

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSIPARI MŰSZAKI FŐISKOLA

Az AC-03 Típus  
tranzistoros ismétlőüzemi  
analóg számítógép

1971

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSIPARI MŰSZAKI FŐISKOLA

SZÁMITÁSTECHNIKAI FÜZETEK 4.

Az AC-03 Típus  
tranzistoros ismétlőüzemű  
analóg számítógép

dr. Görgényi András  
és  
Ivanyos Lajos  
munkája

( Kézirat gyanánt )

1971

## Tartalom

Bevezetés	3. old.
1. Univerzális analóg számítógépek	4. old.
1.1 Az elektronikus analóg számítógépekről általában	4. old.
1.2 Ismétlődőüzemű analóg számítógépek	6. old.
2. A C-03 TIP Ismétlődőüzemű analóg számítógép és felépítése	8. old.
3. A számítógép műveleti készlete és segédegységei	9. old.
3.1 Lineáris műveleti egységek	10. old.
3.2 Nemlineáris műveleti egységek	20. old.
3.3 Segéd egységek	39. old.
4. Üzembehelyezés	54. old.
4.1 Alapállás	54. old.
4.2 Bekapcsolás	55. old.
4.3 Hitelesítés-nullázás	57. old.
5. Az analóg számítógép programozásáról	62. old.
5.1 Vizsgáló jelek előállítása	63. old.
5.2 Lineáris egyenletrendszerek megoldása	67. old.
5.3 Változó együtthatós differenciál egyenletrendszer	69. old.
5.4 Elektronkapcsoló használata	69. old.
5.5 Léptékváltó erősítő használata	71. old.
6. Az analóg számítógép felhasználása	72. old.
Ajánlott irodalom	73. old.

## BEVEZETÉS

A számítástechnika eszközeinek fejlődése során az analóg számítógépek jelentős szerepet tölthettek be műszaki és tudományos problémák megoldásában.

Az analóg számítástechnika lényege, hogy valamely folyamatot, vagy jelenséget, melynek matematikai modelljét ( differenciál egyenleteit ) ismerjük, egy másik folyamattal helyettesítünk. Ezt a helyettesítő folyamatot úgy választjuk meg, hogy ugyanaz a matematikai modell ( az előbbivel "analóg" differenciál egyenletek ) könnyen kezelhető és értékelhető eszközökkel és mennyiségekkel kerüljön megvalósításra.

Egyszerűbb összefüggésekre meghatározott feladatokra számos analóg számító eszköz van forgalomban: pl. a logarléc, különféle mérőórák, planiméterek, stb. A differenciál-egyenletek megoldására előnyös elektronikus áramkörökből épített analóg modellt ( differenciál analizátort ) használni. Univerzális célokra ugyancsak az elektronikus eszközök használhatók jól.

Az elektronikus analóg számítógépek használatának előnye a bonyolult feladatok gyors megoldása, hátránya viszont az eredmények pontosságának korlátozott volta és a bonyolult kezelés. A digitális számítógépek ezzel szemben a programozó által előírt pontosságot tudják biztosítani, de bonyolult differenciál egyenletekből álló rendszer megoldása igen hosszú időt vesz igénybe. Érthető, hogy azokon a területeken, ahol nem lényeges, hogy egy differenciálegyenletrendszer megoldását milyen gyorsan kapják meg, szívesebben használják a digitális számítógépet. Vannak azonban olyan problémák, melyeknél a digitális számítógépek - elsősorban feldolgozási idővel kapcsolatos kérdések miatt - nem bizonyultak megfelelő számítástechnikai eszközöknek.

Jelenleg úgy látszik, hogy a műszaki tudományos számítástechnikai problémák megoldásának legtökéletesebb technikai eszköze olyan hibrid gép lesz, amely egyaránt rendelkezik analóg és digitális műveleti egységekkel, másrészt az analóg rész vezérlését ( kapcsolásait ) és érzékelőinek kiolvasását digitális számítógép végzi.

A hibrid rendszerekkel való megismerkedés egyik lépcsője az analóg számítógépek folyamatainak megismerése, ehhez kívánunk ebben az anyagban segítséget nyújtani egy egyszerű és biztonságos kezelésű analóg számítógép bemutatásával.

## 1. UNIVERZÁLIS ANALÓG SZÁMITÓGÉPEK

### 1.1. AZ ELEKTRONIKUS ANALÓG SZÁMITÓGÉPEKRŐL ÁLTALÁBAN.

Az analóg számítógépes modellezés alapja az, hogy elektronikus áramkörökkel a legkülönbözőbb

$U_{ki}(t) = f \left\{ U_{be}(t) \right\}$  összefüggéseket lehet megvalósítani.

A leggyakrabban felhasznált áramkörök:

- a lineáris erősítő  $U_{ki} = A \cdot U_{be}$
- az integrátor erősítő  $U_{ki}(t) = \int_0^t U_{be}(\tau) d\tau$
- a potenciáméter  $U_{ki} = C \cdot U_{be}$
- a diódás függvénytranszformátor, amellyel a bekapcsolt feszültségektől függően tetszőleges átviteli karakterisztikát töréspontos görbével közelíthetünk.
- a szint komparátor amely beállított feszültség szint elérésekor kapcsoló jelet ad.
- feszültség generátorok.

Látjuk, hogy az elektronikus analóg számítógépekben lényegében kétfajta mennyiséggel, feszültséggel és idővel kell számolnunk.

Természetesen a felhasznált áramkörök mind a feszültség, mind az időtartományt korlátozhatják.

Az univerzális analóg számítógépeken a megoldandó feladat modelljét úgy állítjuk elő, hogy a matematikai modellnek megfelelő áramköri egységeket egymással összekapcsoljuk.

A modellben lejátszódó folyamatokat egyrészt az idő, másrészt bizonyos kimeneteken mérhető feszültségek értéke szolgáltatja. Az érzékelés eszközei: idő és feszültségmérő műszerek, ill. aszcilloszkóp.

