk ki.

SI mértékegysége:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ Pa}$$

Egyéb mértékegységei:

1 bar	100000 Pa
1 at (technikai atmoszféra)	98066,5 Pa
1 atm	101325 Pa
1 torr	133,322 Pa
1 psi	$6,89476 \cdot 10^3$ Pa

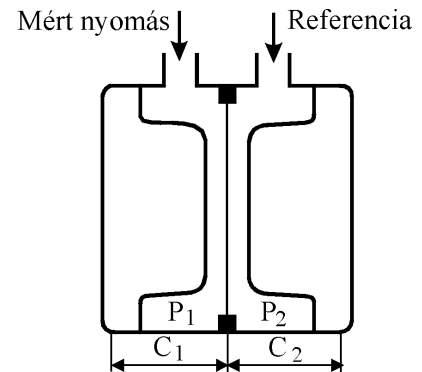
A Boyle–Mariotte-törvény kimondja, hogy egy adott mennyiségű ideális gáz térfogatának (V) és nyomásának (p) szorzata egy adott hőmérsékleten állandó.

$$pV = konst.$$

Ha adott mennyiségű gáz két állapota között írjuk fel az összefüggést (állandó hőmérsékletet feltételezve), akkor az alábbi képletet kapjuk:

$$p_1V_1 = p_2V_2$$

A kapacitív nyomásérzékelők működése azon az elven alapszik, hogy a nyomásváltozás következtében az érzékelőkben alkalmazott membrán alakja a deformáció miatt megváltozik, kismértékben behajlik: a kapacitás membránok közötti távolsággal fordítottan arányos. A deformációt a kapacitásváltozás mérésével lehet megállapítani. A kapacitás a fegyverzetek méretétől (felületétől), a fegyverzetek távolságától és a két fegyverzet közötti közeg dielektromos állandójától függ.



A piezoelektromos nyomásmérők működése bizonyos nemfémek anyagoknál megfigyelhető piezoelektromos hatáson alapul. A hatás lényegében abból áll, hogy ezek az anyagok mechanikai változás (pl. nyomás) hatására felületükön polarizálódnak, elektromos töltésváltozás játszódik le. A töltések mennyisége és a mechanikai változás egymással egyenesen arányos.

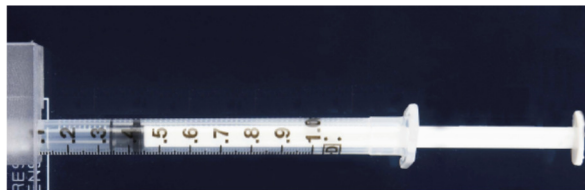
A nyomás mérésekor megkülönböztetünk abszolút, relatív és differenciális nyomásmérést. Az említett módszerek a referencianyomás megválasztásában térnek el. Abszolút nyomás mérésekor a vákuumhoz képesti nyomásváltozást mérjük. Relatív nyomásméréskor a referencianyomás az atmoszféra nyomása, míg differenciális nyomásméréskor egy tetszőlegesen választott referencianyomást használunk.

A nyomásmérő szenzor érzékenysége azt adja meg, hogy egységnyi nyomásváltozás mekkora feszültségváltozást idéz elő. Tehát kis érzékenységű szenzor esetén nagy nyomásváltozás csak kis feszültségváltozást idéz elő, míg nagy érzékenységű szenzornál már kis nyomásváltozás is nagy feszültségváltozást okoz. Az érzékenységet (S) a feszültség-nyomás ($U-p$) kalibrációs görbére illesztett egyenes meredeksége adja meg, azaz.

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta p}$$

A panel:

A QNET panelon egy relatív nyomás mérésére alkalmas szenzor található, amely egy plexi tömbben lévő furathoz csatlakozik. A furatba egy fecskendő helyezhető, amelynek dugattyújával a bezárt levegő térfogatát változtathatjuk meg. A bezárt levegő össztérfogata a fecskendő térfogatából, a furat térfogatából, valamint magák a szenzor belsejének térfogatából tevődik össze.



Feladatok:

1. Vegye ki a panelen található fecskendő dugattyúját, és jegyezze fel a légköri nyomáshoz tartozó, a nyomásmérő szenzor által adott feszültségértéket! Az interneten nézzon utána a légköri nyomás aktuális értékének!
2. Állítsa a dugattyút az 1 ml-es osztáshoz és jegyezze fel a feszültségértéket. Ismételje a mérést egyre kisebb térfogatokkal, alkalmazzon 0,1 ml-es lépésközt.
3. Ábrázolja grafikonon a térfogatot a mért feszültség függvényében! A kapott pontokra illesszen egy másodfokú polinomot! Határozza meg a polinom egyenletét!
4. Húzza ki a dugattyút, majd illessze a nagyobb fecskendő szilikon csövét a kisebb fecskendőbe. A nagyobb fecskendő dugattyúját még légköri nyomáson állítsa 58 ml-re (a kisebb fecskendő, a cső és egyéb rejtett térfogatokkal együtt ekkor 60 ml-es a teljes térfogat). 5 ml-es lépésközzel haladva, jegyezze fel a szenzor által adott feszültségértékeket! Ne menjen 20 ml-es térfogat alá!
5. A nagyobb fecskendő behelyezésekor a teljes térfogat 60 ml és a nyomás a külső légnyomással egyenlő. A Boyle-Mariotte törvény felhasználásával határozza meg a kisebb térfogatokhoz tartozó elméleti nyomásértékeket!
6. Ábrázolja a mért feszültségértékeket a nyomás függvényében! Illesszen egyenest a pontokra, majd határozza meg az egyenes egyenletét! Az egyenletből határozza meg a szenzor érzékenységet, és az elméleti 0 Pa nyomáshoz tartozó feszültségét éket! Határozza meg, hogyan számolható ki a szenzor által szolgáltatott feszültség értékéből a tényleges nyomás!
7. Határozza meg a legkisebb és a legnagyobb nyomásértéket, amelyet a szenzor még érzékelni képes!
8. A 6. feladatnál kapott egyenlet felhasználásával adja meg, a kis fecskendőnél kapott értékek (2. feladat) milyen nyomásnak felelnek meg. (Plusz kérdés: Mekkora volt a kis fecskendő teljes térfogata?)

2.2 Ultrahangos távolságmérés

Elméleti összefoglaló:

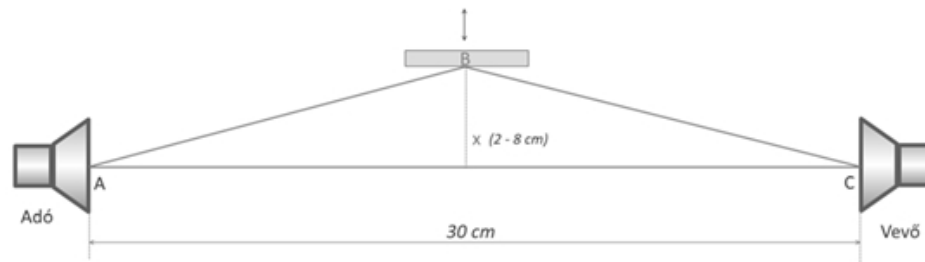
Ultrahangnak az emberi fül által nem érzékelhető, 20 kHz-től néhány MHz-ig terjedő nagyfrekvenciás hanghullámokat nevezzük. Ultrahangot piezoelektromos kristályokkal vagy a magnetostrikció jelenségét felhasználva állíthatunk elő.

Ultrahang keltésre a mérés technikában elsősorban a piezoelektromos kristályokat alkalmazzák kihasználva azon tulajdonságukat, hogy a kristályra elektromos váltófeszültséget kapcsolva azok a jel frekvenciájával azonos frekvencián rezgésbe jönnek. Ezen a módon megfelelő gerjesztést választva akár ultrahang kibocsátásra is alkalmasak lehetnek. A piezoelektromos kristályok mechanikai deformáció hatására polarizálódnak, a kristály szembenálló lapjai között elektromos feszültség mérhető. Rezgések (pl. ultrahang) hatására a rezgés frekvenciájával azonos frekvencián váltakozó feszültséget mérhetünk a kristály szembenálló lapjai között, vagyis ezek a kristályok az ultrahang vevő szerepét is elláthatják.

Minden merev testnek, így a piezoelektromos anyagoknak is létezik tömegüktől, méretüktől, rugalmasságuktól függően ún. saját-, vagy rezonanciafrekvenciájuk, amelyen a legnagyobb amplitúdójú rezgésre képesek. A jobb ultrahangképzési, ill. detektálási hatások érdekében a piezoelektromos anyagot a mechanikai rezonanciájának megfelelő frekvenciájú elektromos rezgésekkel gerjesztik. Az ultrahangos adóvevőkben található piezokristályok rezonanciafrekvenciája természetesen az ultrahang frekvenciatartományba esik.

Az adók folyamatos működtetése esetén a környező felületekről visszaverődő hanghullámok interferenciája nagyban zavarhatja a mérést, érdemes a visszaverődő hullámokat leárnyékolni, vagy az ilyen felületektől távolabb elvégezni a mérést.

Az ún. Lloyd-féle interferencia ultrahang esetén például az alábbi ábrán látható elrendezésben vizsgálható:

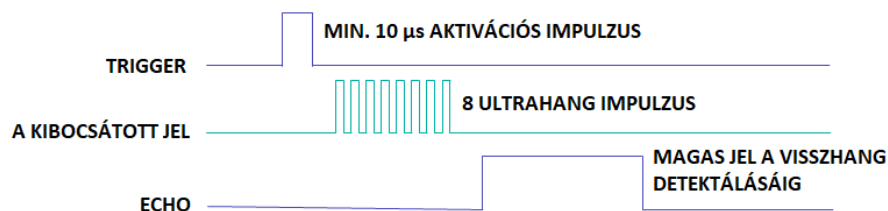


Ultrahangos útdadó:

A laboratóriumi gyakorlat során alkalmazott HC-SR04 ultrahangos távolságmérő szenzor 4 csatlakozótüskével rendelkezik. Ezek a tápellátás és föld (VCC és GND), illetve a TRIGGER és az ECHO lábak. A tápellátás (5V) biztosítása után, ha



mérést szeretnénk kezdeményezni, akkor a TRIGGER lábra egy magas impulzust kell adnunk, amelyet legalább 10 μ s-ig kell magasban tartani. Ezt követően a modul 8



ultrahang-impulzust bocsát ki, majd várja a visszavert ultrahang hullámok beérkezését. Az ECHO lábon a kibocsátástól a visszhang megérkezéséig magas jelet mérhetünk. Ennek időbeni hossza a hangsebességgel és a megtett távolsággal arányos, tehát a távolságmérést így időmérésre vezethetjük vissza.

Az ECHO lábon mérhető jel időbeni hosszát (t) a hangsebességgel (c) megszorozva a céltárgy szenzortól való távolságának (s) kétszeresét kapjuk:

$$2s = t \cdot c$$



Feladatok:

1. *Helyezze egymással szemben 30 cm távolságba az ultrahang adót és vevőt! Az adó által kibocsátott hang frekvenciájának változtatásával határozza meg a vevő rezonanciagörbéjét a 39-43 kHz-es tartományban! A 39 kHz és 40 kHz valamint 42 kHz és 43 kHz között 0,2 kHz-es lépésekkel, 40-42 kHz-ig 0,1 kHz-es lépésekkel mérjen! A vevő jelének amplitúdóját az oszcilloszkópról olvassa le! Ábrázolja az amplitúdókat a frekvencia függvényében. Határozza meg a rezonanciafrekvenciát!*
2. *Vizsgálja meg az ún. Lloyd-féle interferenciajelenséget az első feladat során meghatározott rezonanciafrekvencián!*
3. *Vizsgálja meg a vevőn mérhető feszültség amplitúdóját az adó és a vevő távolságának függvényében! A mérést a 10-60 cm-es távolságintervallumban 5 cm-es lépésközzel végezze el, az első feladat során meghatározott rezonanciafrekvencián! Ábrázolja az amplitúdót a távolság függvényében!*
4. *Üzemelje be a HC-SR04 ultrahangos útdó szenzort! Az oszcilloszkóp segítségével mérje meg az ECHO lábon mérhető jel időbeni hosszát az útdó és egy céltárgy távolságának függvényében! A mérést a 10-60 cm-es távolságintervallumban 5 cm-es lépésközzel végezze el. Ábrázolja a távolságokat a mért idők függvényében! Egyenes illesztéssel határozza meg a hangsebességet és hasonlítsa össze az irodalmi értékkel!*

2.3 Potenciometrikus útdó és szögelfordulásmérés

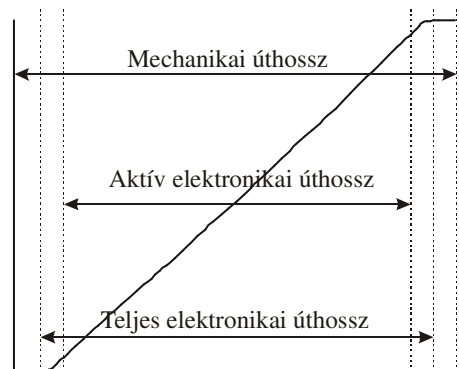
Mérési elv, definíciók

A potenciometrikus pozícióérzékelő egy mechanikai mennyiséget (hely, elmozdulás) alakít át elektromos jellé. A gyakorlaton használt összeállításban egy 10 k Ω -os lineáris tolópotenciométer és egy 2 k Ω -os forgó potenciométer tölti be az érzékelő szerepét. A mozgatható padot, aminek a helyzete egy karral állítható, egy merev rúddal összekötöttük a lineáris potenciométer csúszó érintkezőjével. A mérés célja, hogy meghatározzuk a potenciometrikus pozícióérzékelőnk statikus jellemzőit:

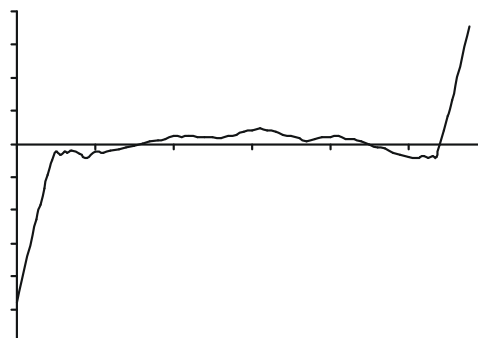
- **Feloldás** A mérendő mennyiség legkisebb olyan megváltozásának mértéke, amely az érzékelő kimenetében változást okoz
- **Hiszterézis** Az érzékelő kimenete a mérendő mennyiség egyazon értéke függ attól, hogy az éppen növekszik, vagy csökken
- **Linearitási hiba** Az érzékelő kimenete nem tökéletesen lineáris függvénye a mérendő mennyiségnek
- **Megismételhetőség** Az érzékelőnek az a tulajdonsága, hogy a mérendő mennyiségnek egyazon értéke esetén az ismételt mérések során ugyanakkora kimenetet ad
- **Érzékenység** A kimenet változásának és a mérendő mennyiség változásának hányadosa

Feladatok:

1. Kapcsoljon a potenciométer két végpontjára 1 V feszültséget! A potenciométer kimenő jelét mérje digitális multiméterrel!
2. Ellenőrizze a mérés megismételhetőségét: a potenciométer középső tartományának egy tetszőleges pontjára mindig azonos irányból álljon rá többször (5x) és olvassa le a feszültséget.
3. Ellenőrizze a hiszterézist: ismételje meg az előző mérést, a pontot a másik irányból megközelítve ismét mérjen ötször és hasonlítsa össze a mérések átlagát.
4. Vegyük fel a potenciometrikus pozícióérzékelő elmozdulás – feszültség függvényét. A potenciométer végpontjainál sűrűbben mérjen, a lineáris tartományban elegendő 1 mm enként. Ábrázolja az adatokat (pl. EXCEL-lel) és határozza meg az érzékelő mechanikai, teljes és aktív elektronikai úthosszát!

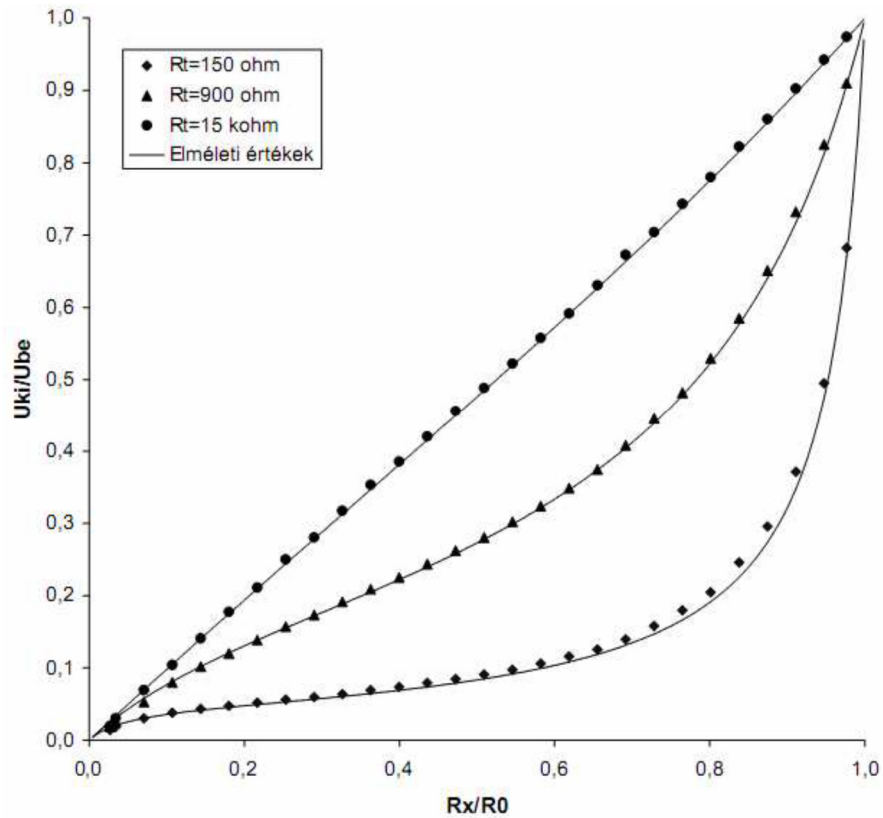


5. Az aktív tartományra illesszen egyenest és ábrázolja a linearitási hibát!



6. *A forgó potenciométert két végállásába forgatva, határozzuk meg a mechanikai szög tartományt! Multiméterrel mérjük meg a potenciométer két végpontja közötti ellenállás (R_0) értékét! Ezután kapcsoljunk be $U = 1\text{ V}$ egyenfeszültséget a potenciométer két végpontja közé. A feszültség értékét pontosan állítsuk be (pl. egy multiméter segítségével)! A negatívabb végpont és a csúszó érintkező közé kössünk be egy feszültségmérőt.*
7. *Az α szögelfordulást a mechanikai szög tartományban 10° -onként változtatva, vegyük fel a potenciométer kimenő feszültségét az elfordulás függvényében! Az elektronikai szög tartomány határait határozzuk meg pontosan, azaz ezek környékén vegyük fel valamivel sűrűbben a mérési pontokat!*
8. *A potenciométer kimenetére különböző terheléseket kapcsolva, a szögelfordulást 10° -onként változtatva mérjük meg a kimeneti feszültséget az elfordulás függvényében az elektronikai szög tartományon belül! (Amperméteri beiktatásával folyamatosan ellenőrizzük, hogy az ellenállásszekrényen átfolyó áram nem lépi-e át a maximálisan megengedett értéket.) A terhelések értékei legyenek rendre: $R_t = 150\ \Omega$, $900\ \Omega$, $15\text{ k}\Omega$.*
9. *A terheletlen potenciométerrel mért (U_{ki} , α) értékpárookra illesszünk ki, $U_{ki} = m\alpha + U_{ki,0}$ egyenest egy olyan, nem túl kicsi intervallumon az elektronikai szög tartományon belül, amelyen a mért $U_{ki}(\alpha)$ függés jó közelítéssel lineáris volt (pl. 50° és 250° között)! Ábrázoljuk a mért értékeket és az illesztett egyenest közös ábrán! Külön ábrán mutassuk be a mért és az illesztett értékek eltérését, és határozzuk meg az aktív elektronikai szög tartományt (amelyen belül az eltérés végig egy adott kis érték, pl. 5 mV alatt van)!*
10. *Készítsünk ábrát, amely a használt terheléseknél az U_{ki}/U_{be} hányadost mutatja R_x/R_0 függvényében! (Itt R_x a potenciométer negatívabb végpontja és csúszóérintkezője közé eső szakaszának ellenállását jelöli.) Az ábrán szerepeljenek a mért értékek és az elméleti értékek is, utóbbiak folytonos*

görbével feltüntetve. (ld. az alábbi mintát). Mennyire egyeznek meg a mért és az elméleti értékek? Mik lehetnek az esetleges eltérések okai?



