

8. Laboratóriumi gyakorlat

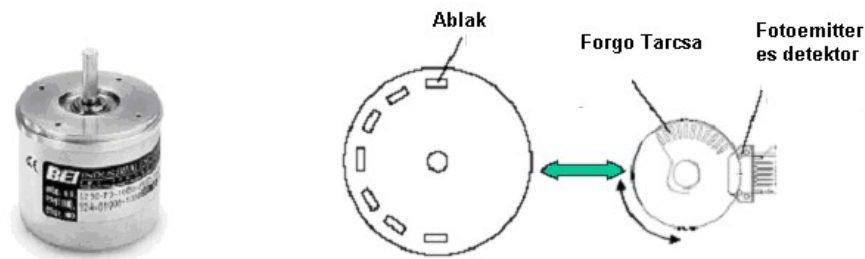
INKREMENTÁLIS ADÓ

1. A gyakorlat célja:

Az inkrementális adók működésének megismerése. Számítások és szoftverfejlesztés az inkrementális adók katalógusadatainak feldolgozására és léptető motorok vezérlésére. Egyenáramú motor és léptetőmotor fordulatszámának mérése. Léptetőmotor elfordulásának mérése.

2. Elméleti bevezető:

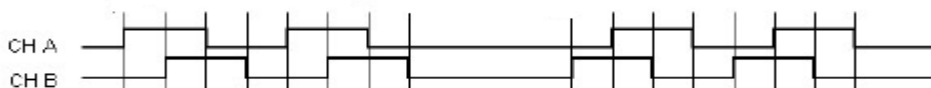
Az inkrementális adók szögelfordulás és szögsebesség (vagy fordulatszám) mérésre szolgáló érzékelők. Az elfordulással arányos számú impulzust adnak a kimeneten. Az impulzusokat átlátszó ablakokat tartalmazó tárcsa és egy fotóemitter-fotódetektor pár segítségével lehet előállítani. Fotóemitterként LED – et, fotódetektorként pedig fotótranzisztort használhatunk. Ha forgó tárcsa egy ablaka kerül a fotóemitter és a fotódetektor közé, az érzékelő egy impulzust szolgáltat a kimenetén. (lásd 1. Ábra)



1. Ábra inkrementális adó és működése

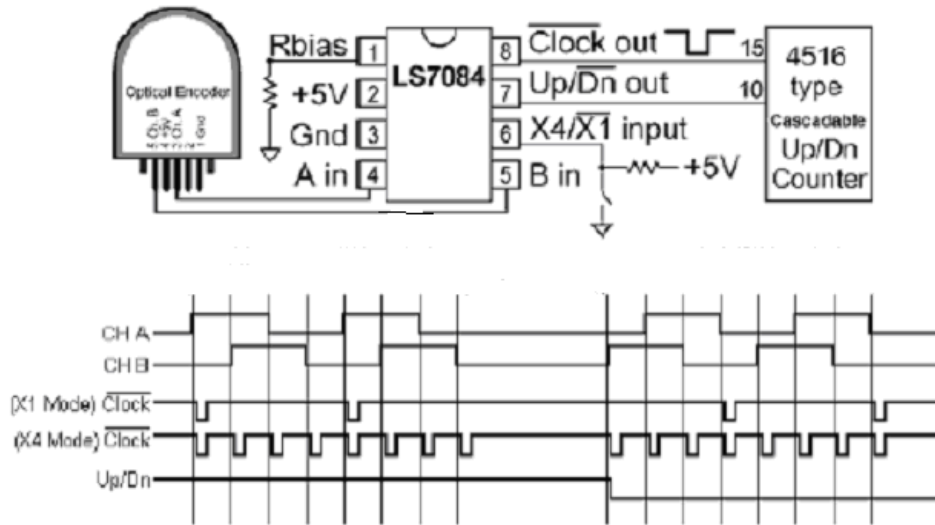
Ha a forgási sebesség megváltozik az impulzussorozat frekvenciája is változni fog a sebességgel arányosan. Így az enkóderes pozíciómérés impulzusszámlálásra, míg a fordulatszám mérés pedig frekvenciamérésre vezethető vissza.

Mivel a forgás irányát is célszerű meghatározni, két fotóemitter-fotódetektor párt használnak, amelyek egymáshoz képest el vannak tolvva. Ennek megfelelően két, 90 fokkal eltolt impulzussorozatot kapunk egy helyett. (lásd 2. Ábra). A két impulzussorozat oszcilloszkóp segítségével tanulmányozható.