Az áramkörök felhasználása szempontjából a kivezérelhetőség, a modell szempontjából a feszültség ill. idő dimenzióban való számolás jelent problémát.

Célszerű a következő fogalmakkal dolgozni:

A feszültség GÉPI EGYSÉG-e (GE) a műveleti egységek kivezérelhetőségi tartományán belül kiválasztott feszültség szint, amelyhez viszonyítva a ténylegesen megjelenő feszültségeket, a kapott értékek dimenzió nélküli számoknak tekinthetők.

Az IDŐALAP (T) az az időtartam, amelyben a lejátszódó folyamatok időtartamát viszonyítjuk. A modell megalkotásakor figyelembe kell vennünk a gépi egység és az időalap közötti összefüggést. :

$$\text{az } 1 = \int_0^1 dx$$

azonosság akkor teljesül, ha

$$GE = C \int_0^T dt,$$

vagy más megfogalmazásban: egységnyi meredekségűnek azt az

$$U = c \cdot t \quad (y = x)$$

lineáris összefüggést kell tekinteni, melyben

$$c = \frac{GE}{T}$$

A gépi egység és időalap megválasztása után már úgy kezelhetjük a megoldandó problémát, mint amit az  $x, y$  koordinátarendszer

$$\begin{aligned} 0 &\leq x \leq T \\ -1 &\leq y \leq 1 \end{aligned}$$

tartományában tudunk kezelni.

A gépi egység megválasztását a kivezérelhetőség egyértelműen korlátozza (20-40% tartalékkal célszerű megválasztani), míg az időalap megválasztása nem ilyen egyértelmű, elsősorban a felhasznált elektronikus áramkörök alacsony frekvenciás átviteli tulajdonságaival, másrészt a pontossági igényekkel függ össze.

Az időalap egyenfeszültségű (DC) erősítőkkel működő analóg számológépeknél több másodperc, vagy perc is lehet, amíg a váltakozó feszültségű (AC) erősítőkkel működő analóg számológépeknél viszonylag rövid időre (10 msec nagyságrend) korlátozott.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a DC számítógépek kezelése, az eredmények kiértékelése nehezebb mint az AC számítógépeké, ha különféle folyamatok modellezésére használjuk fel az analóg számológépeket. A DC számítógépek előnye akkor mutatkozik, ha az analóg számológépen összeállított modellt valóságos fizikai (termelési) folyamatokkal összekapcsolva kívánjuk felhasználni.

Modellezési, számítási feladatok megoldására előnyösebb az analóg AC számítógépek alkalmazása.

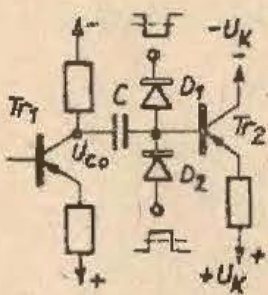
## 1.2. ISMÉTLŐÜZEMŰ ANALÓG SZÁMITÓGÉPEK

Egy egyenfeszültségű analóg számítógépet, ha gyorsan lejátszódó folyamatok vizsgálatára, illetve azok modellezésére kívánjuk felhasználni, akkor a különböző változók transzformációja mellett időtranszformációt is végre kell hajtanunk, hogy az időállandók nagyságrendje a számítógépen beállítható legyen. Az időtranszformáció elkerülése végett a műveleti áramkörök felső határfrekvenciáját megnövelve, a gép időállandóit le lehet csökkenteni olyan mértékben, hogy az akár közvetlenül is alkalmazhatóvá válják. Ilyenkor az eredmény, a megoldás csak oszcilloszkóp segítségével értékelhető ki. A kényelmes vizsgálódás érdekében a megoldást valamilyen alacsony frekvenciával ismételtetjük, minek következtében az oszcilloszkópon megfelelő fényerejű álló képet kapunk. Ilyen esetben a vizsgált modell egyes paramétereinek változtatásával egyidejűleg látható az eredmény megváltozása, módosulása is és így tetszésszerű jelleggörbét, pl. peremértékeket állíthatunk be, esetleg egy görbesereg is felrajzolható.

Ha a számítógépet csak ismétlő üzemben kívánjuk alkalmazni, akkor nagyrészt leegyszerűsíthetők a műveleti áramkörök, elsősorban a relatíve drága és kényes egyenfeszültségű műveleti erősítők, mivel azok helyettesíthetők kapuzott váltakozófeszültségű műveleti erősítőkkel, amelyek a gép számítási ideje alatt, a csatoló kondenzátorok alkalmas megválasztásával, kvázi egyenfeszültségű erősítőkként viselkednek. Ilyen üzemmódban a számolási szünet ideje alatt az összes áramkör automatikus nullázásáról, illetve az egyes egységek szinkron indításáról stb. a számítógép vezérlő egység gondoskodik.

Az AC. műveleti erősítők kapuzásának működését röviden az 1. ábra alapján tanulmányozhatjuk. A számolási szünet idejére a  $D_1 - D_2$  sorba kötött két kapuzá-diódára

Föld szimmetrikus nyitóirányú feszültséget, + és  $-U_K$  kapcsoló feszültséget kapcsolva megfogjuk a  $Tr_2$  tranzisztor bázisfeszültségét egy adott, jelen esetben 0 szinten, ezzel a  $Tr_1$  tranzisztor munkaellenállását a diódák lesöntölik, és mivel a  $Tr_1$  bázis körében is hasonló csatoló hálózat van, egy jól definiált  $U_{Co}$  feszültségre feltöltődik a C csatoló kondenzátor. A számolás ideje alatt a diódákra kapcsolt feszültség át-polarizálásával lezárjuk azokat, a feltöltött C kondenzátor mint csatoló telep szerepel, ha a csatolókör időállandóját úgy választjuk meg, hogy az sokkal nagyobb legyen mint egy számolási ciklus ideje.