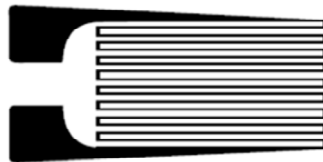
2.4 Nyúlásmérő bélyeg vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

A nyúlásmérő bélyegek olyan mérő-átalakítók, amely egy huzal (vezető fémréteg) megnyúlását elektromos ellenállás változássá alakítják át. Legyen az 1. ábrán látható huzal hossza l , amely a megnyúlás során dl - mértékben megnő. A huzal D átmérője a megnyúlás során dD értékben csökken. A huzal ellenállása (R) a ρ fajlagos ellenállással kifejezve:

$$R = \rho \frac{l}{A} = \rho \frac{4l}{\pi D^2}$$

ahol $A = \frac{D^2\pi}{4}$ a vezető keresztmetszete.



1. ábra

dl/l relatív megnyúlás hatására bekövetkező relatív ellenállás-változás:

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} \left(1 - 2 \frac{dD/D}{dl/l} + \frac{d\rho/\rho}{dl/l} \right)$$

A zárójelben lévő mennyiségek jó közelítéssel állandónak tekinthetők, ezért írhatjuk, hogy a huzal relatív ellenállás-változása arányos a relatív megnyúlással (ε).

$$\frac{dR}{R} = k \frac{dl}{l} = k\varepsilon$$

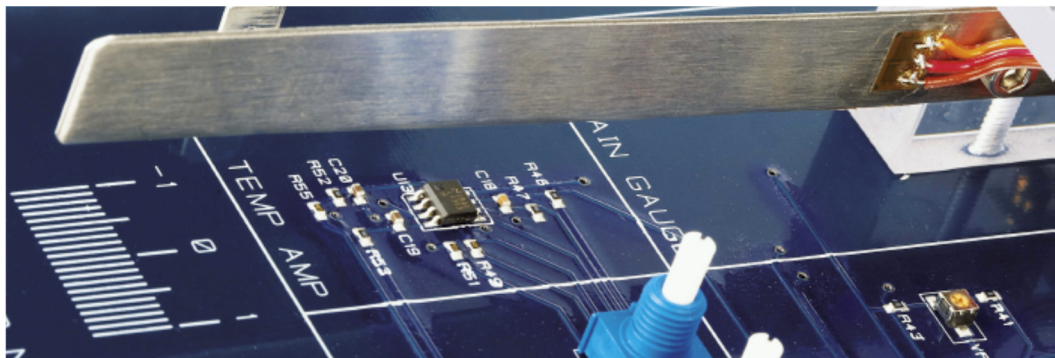
A k tényezőt a nyúlásmérő bélyeg érzékenységének nevezzük. Az érzékenység különböző fém-huzal/réteg bélyegek esetén $k = 1,5 - 6$ intervallumban változik. Félvezetőből készült nyúlásmérő bélyegek esetén $k \approx 100$ tekinthető tipikus értéknek.

A nyúlásmérő bélyegek az illető fém/félvezető /huzalok/rétegek rugalmassági határán belül használhatók. A megengedett relatív megnyúlás maximális értéke 0,03% körüli érték. Az érzékenység (k) hőmérsékletfüggő, ami egymásra merőleges huzalozású bélyegek megfelelő kapcsolásával jól kompenzálható. A ma használatos kiviteli forma az ún. fólia nyúlásmérő bélyeg csak korlátozott környezeti hőmérsékleten alkalmazható. A fólia nyúlásmérő

bélyegeket a nyomtatott áramkörök készítéséhez hasonló maratási technológiával állítják elő. A vezető alakja tetszés szerinti lehet, a vezetőt nem csak a mérési, hanem keresztirányban (hőmérséklet-kompenzáció) is létre lehet hozni. A nyúlásmérő bélyegek jellemző ellenállás-értéke 100 és 600 Ω között található.

A panel:

A QNET panelen található laprugóra felerősített nyúlásmérő bélyeg a laprugó síkjára merőleges erőhatások által létrehozott megnyúlásokat képes mérni. A laprugó linearitási határán belül a megnyúlás az erőnek lineáris függvénye.

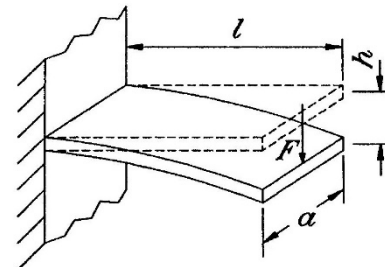


A laboratóriumi gyakorlat során rugóacél lemez hajlító-nyújtó deformációját használjuk erő/súly mérésre. Amennyiben egy az asztalra rögzített csigán átvett fonálra m tömegű testet akasztunk és a fonál másik végét a lemezhez rögzítjük, úgy a rugót hajlító erő:

$$F = mg$$

A lemez végének h elhajlása F terhelő erő esetén a „rugalmas szál” egyenlete alapján számítható:

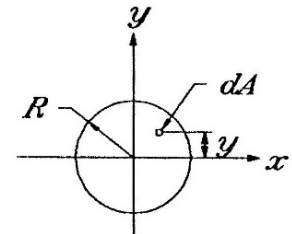
$$h = \frac{1}{3E} \cdot \frac{FL^3}{I}$$



ahol L a rúd hossza, E a rugóacél Young-modulusa, I a keresztmetszetnek a lehajlás síkjára merőleges tengelyre vonatkozó

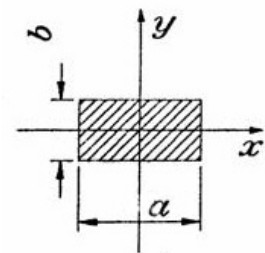
másodrendű nyomatéka. Például az x tengelyre vonatkozó I_x másodrendű nyomatékot az alábbi, a rúd teljes keresztmetszetére elvégzett integrál definiálja:

$$I_x = \int y^2 dA$$



y a keresztmetszet dA felületelemének a keresztmetszet súlypontján átmenő x irányú tengelytől mért távolsága. A különböző alakú keresztmetszetekhez tartozó másodrendű nyomaték a fenti integrál segítségével kiszámítható. a szélességű és b magasságú téglalap keresztmetszet esetén:

$$I_x = \frac{ab^3}{12}$$



Ez alapján a téglalap keresztmetszetű, egyik végén befogott és a másikon F erővel terhelt rúd lehajlása:

$$h = \frac{4}{E} \cdot \frac{FL^3}{ab^3}$$

A fenti egyenletből kifejezhető a Young-modulus:

$$E = \frac{4FL^3}{hab^3}$$



Feladatok:

1. *A rendelkezésre álló súlysorozat segítségével vegye fel a feszültség-terhelő erő karakterisztikát! A méréssorozatot háromszor végezze el, majd az adott súlyokhoz tartozó értékeket átlagolja! A felvett adatokat ábrázolja egy U-F grafikonon, és határozza meg az egyenes egyenletét! Fejezze ki az erőt a feszültség függvényében!*
2. *Az 1. feladatban kifejezett egyenlet segítségével határozza meg egy ismeretlen tömegű test tömegét!*
3. *Határozza meg a lemez sajátfrekvenciáját! Pendítse meg a laprugót, majd a mérések alapján határozza meg a létrejött csillapodó rezgés frekvenciáját! Helyezzen apró tömeget a laprugóra és ismétlje meg a mérést! Mit tapasztal?*
4. *A rendelkezésre álló tolómérővel mérje meg a fémlap hosszát (L), szélességét (a) és vastagságát (b)!*
5. *A mikrométeróra segítségével határozza meg a lemez hajlását három különböző terhelés mellett! Mérje meg a szenzor feszültség értékét az adott terhelések esetén és határozza meg a hozzá tartozó hajlító-erő értékeket, számítsa ki a rugóacél lemez Young modulusát és hasonlítsa össze az irodalmi értékkel!*

2.5 Optikai közelítéskapcsoló

Az optikai közelítéskapcsolókról

Az optikai közelítéskapcsoló feladata, hogy elektronikus úton feldolgozható jelet szolgáltatson, amikor a tárgy az érzékelőt adott tartományon belül megközelíti vagy a tartományt elhagyja, illetve az érzékelő vonalát eléri vagy azon áthalad. A fejlesztések során az érzékelők működését, válaszát nagy mértékben igyekeznek függetlenné tenni a környezeti feltételektől (hőmérséklet, szórt fény, stb.), és amennyiben ez számít, a tárgy felszínének optikai jellemzőitől is. Ugyanakkor minden alkalmazásban célszerű a követelményeknek teljességgel eleget tevő, de ezen belül a legegyszerűbb, legmegbízhatóbb (és persze a legolcsóbb) érzékelőt használni, de tudni kell, hogyan viselkedik a paraméterek esetleg nem várt változása esetén.

A diffúz tárgyreflexiós érzékelők a tárgyról visszaverődő fény intenzitása alapján döntenek a közelségről. Ezt azonban a távolság mellett jelentős mértékben befolyásolja a tárgy színe, árnyalata, és természetesen az is, hogy az érzékelő által kibocsájtott mérőfény mekkora hányada esik egyáltalán az adott távolságban lévő tárgyra, azaz, a tárgy mekkora, ill. oldalirányban mennyire eltolódva helyezkedik el. A kapcsolási távolság az a távolság, amelybe a nagy felületű, diffúzan reflektáló tárgy a detektorral „szemben” beérkezve reflexiója révén kiváltja az érzékelő jelzését (jellemzően egy áramkör bekapcsolását). A beállítási/névleges érték a fehér tárgy kapcsolási távolságára vonatkozik. Utóbbi tulajdonság természetesen azt is eredményezi, hogy egy ilyen érzékelő nemcsak a közeli zónába érkezést, hanem a kapcsolási távolságon belül az oldalirányú beérkezést is detektálni képes.

A háttérelnyomásos érzékelő a benne felhasznált pozícióérékeny detektálás révén visszavert fény mennyiségétől nagymértékben függetlenül, kifejezetten a fényvisszaverés távolságának függvényében ad választ. Kis mértékben az ilyen érzékelő kapcsolási távolsága is függ a színtől és az árnyalattól (ha az érzékelő hullámhosszán a reflexióképesség csökken, a kapcsolási távolság is valamelyest csökken).



A felsőfokú oktatás minőségének és
hozzáférhetőségének együttes javítása a
Pannon Egyetemen



Tekintse át a mellékelt adatlapokat, keresse ki a méréshez rendelkezésre bocsájtott
érzékelők adatait! Állapítsa meg az érzékelők típusát, elektromos igényét!



Feladatok

Diffúz tárgyreflexiós érzékelő (energikus)

- 1. Szerelje az érzékelőt (M18 tokozás) a vas sínben futó szánra, és erre a sínre merőlegesen helyezzen el egy másik sínt, melyre a tárgyat szereli fel! Gyakorolja, hogyan olvassa le az érzékelő sínén a tárgytávolságot, hogyan tudja majd a tárgy oldalirányú távolságát a másik szán skáláján meghatározni! Adjon tápfeszültséget az érzékelőnek, kösse be az indikátort!*
- 2. Az érzékelő oldalán található potenciométert finoman tekerve állítson be fehér tárgyra különböző kapcsolási távolságokat! Pl. 120, 150, 200, 250, 300 mm. Ellenőrizze a kapcsolási távolságot az érzékelő mozgatása során, jellemezze a hiszterézist! Erősítsen fel különböző színű papírokat, mérje a kapcsolás távolságát!*
- 3. Állítson be fehér tárggyal egy kapcsolási távolságot (120–250 mm)! A tárgyat és az érzékelőt egymásra merőleges síneken mozgatva különböző tárgytávolságoknál keresse meg azt a pontot, amelybe oldalról érkező tárgy az érzékelőt aktiválja! Ábrázolja ezt a pozíciót a tárgytávolság függvényében! Közelítse a tárgyat balról és jobbról egyaránt!*

Háttérelnyomásos tárgyreflexiós érzékelő

- 1. Szerelje az érzékelőt (30x30 mm-es tokozás) a vas sínben futó szánra, és erre a sínre merőlegesen heéyezzen el egy másik sínt, melyre a tárgyat szereli fel! Tanulja, hogyan olvassa le az érzékelő sínén a tárgytávolságot, hogyan tudja majd a tárgy oldalirányú távolságát a másik szán skáláján meghatározni! Adjon tápfeszültséget az érzékelőnek, kösse be az indikátort!*
- 2. Az érzékelő oldalán található potenciométert finoman tekerve állítson be fehér tárgyra különböző kapcsolási távolságokat! Pl. 15, 30, 50, 100, 150 mm. Ellenőrizze a kapcsolási távolságot az érzékelő mozgatása során, jellemezze a hiszterézist!*
- 3. Állítson be fehér tárgyra különböző kapcsolási távolságokat 15 és 150 mm között! Minden értéknél mérje a kapcsolási távolságot különböző színű*



A felsőfokú oktatás minőségének és
hozzáférhetőségének együttes javítása a
Pannon Egyetemen

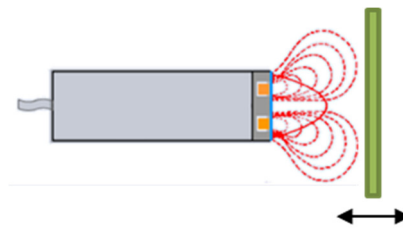


*tárgyak esetében! Minden színre ábrázolja a kapcsolási távolság csökkenését
a fehér tárgy kapcsolási távolságának függvényében!*

2.6 Induktív útdó vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

Az induktív útdók működésének alapja a szenzorban megtalálható LC oszcillátor, amelynek rezgőköri tekercse nagyfrekvenciás mágneses teret hoz létre. Az oszcillátort a sajátfrekvenciájának megfelelően gerjesztik, a szenzor kimeneti jele pedig a rezgés amplitúdójával arányos.



Amennyiben egy fémes vezető anyagot egy áramjárta tekercs egyik végéhez közelítünk, akkor a tekercs mágneses tere és önindukciós tényezője megváltozik. A változás nagysága függ a közelített vezető anyagi minőségétől is és méreteitől is. Ferromágneses anyagoknál az effektus nagyobb, mint az egyéb, diamágneses vagy paramágneses vezetőknél. A megváltozott önindukciós tényezővel együtt megváltozik az oszcillátor rezonanciafrekvenciája is.

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Így a már nem a sajátfrekvenciáján kényszerrezgést végző LC körben a rezgés amplitúdója lecsökken. Az érzékelő az amplitúdó változása alapján detektálja a fémes vezető anyag pozícióját. Az induktív közelítés érzékelők (egy távolság intervallumon belül) a vezető anyag érzékelőtől mért távolságával arányos analóg feszültség jelet adnak (linearitási intervallum).

Differenciális mérési elrendezés esetén a két szenzort egymással szemben rögzítjük és a céltárgyat közöttük mozgatjuk. Ekkor a két szenzor különbségi jelét mérjük. Ebben az elrendezésben a linearitási intervallum kiszélesedése várható.