2. Ábra Az enkóderek kimeneti jelei

Hogy az irányt ebből a két jelből meg tudjuk határozni, céláramkört fejlesztettek ki (LS7083, LS7084). Ezek az áramkörök feldolgozzák az inkrementális adók jelét, minden frontra egy impulzust adnak és egy digitális kimeneten jelzik az irányt. (pl. 0 az óramutató járásának megfelelő és 1 az óramutató járásával ellentétes).



3. Ábra Az enkóder jeleinek a feldolgozása

A pozíciómérés pontosságát (felbontását) az inkrementális adó forgó tárcsáján levő ablakok száma adja meg. Általában 100 és 5000 ablak közötti enkódereket használnak. A gyakorlat során használt enkóder 375 impulzust szolgáltat a kimenetén egy teljes fordulat során. Így az elfordulás $\frac{2\pi}{N} = \frac{360^\circ}{375} = 0.96^\circ$ felbontással mérhető meg.

A fordulatszám mérés pontossága a használt számláló bitjeinek a számától is függ (nagy sebességeken a számláló túlcsoordulásával kell számolni).

2.1. Fordulatszám mérés inkrementális adókkal

A fordulatszámot két módszerrel lehet megmérni: *impulzusszámlálással* valamint *impulzusidőzítéssel*.

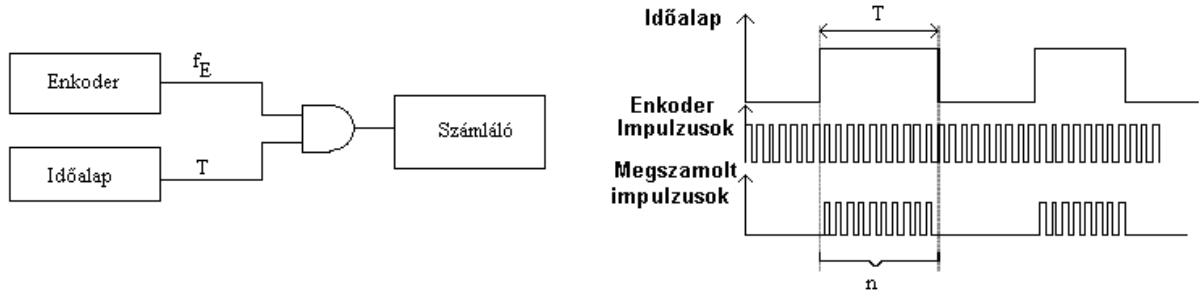
Impulzusszámlálást nagy szögsebességeknél használhatunk amikor egy rövid időegység alatt sok impulzus érkezik. Így egy jól meghatározott, T időegység alatt beérkezett impulzusok számát határozzuk meg impulzusszámláló segítségével

Feltételezzük, hogy az inkrementális adó felbontása N , vagyis az enkóder egy teljes fordulat során (2π radián), N impulzust ad. Ha T idő alatt n impulzust számoltunk meg, akkor a szögsebesség:

$$\omega = \frac{\text{szögelfordulás}}{\text{idő}} = \frac{\frac{2\pi}{N} \cdot n}{T} = \frac{2\pi n}{NT} = \frac{2\pi}{N} f_E [\text{rad/sec}] \quad (1)$$

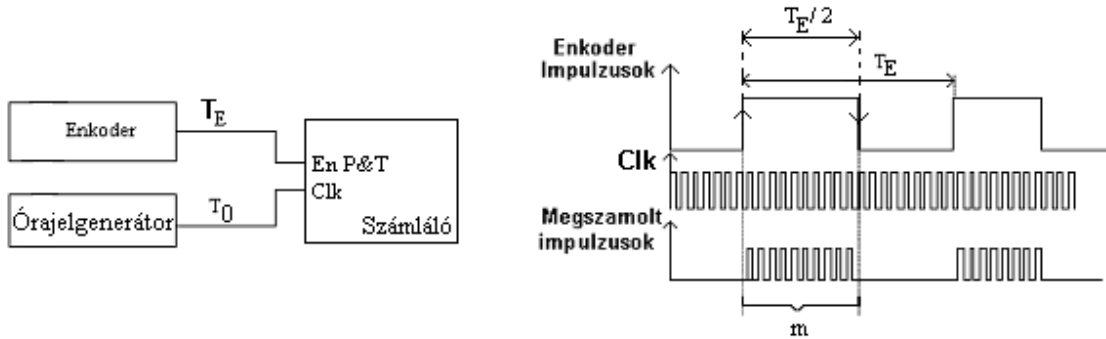
A mérés pontossága:

$$\Delta\omega_c = \frac{2\pi(n+1)}{NT} - \frac{2\pi n}{NT} = \frac{2\pi}{NT} [\text{rad/sec}] \quad (2)$$