1. ábra

Ilyen esetben a gépi egység szinteket + és  $-U_N$ -t is célszerűen négyszög hullámu feszültségugrások formájában állítjuk elő, mivel a kapcsoló diódák lezárásával egy időben az erősítők bemenetére kapcsolt feszültségugrásokat az erősítők mint a  $t = 0$  időpontban a bemenetükre kapcsolt egy-ségugrásokat érzékelik. Az ilyen elven felépített ismétő Uzemő analóg számítógépek kezelése egyszerű, az egyes paraméterek beállítása Uzem közben is elvégez-

hető, a megoldások gyakorlatilag egy ismétlődési periódus befejeződése után már hozzáférhetők. Pontosságuk nem éri el az egyenáramu gépek mintegy 0,1 - 0,01%-os pontosságát, de erre nincs is szükség, hiszen az adott esetben ugysem a pontos számszerű értékekre van szükségünk. Ezen géptípusok pontosságát nagyrészt a megoldások megjelenítésének módja, az aszcilloszkóp leolvasásának pontossága szabja meg.



## 2. AC-03 TIP. ISMÉTLŐ ÜZEMŰ ANALÓG SZÁMITÓGÉP ÉS FELÉPÍTÉSE

Az AC-03 tip. Analóg Számítógép elsősorban oktatási, demonstrációs célokra készült, de használható különféle műszaki számítások elvégzésére, matematikai problémák, így differenciál és lineáris egyenlet rendszerek megoldására és a megoldások bemutatására, peremérték feladatok megoldására, szabályozástechnikai körök vizsgálatára, elektronikus áramkörök matematikai analizisére, lengő rendszerek stb. vizsgálatára.

A tranzistorokkal és félvezető diódákkal felépített számítógép többnyire kapuzott, kapacitív-csatolt váltakozó feszültségű műveleti erősítőket tartalmaz. Az egyes lineáris műveleti elemek pontossága 0,5%. A gépi egység szint  $U_N = 5V$ , a műveleti elemek kivezérelhetősége  $\pm 6V$  ( $1,2 U_N$ ). Egyetlen számolási ciklus időtartama  $t_M = 20$  msec, a feladat megoldását másodpercenként 25-ször megismétli a gép és a beépített X-Y oszcilloszkópra felrajzolja.

Az együtthatókat beállító potenciómétereket és az egyes műveleti egységek átviteli tényezőit - ellentétben a DC. üzemű analóg számítógépekkel - üzem közben is szabad változtatni és a változtatás hatása azonnal értékelhető az oszcilloszkópon. Hibás programozás, vagy túlvezérlés esetén a műveleti erősítők túlvezérlésjelző áramkörei a túlvezérlés időpontjában periódikusan megállítják a gép működését és a hiba helyét az egységekben elhelyezett túlvezérlésjelző lámpa jelzi.

A megoldások pontos kiértékelését a beépített digitális időmérő és mintavételi elven működő, relatív értéket mutató digitális szintmérő teszi lehetővé. A digitális műszer segítségével az oszcilloszkópra felrajzolt görbe tetszőleges pontjának idő- és szintkoordinátái pontonként mérhetők.

A mintavevő egység késleltetési idejének automatikus eltolásával, - a géphez külön csatlakoztatható Y-X regisztráló műszerrel -, az oszcilloszkópon beállított megoldás  $Y(T)$  vagy  $Y[X(T)]$  képe folyamatosan lerajzolható. A műveleti egységek programszerinti összekapcsolását a kisméretű cserélhető programtábla teszi lehetővé, amely segítségével egyszerre több program is összeállítható, és az összeállított programok tárolhatók.

A számítógép főbb műszaki adatai

Műveleti erősítők száma:	64 db
Potencióméterek száma:	48 db
Statikus műveleti hibák:	0,5% ( <1% )
Számítás ismétlődési frekvenciája:	$f_i = 25 \text{ Hz}$
Számítás max. ideje:	$t_M = 20 \text{ msec}$
Gépi egység:	$U_N = 5V (100.0\%)$
Működési hőmérséklettartomány:	$+10^\circ\text{C} - +40^\circ\text{C}$
Hálózat:	220V $\pm$ 5%, 50 Hz, 200 VA
Méretei:	1300 mm x 1050 mm x 500 mm
Súlya:	kb. 100 kp

3. A SZÁMITÓGÉP MŰVELETI KÉSZLETE ÉS SEGÉDEGYSÉGEI.

A számítógép számítási kapacitását meghatározó egységei a következők:

Lineáris műveleti egységek

- 16 db. átkapcsolható összegező - integrátor erősítő, 6 menettel;
- 8 db. összegező erősítő, 4+2 bemenettel;
- 8 db. integrátor erősítő, 4 bemenettel;
- 32 db. együttható potencióméter,
- 8 db. integrálási kezdeti feltétel potencióméter;
- 6 db. együttható potencióméter - kettős;
- 2 db. együttható potencióméter - hármas.

Nemlineáris műveleti egységek

- 4 db. négy negyed-es szorzó egység;
- ( 4 db. műveleti erősítővel összeépítve, átkapcsolható két negyed-es osztó egységgé )
- 2 db. diódás függvényátalakító;
- ( 19 törés pontos, 4 db. műveleti erősítővel összeépítve )
- 1 db. egységfeszültség generátor + és -  $U_N$  előállítására;

- 1 db. függvénygenerátor  $U_t = U_N \left( \frac{2t}{t_M} - 1 \right)$  előállítására;
- 2 db. közös vezérlésű léptékváltó erősítő;
- 2 db. közös vezérlésű, hat bemenetű elektronkapcsoló erősítő;
- 2 db. komparátor erősítő.