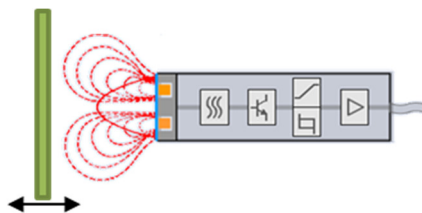
Feladatok:

1. *Induktív útagó karakterisztikáinak felvétele ferromágneses céltárgy esetén. Helyezze a céltárgyat 15 mm távolságba az induktív útagótól, majd mérje meg a céltárgy helyzetének függvényében a kimenő feszültséget! A céltárgyat 0,5 mm-es lépésekben mozgassa! Mindkét szenzorra végezze el a feladatot!*
2. *A karakterisztika linearizálása ferromágneses céltárgy esetén: Ábrázolja a kimenő feszültségeket a céltárgy szenzortól mért távolságának függvényében! Keresse meg a karakterisztika lineáris szakaszát, majd erre a szakaszra való egyenes illesztéssel határozza meg szenzorok linearizáló függvényét! Mindkét szenzorra végezze el a feladatot!*
3. *Induktív közelítéskapcsolók karakterisztikáinak felvétele alumínium céltárgy esetén: Helyezze a céltárgyat 5 mm távolságba az induktív útagótól, majd mérje meg a céltárgy helyzetének függvényében a kimenő feszültséget! A céltárgyat 0,25 mm-es lépésekben mozgassa! Mindkét szenzorra végezze el a feladatot!*
4. *A karakterisztika linearizálása alumínium céltárgy esetén: Ábrázolja a kimenő feszültségeket a céltárgy szenzortól mért távolságának függvényében! Keresse meg a karakterisztika lineáris szakaszát, majd erre a szakaszra való egyenes illesztéssel határozza meg szenzorok linearizáló függvényét! Mindkét szenzorra végezze el a feladatot!*
5. *Induktív útagók párhuzamos struktúrában való mérése ferromágneses céltárgy esetén: Helyezze egymással szemben 5, 10, 15 mm távolságba a két induktív útagót, majd mérje meg a két adó különbségi jelét ferromágneses céltárgyat alkalmazva! A céltárgyat 0,5 mm-es lépésekben mozgassa!*
6. *A karakterisztika linearizálása differenciális mérés esetén: Ábrázolja a két szenzor különbségi jelét a céltárgy helyzetének függvényében! Keresse meg a karakterisztika lineáris szakaszát, majd erre a szakaszra való egyenes illesztéssel határozza meg a linearizáló függvényt!*
7. *Készítsen táblázatot az egyes feladatoknál tapasztalt linearitási intervallumokról!*

2.7 Kapacitív és induktív közelítéskapcsolók

Elméleti összefoglaló:

Az induktív közelítéskapcsolók működésének alapja az induktív úadókéval szinte mindenben megegyezik. A szenzorban megtalálható egy LC oszcillátor, amelynek rezgőköri tekercse nagyfrekvenciás mágneses teret hoz létre. Az oszcillátort a sajátfrekvenciájának megfelelően gerjesztik, a szenzor kimeneti jele pedig a rezgés amplitúdójának függvénye. Amennyiben egy fémes vezető anyagot egy áramjárta tekercs egyik végéhez közelítünk, akkor a tekercs mágneses tere és önindukciós tényezője megváltozik. A változás nagysága függ a közelített vezető anyagi minőségétől is és méreteitől is.



Ferromágneses anyagoknál az effektus nagyobb, mint az egyéb, diamágneses vagy paramágneses vezetőknél. A megváltozott önindukciós tényezővel együtt megváltozik az oszcillátor rezonanciafrekvenciája is.

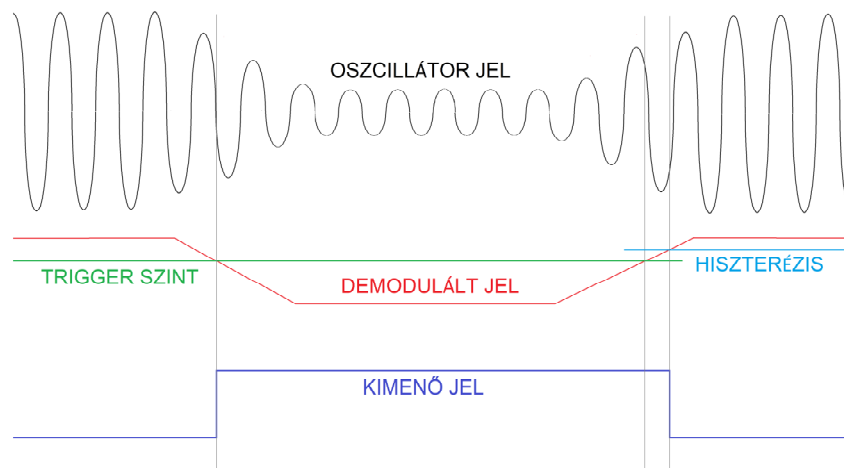
$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Így a már nem a sajátfrekvenciáján kényszerrezgést végző LC körben a rezgés amplitúdója lecsökken. Az oszcillátor jelét erősítik és demodulálják. Amennyiben a demodulált jelt egy meghatározott trigger szint alatt van, a szenzor kimeneti jele magas, felette pedig alacsony lesz. A szenzorok kimenete digitális, a magas jel a szenzor tápfeszültségét, az alacsony pedig a földpotenciált jelenti. Ezen típusú szenzorok jellemzően a szenzorba épített LED-el is jelzik a detektálást.

A kapacitív közelítéskapcsolók nagyon hasonló elven működnek. Szintén megtalálható bennük egy LC oszcillátor, azonban itt a rezgőkör kondenzátorlemezei kerülnek a szenzor aktív végébe „nyitott” elrendezésben. A szenzor elé kerülő anyag bekerül a kondenzátorlemezek elektromos terébe és a távolságától, felületének

nagyságától és dielektromos állandójától függően megváltoztatja a kondenzátor kapacitását, ezáltal elhangolja a rezgőkör rezonanciafrekvenciáját. A szenzor jelének feldolgozása minden másban megegyezik az induktív kapcsolónál leírtakkal. A trigger szintet jellemzően potenciométerrel állíthatjuk.

Mivel mindkét típusú szenzor esetén a kapcsolási állapot a trigger szint közelében igen bizonytalan volna, ezért hiszterézises mechanikát építenek az ilyen típusú érzékelőkbe, azaz a be- és kikapcsolási távolság némileg eltér a kikapcsolási távolság javára.





Feladatok:

1. *Határozza meg az induktív közelítéskapcsoló be- és kikapcsolási távolságait a kiadott próbatestekre! Készítsen táblázatot a mért értékekből! Számolja ki a hiszterézis nagyságát. Ábrázolja oszlopdiaqramon a hiszterézis és a bekapcsolási távolság hányadosát (százalékban megadva) a próbatestek anyagai szerint!*
2. *A kapacitív szenzor potenciométerét állítsa be úgy, hogy az a műanyag próbatest közelítésére is már éppen bekapcsoljon!*
3. *Határozza meg a kapacitív közelítéskapcsoló be- és kikapcsolási távolságait a kiadott próbatestekre! Készítsen táblázatot a mért értékekből! Számolja ki a hiszterézis nagyságát. Ábrázolja oszlopdiaqramon a hiszterézis és a bekapcsolási távolság hányadosát (százalékban megadva) a próbatestek anyagai szerint!*
4. *A két szenzor és a korábbi mérési eredmények felhasználásával határozza meg a kiadott ismeretlen próbatestek anyagain! Készítsen táblázatot a méréseiről! Tüntesse fel, melyik próbatestet milyen anyagból készülhetett!*

2.8 Optikai útdó vizsgálata

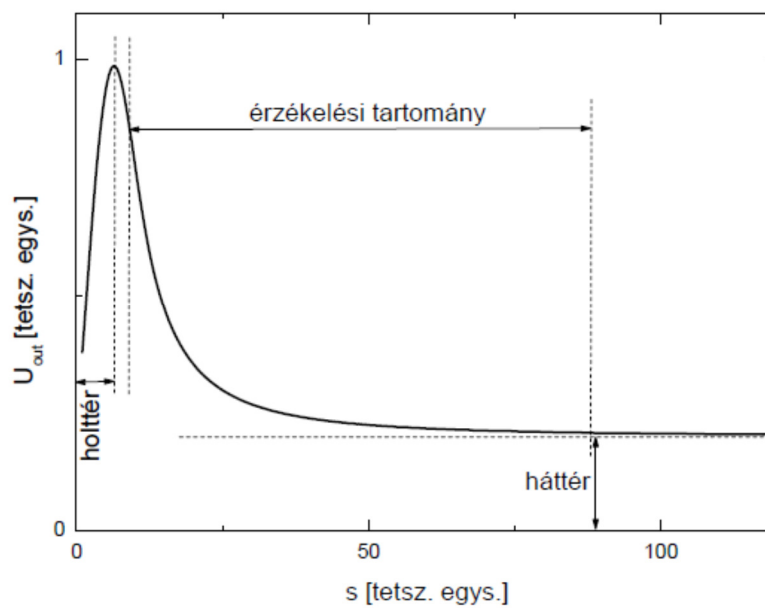
Elméleti összefoglaló:

Az optikai objektum felismerő és útdó szenzorok között léteznek egy- illetve kétutas, valamint tárgyreflexiós típusok is. Az egyutas típusok az úgynevezett optokapuk, amelyek esetében az adó és a vevő külön házban, vagy villás elrendezésben kerülnek elhelyezésre. Az objektumok az adó és vevő közé bekerülve kitakarják az adó által kibocsátott fényt, amely így nem jut el a vevőig. Ezek az érzékelők kapcsoló üzeműek, nem alkalmasak a tárgyak pozíciójának meghatározására. A kétutas (reflexiós) optikai kapcsolók esetén mind az adó, mind a vevő egyazon házban kerül elhelyezésre. Az adó jele egy tükröződő felületről verődik vissza a vevőhöz. A szenzor és a tükröző felület közé bekerülő objektum megszakítja a fényutat, ami által a kapcsoló jelez. Fényes felületű objektumok esetén előfordulhat, hogy maga az objektum veri vissza a fényt, így a szenzor nem érzékelné a fényútba bekerült tárgyat. Ezt polarizált fény alkalmazásával oldható meg. Ez esetben az adó polarizált fényt bocsájt ki, amelynek polarizációs síkját a tükröző felület elforgatja úgy, hogy az a vevő elé helyezett polárszűrőn át tudjon haladni. Egy fényes felületű objektum, mivel a polarizációs síkot nem forgatja el, így érzékelhetővé válik a szenzor számára.

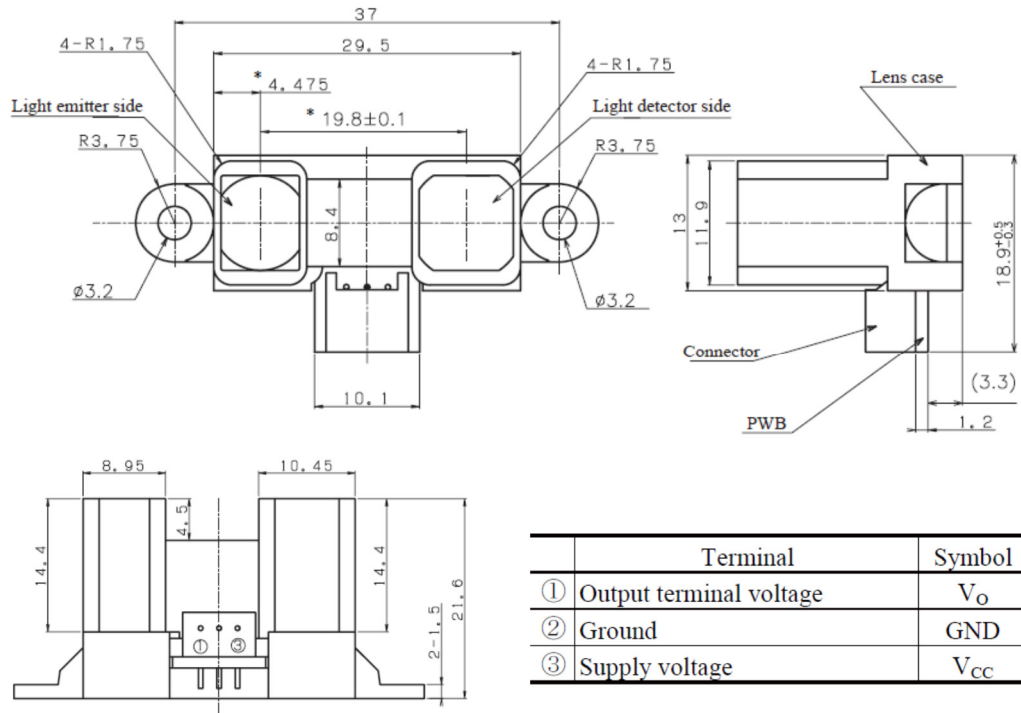
A tárgyreflexiós érzékelők magáról az objektumról diffúz módon visszaverődő fény mennyisége alapján képesek a detektálásra. A leggyakoribbak az infravörös LED-ből és a fototranzisztorokból álló adó-vevő párosok. A visszavert fény mennyisége függ a tárgy színétől és alakjától is, valamint a szenzor érzékeny lehet a háttérvilágítás mértékére is. Ezen szenzortípusok között mind a kapcsolóüzemű, mind pedig az analóg kimenetű útdók is megtalálhatóak. A háttérvilágítás befolyásának kiküszöbölésére úgynevezett háttérelnyomós szenzorokat alkalmazhatunk. Ezek a fényforrás folyamatos ki és bekapcsolásával a fototranzisztoron váltakozó kollektoráramot kapunk, amelynek effektív értékét a háttérből származó folyamatos megvilágítás nem befolyásolja.

A laboratóriumi mérés során egy GP2Y0A02YK0F típusú tárgyreflexiós, háttérelnyomásos infravörös útadót használunk.

Ezen szenzor esetén a LED és a fototransztor egymástól megközelítőleg 2 cm távolságban helyezkednek el. Túl közeli tárgyak esetén geometriai okokból a LED által megvilágított objektumról nem jut vissza a kellő fénymennyiség (a fototranszistor nem „lát rá” a megvilágított felületre), így a szenzor a várttól kisebb jelet ad. Ezen távolságon belül beszélhetünk a szenzor holtteréről.



A szenzor 4,5-5,5 V közötti tápfeszültséggel (V_{CC}) működik és tipikusan 30-35 mA áramot vesz föl. A lábkiosztást pedig az alábbi ábra alapján határozható meg:





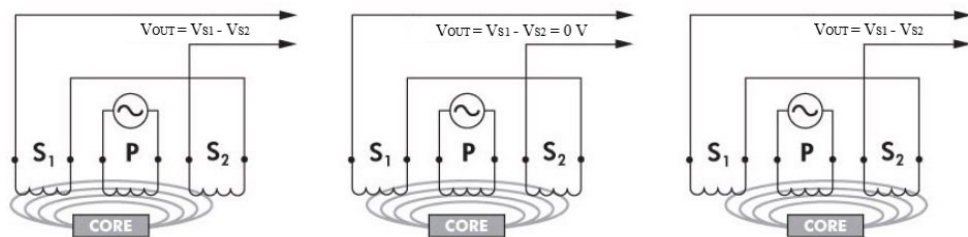
Feladatok:

1. *Értelmezze a szenzor műszaki ábráját és határozza meg a lábak kiosztását! Alakítson ki kapcsolást a szenzor karakterisztikájának felvételéhez!*
2. *Három különböző színű céltárggyal (fehér, fekete, illetve egy választott szín) vegye föl a szenzor karakterisztikáját! Tolja a céltárgyat a lehető legközelebb a szenzorhoz, majd tolómérővel határozza meg a szenzor és a céltárgy minimum távolságát! Ezt a távolságot 1 cm-enként növelje 25 cm-ig, majd a sín végéig 5 cm-enként!*
3. *Ábrázolja a feszültségeket a távolság függvényében!*
4. *Ábrázolja a mért feszültségeket a távolság reciprokának függvényében! Határozza meg a lineáris szakaszt! Illesszen egyenes a lineáris szakaszra és adja meg az egyenletét!*

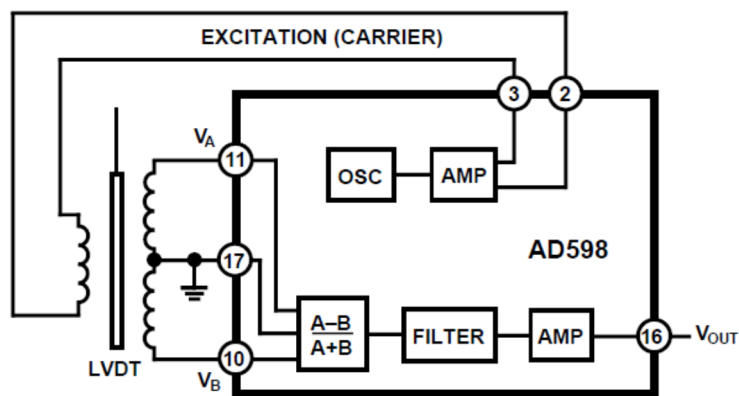
2.9 Az LVDT vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

Az LVDT (Linear Variable Differential Transformer) egy hossz menti elmozdulást érzékelő szenzor, amely egy elmozduló vasmagból és három tekercsből áll. A három tekercs egymás mellett helyezkedik el, középen a primer, kétoldalt pedig a kettő egymással ellentétes irányban tekercselt szekunder. A primer tekercset általában 20 Hz és 20 kHz közötti frekvenciájú, 1 – 24 V-os effektív feszültségű szinusz jellel táplálják, így a vasmag pozíciójától függően különböző feszültségek indukálódnak a szekunder tekercsekben, amely feszültségek különbsége adja a szenzor kimeneti jelét.



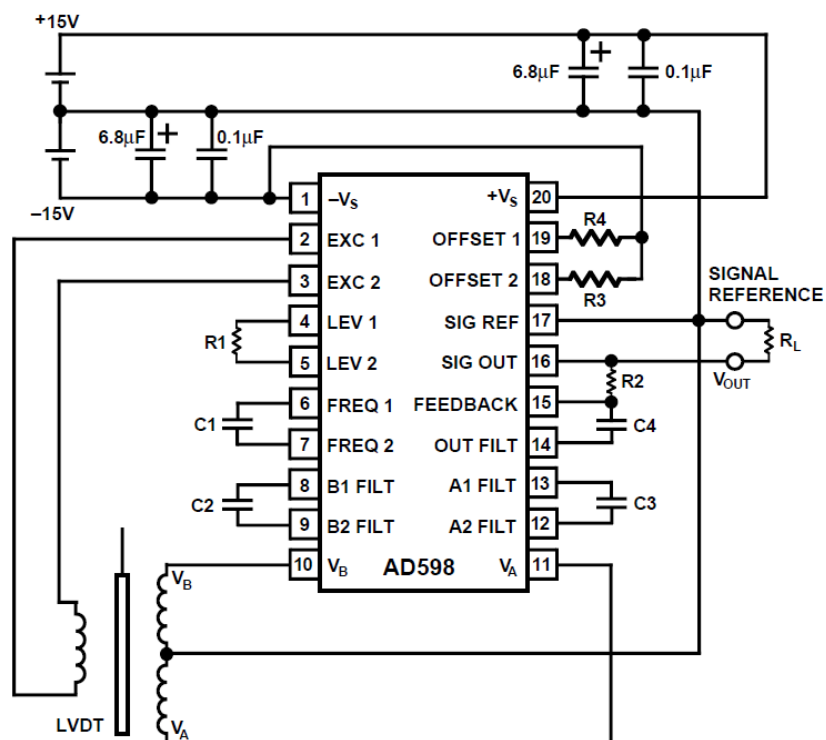
E szenzortípus legfőbb előnye az érzékenysége, valamint az érintkezés mentes működése. Virtuálisan végtelen felbontással rendelkeznek, hiszen a mérés az induktív csatoláson alapul. Végeredményben a felbontásnak csak a külső zaj szabhat határt. Dinamikai mérésekre is alkalmas, hiszen igen kis válaszidővel rendelkeznek. Kimenete abszolút, nullpontja pedig igen stabil és megismételhető. Mindemellett robusztus felépítésű és nagy hőmérsékleti tartományban használható szenzor.