4. Ábra Fordulatszámérés impulzus számlálással

Impulzusidőzítést alacsony szögsebességeknél használunk, amikor a beérkező impulzussorozat frekvenciája alacsony. Ekkor az impulzus pozitív frontja elindít egy számlálót és a negatív frontja a számlálót megállítja. A számláló órajele (f_0) sokkal magasabb frekvenciájú kell legyen az enkóder által adott impulzussorozat frekvenciájánál (f_E).



5. Ábra. Fordulatszámérés impulzusidőzítéssel

A számláló által megszámlált impulzusok számából megállapítható a szögsebesség. Feltételezzük, hogy az órajelgenerátor órajelének a frekvenciája f_0 és a számláló $t=T_E/2$ idő alatt m impulzust számolt. Ekkor a sebesség:

$$\omega = \frac{\text{szogelfordulas}}{\text{idő}} = \frac{\frac{2\pi}{N}}{t} = \frac{\frac{2\pi}{N}}{mT_0} = \frac{2\pi f_0}{mN} [\text{rad/sec}] \quad (3)$$

A mérés pontossága sebességfüggő:

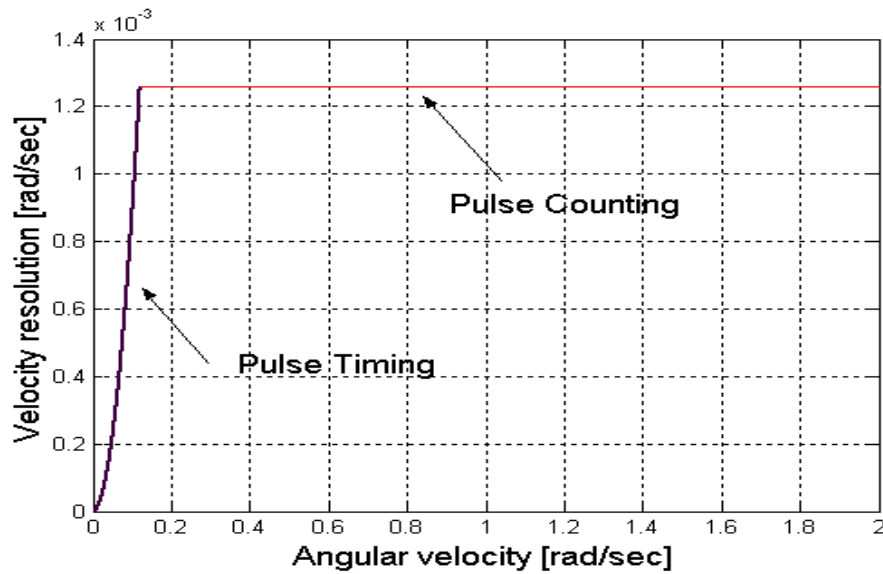
$$\Delta\omega_r = \frac{2\pi f}{(m+1)N} - \frac{2\pi f}{mN} = \frac{2\pi f}{m(m+1)N} [\text{rad/sec}], \quad m = \frac{2\pi f}{N\omega} \quad (4)$$

Sok impulzus esetén m és $m+1$ nem különbözik sokban egymástól: $m \approx m+1$. A (3) összefüggést behelyesítve a (4) összefüggésbe, bebizonyítható, hogy:

$$\Delta\omega_T = \frac{N\omega^2}{2\pi f} [\text{rad/sec}] \quad (5)$$

Feltevődik a kérdés, hogy milyen sebességtartományban érdemes impulzusidőzítést és milyen sebességtartományban érdemes impulzusszámlálást használni szögsebességmérésre. Figyelembe véve, hogy az impulzusszámlálási módszer felbontása minden sebességnél ugyanaz, valamint az impulzusidőzítési módszer esetében a felbontás monotonul nő a sebesség függvényében (lásd 5. Ábra), az optimális áttérés az egyik módszerről a másikra akkor van amikor a két felbontás egyenlő ($\Delta\omega_T = \Delta\omega_C$). Így kifejezve az áttérési sebességet, az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\omega_{TC} = \frac{2\pi}{N} \sqrt{\frac{f}{T}} [\text{rad/sec}] \quad (6)$$