#### Segéd egységek

- Cserélhető programtábla;
- Mérésponzt választó kapcsolók;
- X-Y oszcilloszkóp;
- Mintavevő és automatikus időeltoló egység;
- Digitális idő- és szintmérő;
- Stabilizált tápegység;
- Vezérlő egység és kapcsoló feszültség generátor.

### 3.1. LINEÁRIS MŰVELETI EGYSÉGEK

#### a./ ÖSSZEGEZŐ - INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐK ( 16 db )

A 32 db frekvencia kompenzált műveleti erősítő, felépítése elvi kapcsolása megegyezik, de gazdasági és műszaki okok miatt csak 16 db készült átkapcsolhatóra ( 3. ábra ).

Az erősítők üzemmódjának és az átviteli tényezőjének átkapcsolása egy fokozatkapcsolóval történik. Ezen kapcsolóval összegező üzemmódban ( $\Sigma$ )  $10^0$ , vagy  $10^1$ , integrátor üzemmódban ( $\int$ )  $10^2/\text{sec}$ , vagy  $10^3/\text{sec}$  szorzószámmal állítható be az átviteli tényező. Ezen erősítők 6 db. a központi programtáblára kivezetett bemenettel vannak ellátva. Ezek közül

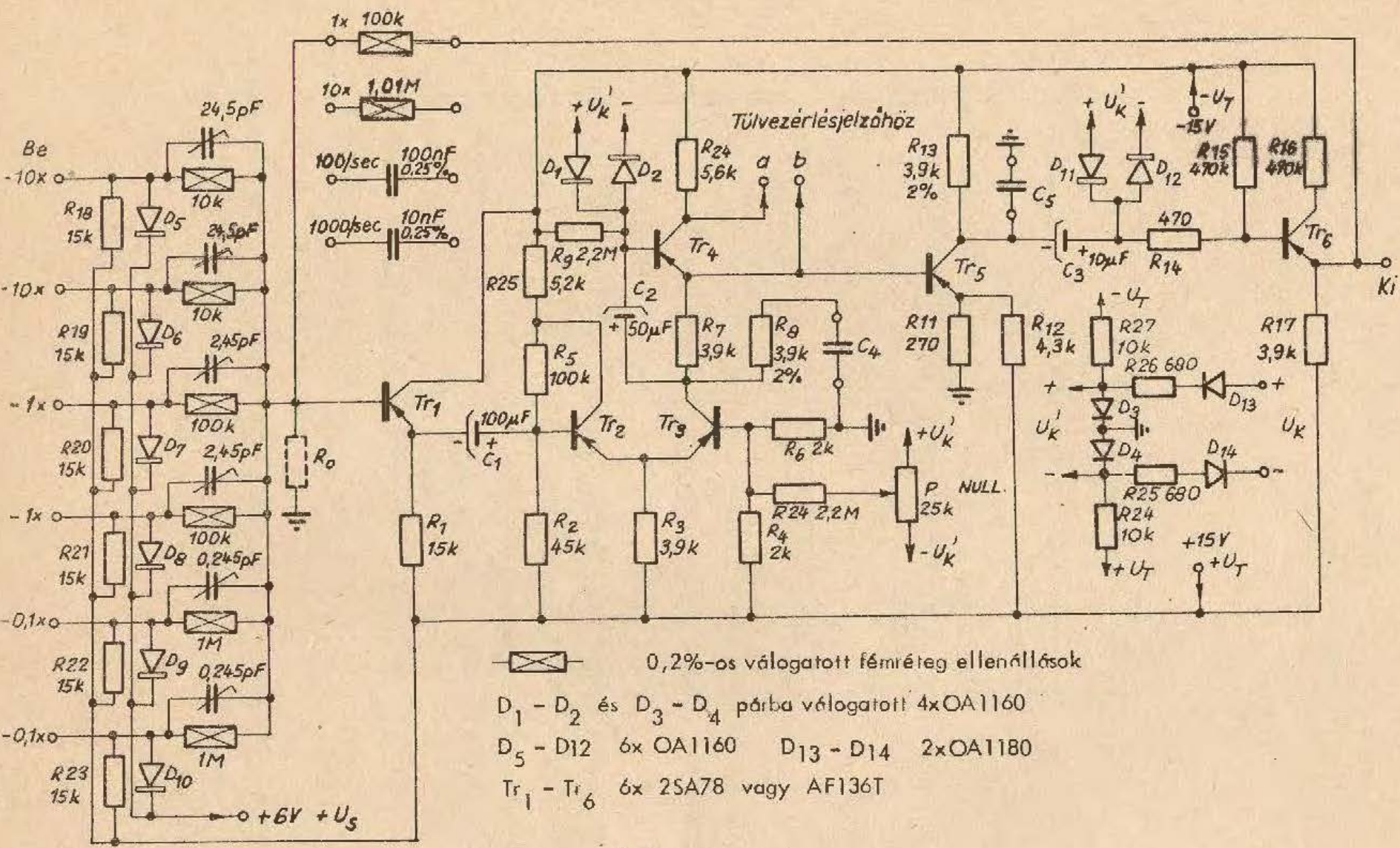
- 2 db -0,1-szeres,
- 2 db -1-szeres, és
- 2 db -10-szeres

átviteli tényezővel ( $A_{iR}$ ) rendelkezik, és így egy-egy bemenettel a különböző kapcsoló állásokban a következő átviteli tényezők ( $A_i$ ) realizálhatók:

Digitális idő- és szint mérő				Vezérlő-egység	Táp-egység
Prog-ram-tábla	○	Oscilloszkóp	Mérés-pont vál.	Együttható potencióméterek	P 1 - 16
				Együttható potencióméterek	P 17 - 32
				(Hármas és kettős együttfutó potencióméterek)	
1 2 3 4 5 6 7 8					
A	Műveleti erősítők			A	Függvényátalakító egység I. E 9-10
B					
C	Műveleti erősítők			C	Függvényátalakító egység II. F 9-10
D					
E	Szorzók		Lépték.	E	Tartó fiák
F			Elektron kapcs.	F	

2. ábra

Az AC-02 típusú Ismétlőüzemű Tranzisztoros Analóg Számítógép  
részelemeinek elhelyezése



3. ábra

A műveleti erősítő elvi kapcsolási rajza.