Az AD598 egy LVDT jelkondicionáló IC, amely magában foglalja a gerjesztő jel (excitation) előállításához szükséges, külső elektronikai alkatrészek méretezésével állítható frekvenciájú oszcillátort, valamint a kimenő analóg jel előállításához szükséges kivonó, szűrő (filter) és erősítő (amp) áramköröket.

Külső elektronikai alkatrészek (ellenállások, kondenzátorok) megfelelő méretezésével állítható továbbá a gerjesztő jel amplitúdója, a kimenő feszültség nagysága (érzékenység/sensitivity), valamint a jel eltolása (offset) is.

A tápellátáshoz $\pm 15\text{ V}$ feszültségre van szükség, a kimeneti jelet a köztes földponthoz képest mérjük. Az IC-t az alábbi kapcsolásban illehetjük az LVDT-hez:



Feladatok:

- 1. Függvénygenerátor segítségével gerjessze szinuszzel az LVDT primer tekercsét! A két szekunder tekercsben indukált feszültséget, valamint a gerjesztő jelet is vizsgálja oszcilloszkóp segítségével! Készítsen képet a jelalakokról a vasmag végállásaiban és középső pozíciójában!*
- 2. Mérje meg a két szekunder tekercsben indukálódó feszültség effektív értékét a vasmag pozíciójának függvényében! A vasmagot a mikrométercsavaros asztal segítségével mozgassa a rögzített LVDT-hez képest. Alkalmazzon 0,5 mm-es lépésközt!*
- 3. Ábrázolja két szekunder tekercsben indukálódó feszültségek effektív értékeinek különbségét a vasmag pozíciójának függvényében!*
- 4. Az AD598-as IC segítségével készítsen LVDT jelkondicionáló kapcsolást, amelyben a gerjesztő jel frekvenciája 1,5 kHz, és feszültségének effektív értéke 10 V! R_2 értéke legyen 82 k Ω . Méretezze a további szükséges (R_1, C_1, C_2, C_3, C_4) elektronikai alkatrészeket az adatlapban megtalálható utasítások alapján! Mérje meg az előállított jel frekvenciáját és amplitúdóját oszcilloszkóp segítségével!*
- 5. Kösse be az LVDT-t az elkészült kapcsolásba! Mérje meg az AD598 kimenetét a vasmag pozíciójának függvényében! A vasmagot a mikrométercsavaros asztal segítségével mozgassa a rögzített LVDT-hez képest. Alkalmazzon 0,5 mm-es lépésközt!*
- 6. Határozza meg a szenzor érzékenységét!*

2.10 Hőmérsékletmérés

Hőmérséklet szenzorok

A fémek és félvezetők elektromos ellenállása függ a hőmérséklettől. Az ellenállást, illetve ennek változásait igen pontosan lehet mérni, ezért az ellenállás értékének hőmérséklettől való függését pontos hőmérsékletmérésre használhatjuk fel.

Fém ellenállás-hőmérők

Az ellenállás-hőmérők működése a tiszta fémek fajlagos ellenállásának viszonylag nagymértékű, korlátozott tartományokban jó közelítéssel lineáris hőfokfüggésén alapul:

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$$

ahol ρ a t , ρ_0 pedig t_0 kiindulási hőmérséklethez (általában 0 °C vagy 20°C) tartozó fajlagos ellenállás, α pedig az ellenállás hőmérsékleti tényezője (temperetúra koefficiens).

A fém ellenállás-hőmérők anyaga rendszerint Ni- vagy Pt-huzal. Szabvány szerint az ellenállásuk 0 °C-on 100 Ω .

Félvezető ellenállás-hőmérők

A kereskedelemben készen kaphatók hőmérséklet-érzékeny félvezető ellenállások, a termisztorok. Anyagukat tekintve nehézfém-oxidokból készült kerámiák, ellenállásuk hőmérsékleti tényezője általában nagyobb, mint a fémeké.

A termisztorok két csoportba oszthatók:

- negatív hőmérsékleti együtthatójú ellenállások (NTK-ellenállások),
- pozitív hőmérsékleti együtthatójú ellenállások (PTK-ellenállások).

Termisztorok esetén az ellenállás nemlineáris függvénye a hőmérsékletnek. Az NTK-termisztorok ellenállása a hőmérséklet emelkedésével exponenciálisan csökken:

$$R_t = Ae^{\frac{B}{T}}$$

ahol A és B anyagi állandók.



A hőmérsékletmérés az A és B paraméterek ismeretében az R_t ellenállás mérésére
vezethető vissza:

$$T = \frac{B}{\ln(R_t / A)}$$

Az A és B állandók értékét kalibráló méréssel határozhatjuk meg. Ábrázoljuk a mért
ellenállások logaritmusát ($\ln R_t$) az abszolút hőmérséklet reciprokának ($1/T$)
függvényében! Ebben a koordináta rendszerben a mérési pontokra egyenes illeszthető:

$$\ln(R_t) = \ln A + B \frac{1}{T}$$

Az egyenes meredekségéből B , a tengelymetszetből A értéke meghatározható.

Az AD590-es hőmérséklet érzékelő

Az AD590-es hőmérséklet érzékelő egy kétkivezetéses integrált áramköri
hőmérséklet-érzékelő, ami a kimenetén az abszolút hőmérséklettel arányos áramot ad.
Az áramváltozás +4 V és +30 V közötti tápellátás mellett $1 \mu\text{A/K}$. A gyártáskor történő
lézeres beállításnak köszönhetően 298,2 K (25 °C) hőmérsékleten 298,2 μA áram
mérhető a kimeneteken. Az AD590 áramköri elemmel sorba kötött 1 k Ω -os
ellenálláson, Ohm törvényből könnyen kiszámolható, hogy az ellenálláson mért
feszültség mV-ban mérve megadja a mért hőmérsékletet K-ben.



Feladatok:

- 1. Csatlakoztassa a szenzorokat a Hameg multiméteréhez! A Pt100 és a termisztor esetén ellenállást, Az AD590 szenzor esetén az 1 k Ω -os ellenálláson eső feszültséget mérje!*
- 2. A felforralt vízbe helyezett szenzorokat a referencia hőmérő segítségével 1 C-os lépésekben olvassa le.*
- 3. A mért adatokból határozza meg a hőmérséklet érzékelők paramétereit!*



3 Aktuátortechnika

3.1 DC motor

A motor működésének alapjai

A gyakorlat során egy hagyományos egyenáramú (DC) motor főbb paramétereinek megmérése ill. kiszámítása a feladat. A motor bronzkefék, az állórész állandó mágneset tartalmaz. A tengelyre rugalmas csővel egy hajtott tengelyt kapcsoltunk, melyen két lendkerék található. Ezek a motor forgórészével (rotor) együtt képezik a rendszer tehetetlenségi nyomatékát:

$$\Theta_S = \Theta_T + \Theta_M.$$

Hasonló módon összeadódik a motor és a tengely súrlódási nyomatéka:

$$M_R = M_{TR} + M_{MR}.$$

A motorban ébredő teljes nyomaték arányos a forgórész mágnesezettségével, azaz gyakorlatilag a motor által felvett I áramerősséggel:

$$M = k_M \cdot I,$$

ahol k_M -az ún. nyomatékegyüttható.

az áramerősséget pedig a tekercsek ellenállását (R) és a motor kapocsfeszültségét ismerve az Ohm-törvényből számíthatjuk. Figyelembe kell azonban vennünk, hogy a motor tekercsei az állórész mágneses terében forognak, ami a pillanatnyi fordulatszámmal arányos, ellenirányú feszültséget eredményez (back EMF – electromotive force), ennyivel csökkentjük tehát az áram kiszámításánál a motorra kapcsolt egyenfeszültség értékét:

$$I = (U - U_{bEMF})/R = (U - k_E \cdot n)/R.$$

Egyenleteinket összefoglalva a pillanatnyi nyomatékot a következőképpen számítjuk:

$$M = k_M \cdot (U - k_E \cdot n)/R = M_R + M_A,$$

ahol azzal az egyszerű feltételezéssel élünk, hogy az elektromágneses kölcsönhatásból származó forgatónyomaték egyrészt a súrlódás leküzdésére (M_R), másrészt a tengely szöggyorsulásának (β) létesítésére szolgál:

$$M_A = \Theta_S \cdot \beta.$$

Ha az *állandó* tápfeszültség bekapcsolása után elegendő ideig várunk, a tengely eléri az adott kapocsfeszültséghez tartozó maximális/egyensúlyi/stacionárius fordulatszámot (n_0), vagyis nem gyorsul tovább ($\beta=0$), ami az egyenletünk egyszerűsödéséhez vezet:

$$k_M(U - k_E n_0)/R = M_R,$$

ahonnan a stacionárius fordulatszámot kiszámíthatjuk:

$$n_0 = \frac{U}{k_E} - \frac{M_R R}{k_E k_M}.$$

Egyszerűen szólva: a hosszú idő után beálló fordulatszám lineáris összefüggésben áll a motorra kapcsolt feszültséggel.

A gyorsulási folyamatot tekintve: nyilvánvaló, hogy a fordulatszám emelkedésével a visszaható elektromotoros erő növekszik, és az áramerősség, ezzel együtt pedig a gyorsításra szolgáló nyomaték csökken. A fordulatszám időbeli viselkedésének számítása egy közönséges differenciálegyenlethez vezet, melynek megoldása:

$$n = n_0(1 - e^{-t/\tau}),$$

ahol

$$n_0 = \frac{U}{k_E} - \frac{M_R R}{k_E k_M} \text{ és } \tau = \frac{2\pi\Theta_S R}{k_E k_M}.$$

A grafikonról a következő adatok olvashatók le:

- a DC feszültséghez tartozó stacionárius fordulatszám (n_0)
- a fordulatszám kezdeti növekedési rátája (a kezdeti meredekség leolvasásával)
- a felpörgés időállandója (τ , a 63%-os fordulatszám eléréséhez szükséges időtartam leolvasásával).

Ha a motort leválasztjuk az áramforrásról, a nyomaték forrásául szolgáló áram megszűnik, a tengely lassulni kezd, közben a motor kapcsain a pillanatnyi fordulatszámhoz tartozó visszaható elektromotoros erő mérhető. A lassulás mértékét a rendszer súrlódási nyomatéka és teljes tehetetlenségi nyomatéka együtt szabja meg:

$$\beta' = -\frac{M_R}{\Theta_S}.$$

Mivel a fenti képlettel számított szöggyorsulás nem függ a pillanatnyi fordulatszámától, a lassulás időben egyenletesen csökkenő fordulatszámmal jellemezhető. Fontos észrevennünk, hogy a stacionárius fordulatszámot a súrlódási nyomaték befolyásolja, nem szerepel azonban benne a tehetetlenségi nyomaték; az elektromosan *leválasztott* motor lassulásában azonban mindkét mennyiség szerepel.

Természetesen a rendszer forgással szemben tanúsított ellenállása nem csak a fordulatszámától független súrlódásból áll, hanem a fordulatszám emelkedésével növekvő mértékű közegellenállásból is, mely tovább bontható a fordulatszámmal és annak négyzetével arányos tagokra. Alacsony fordulatszám mellett a közegellenállás mindkét tagja kicsiny, esetleg elhanyagolható. Függetlenül azonban attól, hogy M_R tartalmaz-e számottevő közegellenállási járulékot vagy sem, az adott tápfeszültséghez tartozó stacionárius fordulatszám elérése után a motor által felvett áramerősség (I_0) egyértelműen M_R leküzdésére fordítódik. Ha tehát csak tiszta súrlódás van jelen, az $I_0(n_0)$ egy konstans függvény, emelkedő jellege pedig a közegellenállás jelenlétére utal. Nyilvánvalóan, nagy tápfeszültségek mellett a közegellenállás miatt a fordulatszám alacsonyabb marad, mint amit a fenti $n_0(U)$ összefüggésből számíthatunk, míg alacsony értékek mellett a motor elsőrendű lineáris rendszernek tekinthető.

A fordulatszám méréséről

A hajtott tengely egyik tárcsája egy fogazott vaskorong, melynek palástjához közel elhelyeztünk egy mágneses alapon működő fordulatszám-érzékelőt. A fogak és fogközök váltakozásakor az érzékelőn átfolyó áram erőssége 7 és 14 mA között váltakozik. Ezen áramot egy 115 Ω -os ellenálláson dolgoztatva a kapott feszültségek (0.8 ill. 1.6 V) alkalmasak arra, hogy egy TTL kapu bemenetén logikai alacsony és logikai magas szinteket különböztessenek meg, ezáltal a pillanatnyi érték számítógéppel mérhetővé válik. Szoftverünk egy logikai bemenet értékét folytonosan regisztrálja, majd a logikai impulzusok (tehát a fogak beérkezése) közötti időtartamokat leolvastva kiszámítja az illető időpontokban érvényes pillanatnyi fordulatszámot, és ezt grafikonon, valamint táblázatkezelő szoftverekbe történő kimentés céljából táblázatos formában megjeleníti. A mérés könnyítése végett az



adatgyűjtés az első impulzus beérkezéséig várakozik, tehát „felesleges 0-kat” nem regisztrálunk.

Jelen verzióban – mivel a digitális bemenetként szolgáló adatgyűjtő kártya nem képes a beolvasás önálló időzítésére – a digitális értékek mérésének időzítését kénytelenek voltunk a PC-n futó szoftverre bízni, amiáltal az operációs rendszer kényszerű feladatainak elvégzése közben a mérésbe jól érzékelhető, a fordulatszám–idő grafikonon „kiütő adatként” megjelenő pontatlanságok lépnek fel. Ezeket a leolvasáskor, feldolgozáskor figyelmen kívül kell hagynunk.

A mérésben négy tényező jelenik meg további pontatlanságok forrásául:

- a magas és alacsony állapotok fennállásának időtartamát a mintavételezés természetéből adódóan – nem túl nagy – egész értékek jellemzik, és négyszögjelről lévén szó, a mintavételezési tétel sem segít abban, hogy a szintváltás időpontjának mérését a jelfeldolgozás eszközeivel pontosítsuk;

- a fogas tárcsa korlátozott igényességű megmunkálása miatt fordulatonként periódikus kis mértékű ingadozás mutatkozik;

- az egymás utáni impulzusok beérkezése közben a tengely szögsebessége változik;

- az érzékelő szintváltásának időpontját, mint minden mérési adatot, valamekkora statisztikus bizonytalanság eleve jellemzi.

Feladatok:

- 1. Csatlakoztassa a motort a tápegységre, állítson be kb. 4V konstans feszültséget! Hagyja a motort felpörögni, majd indítson rövid mérést! Az oszcilloszkópról olvassa le a szenzor által szolgáltatott négyzetjel periódusidejét (T), majd a számítógép által mért jelalakgörbe felhasználásával állapítsa meg a mintavételezési frekvenciát (f_s)! Ehhez sok pontban számolja meg, hogy hány mintavétel történik egy perióduson belül (k), pl. felfutó éltől felfutó élig; innen $f_s = k/T$. Ezzel skálázhatja a vízszintes időtengelyeket (írja be a megfelelő mezőbe) – ettől kezdve a mérés időskálája a mérési hibától eltekintve helyes lesz. Legyünk tudatában annak, hogy a jeladó tárcsa körülfordulásonként 10 impulzust ad, tehát az impulzusfrekvencia 10-szerese a fordulatszámnak!*
- 2. Kapcsoljuk be a tápfeszültséget, majd elegendő idő elteltében mérjük és olvassuk le a fordulatszámot! Ábrázoljuk a fordulatszámot a tápfeszültség függvényében indulástól 7 V-ig, kb. 15 pontban! Ha valóban elegendő ideig hagyjuk a motort gyorsulni, elég rövid mérést végeznünk (lásd a virtuális műszer előlapját). Hagyjuk figyelmen kívül a kiütő adatokat! A jelalak vizsgálatával határozzuk meg az időmérés feloldását %-ban! Általában, a grafikonon jellemezzük a mérés pontosságát! Határozza meg k_E értékét!*
- 3. Indítsa hosszú mérési adatsor felvételét, majd kapcsolja a motorra az állandó tápfeszültséget! Vegye fel és rögzítse az $n(t)$ függvényt! Olvassa le a grafikonról (a kurzor funkció segítségével) a következő mennyiségeket: n_0 ; τ ; dn/dt induláskor. Ábrázolja ezeket a mennyiségeket a konstans tápfeszültség függvényében indulástól 7 V-ig, 6-8 pontban! Ügyeljen arra, hogy a tápegység áramkorlátja legyen olyan nagyra állítva, hogy a tápáram induláskor se haladja meg azt! Amennyiben az áramkorlátozás működésbe lép, a kimeneti feszültség kisebbé válik, mint amit a kezelőszervekkel beállítottunk. Ezt oszcilloszkóp segítségével ellenőrizhetjük.*
- 4. Hagyja a tengelyt állandó tápfeszültség mellett felpörögni! Ezután indítsa hosszú mérési adatsor felvételét, majd gyorsan válassza le a motort a*

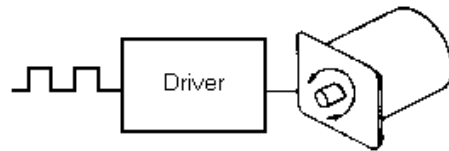


tápegységről (pl. húzza ki a banándugót)! A mérés végeztével a fordulatszám–idő grafikonon figyelje meg a lassulás folyamatát! Tiszta (fordulatszám-független) súrlódás esetén a fordulatszám–idő grafikon csökkenő egyenes, magas fordulatszám esetén ettől eltérő, meredekebb görbe. Állapítsa meg, mely fordulatszám alatt tekinthetjük csekélynek a közegellenállás hatását! Végezzen mérést úgy is, hogy a motor lekapcsolásakor mindkét banándugót kihúzza, és hirtelen rövidre zárja a motor sarkait! Ekkor az indukált áram erősebben fékezi a rendszert, mint amit csak a dugók kihúzásakor tapasztaltunk.

