

MÉRÉSTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK
SZÖVETSÉGENEK TAGJA



1372 BUDAPEST V., KOSSUTH LAJOS TÉR 6-8.
PF. 457.
TELEFON: 122-457

Budapest, 1976 február 20.

Tisztelt Kartárs!

Értesítjük, hogy a IV. Országos Elektronikus Műszer
és Méréstechnikai Konferenciára benyújtott

CPM KIJELZÉSŰ AUTOMATIKUS PULZUSSZÁMMÉRŐ

című előadása a z Elektronikus analóg és digitális műszerek

szekción belül a Technika Házában /Bpest, V., Kossuth L.
tér 6-8/IV.emelet 437.

1976 március 10 én 11,20 órakor

kerül megtartásra.

Egy előadásra fordítható időtartam 25 perc. Mivel az
előadások teljes szövege előzetesen nyomtatásban megjelenik,
az előadók röviden, 10-15 perc alatt ismertetik az előadás
lényegét, a további idő hozzászólásra, vitára szolgál.
Az előadás értékét igen nagymértékben emeli, ha az előadó
az előzetesen megjelent anyagon kívül ismerteti az azóta
elért eredményeket, ill. további kiegészítéseket tesz.

Vetítési lehetőség: 5x5 dia, valamint iróvetítő-berendezés.

Kérjük, hogy előadása előtt 10,30 -kor a helyszínen
a szekcióelnöknél megjelenni sziveskedjék és a vetítéshez
szükséges anyagot a vetítógép kezelőjének átadni.

Üdvözlettel

Seultéty László sk.

Előkészítő Bizottság
elnöke

MÉRÉSTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI
TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
1372 Budapest, Kossuth Lajos
Telefon: 122-457, 113-256

76-1137 MTESZ Hny.Bp.

dr. Pápay Zsolt

CPM KIJELZÉSO AUTOMATIKUS PULZUSSZÁMMÉRŐ

Alacsonyfrekvenciák mérésénél gyakran szükséges CPM /counts-per-minute/ mértékegységű adat /mért érték/ generálás. Különösen kardiológiai, tachometriai, stb. alkalmazásoknál hatásos eszköz a közvetlen CPM kijelzésű digitális frekvencia /pulzusszám/-mérő.

Az előadás egy ¹⁵20-300 CPM /azaz ^{0,25}0,33-5 Hz/ mérési tartomány és kisebb, mint ± 1 hibájú recipromatik típusu, automatikus pulzusszámmérő tervezési alapjait, felépítését és a mérési eredményeket ismerteti. Mérési elv: periódusidő kvantálás, ezután számlálástechnikai aritmetikai egység képi a reciprok értéket, s a CPM kijelzést. Néhány különleges jellemző:

- a műszer automatikusan "befog" a bemenő jelre,
- jelzi a tartományon kívüli /LOW, ill. HIGH/ állapotot, megtartva /a vizuális kijelzésen/ a közvetlenül megelőzően mért tartományon belüli értéket,
- folyamatosan méri /és jelzi ki CPM felbontással/ az egymás utáni pulzusok közötti periódusidőt,
- digitális eltolást alkalmaz a kvantálási hiba optimalizálására.

A műszer a Műszeripari Kutató Intézet megbízása alapján készült, kommersz TTL IC-k felhasználásával.

DR. PÁPAY ZSOLT

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

CPM KIJELZÉSŰ AUTOMATIKUS PULZUSSZÁMÉRÓ

Kis frekvenciák mérésénél gyakran szükséges CPM <counts-per-minute = pulzus/perc> mértékegységű adat (mért érték) generálás. Különösen kardiológiai, tachometriai, stb. alkalmazásoknál hatásos eszköz a közvetlen CPM kijelzésű digitális frekvencia (pulzusszám)-mérő. A pillanatérték folyamatos mérésének igénye <beat-to-beat ratemeter> reciprokmatik elv felhasználásával realizálható.

Az alkalmazott felépítés funkcionális vázlatát az 1. ábra szemlélteti (nem tünteti fel a T periódusidő szokásos előállítását): a konverzió két, egymás utáni lépésben hajtódik végre [1].