ÁTVITELI TÉNYEZŐ		$(\Sigma)$ $A_i$			$(\int)$ $A_i$	
Bemenet		ÖSSZEGEZŐ		$f(t)$	INTEGRÁTOR	
száma	$A_{iR}$	$10^0$	$10^1$	$f(u_b)$	$10^2/sec$	$10^3/sec$
1.	-0,1	-0,1	-1		$-10^1/sec$	$-10^2/sec$
2.	-0,1	-0,1	-1		$-10^1/sec$	$-10^2/sec$
3.	-1	-1	-10		$-10^2/sec$	$-10^3/sec$
4.	-1	-1	-10		$-10^2/sec$	$-10^3/sec$
5.	-10	-10	-100		$-10^3/sec$	$-10^4/sec$
6.	-10	-10	-100		$-10^3/sec$	$-10^4/sec$

A kapcsolók középső,  $(f(u_b), \text{ ill. } f(t))$  állásaiban erősítőbe fixen beépíthető, egyedi, összetett átviteli tényezőjú, ill. nemlineáris visszacsatoló hálózatok kapcsolhatók be.

#### b./ ÖSSZEGEZŐ ERŐSÍTŐK (8 db)

Ezen erősítőknek 8 db. -1-szeres átviteli tényezővel rendelkező bemenetük van, ( $A_i = -1$ ) melyek közül 4 db. a cserélhető programtáblára van kivezelve, 1 db. közvetlenül rákapcsolható a vele közös rekeszfiókba beépített átkapcsolható ÖSSZE-GEZŐ - INTEGRÁTOR erősítő kimenetére és 1 db. az ugyancsak a rekeszfiókba beépített, INTEGRÁL KEZDETI ÉRTÉK állító potencióméterre kapcsolható.

#### c./ INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐK (8 db)

Ezen erősítők csak integrátor üzemmódban használhatók. 4 db. a programtáblára kivezetett azonos átviteli tényezőjú bemenettel rendelkeznek. Az átviteli tényezőjük  $A_i = -10^2/sec$ , vagy  $-10^3/sec$  értékre kapcsolható át.

A műveleti erősítők kimeneti jelének NULLSZINT-jét nyitott programtábla mellett a NULL potencióméterekkel lehet beállítani. (Nullázáskor a kapcsoló feszültséggel ellentétes fázisu változtatható amplitudóju kompenzáló jelet adunk az erősítők pozitív bemenetére, és ezzel a kapcsolódiódák kiegyenlítettenségből adódó hibajelet a hibahatár alá csökkentjük.

A gazdaságosabb helykihasználás érdekében egy ÁTKAPCSOLHATÓ és egy ÖSSZE-GEZŐ vagy INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐ közös rekesszfiákban nyert elhelyezést. Az erősítők felépítése azonos, csupán a műveleti impedanciák és a frekvenciamenetet kompenzáló kapacitások értékében, ill. azok átkapcsolhatóságában van eltérés. A számítógép vázában két variáció egymás között tetszőlegesen felcserélhető.

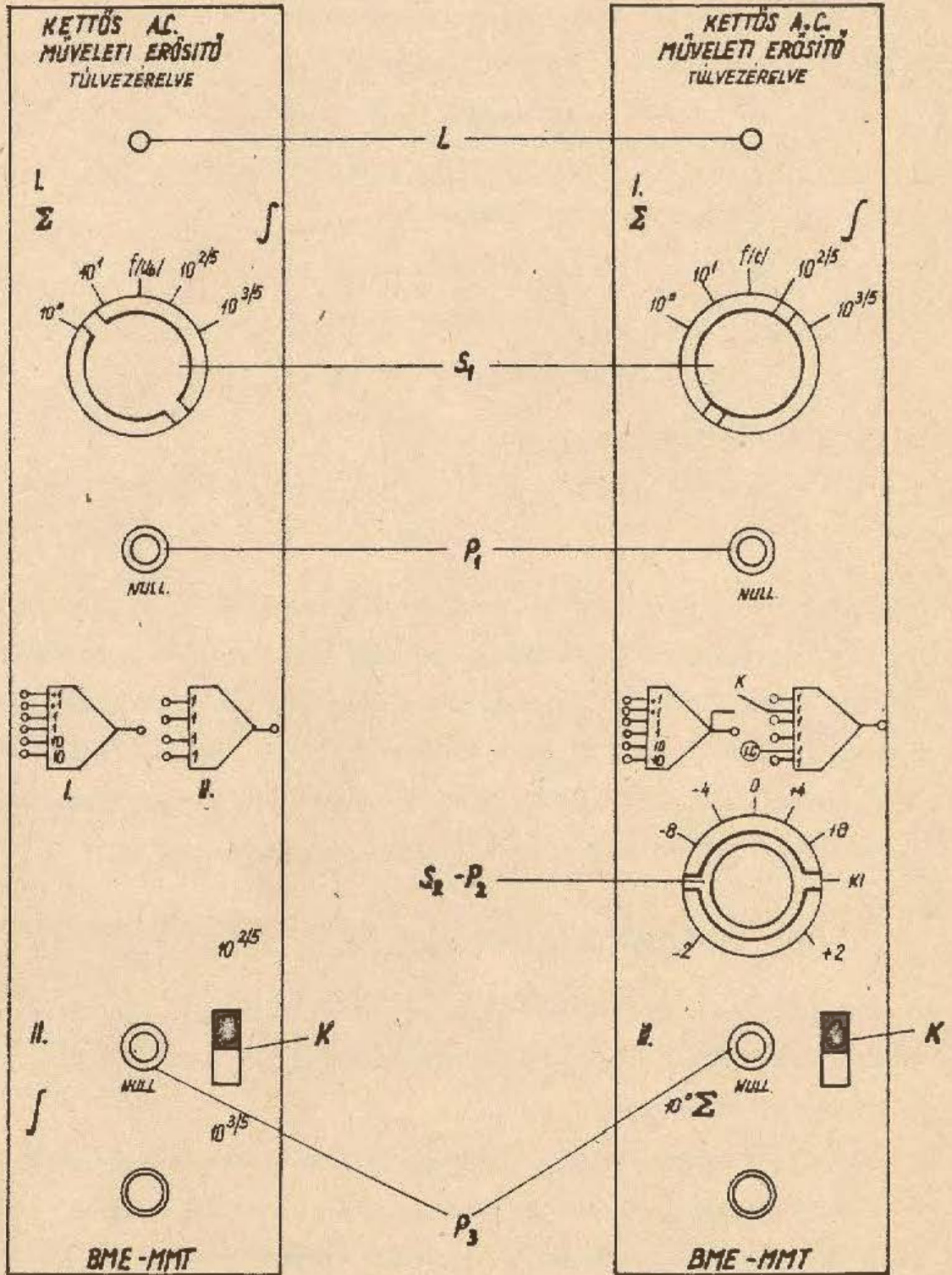
Az ÁTKAPCSOLHATÓ ERŐSÍTŐK a számítógép vázában, ill. csatlakozási pontjai a programtáblán az "A" és a "C", az ÖSSZEGEZŐ ERŐSÍTŐK a "B", míg az INTEGRÁTOROK a "D" 1 - 8-ig terjedő címen nyertek elhelyezést.