3.2 Léptetőmotor vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

A léptetőmotorok olyan elektromágneses forgásaktuátorok, amelyek a digitális bemeneti impulzusokat mechanikailag tengelyelfordulás-növekménnyé alakítják.

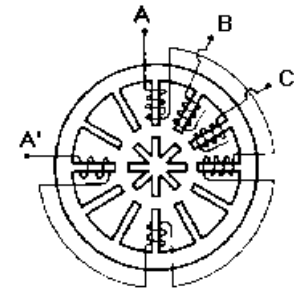


Nemcsak az elfordulási szög van közvetlen összefüggésben a vezérlő impulzusok számával, hanem a tengely szögsebessége is a bemeneti impulzusok frekvenciájával. A léptetőmotor jellemző mennyisége a lépésszög, amely megadja, hogy egy léptető impulzusra a rotor mekkora szögelfordulással reagál. Két lépés között a motor a pozícióját (és terhét) reteszek és fék nélkül megtartja. Összegezve, a motor az impulzusok számának megfelelő mértékben elfordulva meghatározott úton mozgatja terhét az impulzusok frekvenciájának megfelelő sebességgel, majd megállva azt rögzítve tartja, és ez tetszőlegesen sokszor ismételhetően végrehajtható. A motort így lényegében három kritériumnak megfelelően kell megválasztanunk: a mozgatáshoz, a sebességhez és a terheléshez illően. A megfelelő logikai fokozat alkalmazásával a léptetőmotorok kétirányú, szinkronizált üzemben működtethetők, nagy gyorsulások érhetőek el, képesek hirtelen megállni és megfordulni, és már digitális egységekhez könnyen illeszthetők. A rotor tehetetlensége általában kicsi, nincs drift, sem kumulatív pozícionálási hiba. A léptetőmotorokat szinte mindig visszacsatolás nélkül, egyszerű nyílt hurkú vezérléssel használjuk. A léptetőmotoros meghajtásból közvetlenül származó összes hiba a – nem halmozódó – pozícionálási hiba, melyet a lépésszög %-ában szokás kifejezni.

Csoportosításuk

➤ Változó reluktancia (VR) léptetőmotor:

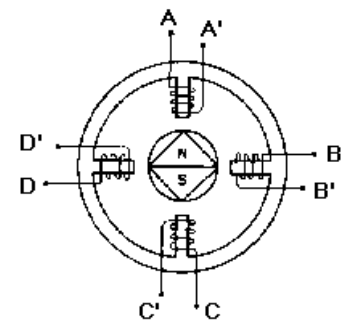
A VR motorokra jellemző a több ágú lágyvas rotor és a tekercselt stator. A lépésszög jellemzően $5\text{--}15^\circ$. Viszonylag nagy lépésfrekvencia mellett működtethetők, maradvány-nyomaték gyakorlatilag nincs (a nyomaték, amelyik akkor jellemzi a motort, ha a motoron nem folyik áram). Az ábrán, ha az A fázist



bekapcsoljuk, a rotor négy foga az A által mágnesezett statorfogak irányában áll be. A motor akkor lép egyet, ha az A fázis árama megszűnik és a B fázist bekapcsoljuk: a rotor az óramutató járásával ellenkező irányban 15° -ot fordul. Folytatva, a B helyett a C fázist, utána a C helyett újra az A-t bekapcsolva további $15\text{--}15^\circ$ -ot fordul a tengely. Ellenkező irányban a fázisok sorrendjének megfordításával hajthatjuk a motort.

➤ Állandó mágneses (permanent magnet – PM) léptetőmotor:

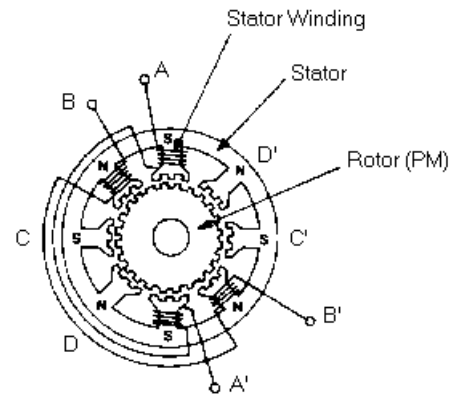
Annyiban különböznek a VR motoroktól, hogy a forgórészük egy a tengelyre merőlegesen mágnesezett állandó mágneset tartalmaz. A négy fázist egymás utáni sorrendben mágnesezve a forgórész a mágneses vonzásnak megfelelő irányokba be-beállva körülfordul. Az ábrán látható motor például 90° -os



lépésekben lépked. Az állandó mágneses léptetőmotorok jellemzően 45 vagy 90° -os lépéseket tudnak tenni, relatíve kis lépési frekvencia mellett, ugyanakkor nagy nyomatékot tudnak leadni és a csillapítási tulajdonságaik is kedvezőek.

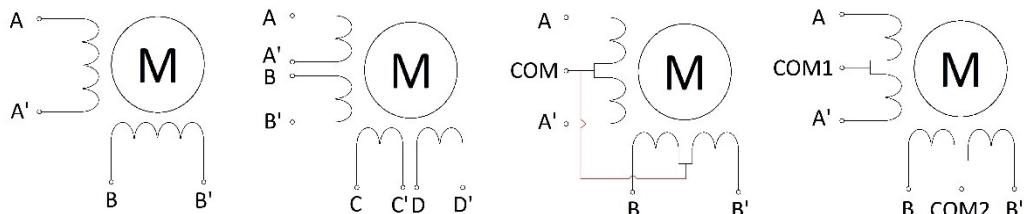
➤ **Hibrid léptetőmotor:**

Egyesíti a VR és PM léptetőmotorok kedvező tulajdonságait: nagy maradvány-nyomaték, kitűnő tartónyomaték (áramjárta, egy helyben álló motor nyomatéka a forgató hatással szemben) és dinamikus nyomaték (a mechanikai terhelésnek átadott nyomaték lépéskor). A lépésszög leggyakrabban $0,9\text{--}5^\circ$. A tekercselés általában bifiláris, úgyhogy



egyoldalú tápról üzemeltethető. Ha a fázisokat, természetesen sorrendben, egyesével kapcsoljuk be, a motor $1,8^\circ$ -os lépéseket tesz. Ugyanekkor lépésekkel halad, ha egyszerre két-két (egymást követő) fázist kapcsolunk be, de nagyobb nyomatékkal. Ha a fázisokat úgy kapcsoljuk, hogy először csak egyre adunk áramot, aztán erre és a következőre egyszerre, majd csak a következőre (és így tovább), akkor a motor az $1,8^\circ$ -os “teljes lépések” között félúton is stabil helyzetet vesz fel, tehát a lépésszög immár $0,9^\circ$: egy fél lépés.

Az áramirány szempontjából a léptetőmotorok két nagy osztályát képezik az unipoláris és a bipoláris léptetőmotorok. Az unipoláris szó azt jelenti, hogy bármely tekercsről legyen is szó, abban üzem közben az áram iránya nem változik meg. Ki- és bekapcsolás természetesen történhet, és történik is. A bipoláris léptetőmotorok tekercsein pedig mindkét irányban folyhat áram. A bipoláris léptetőmotornak általában 4 kivezetése van, míg az unipolárisnak tipikusan 5, 6 vagy 8.

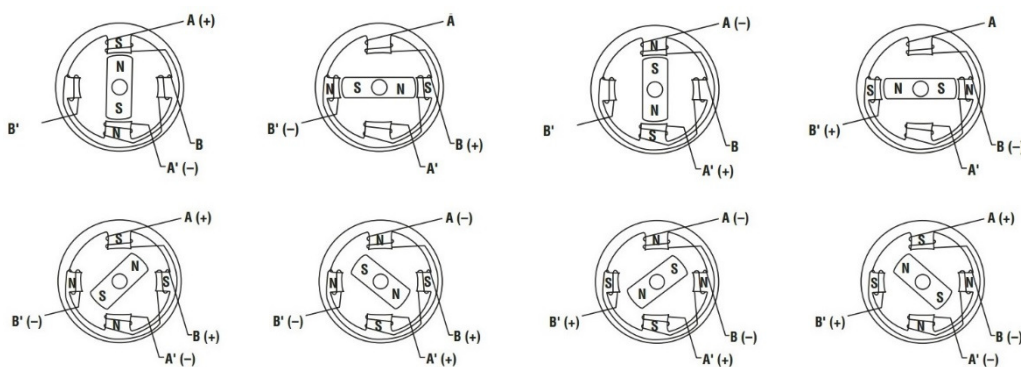


Üzem módok

A léptetőmotorok három meghajtási módjával találkozunk leggyakrabban: a teljes lépéses, a fél lépéses és a mikrolépéses meghajtással.

➤ Teljes lépés

A teljes lépéses működés során a motor a normál lépésszöggel lépeget, pl. egy 200 lépés/fordulat felbontású motor tengelye egy impulzusra $1,8^\circ$ elfordulással válaszol. Kétféle teljes lépéses mód létezik. Az egyfázisú teljes lépéses gerjesztés egyszerre csak egy fázisra ad áramot. Az egyes fázisok gerjesztésének sorrendjét az ábrán láthatjuk:

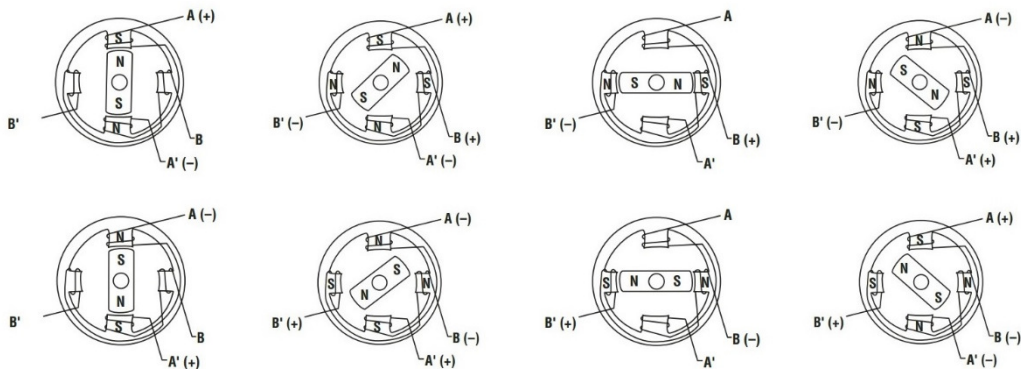


Akkor alkalmazzuk, amikor a sebesség és a nyomaték nem kritikus, például a motort állandó sebességgel, állandó terheléssel üzemeltetjük. Bizonyos sebességtartományokban a rezonanciák lehetetlenné teszik a működést. Ezek oka pl. abban keresendő, hogy a rotor és a terhelés együtt egy – viszonylag gyorsan – lecsengő, de mégis valóságos rezgőmozgás során állnak be a lépés utáni egyensúlyi helyzetbe, és ha a tekercs fázisainak árama közben megváltozik, a motor négy (!) lépéssel akár előre, akár hátra túllendülve hibás helyzetbe érkezik, vagy rendezetlenül ugrál. Ezekről a problémáktól eltekintve az egyfázisú teljes lépéses üzemmód kívánja a meghajtótól a legkisebb teljesítményt az összes közül. A kétfázisú teljes lépéses üzemmódban két-két fázis kap áramot egyszerre. Az egyes fázisok gerjesztésének sorrendjét az ábrán láthatjuk.

Így 30–40%-kal nagyobb nyomatékot érhetünk el (miközben a meghajtó dupla teljesítményt ad le!), és a maximális lépésszám is jelentősen emelhető; a rezonancia is sokkal kisebb.

➤ **Fél lépéses üzemmód**

A fél lépéses üzemmódban váltakozva egy ill. két fázis kap áramot, a lépésköz fele a teljes lépésnek, pl. egy 200 lépés/fordulat felbontású motor esetén a teljes kör 400 fél lépésből áll majd, tehát impulzusonként 0.9° az elfordulás. Igaz, hogy a nyomaték lépésenként váltakozó mértékű, de ez elhanyagolható hátrány azzal szemben, hogy kétszeres feloldást lehet elérni, ráadásul a rezonanciaproblémák szinte elhanyagolhatókká válhatnak. A motorok széles sebességtartományban működtethetők ily módon, a terhelés is tág határok között változhat. Az egyes fázisok gerjesztésének sorrendjét az ábrán láthatjuk:



➤ **Mikrolépéses üzemmód**

A mikrolépéses üzemmódban a motor eredendő teljes lépése sokkal kisebb részre osztható. Például egy standardnak mondható 1.8° -os motor fordulatonként 200 teljes lépést tesz. Ha a motor 10-es osztással mikrosteppelt üzemmódban működik, akkor minden mikrolépés 0.18° elfordulást jelent, és 2000 lépés/fordulat feloldású rendszert kapunk. Jellemzően 4–256 részre osztanak egy-egy lépést, lehetővé téve akár 51200 lépés/fordulat felbontású működést. Mikrolépéseket úgy érhetünk el, hogy a fázisáramot megosztjuk két egymás utáni tekercs között szinuszos–koszinuszos arányban. Csak akkor használjuk, amikor fontos a sima átmenet a teljes ill. felezett lépések között, illetve ha nagy felbontásra van szükségünk.

Feladatok:

5. *Multiméter segítségével mérje meg a kiadott léptetőmotorok kivezetései közötti ellenállások értékét! Készítsen táblázatot a mért értékekből és határozza meg a kapott eredmények alapján a kiadott léptetőmotorok típusait és lábkiosztását!*
6. *Próbapanel segítségével készítsen kapcsolást, amellyel az unipoláris léptetőmotor négy tekercskivezetésére (A,A',B,B') egy-egy kapcsolóval megszakítva tápra (5 V), közös kivezetését (COM) pedig közvetlenül földpotenciálra köti! Készítsen kapcsolási rajzot az összeállított elrendezésről!*
7. *A gombok segítségével vezérelje manuálisan a léptetőmotort, egy- ill. kétfázisos teljeslépéses, valamint féllépéses üzemmódokban. Táblázat formájában ábrázolja milyen időrendi sorrendben kellett ehhez a gombokat megnyomni!*
8. *A kiadott motorvezérlő panel segítségével helyezze üzembe a bipoláris léptetőmotort egész, fél-, negyed, valamint nyolcad lépéses üzemmódokban. A léptető jelet (STEP) egy függvénygenerátor Trigger kimenete segítségével állítsa elő! Az összes üzemmód esetén határozza meg azt a léptetési frekvenciát, amelyen a motor már ne képes üzemelni! Mérési értékeit foglalja táblázatba!*
9. *A motorvezérlő segítségével helyezze teljes lépéses üzembe a forgóasztalt! Az asztalba épített pozícióérzékelők jelét vizsgálja meg oszcilloszkóp segítségével folyamatos fogás mellett! Mérje meg a forgás periódusidejét, majd a léptetési frekvencia ismeretében határozza meg a léptetőmotor szögfelbontását!*

3.3 Teljesítmény alkatrész melegedésének vizsgálata

Elméleti összefoglaló:

Áramkörök passzív és aktív alkatrészein egyaránt a disszipált hő következtében hőmérsékletemelkedést tapasztalunk. Az alkatrészek adatlapján szerepel a szerelés, a tárolás és az üzemeltetés során megengedhető hőmérséklettartomány: a specifikációban foglalt paraméterek akkor várhatók el, ha ezt az alkatrész számára mindig biztosítjuk is. A gyakorlatban a megengedhető határoknál szigorúbb hőmérséklettartományt igyekszünk tartani, egyrészt a teljesítmény alkatrészek várható élettartamának biztosítása végett, másrészt azért, mert mind a hőterhelt alkatrész, mind a környezetében elhelyezkedő alkatrészek paraméterei természetes módon hőmérsékletfüggőek (nyitófeszültség, ellenállás, erősítés, stb.). A teljesítmény- ill. hőterhelés többféle lehet:

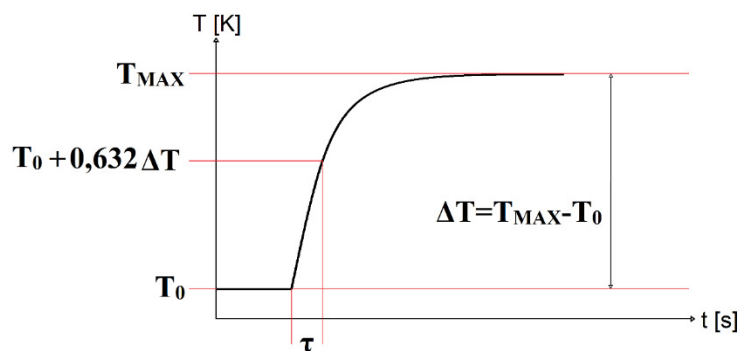
- **Átmeneti/tranziens:** ide soroljuk a ms-os tartamának és áramának nagyságrendjét az alkatrész jellege és mérete határozza meg (ld. adatlapok).
- **Tartós v. folytonos:** az alkatrészben és a hűtésén stacionárius hőmérsékleti állapotot kialakító hosszú időn át fennálló terhelés. A hűtést az alkatrész, ill. hűtőborda és a környezet közötti hőcsere határozza meg.
- **Kvázi-folytonos:** impulzusszerű hőterhelésekből álló sorozat. Az átlagteljesítmény a tartós hőterheléshez hasonló módon kezelhető, az impulzusok egyenkénti energiája az alkatrész aktív részének a hőmérsékletét pillanatonként emeli.

Az alkatrész hűtését többféle módon biztosíthatjuk, ezek egyike a léghűtés hatékonyságát javító hűtőborda, melyet passzív vagy kényszerszellőztetéssel egyaránt alkalmazhatunk. Mind az önálló alkatrészt, mind a hűtőbordát a termikus impedanciával jellemezhetjük, melynek K/W mértékegysége arra utal, hogy adott

teljesítmény disszipációja mekkora hőmérsékletemelkedéssel jár, értsd, mennyivel lesz magasabb az alkatrész hőmérséklete a környezeténél.

A gyakorlat célja:

A gyakorlat során a hallgató egy teljesítmény alkatrészt (esetünkben: TO220 tokozású 7805C-V feszültség stabilizátor csipet) tesz ki jelentős hőterhelésnek a kimenet elektromos terhelésével. Méri a hőmérséklet alakulását és a környezethez viszonyított állandósuló hőmérsékletemelkedést szabadon álló alkatrész esetén, valamint két különböző hűtőborda felszerelése mellett különböző teljesítményeken. Megállapítja az alkatrész és a hűtők termikus impedanciáját és a rendszer τ időállandóit. Az állandósult hőmérsékletkülönbséget a maximális és a kezdeti



hőmérséklet különbségéből számolhatjuk. A τ időállandó a terhelés kezdetétől, a maximális hőmérsékletkülönbség 63,2%-ának eléréséig eltelt idő.