6. Ábra A sebességmérés pontossága a sebesség függvényében

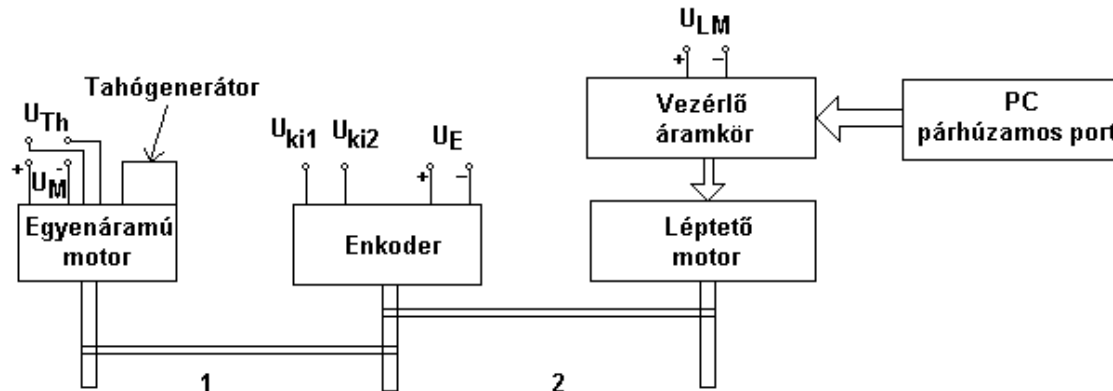
3. A gyakorlat menete:

A gyakorlati standon az inkrementális adó mellett egy léptető motor és egy egyenáramú motor található (7. Ábra). Mindkét motor tengelye össze van kötve az enkóder tengelyével, így megmérhetjük mindkét motor fordulatszámát.

Az egyenáramú motor tápfeszültségét egy HAMEG típusú feszültségforrással biztosítjuk. A motor fordulatszáma a tápfeszültség értékének módosításával szabályozható.

Az enkódert 9V egyenfeszültséggel tápláljuk. A kimeneten megjelenő impulzus sorozatokat oszcilloszkóp segítségével tanulmányozzuk a forgásirány meghatározása érdekében. A motor forgás irányát a tápfeszültség polaritásának felcserélésével változtathatjuk meg.

Vizsgáljuk meg az impulzussorozatok egymáshoz viszonyított időbeni helyzetét.



7. Ábra A gyakorlati stand

Az egyenáramú motor fordulatszámának meghatározása érdekében, az 1 kapcsolási módot használva, az enkóder egyik kimenetét a frekvenciamérő (Tektronix) bemenetére kötjük. Az egyenáramú motor tengelyén egy tahogenerátor van. A tahogenerátor kivezetései (U_{th}) a standra vannak kötve, és egy másik frekvenciamérő segítségével mérjük a frekvenciát. Változtatjuk a motor tápfeszültségét az 1. Táblázatban szereplő értékek szerint és párhúzasosan mérjük és lejegyezzük az enkóder egyik kimenetén adott négyszögjel frekvenciáját (f_E) és a tahogenerátor által szolgáltatott jel frekvenciáját ($f_{U_{Th}}$). A motor és az inkrementális adó közötti áttét értéke: 1,04. Ezt figyelembe kell vegyük a motor fordulatszámának kiszámításánál:

$$\omega_M = \omega_E \cdot 1.04 \quad (7)$$

1. Táblázat

$U[V]$	$f_E[Hz]$	$\Omega_E[rad/s](1)$	$\Omega_M[rad/s](7)$	$f_{Th}[Hz]$
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

A mérésnél az impulzusszámlálási módszert használtuk.

A léptető motor fordulatszámát hasonló módon mérhetjük a 2 kapcsolást használva (7. Ábra). A motor vezérlése számítógép segítségével van megvalósítva. A vezérlő program segítségével a forgás irányát és sebességét (időzítés) is megadhatjuk.

A vezérlőimpulzusokat a számítógép párhuzamos portján küldjük a motor vezérlő áramkörének. A vezérlő áramkör kapcsolási rajzát a 8. Ábrán láthatjátok.