• Mérésnél - $T = 1/f$ generálásának h_T hibáját is tekintve - a PER számláló tartalma:

$$N = \frac{T(1 + h_T)}{p/f_0} + n_Q \quad 1.$$

itt $p > 10$ kapuzás utáni osztás és digitális eltolás [4] esetén a kvantálási hiba jó becsléssel $|n_Q| < 1/2$.

• A számítást (reciprokképzést) un. számlálástechnikai aritmetikai egység végzi: a „szorzó” kimenetén fellépő frekvenciából képzett,

$$t = K \cdot \frac{1}{f_0 (N/M)(1 + h_g)} \quad 2a.$$

időtartam kvantálásával áll elő - az FR számlálóban - a mérőszám

$$N_C = \frac{t}{r/f_0} + n_c = \frac{1}{N} \cdot \frac{KM}{r(1 + h_g)} + n_c \quad 2b.$$

ahol M a PER számláló kapacitása (a szükséges normalizálás), a SZORZÓ kimenő frekvenciájának irregularitásából eredő hiba h_g , és mint előbb: $|n_c| < 1/2$ biztosítható.

A mért érték tehát:

$$N_C = \frac{f}{\Delta f} (1 - h_c) + n_c \quad 3a.$$

$$\Delta f = \frac{r \cdot f_0}{p \cdot K \cdot M} \quad 3b.$$

felbontással (mértékegységgel), és - eltekintve a másodrendű hibatagoktól - a relatív hiba:

$$h_c \approx n_c \left[\frac{f}{f_0} \right] p + h_g + h_T \quad 3c.$$

(amit még - a PER mérésből adódóan - plusz az f_0 referencia h_0 hibája is terhel!).

Megjegyzések: /1/ Közvetlen, 1 GPM felbontású kijelzéshez $\Delta f = (1/60)$ Hz szükséges. /2/ A számítás t időtartama (lásd 2a.) függ a mérendő értéktől, és a teljes konverzió aktuális időtartama $\geq T + t = (1/f) + (f/\Delta f) \cdot (r/f_0)$. /3/ f tartományának első határát a PER számláló kapacitása

($N \leq M - 1$) korlátozza, felső határát pedig az FR számláló kapacitása (továbbá a működéshez $N \geq 1$ szükséges, így $N_C \leq KM/r$). /4/ A $p, r \geq 1$ osztás (részben vagy egészben) lehet kapuzás előtti is és ekkor ezek közös osztója összevonható. Kapuzás után $p^m, r^m > 10$ célszerű - digitális eltolással - a kvantálási hiba optimalizálására és határozott kapcsolási (átváltási) pont elérésére! /5/ Az r osztó és FR számláló, ill. SZORZÓ funkciója összevonható, ezt jelzi az 1. ábra. (!) /6/ A SZORZÓ M számú impulzusok ad pontosan N számú - de irregulárisan elhelyezkedő - kimenő impulzust; a kimenő átlagfrekvencia arányos N -nel. Célszerű $K < M$, és $K \gg 1$ (hogy $h_s \ll 1$ legyen, ennek értéke csak becsülhető [2], [3]).

Alább egy lehetséges méretezési algoritmust vázolunk.

Kiinduló adatok: (a) mérési tartomány határai: $f_{\min} = 1/T_{\max}$ és $f_{\max} = 1/T_{\min}$, (b) felbontás: Δf , (c) maximális számítási idő: T_m .

1. (K) és (M) választása.

2. Szükséges $N \hat{=} f_0 T_{\max}/p < M$, és $t \hat{=} KM/f_0, N \hat{=} pKM/f_0^2 T_{\min} < T_m$

teljesítése, ebből:

$$C_1 = KM/T_m f_0 T_{\min} < (f_0/p) < M/T_{\max} = C_2.$$

Nyilvánvalóan $C_1 < C_2$, tehát:

$$f_0 > (f_{\max}/f_{\min}) \cdot (K/T_m),$$

így (f_0) választható. (Jól szemléltethető a dinamika, ill. a megengedett számítási idő hatása, és újabb motiváció adódik K -ra.)

A fenti feltételből (p) kijelölhető, figyelembe véve a relatív hiba (lásd 3c.) első komponensét.