A panel

A 7805CV stabilizátor IC a nagyobb U_{in} feszültségű bemeneti áramforrásból $U_{out} = 5$ V egyenfeszültséget állít elő. A kimeneten kivett áramerősség lényegében egyenlő a bemeneten betáplált áramerősséggel (a földpont felé szivárgó áram csak pár mA), így a felszabaduló hőteljesítmény a kivett áram és az $U_{in} - U_{out}$ feszültségesés szorzataként állapítható meg. A kivett áramerősség a tesztáramkörünkben rövidzárak (jumperek) kombinációjával állítható be: a 100 ohmos (1%) ellenállások mindegyikén 5 V kimeneti feszültség mellett 50-50 mA áram folyik, így 0 és 1 A között sokféle áramerősség állítható be (a kimeneti feszültség terhelésfüggetlenségét természetesen ellenőrizni kell, a V_{mon} csatlakozón). A tesztáramkör két AD592N hőmérsékletérzékelőt, ún. Kelvin-szenzort tartalmaz: az egyik a légkör (környezet), a

másik a teljesítménnyel terhelt alkatrész hőmérsékletét méri. Az érzékelőn eső 4–30 V feszültség esetén a rajta átfolyó áramerősség $1 \mu\text{A/K}$, arányos az abszolút hőmérséklettel. A velük sorba kapcsolt 1kohmos (1%) ellenálláson eső, mV-ban leolvasott feszültség tehát a K-ben mért abszolút hőmérsékletnek felel meg. A stabilizátor IC TO220-as, és az érzékelő TO-92-es tokja közé hővezető pasztát kentünk. Az adatok feldolgozásakor mind a teljesítmény megállapításánál, mind a hőmérséklet leolvasásánál figyelembe kell venni az egyes helyeken szereplő ellenállások toleranciáját!

Tájékoztató jelleggel: A TO220 tok hőmérsékleti impedanciája kb. 50 K/W, a lemezhűtőbordáé kb. 25 K/W, az SK 104 25,4 STS hűtőbordáé 14 K/W. Természetesen a hűtőborda nélküli alkatrész termikus impedanciáját a TO92 tok és a rögzítő szalag befolyásolhatja. A felszerelt ventilátor 12 V körüli bemenő feszültség esetén, a panelen elhelyezkedő tűs csatlakozóról táplálható.

Üzemeltetés

Amennyiben az egyes feladatokban ettől eltérő utasítás nem szerepel, a készüléket 12 V bemenő feszültséggel üzemeltessük! Az első bekapcsolás előtt ellenőrizzük, hogy a kimeneti áramot előállító rövidzárok egyike sincs felhelyezve! Ekkor, ha nem érte a rendszert termikus behatás, mindkét hőmérséklet-érzékelő ugyanazon hőmérsékletet tapasztalja, célszerű tehát a kimenetüket feszültségméréssel összehasonlítani. **A hőmérsékletérzékelőket, teljesítmény alkatrészt és a hűtőbordákat mérés közben ne érintse meg!**

Feladatok

1. *Mérje mindkét hűtőbordával felszerelt stabilizátor IC hőmérsékletét az idő függvényében a terhelés rákapcsolásától kezdve az állandósult hőmérséklet különbség beállásáig! A méréshez használja a Hameg multiméterhez tartozó LabVIEW programot! Minden mérés megkezdése előtt mérje meg az IC által kiadott stabilizált feszültséget! Az állandósult hőmérséklet elérése után szüntesse meg a terhelést!*

Az alkalmazott terhelések legyenek:

<i>TO220-as tokozás</i>	<i>100 mA</i>	<i>200 mA</i>	<i>300 mA</i>
<i>kis lemezhűtőbordával</i>	<i>100 mA</i>	<i>250 mA</i>	<i>400 mA</i>
<i>nagy hűtőbordával</i>	<i>200 mA</i>	<i>400 mA</i>	<i>600 mA</i>

Minden mérés előtt várja meg, amíg a teljesítmény alkatrész ismét visszahűl szobahőmérsékletre! A mellékelt ventilátor segítségével gyorsabban visszahűthető az alkatrész.

2. *Ábrázolja (célszerűen Celsiusban) a hőmérsékletkülönbség időfüggését, állapítsa meg az állandósuló értéket és az időállandót a melegedési folyamatokból mind a kilenc esetben!*
3. *Ábrázolja az állandósuló hőmérsékletkülönbséget a teljesítmény függvényében mind a három hűtési megoldásnál! Állapítsa meg a termikus impedanciát a görbék meredekségéből mind a három esetre!*

Vigyázzon, az IC-t ne hagyja túlmelegedni! Amennyiben a hőmérséklet 400 K fölé látszik emelkedni (abszolút, tehát nem a különbség), inkább vegye le a jumpereket, és ismétlje meg a mérést kisebb áram mellett!

Legyen türelmes!

3.4 Scrobot ER-4u Robotkar programozása

Elméleti összefoglaló:

Az amerikai Intelitek cég 1982 óta állít elő robotokat legfőképp oktatási célokra. A laboratóriumi mérés során a cég Scrobot ER-4u típusú robotkarját fogjuk programozni. A robotkar nyitott kialakítása lehetővé teszi a megfigyelőnek, hogy működés közben figyelhessék meg a belső mechanikai egységeket, a mozgások könnyebb megérthetősége érdekében.

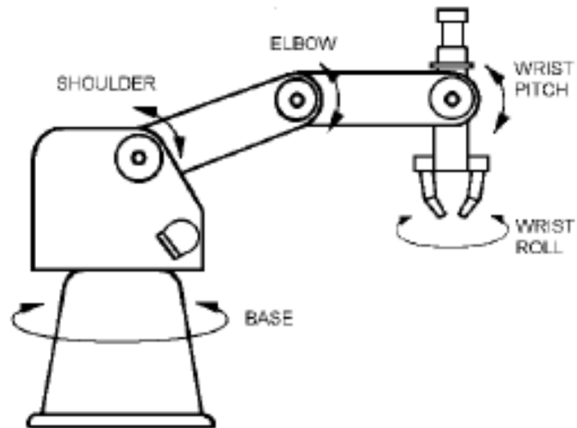


A robotkart nem közvetlenül kell a számítógéphez csatlakoztatni, hanem rendelkezik egy központi vezérlőegységgel (control box). A vezérlőegység fogadja a PC-n megírt parancsokat, majd konverzió után küldi azokat ki a robotnak. A szenzorok által érzékelésre került jelek fordított irányban ugyan, de hasonló utat járnak be. A vezérlő dobozon led-ek jelzik, hogy a robot épp milyen állapotban van. A jobb felső sarokban levő POWER felirat alatt narancssárgán világít, ha áram alá helyezzük az egységet. Ha létrejött a kapcsolat a PC és a robot között, azt zöld fényel jelzi. Az alatta levő MOTORS felirat felett elhelyezkedő led akkor kezd el zölden világítani, ha megtörtént a kezdő helyzetbe mozgatás, bekapcsolódtak a motorok. A bal oldalt látható nagy piros EMERGENCY STOP felirat alatt található gomb a vészleállításért felel. Erre akkor van szükség, ha például végtelen ciklusba futtatjuk a robotot, vagy látjuk, hogy olyan mozgást tenne meg, ami maradandó károsodást tesz benne.

A vezérlőegység hasznos tulajdonsága még, hogy rendelkezik analóg és digitális ki-és bemenetekkel. Szám szerint ez a típus nyolc digitális és négy analóg inputtal valamint nyolc digitális és két analóg kimenettel rendelkezik. A digitális outputok közül négy relés, négy pedig open collectoros, tranzistoros vezérlésű. Mind a ki- mind a bemenetek üzemi feszültsége 12 V.

A robotkar egy függőlegesen tagolt, öt forgástengellyel rendelkező rendszert alkot. A tengelyek mellett vezérelhető a megfogó szerkezet is, így a Scorbotnak összesen hat szabadsági foka van.

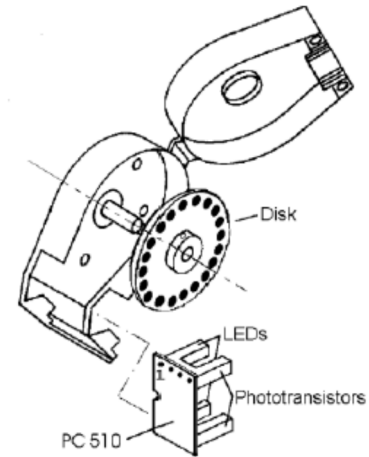
A megfogó szerkezet nyithatósága milliméter pontosan beállítható, így képesek lehetünk akár törékeny tárgyak egyik helyről másikra pakolására, vagy odébb helyezhetünk olyan dolgokat, amiket emberi kézzel megfogni veszélyes, pl. irritatívak vagy magas hőmérsékletűek.



Angol megnevezés	Magyar megnevezés	Mozgástartomány
BASE	Törzs	310°
SHOULDER	Váll	+130° /-35°
ELBOW	Könyök	+/- 135°
WRIST PITCH	Csukló dőlésszöge	+/-135°
WRIST ROLL	Csukló forgásszöge	Mechanikailag végtelen; Elektronikus korlát +/- 570°
GRIPPER	Megfogó szerkezet	0mm-70mm

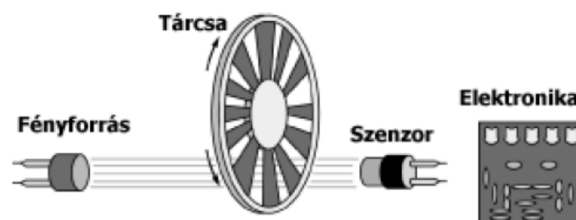
A robot mind az öt tengelyét, és a megfogó szerkezetet is 12 V egyenfeszültséggel működő, DC szervo motorok hajtják. A motorok forgásának iránya a rájuk küldött feszültségjel polaritásától függ. A zárt hurkú szabályozást egy optikai enkóder biztosítja tengelyenként, a pontatlanság és a mechanikai holtjátékokból adódó hibák kiküszöbölésére. A motorok maximális teljesítménye 70 W, míg a tartó nyomaték 0,1 Nm.

A meghajtás nem közvetlenül történik, hanem tengelytől függően más-más módszert talált ki a gyártó. Fogaskerekek mozgatják a törzset és a vállat. A könyök görgőkön és bordásszíjon keresztül kapja a hajtás, míg a csukló korábban említett összetett mozgástománnyát egy differenciálmű biztosítja. A megfogó szerkezet nyitását és zárását egy vezérorsó (lead screw) vezérli.



A pozíció visszajelzés, ezáltal a szervo hajtás visszacsatolása, a már említett optikai enkóderekkel történik. A tengelyeknél inkrementális típust használt a gyártó, ami azt jelenti, hogy a tárcsán, egyforma méretű és egymástól egyforma távolságra levő rovátkák vannak, amelyeken átmenő fényt két fototranzisztor detektálja. Ezek fázisa egymáshoz képest 90° -al el van tolva, így derül ki a forgás iránya. Egy harmadik optikapu is van, ami a tengely teljes körülfordulása esetén szolgáltat egy jelet.

A robotkar tengelyenként egy végállás-kapcsolóval is el van látva. Ezekre, a



minden bekapcsolás után elvégzendő, kezdő helyzet megtalálásához szükséges tesztprogram (Search Home) miatt van szükség. Ennek során minden mozgó egység egyszer próbára lesz téve, azaz, addig lesz mozgatva, amíg el nem éri a végállás-kapcsolót. A tesztprogram lefuttatása után beállt kezdőhelyzetet tekinti a robot vezérlőegysége referenciának az ez után történő lényegi feladatokhoz.

**Az EMERGENCY STOP feliratú piros gomb a
vészleállítáért felel. Amennyiben a robotkar láthatólag
olyan mozgást tenne meg, ami maradandó károsodást tesz
benné, azonnal nyomjuk meg és értesítjük a laborvezetőt!**



Feladatok:

- 1. Futtassa le a Search Home tesztprogramot!*
- 2. Írjon egy egyszerű programot egy próbatest áthelyezésére a munkaterület egyik pontjáról egy másikra! Használjon köztes pozíciókat!*
- 3. Bővítse ki a 2. feladatban megírt programot egy optikai közelítéskapcsoló szenzor jelének felhasználásával úgy, hogy a szenzor jelzésekor kezdődjön meg az eddig megírt programrész futása! A szenzort helyezze a kezdőpozíció mellé úgy, hogy az akkor kapcsoljon, amikor van próbatest az adott pozícióban!*
- 4. Mentse el egy szöveges fájlban az eddig megírt programot, majd nyisson új lapot a Scorbace programban!*
- 5. Készítsen programot, amely segítségével a robotkar képes az egyes munkadarabok felvételére, illetve a rendelkezésre álló szenzorok jelének alapján azokat anyaguktól és méretüktől függően külön dobozokba helyezni!*
- 6. Mentse el egy szöveges fájlban az elkészült programot! A mentett programokat a jegyzőkönyvben mellékelje! Kommenteken keresztül mutassa be az elkészült program működését!*

3.5 Kardáncsukló

A működés alapjai

A kardáncsukló nagy nyomatékok mellett alkalmas forgás átadására egymással szöget bezáró tengelyek között. Legegyszerűbb kivitelben a két tengely egy-egy villában végződik, melyek egy egyenlő szárú kardánkereszt két-két szemközti tengelypontját „fogják”. A hajtó tengely forgásakor a kardánkereszt szabta kényszer miatt a hajtott tengely is forog. Számítással kimutatható, hogy amennyiben a tengelyek által bezárt szög α , a hajtott tengely φ_2 és a hajtó tengely φ_1 szögelfordulása között a következő összefüggés áll fenn:

$$\tan \varphi_2 = \cos \alpha \cdot \tan \varphi_1,$$

ahol a szögelfordulásokat akkor kezdjük mérni, amikor a hajtó tengely villája a két tengely által kifeszített síkba esik. Az elfordulásértékeket idő szerint deriválva kapjuk a primér és szekundér oldali szögsebességek közötti összefüggést:

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{\cos \alpha}{1 - \sin^2 \alpha \cos^2 \varphi_1}.$$

Következik, hogy a hajtó tengely egyenletes forgása mellett a hajtott tengely szögsebessége fordulatonként kétszer periódikusan ingadozik, illetve, amennyiben a hajtott rendszer tehetlensége nagy, a kardáncsukló a hajtó erőforrást kényszeríti feltétlen szögsebesség-ingadozásokra. (A gyakorlatban természetesen ez a probléma megoldott: dupla kardáncsukló alkalmazásával nemcsak az egy csuklóra jutó tengelyszög-eltérés felezhető meg, hanem a két átvitel nem-linearitása is kioltja egymást.)

A szögelfordulás méréséről

A szögelfordulás átvitelének méréséhez szükséges a szög mérése mind a hajtó, mind a hajtott tengelyen. A forgást létesítő erőforrás egy csigakerekes áttétellel hajtott nagy nyomatékú DC motor, amelynek mechanikai feszültségektől mentes szerelés esetén a fordulatszámja állandó. Ez lehetővé teszi, hogy a kardáncsukló hajtó oldalán állandó szögsebességet tételezzünk fel. A hajtott tengelyen egy optikai jeladót alakítottunk ki: egy fotokapu keskeny nyílása előtt egy fóliakorong kerületére

nyomtatott árnyékoló sávok vonulnak el, egy munkaelenálláson a fotokapu vevőtranzisztorának árama miatt eső feszültség pedig egy Schmitt-triggerrel működött. Az ezen mutatkozó, ütemesen váltakozó logikai szintet a PC mintavételezi. Természetesen a TTL szabvány szerinti feszültség szintet oszcilloszkópon is megjeleníthetjük. Attól függően, hogy hány egyenlő részre osztottuk a kört, két-két felfutó vagy lefutó él között a szögelfordulás ismert (esetünkben $\Delta\varphi=360^\circ/180$; itt feltételezzük, hogy a forgásirány állandó: a mérésben szereplő forgási adó a forgásirányra utaló információt nem szolgáltat). Az elfordulás–idő összefüggés az impulzusszám–mintavételi sorszám grafikon idő és szög szerinti skálázásával kapható. A fotokapu jelének mérésével így közvetlen szögelfordulásmérést tudunk végezni, illetve pl. a felfutó (vagy lefutó) élek detektálása között eltelt idő jellemző a tengely pillanatnyi szögsebességére.

Jelen verzióban – mivel a digitális bemenetként szolgáló adatgyűjtő kártya nem képes a beolvasás önálló időzítésére – a digitális értékek mérésének időzítését kénytelenek voltunk a PC-n futó szoftverre bízni, amiáltal az operációs rendszer kényszerű feladatainak elvégzése közben a mérésbe jól érzékelhető, a szögsebesség–idő grafikonon „kiütő adatként” megjelenő pontatlanságok lépnek fel. Ezeket a beolvasáskor, feldolgozáskor figyelmen kívül kell hagynunk.

A mérésben öt tényező jelenik meg további pontatlanságok forrásául:

- a magas és alacsony állapotok fennállásának időtartamát a mintavételezés természetéből adódóan – nem túl nagy – egész értékek jellemzik, és négyzetjelenről lévén szó, a mintavételezési tétel sem segít abban, hogy a szintváltozás időpontjának mérését a jelfeldolgozás eszközeivel pontosítsuk;
- a fólia szélére nyomtatott mintázat korlátozott felbontása miatt fordulatonként négyszer periódikus kis mértékű ingadozás mutatkozik;
- az egymás utáni impulzusok beérkezése közben a tengely szögsebessége változik;
- a hajtott tengely szögsebessége csekély mértékben óhatatlanul ingadozik;



- az érzékelő szintváltásának időpontját, mint minden mérési adatot, valamekkora statisztikus bizonytalanság eleve jellemzi.