Egy-egy erősítőpárnak közös TÚLVEZÉRLÉSJELZŐ áramköre van, amely mind túlvezérlés, mind túlterhelés esetén jelzést ad, és letiltja a számítási periódus további részében a gép működését. A letiltás mindaddig periódikusan ismétlődik, ameddig meg nem szüntetjük a kiváltó okot, de ebben az esetben is a lekapcsolás időpontjáig helyesen dolgozik a gép, mivel a túlvezérlésjelző áramkör megszólalása akkor következik be, amikor az erősítők kikerülnek a lineáris működési tartományukból.

#### Az AC-03 erősítők főbb műszaki adatai

Erősítés:	-25 000 V/V
Bemeneti impedancia:	~100 kohm    24 pF
Kimeneti ellenállás:	<10 ohm
Kivezérelhetőség:	$\pm 6V$ ( $R_f > 1,5 K$ ohm)
Felső határfrekvencia:	25 Hz - 6,25 kHz (átkapcsolható)
Alsó határfrekvencia:	~0,1 Hz
Relatív nullszint eltolódás:	2 mV/°C
Az átviteli tényezők beállítási hibái:	< 0,5%
	dinamikus hibái: < 0,5% ( $f = 5$ kHz)
Terhelhetőség:	$\cong 6$ mA

A két variáció előlapjának képe és a kezelő szervek elhelyezkedése a 4. ábrán látható: a./ Összegezõ-integrátor és integrátor erősítők,  
b./ Összegezõ-integrátor és összegezõ erősítők.



a)

b)

4. ábra



A bemeneti soros ( $Z_1$ ) és a visszacsatoló ( $Z_2$ ) műveleti impedanciák értékei az át-  
kapcsolható ÖSSZEGEZŐ és INTEGRÁTOR erősítőknél:

- 0,1	$Z_1 = 1 \text{ Mohm} \parallel 0,245 \text{ pF}$
- 1	$Z_1 = 100 \text{ kohm} \parallel 2,45 \text{ pF}$
- 10	$Z_1 = 10 \text{ kohm} \parallel 24,5 \text{ pF}$
$\sum 10^0$	$Z_2 = 100 \text{ kohm} \parallel 0,1 \text{ pF}$
$10^1$	$Z_2 = 1,01 \text{ Mohm} \parallel \pm 0,01 \text{ pF}$
$\int 10^2/\text{sec}$	$Z_2 = 100 \text{ nF}$
$10^3/\text{sec}$	$Z_2 = 10 \text{ nF}$

Az ÖSSZEGEZŐ erősítőknél:

$$Z_1 = 10 \text{ kohm} \parallel 24,5 \text{ pF} \text{ és } Z_2 = 10 \text{ kohm},$$

és az INTEGRÁTOR erősítőknél:

$$\begin{array}{ll} Z_1 = 100 \text{ kohm} \parallel 2,45 \text{ pF} & 10^2/\text{sec} \quad Z_2 = 100 \text{ nF} \\ & 10^3/\text{sec} \quad Z_2 = 10 \text{ nF} \end{array}$$

Az  $S_1$  kapcsolókkal az átviteli tényezők és az üzemmódok kapcsolhatók át, a  $P_1 - P_3$  potencióméterekkel az erősítő nullázása végezhető el, L tulvezérlés jelző lámpa. A b./ variációban a K tolokapcsolóval a két erősítő kapcsolható össze, míg az  $S_2$  kapcsolóval és a  $P_2$  potencióméterrel az u.n. integrálási kezdeti feltételek kapcsolhatók az összegező erősítő bemenetére. Az a./ variációban a K tolokapcsolóval az integrálási átviteli tényező értéke kapcsolható át.