3. A felbontás (lásd 3b.) ismeretében pedig adódik (r) .

4. A paraméterek optimalizálására a folyamat ismétlődő, tekintetbe véve a realizálás ^{gazdaságosságát} ~~gondosságát~~ és határfeltételeit is. [Megjegyzés: ha $n = 1$ periódus mérésével a kijelölt tartomány nem fogható át, akkor méréshatárváltás szükséges. A nagyobb frekvenciás tartományokban nT időtartamot mérünk ($n > 1$, ÁTLAG PER mérés); a felbontás $\Delta f^n = \Delta f \cdot n$ és célszerűen n dekadikus, így csak a tizedespont helye változik. Automatikus méréshatárváltás közvetlenül realizálható.]

(!) \Rightarrow Speciálisan: amennyiben az egymás utáni periódus-időtartamok folyamatos mérése és - az ebből számított - frekvencia pillanatértékének folyamatos kijelzése szükséges, akkor

• a számításhoz N értékét közbenső tároló rögzíti (tehát a PER számláló - a számítási művelet alatt - alkalmas a következő periódus időtartamának mérésére), és

• $T_m < T_{min}$ legyen (!)

A fenti elvek alapján - elsődlegesen kardiológiai alkalmazásra - felépített pulzusszámmérő 15-300 CPM (azaz 0,25-5 Hz) tartományu bemenet pillanatértékének 1 CPM felbontású folyamatos mérést végzi. Kommersz TTL IC-k felhasználásával került realizálásra (a SZORZÓ SN74167 elemekből), a paraméterek: $M = 10^4$, $K = 1200$, $f_0 = 1$ MHz, $p = 400$ és $r = 80$. A bemenet TTL szintű, választható fel- v. lefutó él (esemény)

érzékeléssel} kijelző tároló biztosítja az N_C mért érték egyszerű interpretálását és felhasználását automatikus adatfeldolgozáshoz. Az időviszonyokat a 2. ábra mutatja, míg a 3. ábra - $N_C = (f/\Delta f) \cdot (1 + h_m)$ alapján (lásd 3a.) - a műszer teljes h_m relatív hibáját és a komponenseket tünteti fel [$h_T = 0$, $h_0 \approx 0$, $|h_g| \leq 0,1\%$ és $|n_Q|, |n_C| < 1/2$ (kapuzás után $p^{\text{sz}} = 40$ < preset: 20 > és $r^{\text{sz}} = 8$ (preset: 4)) becsüléssel]. A 4. ábra egy hitelesítési mintát szemléltet.

További speciális szolgáltatások:

- a tápfeszültség bekapcsolása után a műszer automatikusan "befog" a bemenő jelre,
- jelzi, ha tartományon kívüli: LOW (szélső esetben nincs bemenet), ill. HIGH a bemenő pillanatnyi állapot, neg-tartva ⁽¹⁾ a vizuális kijelzésen a közvetlenül megelőzően mért tartományon belüli értéket.

Utóbbi sajátság egyszerűen elérhető: a PER számláló tulajcsordul \rightarrow LOW (és tiltandó a számítás), az FR számláló tulajcsordul \rightarrow HIGH (és tiltandó a kijelző tárolóba való átírás).

Az automatikus üzemhez a bemeneti esemény mintavételezi (B) - majd ezután törli (C) - a "szabadon futó" PER számláló tartalmát, ez az (egyszerűsített) áramköri részlet az 5. ábrán látható. Bemeneti "szinkronizáló" biztosítja az egymás utáni periódus-időtartamok pontos mérését, tiltásával (amelynek tartama legegyszerűbb esetben a t számítási idő) a szükséges zavarvédelem is beépíthető.

A 0,05 (= 0,5 μ s/10 μ s) kitöltési tényezőjű 100k Ω referencia a t mérés kapuzási hibáját [4] is elhanyagolható értékre csökkenti.