Feladatok:

- 1. Állítsa a tengelyeket egyenesbe ($\alpha=0$)! Ekkor a két tengely szögsebessége mindig megegyezik. Működtesse a motort 6–8 V feszültségen! A motorzaj alapján ellenőrizze, hogy a fordulatszám állandó! (Egy kis másod hangmagasság-ingadozás kb. 6% szögsebesség-ingadozásnak felel meg). Amennyiben a tengely szögsebessége állandó, vegyen fel egy mérési adatsort! A vízszintes tengely kezdeti skálázása $f_s=1$ Hz mintavételi frekvenciával történik (amit a mérés alapján módosítanunk kell), tehát a beosztása $1s$ /mintavétel. Olvassa le a tengely forgásának periódusidejét: ismert, hogy a kört $k=180$ részre osztottuk, ennek megfelelően a függőleges tengely skálája 2° /impulzus, így a 360° -nak megfelelő vízszintes pozíció megadja, hány mintavétel történt (N) egy teljes körülfordulás ideje (T) alatt. Oszcilloszkópon mérje az impulzusok felfutó élei közötti időt (t_{imp}), melynek k -szorososa ugyancsak T , azaz $T=N/f_s=k \cdot t_{imp}$. Határozza meg tehát a mintavételi frekvenciát, és írja be a megfelelő mezőbe! Figyelje meg az oszcilloszkópon és jellemezze t_{imp} ingadozását! Az ezt követő mérések során a virtuális műszeren a helyes időskálával ellátott szögelfordulás–idő grafikon áll rendelkezésünkre, valamint az adatsor táblázatos formában (az időadatok nem egyenletesen növekednek, természetesen). Fontos: mindegy, hogy mekkora tápfeszültséggel végezte a fenti kalibrációt, de az szögsebesség–idő összefüggés állandóságának érdekében ezután is ugyanezzel a feszültséggel dolgozzon!*
- 2. Vegyen fel mérési adatsorokat különböző α tengelyszögek mellett! Jellemezze a szögelfordulás-átvitel nem-linearitását! A hipotetikus illesztő egyenes meghatározásánál fel kell tételeznünk, hogy mialatt a hajtott tengely 360° -ot forog, a hajtó tengely ugyancsak 360° -ot forog, tehát a meredekség 1° . A lényeges különbség az, hogy a hajtó tengely szöge időben egyenletesen változik.*
- 3. Az idő-elfordulás adatsor felhasználásával számítsa ki és ábrázolja a hajtott tengely szögsebességét az idő függvényében! (Használja az Excelt!) A minimális és maximális szögsebességértékek felhasználásával számítsa ki,*



*mekkora α -nak felel meg az ingadozás mértéke! Ábrázolja több tengelyszög
mellett a valódi és a visszaszámított tengelyszög közötti összefüggést!*



3.6 Lézeres megmunkálás X-Y asztalon

Elméleti összefoglaló:

A lézeres vágóeszközök oxidációs, olvasztó vagy szublimációs technológiákkal működnek.

Az oxidációs eljárás esetén a lézernyalábbal a vágandó anyagot a gyulladáspontjáig hevítik, általában nagy tisztaságú oxigéngáz ráfúvása mellett. Ezt tipikusan az alacsonyabb gyulladásponttal rendelkező anyagok vágására alkalmazzák.

Az olvasztásos technológia alapja, hogy a lézernyaláb a vágandó anyagot az olvadáspontjáig hevíti, majd az olvadt anyagot nagynyomású inert (nitrogén, esetenként argon) gáz ráfúvásával kifújják a vágórésből.

A szublimációs eljárás során a megmunkált anyag a lézernyaláb hatására elszublimál a vágórésből.

Az összes technológia a vágópontra koncentrált, rendkívül nagy energiasűrűsége alapszik, ezt nagy teljesítményű lézerek felhasználásával és a lézernyaláb vágópontra való fókuszálásával érik el. Az ipari lézervágó szerkezetek jellemzően széndioxid gázlézer felhasználásával működnek, amely 1060 nm-es hullámhosszú, infravörös tartományban működik. E tartomány az emberi szem számára nem látható, nagy teljesítmények esetén még a szórt lézerfény is szemkárosodást, vakságot okozhat!

A vágás művelete során a vágandó anyag és a vágófej relatív elmozdulása is szükséges. Ezt általában a vágófej lineáris sínek mentén X-Y (esetleg Z) tengelyek menti precíziós elmozdításával hozzák létre. A másik lehetőség magának a vágandó alkatrésznek a rögzítése egy X-Y asztalhoz, amivel a rögzített helyzetű vágófejhez képest mozgatják az egész alkatrészt.

A laboratóriumi mérés során egy, az ipari vágólézereknél alacsonyabb teljesítményű 1064 nm-es hullámhosszúságú infravörös tartományban működő diódapumpált Nd:YAG szilárdtestlézert alkalmazunk. A céltárgy mozgását pedig egy X-Y asztal segítségével vezérelhetjük. Az X-Y asztal két egymásra merőleges, 200 lépés/fordulat felbontású, hibrid léptetőmotorok (MS 28 L) által hajtott lineáris számból áll. A lézert és az X-Y asztalt vezérlő elektronikával a számítógép RS-232-es szabvány szerint kommunikál.

A mozgást és a vágási folyamatot a CNC rendszerekből jól ismert alábbi G és M kódokkal tervezhetjük meg:

G90	Abszolút programozás, innentől mindig a referencia 0 ponthoz viszonyítja a mozgásokat.
G91	Inkrementális programozás, innentől mindig az aktuális helyzettől viszonyítja a mozgásokat.
G00	Pozícióra állás gyorsjárattal.
G01 X Y	Egyenes menti elmozdulás az aktuális koordinátákról az XY pontig.
G02 X Y I J	Körinterpoláció óramutató járásával megegyező irányban. Az aktuális ponttól XY pontig IJ középpontú körön.
G03 X Y I J	Körinterpoláció óramutató járásával ellenkező irányban. Az aktuális ponttól XY pontig IJ középpontú körön.
M03	Lézer bekapcsolása.
M05	Lézer kikapcsolása.
M30	Fő program vége.

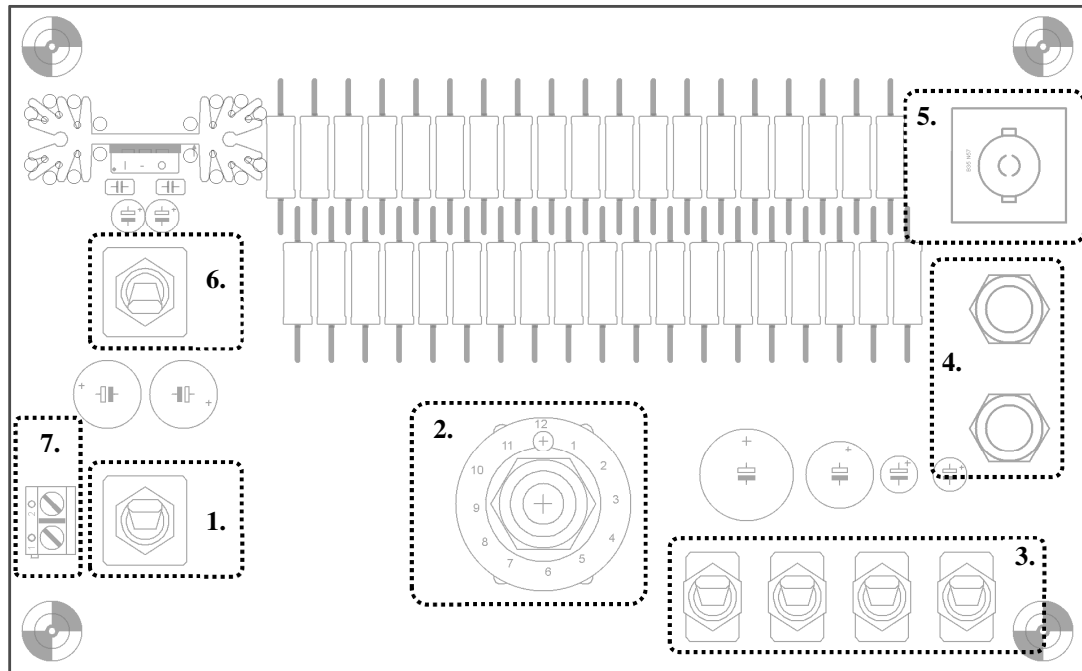


Feladatok:

- 1. A mellékelt milliméterpapír segítségével tervezzen egy tetszőleges ábrát, amelyet gravírozni szeretne! Az ábrában mindenképpen szerepeljenek körívek is!*
- 2. Készítsen inkrementális programozásban programot, amely a megtervezett ábra gravírozására képes!*
- 3. A jegyzőkönyvben mellékelje az elkészült programot!*
- 4. Készítsen táblázatot a felhasznált pozíciókról, adja meg az abszolút koordinátáikat!*
- 5. Módosítsa az elkészült programot úgy, hogy inkrementális helyett abszolút programozást használ!*
- 6. Mellékeljen egy fotót az elkészült ábráról!*

3.7 Tápegység

A mérőpanel felépítése és kezelőszervei:



1. Kapcsoló a stabilizált és a nem stabilizált tápegység mérések közötti váltásra
2. 12 állású forgókapcsoló a terhelő ellenállás megválasztására
3. 4 db kapcsoló a nem stabilizált tápegység mérés pufferkondenzátorának kiválasztására
4. A kimeneti feszültség banánhüvely csatlakozói (multiméter számára)
5. A kimeneti feszültség BNC csatlakozója (oszilloszkóp számára)
6. A stabilizált tápegység mérés kimeneti és bemeneti pufferkondenzátorának választókapcsolója
7. A bemeneti feszültség csatlakozója

Feladatok:

1. *Csatlakoztassa a multimétert (200 Ω -os méréshatárban) a panelon lévő két banánhüvelybe, ügyeljen arra, hogy a mérés során **az adapter ne legyen a mérőpanelra csatlakoztatva**, mert az adapter kimenetén van egy 560 Ohm-os előterhelés, amely meghamisítja a mért értékeket. A mérés során **pufferkondenzátorok választókapcsolója lekapcsolt állapotban legyen**. A terhelés feliratú, 12 állású forgókapcsolót 1-től 12-ig tekerve jegyezze fel az egyes állásokhoz tartozó ellenállás értékeket. A mért értékeket foglalja táblázatba.*
2. *Stabilizálatlan tápegység vizsgálata A mérésválasztó kapcsolót kapcsolja a „Nem stabilizált” állásba, a multimétert most állítsa feszültségmérésre, 20 V-os méréshatárba. Az oszcilloszkóp egyik csatornáját csatlakoztassa a panelon található „Oszcilloszkóp” feliratú BNC csatlakozóba. Az oszcilloszkóp segítségével vizsgálja meg a stabilizálatlan tápfeszültség jellemző értékeit.*
3. *Különböző terhelések és pufferkondenzátorok mellett jellemezze a tápegységet! Kapcsolja a már ismert értékű terhelőellenállásokat a tápegység kimenetére, közben mérje a kimeneti (DC) feszültséget különböző beállított névleges feszültségek mellett (3 V, 6 V, 9 V) Vigyázzon, az ellenállások túlterhelhetők, de a tápegység túlterhelése (a névleges kimenő áram (500 mA) feletti üzemeltetés) tilos! A túlterhelt ellenállás forró lehet, ügyeljen a balesetveszélyre! Először pufferkondenzátor nélkül, majd legalább 3 különböző (kicsi, közepes, nagy), tetszőleges értékű kondenzátorral vizsgálja a kimeneti feszültséget (a kondenzátorok egymással párhuzamosan vannak kapcsolva, a kapcsolókkal tetszőlegesen kombinálhatja az eredő kapacitást). A mért adatokat foglalja táblázatba! Kiszámolandó értékek: I_{DC} , ΔU , P_D . Ábrázolja a mért értékeket!*
4. *Oszcilloszkóppal figyelje meg a kimenő feszültség időfüggését egy beállított névleges feszültség és terhelés esetén a pufferkondenzátorok függvényében (pl. $U_n = 6\text{ V}$, $R_t = 15\ \Omega$, $C_{p1} = \dots$, $C_{p2} = \dots$, stb.)! Rajzoljon be legalább egy*

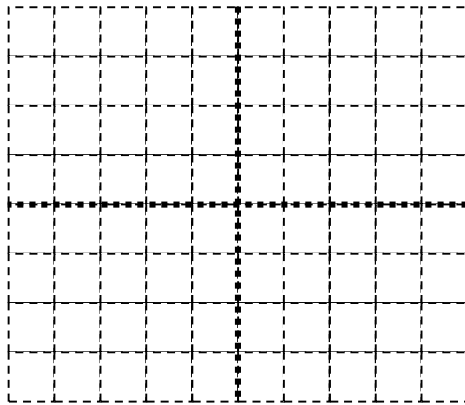


A felsőfokú oktatás minőségének és
hozzáférhetőségének együttes javítása a
Pannon Egyetemen



*periódusnyi megfigyelt jelalakot a mellékelt „Szkóp képernyőbe”, jelölje be az
azt jellemző mennyiségeket (U_{min} , U_{max} , U_{DC})!*

Jelalak:



$$U_{\max}: \quad V;$$

$$U_{DC}: \quad V$$

Oscilloszkóp beállítások:

$$Y: V/DIV; X: \quad ms/DIV$$

Beállított paraméterek:

$$U_n: \quad V;$$

$$R_t: \Omega;$$

$$C_p: \quad \mu F$$

Leolvasott jellemzők:

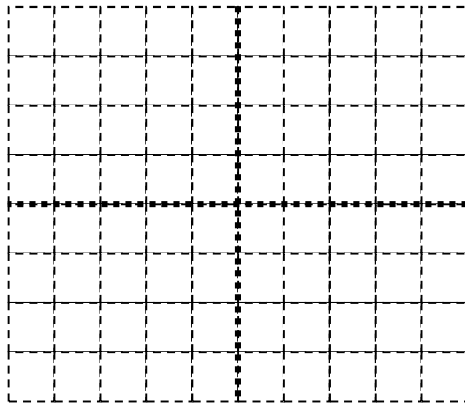
$$U_{\min}: \quad V;$$

Pár sorban összefoglalva jellemezze a mért adatok, oscilloszkóp ábrák és az ábrázolt adatok alapján a stabilizálatlan tápegységet.

- 5. Mekkora pufferkondenzátor(okat) kell alkalmaznunk stabilizálatlan tápegység esetén, ha az akarjuk, hogy $U_n = 6 V$ névleges feszültség esetén $IDC \leq 150 mA$ áramnál a bugófeszültség (ΔU) kisebb legyen, mint $1 V$?*
- 6. Stabilizálja 5V-on a kimenő feszültséget 7805 IC-vel! Alkalmazzon $C1 = 47 \mu F$ értékű bemenő oldali és $C2 = 47 \mu F$ értékű kimenő oldali pufferkondenzátorokat, illetve $C1 = 470 \mu F$ értékű bemenő oldali és $C2 = 470 \mu F$ értékű kimenő oldali pufferkondenzátorokat! A 7805 mindkét oldalán használjon $100 nF$ fix értékű szűrőkondenzátorokat! A mérés során stabilizálatlan méréshez tartozó pufferkondenzátorok választókapcsolója lekapcsolt állapotban legyen. Mindkét esetben jellemezze a stabilizált kimenő feszültség paramétereit digitális multiméter és oscilloszkóp segítségével különböző terhelések esetén! Végezze el a mérés két névleges feszültségértéknél is ($6 V$ és $9 V$). A mért adatokat foglalja táblázatba! Kiszámolandó értékek: IDC , ΔU , PD . Ábrázolja a mért értékeket!*
- 7. Oscilloszkóppal figyelje meg a kimenő feszültség időfüggését egy beállított névleges feszültség és terhelés esetén a pufferkondenzátorok! Rajzoljon be*

legalább egy periódusnyi megfigyelt jelalakot a mellékelt „Szkóp képernyőbe”,
jelölje be az azt jellemző mennyiségeket (U_{min} , U_{max} , U_{DC})!

Jelalak:



U_{max} : V;

U_{DC} : V

Oscilloszkóp beállítások:

Y: V/DIV; X: ms/DIV

Beállított paraméterek:

U_n : V;

R_t : Ω ;

$C_{1,2}$: μF

Leolvasott jellemzők:

U_{min} : V;

Pár sorban összefoglalva jellemezze a mért adatok, oscilloszkóp ábrák és az ábrázolt adatok alapján a stabilizált tápegységet.

8. *Maximum mekkora árammal terhelhetjük a 7805-ös feszültség stabilizátort, különböző bemeneti feszültségeket alkalmazva, $C_1 = C_2 = 470 \mu F$ esetén, ha az szeretnénk, hogy a bugófeszültség (ΔU) kisebb legyen, mint 250 mV. (A terhelést addig növelje amíg a ΔU 250 mV alatt marad, majd a terhelő fokozathoz tartozó ellenállásértéket valamint a DC feszültséget a multiméterről leolvasva Ohm törvény alapján kiszámíthatja a maximális terhelő áram értékét.)*

$$U_n = 6 \text{ V} \quad \rightarrow I_{DCmax} = \dots\dots\dots \text{ mA}$$

$$U_n = 7,5 \text{ V} \quad \rightarrow I_{DCmax} = \dots\dots\dots \text{ mA}$$

$$U_n = 9 \text{ V} \quad \rightarrow I_{DCmax} = \dots\dots\dots \text{ mA}$$

3.8 Mitsubishi Alpha 2 mikrovezérlő

Az Alpha 2 termékcsalád mikro méretű vezérlői átmenetet képeznek a különálló komponensek és a PLC-k között. Megbízható, rugalmas és olcsó megoldás egyszerű vezérlési feladatokhoz. Az Alpha 2 mikrovezérlők programonként 200 funkció blokk feldolgozására képesek, a programon belül minden funkció blokk és függvény (időzítők, számlálók, analóg jelfeldolgozás, naptár, óra stb.) tetszőleges számúszor felhasználható.