Határozzátok meg a léptető motor felbontását. Ennek érdekében forgassátok 10 fordulatot tetszőleges irányba a motort. Jegyezzétek le a vezérlő programban megadott impulzusok számát. A felbontás:
$$\text{felbontás}_{\text{LM}} = \frac{10 \cdot 360^\circ}{\text{impulzusok_száma}} [^\circ].$$

A mérés közben párhuzamosan lejegyezzük az enkóder egyik kimenetén kapott impulzussorozat frekvenciáját (f_E), a motor vezérlésénél használt impulzusok számát, a forgatás kezdeti és végső idejét (t_k , t_v) a 2. Táblázatba.

$$T_{\text{forgás}} = t_v - t_k \quad (8)$$

A léptető motor és az enkóder közötti áttét értéke: 1,025.

A léptetőmotor szögsebessége:

$$\omega_{\text{LM}} = \omega_E \cdot 1.025 \quad (9)$$

$$\omega_{\text{LM}}^* = \frac{\text{fordulatok_száma}}{\text{idő}} = \frac{\frac{\text{impulzusok_száma}}{\text{felbontás}_{\text{LM}}}}{t_{\text{forgás}}} \quad (10)$$

2. Táblázat

Impulzusok száma	t_k [óra/perc/mp/szmp]	t_v [óra/perc/mp/szmp]	$t_{\text{forgás}}[\text{s}](8)$	f_E	$\Omega_E(1)$	$\Omega_{\text{LM}}(9)$	$\Omega_{\text{LM}}^*(10)$

Az elfordulások mérésére ugyancsak a 2. kapcsolást használjuk. Forgassátok el sorban a léptetőmotort a 3. táblázatban megadott szögelfordulás értékekkel és jegyezzétek le az enkóder által szolgáltatott impulzusok számát. Az impulzusokat a Tektronix impulzusszámlálóval számoljátok meg. Töltsétek ki a 3-as táblázatot.

3. Táblázat

Elfordulás[°]	LM impulzusok	Mért enkóder impulzusok (N_m)	Mért elfordulás [°] (12)	Számított elfordulás [°] (13)	Elforduláskülömbőség [°] (14)
30					
45					
60					
90					
120					
180					

270					
360					

$$LM_impulzusok = \frac{\text{elfordulás} \cdot \text{felbontás}_{LM}}{360^\circ} \quad (11)$$

$$\text{Mért_elfordulás} = \frac{N_m \cdot 360}{375} \quad (12)$$

$$\text{Számított_elfordulás} = \frac{\text{elfordulás}}{\text{áttét}} = \frac{\text{elfordulás}}{1,025} \quad (13)$$

$$\text{elforduláskülömbőség} = \text{Mért_elfordulás} - \text{Számított_elfordulás} \quad (14)$$

4. Kérdések és feladatok:

1. Milyen más szögelfordulás mérési módszereket ismertek? Magyarazzátok el röviden a mérések elvét.
2. Igazoljátok az (5) összefüggést.
3. Igazoljátok a (6) összefüggést.
4. Impulzusidőzítési módszernél hogyan függ a sebességtől a felbontás?
5. Oldjátok meg az alábbi feladatot:
Legyen az alábbi sebességmérési probléma:

Adottak:

- A maximális mérendő sebesség $v_{max} = 100 \text{ rad/sec}$
- A minimális mérendő sebesség $v_{min} = 0.1 \text{ rad/sec}$
- Az inkrementális adó felbontása $N = 1000$
- Az impulzus használt időzítő periódusa $T = 0.01 \text{ msec}$
- Az impulzusidőzítésnél használt timer frekvenciája $f = 10 \text{ kHz}$

Határozzuk meg:

- a. A legkisebb sebességen T idő alatt beérkező impulzusok számát
- b. A legnagyobb sebességen az impulzusok frekvenciáját
- c. A sebességmérés pontosságát a legkisebb mérendő sebességen impulzusidőzítési módszerrel
- d. A sebességmérés pontosságát a legnagyobb mérendő sebességen impulzusszámláló módszerrel
- e. Az pontosság szempontjából optimális áttérési sebességet a két sebességmérési módszer között
- f. Az áttérési sebességen beérkező impulzusok számát impulzusszámláló módszerrel
- g. Az áttérési sebességen az impulzusok számát impulzusidőzítő módszerrel