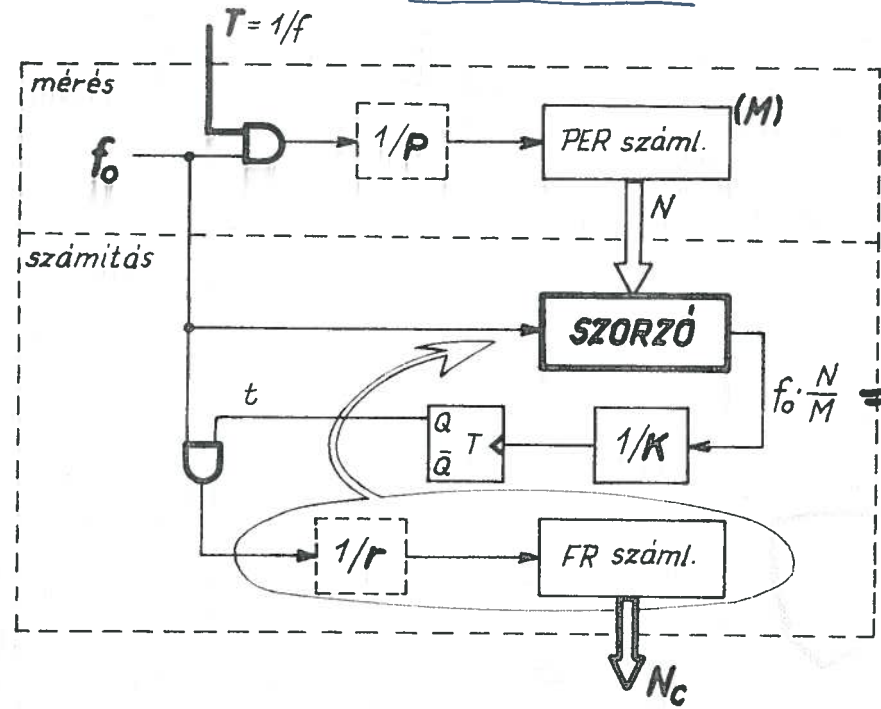
A készülék a Műszeripari Kutató Intézet megbízása alapján készült 1974-ben, a szerző ezuton is köszönetet mond a publikálási lehetőségért.

Irodalom

- [1] West, J.L.: Two-step process speeds low-frequency measurements. Electronics, May 27, 1968. /123-126/.
- [2] Dunworth, A.: Digital instrumentation for angular velocity and acceleration. IEEE Transactions on IM, June 1969 /132-138/.
- [3] Macleod, K.J.: A portable high-resolution counter for low-frequency measurements. HP Journal, Nov. 1973. /10-15/
- [4] dr. Pápay Zs.: Az időtartam kvantálás csatorna profilja. Mérés és Automatika, 1975. 2. szám /46-49/.

①

RECIPROMATIK elv (SZORZÓ-val)



$$N = \frac{T(1+h_T)}{p/f_0} + n_a \quad (1)$$

$$t = K \cdot \frac{1}{f_0(N/M)(1+h_s)} \quad (2a)$$

$$N_c = \frac{t}{r/f_0} + n_c = \frac{1}{N} \cdot \frac{KM}{r(1+h_s)} + n_c \quad (2b)$$

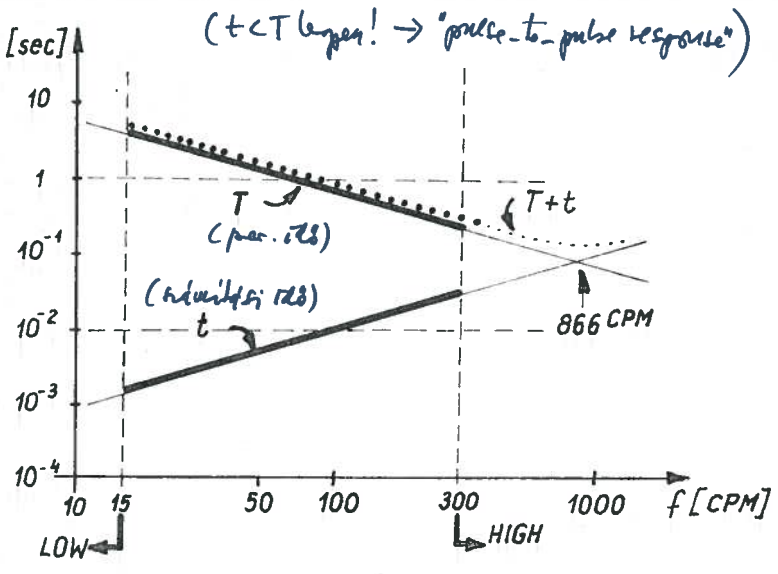
mért érték:

$$N_c = \frac{f}{\Delta f} (1-h_c) + n_c$$

1. ábra
 felbontás: $\Delta f = r f_0 / p K M = (1/60) \text{ Hz}$

rel. hiba: $h_c \approx n_a \left(\frac{f}{f_0}\right) p + h_s + h_T (+h_o)$ (3)
 $|n_c|, |n_a| < 1/2$