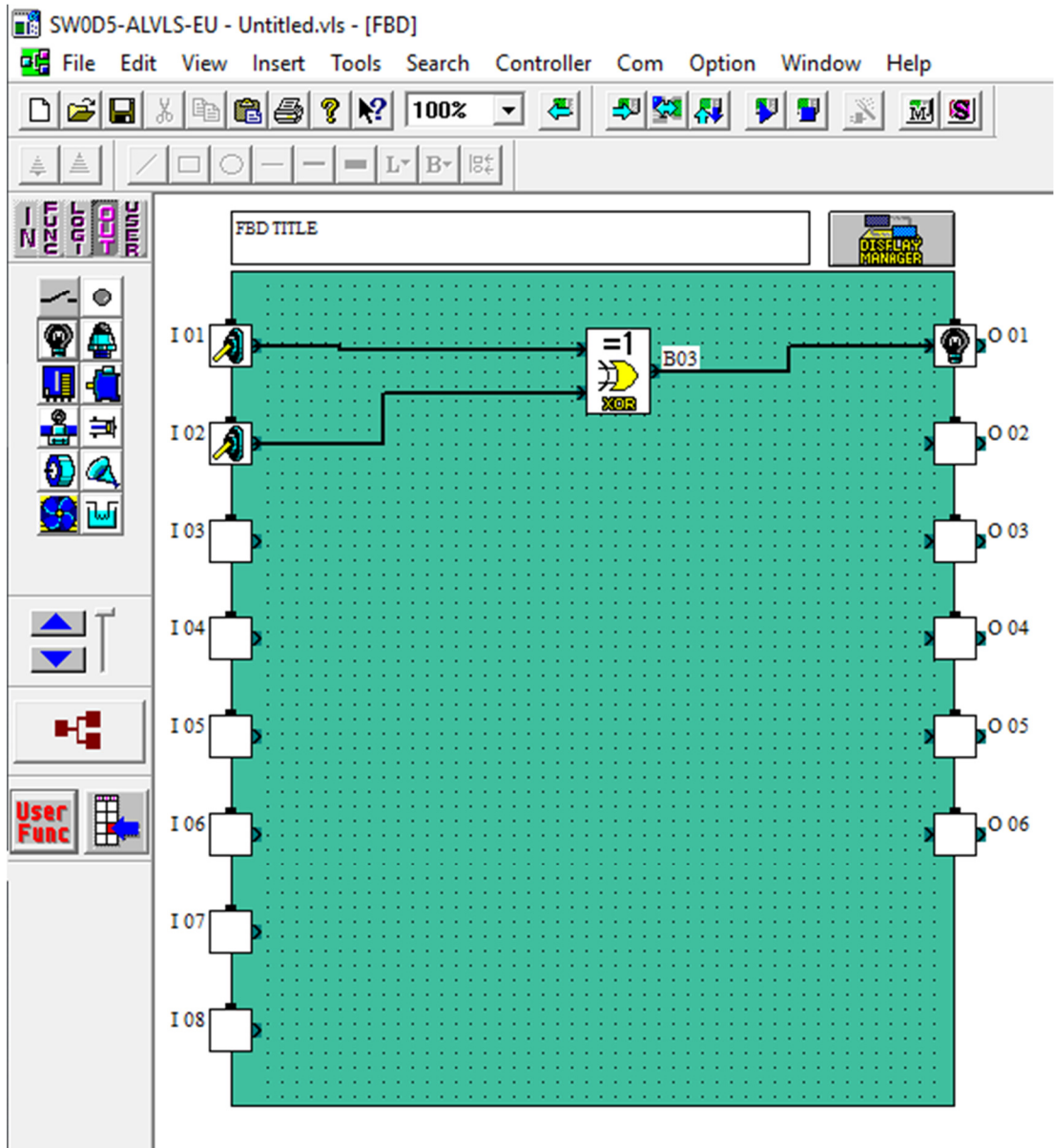
A gyakorlaton használt (lásd ábra) Mitsubishi Alpha AL2-14MR-D típusú vezérlőn 8 db digitális bemenet és 6 db relés kimenet található.

Az ALPHA programozása rendkívül egyszerű; grafikus környezetben az előre definiált programelemek egymáshoz illesztésével hozható létre a program: bemenetek a baloldalon, kimenetek a jobb oldalon, közöttük pedig az előre definiált funkcióblokkok (időzítők, számlálók, valós idejű óra, stb.) helyezkednek el.

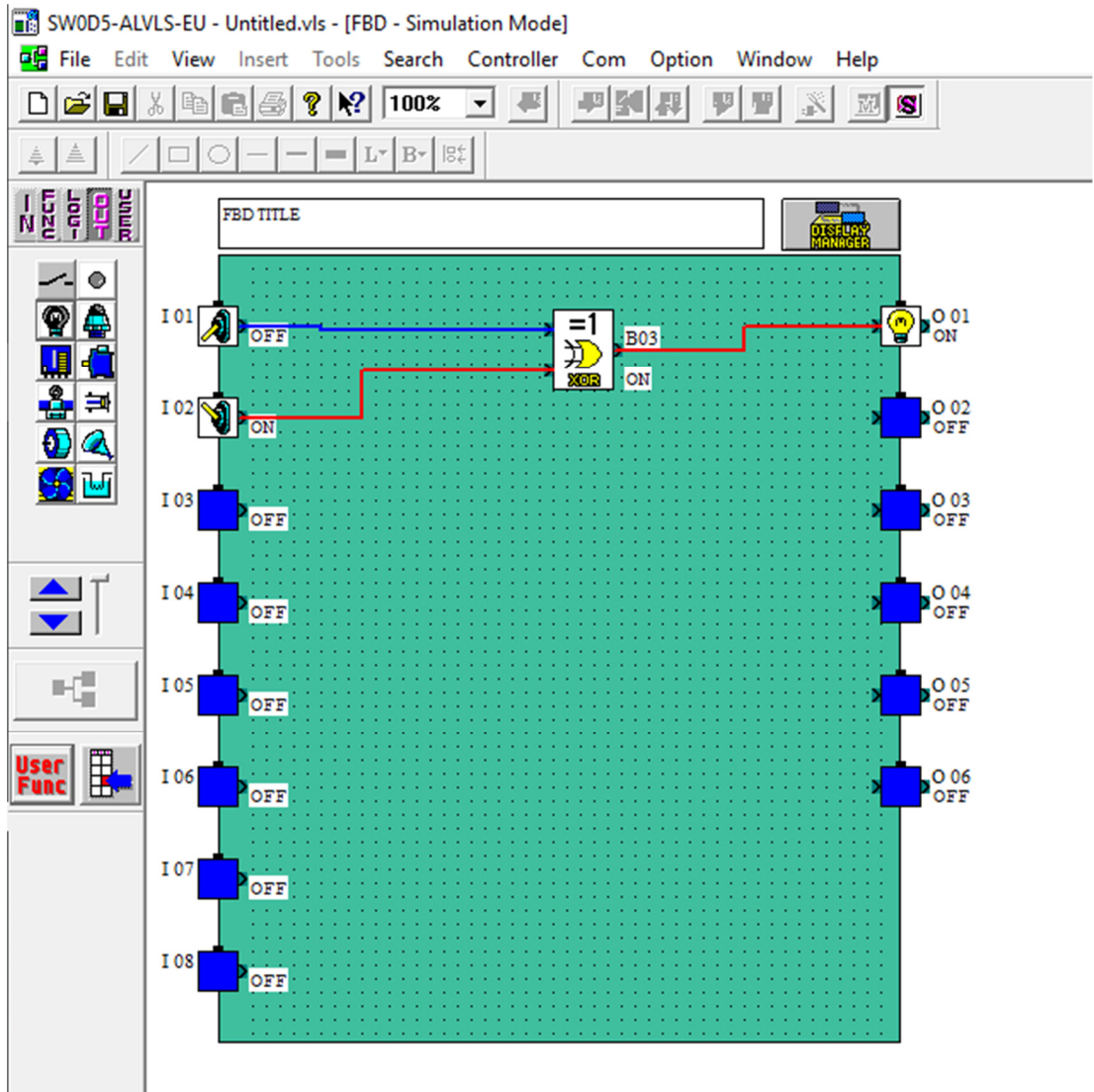
Az összeköttetések (huzalozás) létesítése a funkcióblokkok között grafikus úton, valósítható meg. Ezzel a módszerrel akár 200 funkcióblokk szervezhető programmá (minden egyes funkcióblokk igény szerint többször is felhasználható. A funkcióblokkokon kattintva elérhetőek a blokk.

Az AL-PCS/WIN programból közvetlenül létrehozható a program teljes dokumentációja. Az AL-PCS/WIN szoftver ingyenes, a teljes 2.70 verzió letölthető.

Példa program:



Az elkészített programot tesztelhetjük a szoftver segítségével is, grafikus környezetben, majd a vezérlőbe letöltve is monitorozható a működése.



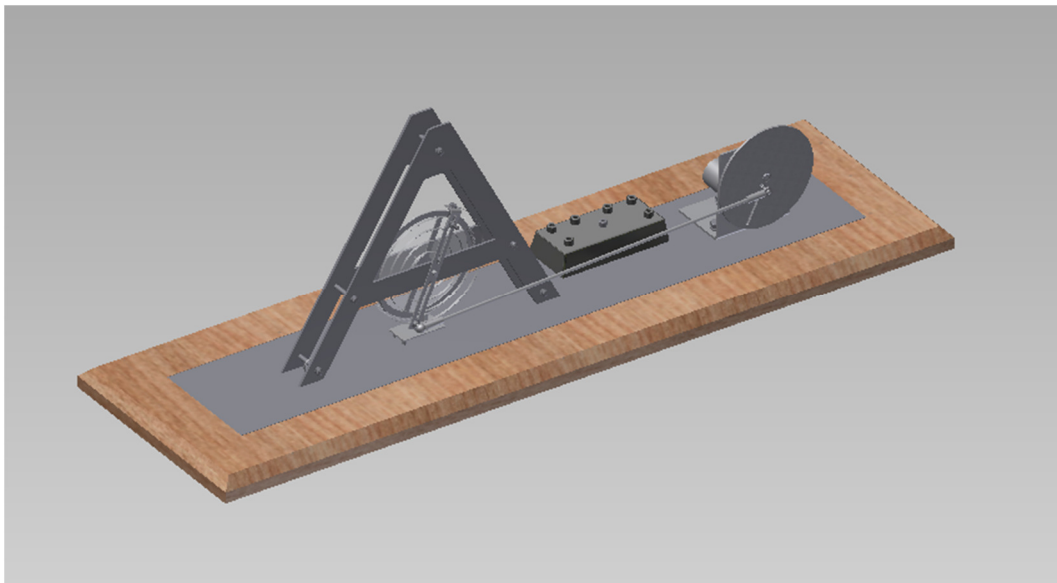


Feladatok:

- 1. Állítson össze egy kapcsolást, melyben egy nyomógomb megnyomására egy LED világít!*
- 2. Az előző összeállításban oldja meg, hogy a nyomógomb megnyomása után 2 másodperccel kezdjen el a LED világítani és 5 másodpercig működjön!*
- 3. Kapcsoljon a körbe egy LED-et és két nyomógombot! Oldja meg, hogy a LED akkor működjön, ha valamelyik gombot megnyomja, de a két gomb egyszeri megnyomása esetén a LED ne világítson!*
- 4. Egy boltban a pénztáros nem mindig tartózkodik a pénztárban. Ha egy vevő közeledik a kasszához, egy hangjelzés hívja oda a pénztárost. Készítse el ennek modelljét! Egy szenzor figyelje, hogy ott van-e a pénztáros a helyén, egy másik pedig a vevő közeledtét! Ha a pénztáros nincs a kasszánál és a vevő közeledik, világítson 5 másodpercig a piros LED!*
- 5. Készítsen liftet a munkahelyén található motor segítségével! A motor egy nyomógomb megnyomása és elengedése után induljon el egyik irányba, egy végálláskapcsoló állítsa meg, ha felért a lift! Egy másik nyomógomb hatására a motor forogjon ellenkező irányba, és egy másik végálláskapcsoló állítsa meg a liftet, ha leért! A motort H-híddal kapcsolja a mikrovezérlőhöz!*
- 6. Készítsen rendőrlámpát a három LED felhasználásával! A billenőkapcsoló bekapcsolása után a piros LED világítson 5 másodpercig, majd a piros és a sárga együtt 1 másodpercig, ezután a zöld egyedül 4 másodpercig! Visszafele a sárga világítson egyedül 2 másodpercig, majd a piros egészen addig, míg a billenőkapcsolót ki nem kapcsoljuk!*

3.9 Pohl inga

Az inga egy gerjesztő- és egy csillapodó-rendszerből áll. A csillapodó rendszer tartalmaz egy 1 Hz-es sajátfrekvenciájú kétküllős tárcsát és egy spirálrugót. A gerjesztő rendszert egy DC motorral és egy ehhez tartozó excentrikus hajtással oldottam meg. A mért mennyiség a tárcsa szögelfordulása, amit a billegő tengelyen lévő spirálrugó generált. A rugót a DC motor excentrikus hajtókarja feszíti és lazítja meg. A rugó elfordítja a csúcs-csapágyak közé szorított tengelyt. A detektálást optokapuk végzik, amik a tárcsára ragasztott sraffozott fóliát érzékelik. Az elektronikai kapcsolás négyzögjelet szolgáltat. Ezzel a megoldással detektálni lehet a rendszer csillapodó lengését, a gerjesztett lengését és a rezonancia frekvenciát. Az eredmények rögzítéséhez egy adatgyűjtő kártyát használunk. A LabVIEW program segítségével történik az adatokat feldolgozása és kirajzolása.





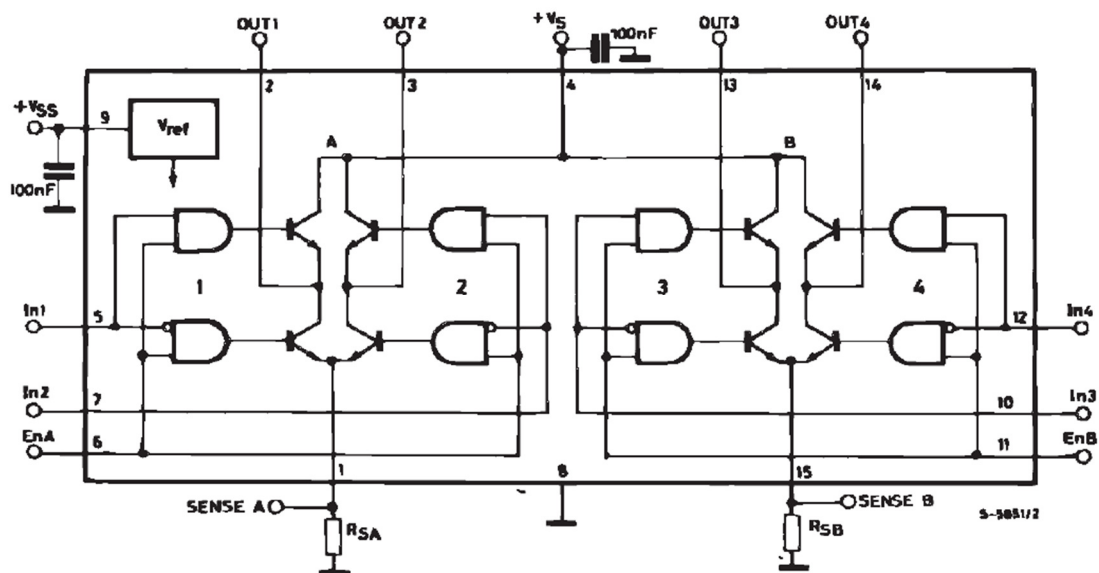
Feladatok:

- 1. Változtassa a motor tápfeszültségét és oszcilloszkóp segítségével mérje meg a motor fordulatszámát! Ábrázolja a fordulatszámot a feszültség függvényében! A mérést 1 V-10 V tartományban végezze el 0,5 V közökkel! 4 V-5 V között ne mérjen!*
- 2. Oszcilloszkóp segítségével vizsgálja meg és értelmezze a Pohl-ingáról érkezett jeleket! Készítsen az oszcilloszkóp kijelzőjéről fényképet, és ezt is illessze be a jegyzőkönyvbe!*
- 3. Vegyen fel rezonanciagörbét! A LabView program segítségével olvassa le a kialakult kényszerrezgés frekvenciáját és amplitudóját! Az 1. feladat adataival mutassa meg, hogy a kényszerrezgést végző rendszer frekvenciája megegyezik a gerjesztő erő frekvenciájával! A mérést 1 V-4,3 V és 4,9 V-10 V között végezze 0,3 V közökkel!*
- 4. Két különböző csillapítás esetén vizsgálja meg a szabadrezgés csillapodását! Mivel a csillapító erő arányos a sebességgel, határozza meg a csillapítási tényezőt a két esetben!*

3.10 PWM

Induktív terhelés nyílt hurkú PWM meghajtása

A laboratóriumi gyakorlatban használt PWM meghajtású rendszerben egy mikrovezérlő által előállított két független PWM jel egy L298N IC egy-egy teljes hídját bipoláris üzemben működteti. A 0 és 100% kitöltési tényező tehát egyaránt maximális, de ellenkező előjelű fordulatszám kivezérlésére alkalmas, 50% esetén a kimenet pozitív és negatív hatása kiegyensúlyozott, azaz a kivezért fordulatszám zérus.



A PWM jel kitöltési tényezőjét 8 bites feloldással egy PC-s szoftver parancsolja meg a mikrovezérlőnek (RS232C porton keresztül), így a vezérlés nyílt hurkú, azaz a motoráram vagy a fordulatszám felől a PWM jel és a meghajtás hatása nincs visszacsatolva.

Feladatok:

- 1. A PC képernyőjén megjelenő virtuális műszer előlapján található „potenciométereken” állítson be különféle kódokat! Oszcilloszkópon mérje meg a PWM jel frekvenciáját és a kitöltési tényezőt! A továbbiakban a kitöltési tényező mérése helyett a vezérlőkódot kell feljegyeznie, viszont a kért mérési adatokat a kitöltési tényező függvényében kell majd megadnia, ábrázolnia. A teljesítményáramkört 12V tápfeszültségről üzemeltesse!*
- 2. Szolenoid PWM meghajtása. Csatlakoztasson egy légmagos tekercset a hídáramkörre, egy kis értékű, nagy terhelhetőségű soros ellenállás beiktatásával! Helyezze el a KMZ10A mágnes térérzékelőt a tekercs végén, és mérje a mágneses térerősséget a kitöltési tényező függvényében, továbbá az ellenálláson eső feszültség révén a tekercsen átfolyó áram erősségét! A mérést kézi multiméterrel végezze!*
- 3. Csatlakoztassa a DC motoros hajtást a teljesítménykimenetre, mintavevő ellenállás közbeiktatásával! A mágneses forgásérzékelő (csatlakoztatása: zöld: 0V, narancs: 9V, sárga: TTL mérőjel) jelét oszcilloszkóppal figyelje! Állapítsa meg a PWM jel kitöltési tényezője és az állandósuló fordulatszám közötti összefüggést! Mérje a rendszer dinamikáját! A dinamikát jellemezheti például a fordulatszám beállításának időállandójával. Ehhez felhasználhatja akár a DC motor egyenfeszültségű üzemeltetését célzó gyakorlatban használt adatgyűjtő rendszert, akár más megoldást!*