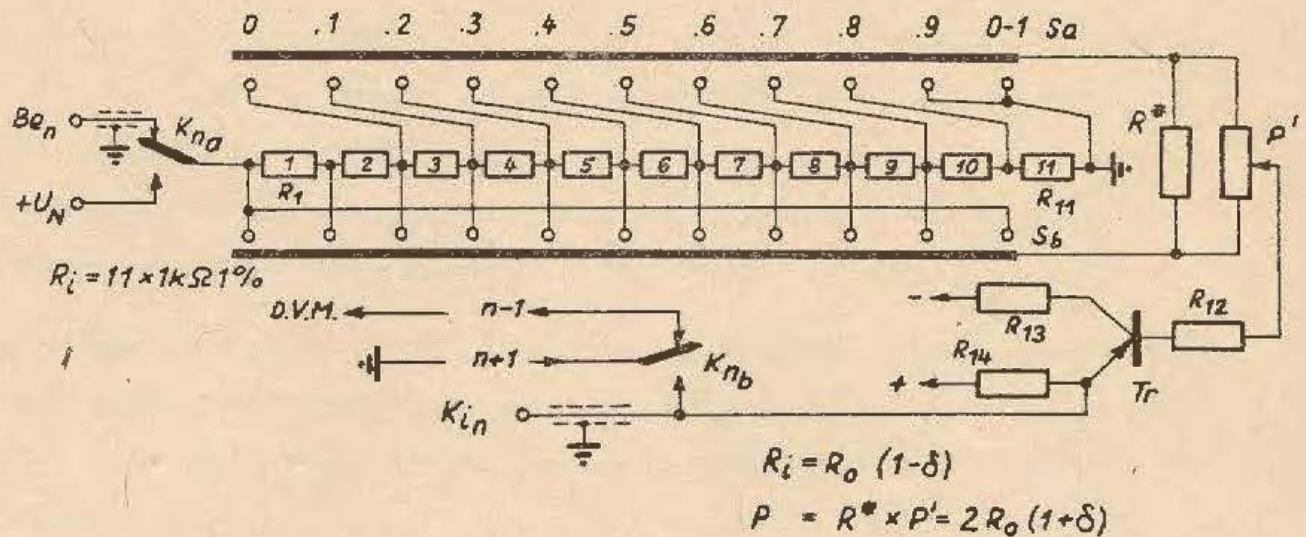
#### d./ EGYÜTTHATÓ POTENCIÓMÉTEREK ( 32 db )

A számítógép 32 db egyik végén földelt, együttható beállító potenciómétert tartalmaz, az állandóval való osztás beállítása céljából. Átviteli tényezőjük 0-0,998-ig két fokozatban változtatható.

Az 5. ábrán az együttható beállító potencióméterek elvi kapcsolása látható.

Az első fokozat egy 10 állású fokozatkapcsoló ( S ), amellyel a tizedes, a második fokozat egy, a fokozatkapcsolóval közös tengelyen futó potencióméter ( P ), amellyel a százados alosztások folyamatosan állíthatók be. A fokozatkapcsoló skálázása / "b" / közvetlenül az előlapra van felírva, a potencióméter pedig forgóskálával van ellátva / "c" /. A beállított osztásérték a két skála alapján állapítható meg:

$$a = b + \frac{c}{100}$$



5. ábra

A fokozatkapcsoló 11. "0-1" állásában az ellenállás osztó kikapcsolódik, és a potencióméterrel közvetlenül a 0 - 0,998-ig terjedő intervallum átfogható. Ekkor a leosztás értéke:

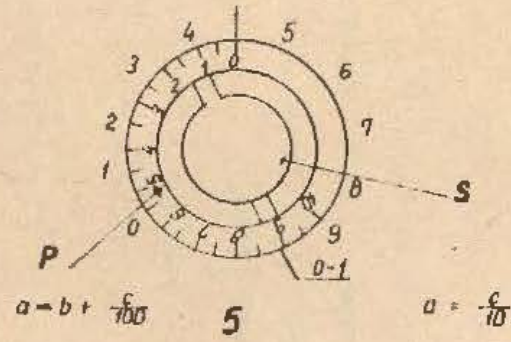
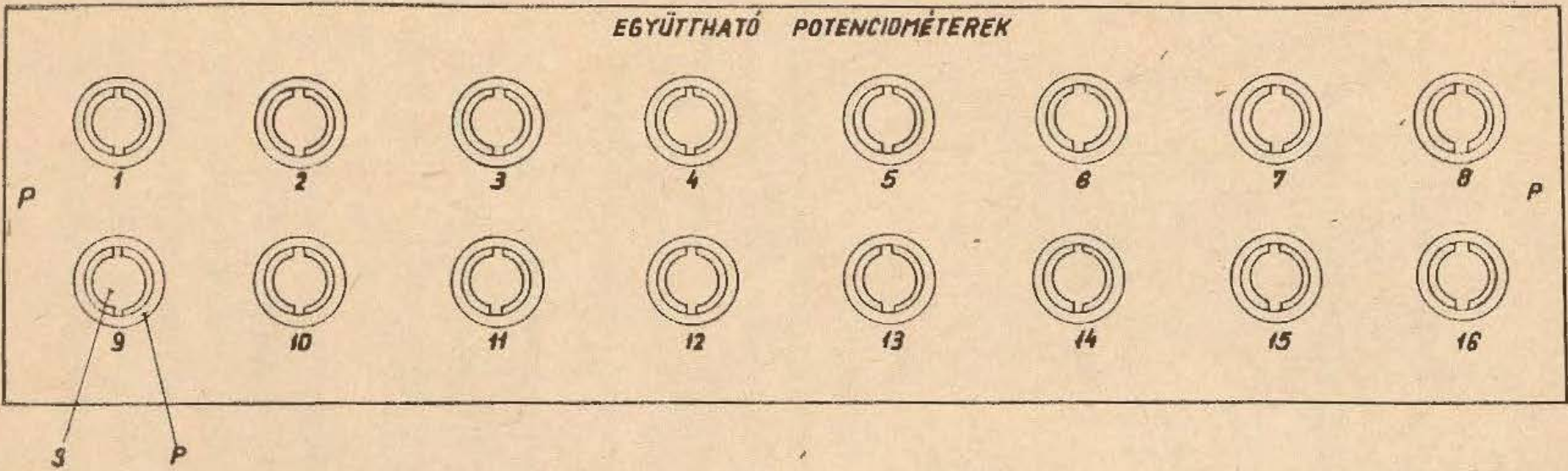
$$a' = \frac{c}{10}$$

A 6. ábrán az együttható potencióméterek elrendezése látható.