egy kötés: $f_0 > (f_{max}/f_{min}) \cdot (K/t_{max})$



$M = 10^4$
 $K = 1200$
 $f_0 = 10^6 \text{ Hz}$
 $p = 400$
 $r = 80$

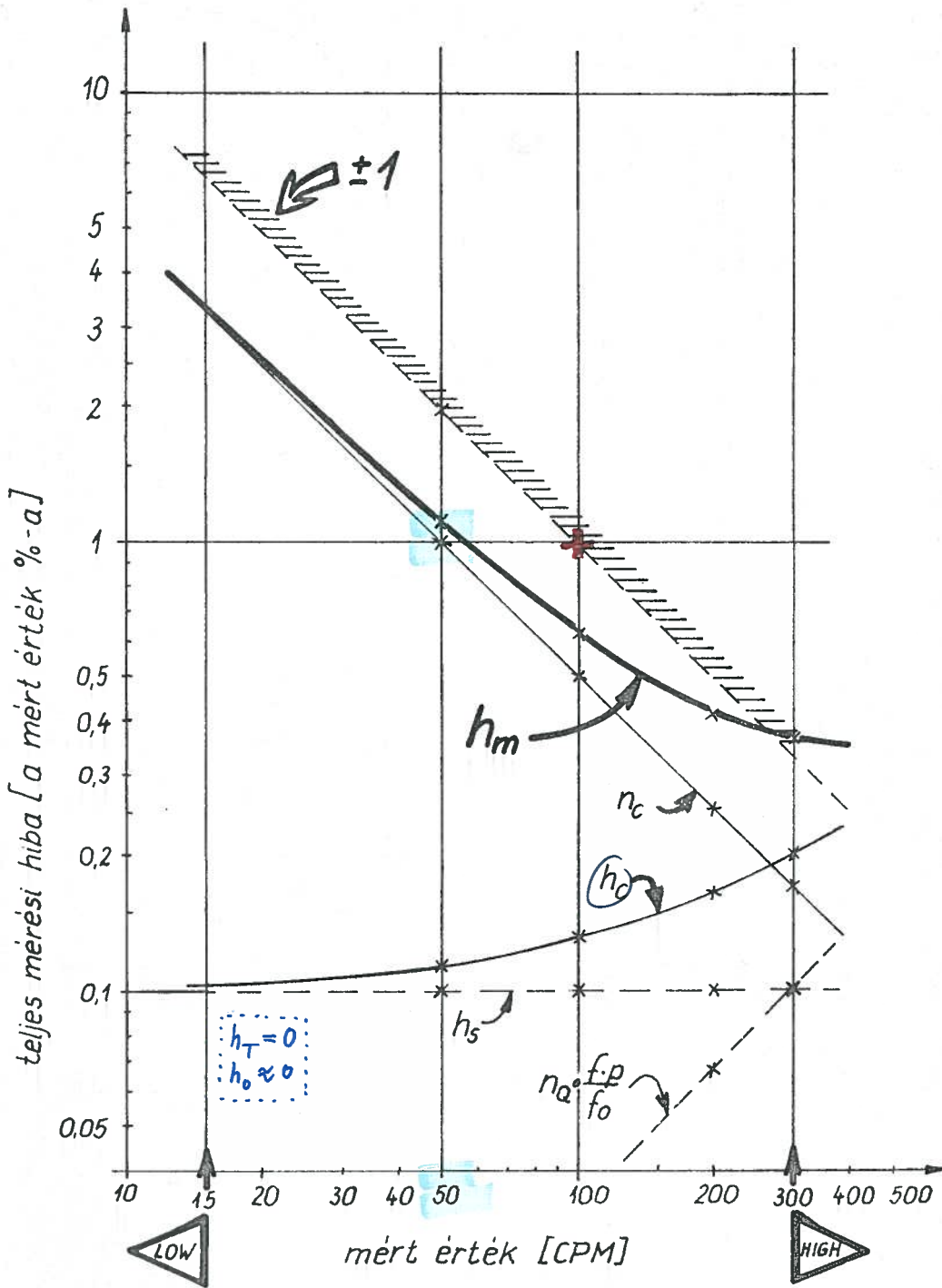
$$T = 1/f$$

$$t = \frac{f}{\Delta f} \cdot \frac{r}{f_0}$$

0,25 5 [Hz]

2. ábra

2



3. ábra

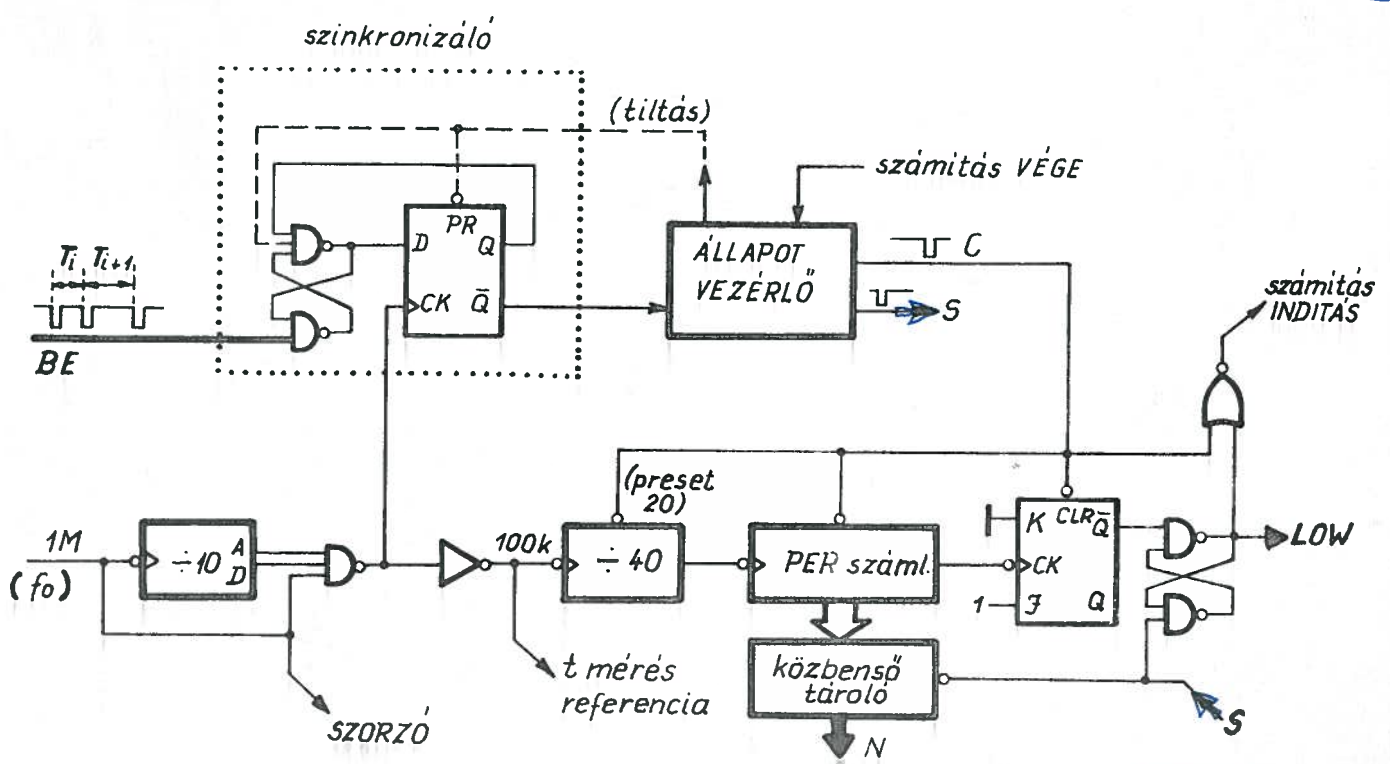
$$h_c \approx n_c \cdot \frac{f_p}{f_o} + h_s + \dots \} \Sigma \rightarrow h_m$$

$|n_c| < 1/2$

Aktuális bemenet		PULZUSSZÁMMÉRÓ kijelzés	
T /sec/	→ CPM		
1.01756	58.96		59
1.01392	59.18		59
1.01058	59.37		59
1.00687	59.59		60
1.00285	59.83		60
1.00039	59.98		60
0.99681	60.19		60
0.99374	60.38		60
0.99037	60.58		61
0.98625	60.84		61
0.98327	61.02		61

x "leles
átirányítási
pont"

4. ábra / bitelesítés /



5. ábra