A beállíthatóság megkönnyítése érdekében a potencióméter forgatógombja a nagyobb méretű és a külső tengelyen, míg a kapcsoló a belső tengelyen nyert elhelyezést.

A potencióméter forgatógombjának benyomásával az EGYÜTTHATÓ POTENCIOMÉTER bemenetére a pozitív egységfeszültség rákapcsolható, és a kimenete, a MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓ  $P_{CAL}$  állásában, rákapcsolódik az OSZCILLOSKOP ill. a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐ bemenetére. Ezzel a megoldással  $10^{-3}$  pontossággal állítható be az átviteli tényező értéke. A skálázás így csak a tájékoztatást ill. a visszaállítás megkönnyítését szolgálja.

EGYÜTHATÓ POTENCIOMÉTEREK



6. ábra

A potencióméterek kimenetére illesztés céljából egy beépített emitterkövető fokozat csatlakozik. Kalibrálásakor ennek kb. 0,998-as átviteli tényezője is beszámítódik az osztásértékbe, így az hibát nem okoz. Mivel az emitterkövető kimeneti ellenállása nem elhanyagolható a fokozat terheléséhez képest, a potencióméterek pontos beállítását összekapcsolt program, azaz terhelt kimenet esetében kell elvégezni. Ilyenkor előfordulhat, hogy az erősítők túlvezérlődnek, ezért a  $P_{cal}$  állásban a túlvezérlésjelző áramkör csak jelzést ad, de nem állítja le a gép működését.

A hitelesítő kapcsolókör kialakítása olyan, hogy több potencióméter egyidejű hitelesítéséből eredő mérési hiba és az ebből eredő gépmeghibásodás ki van zárva. Több potencióméter egyidejű benyomása esetén az alacsonyabb sorszámú méri a műszer.

A potencióméterek bemenetei és kimenetei a programtábla P1 - P32 címekre vannak kivezelve.

#### A potencióméterek főbb adatai

Bemeneti ellenállás:	10 kohm
Bemeneti ellenállás a 0-1 állásban:	1,6 kohm
Kimeneti ellenállás:	< 15 ohm
Kivezérelhetőség:	$\pm 6V$
Sávzélesség:	0 - 200 kHz / -0,1% /
Az átviteli tényező beállítása:	két fokozatban dekadikusan és folyamatosan
Skálázási hiba:	< 1%

#### e./ EGYÜTTFUTÓ KETTŐS és HÁRMAS POTENCIÓMÉTEREK

Ezen potenciómétereket előnyösen használhatjuk a programban két, vagy három paraméter egyidejű állítása esetén. Az együtfutó potencióméterek elektronikus felépítése azonos a szóltó együttható potencióméterekével, csak tengelyeik vannak mechanikusan összekapcsolva. Beállítás után pontos osztásértéküket a programtáblán keresztül dugaszolással mérhetjük meg. Ezért bemenetükre  $+U_N$  egységfeszültséget kell kapcsolnunk és a digitális szintmérővel kell megmérni a relatív kimeneti szintet. Az együtfutó potencióméterek be- és kimenetei a programtábla P33 - P40 címekre vannak kivezelve.

Az együttfutó potencióméterek együttfutási hibája:  $h_k = \pm 2,5\%$   
egyedi skálázási hibája:  $h_{lin} = \pm 1,5\%$

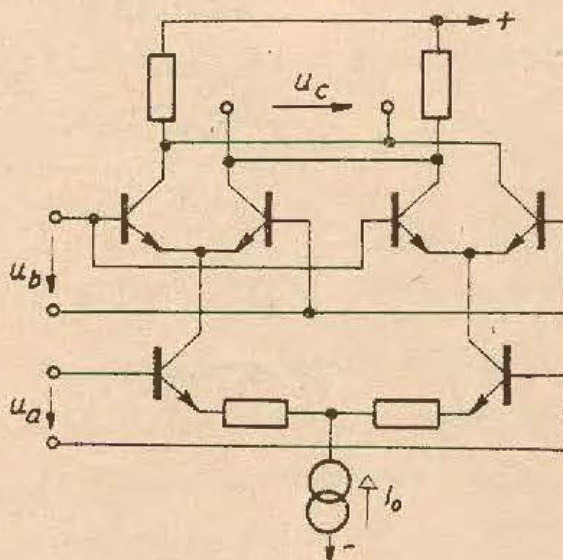
### f./ INTEGRÁLÁSI KEZDETI FELTÉTEL POTENCIÓMÉTEREK ( 8 db )

A 8 db összegező erősítővel egybeépített un. INTEGRÁLÁSI KEZDETI FELTÉTELT beállító potencióméter hasonlóan az előbbiekhöz, szintén két fokozatu feszültségosztó. Az osztólánc két vége állandóan rá van kapcsolva a pozitív és a negatív gépi egység szintre és kimenete a vele egy rekeszbe épített összegező erősítő bemenetére kapcsolható rá. A fokozatkapcsoló osztásértékei: -0,8 -0,4 0 +0,4 +0,8 ill. Ki, a potencióméter átfogása  $\pm 0,2$ . A kezdeti feltétel pontos értéke mindenkor az ÖSSZEGEZŐ erősítő kimeneti szintjének mérésével állítható be kinyitott programtábla esetén. Az osztó kimenetéről az erősítő a fokozatkapcsoló " Ki " állásban lekapcsolódik.

## 3.2. NEMLINEÁRIS MŰVELETI EGYSÉGEK

### a./ SZORZÓ - OSZTÓ EGYSÉGEK ( 4 db )

A számítógép 4 db négynegyedes szorzó egységet tartalmaz. A szorzó egység a szorzó áramkörön kívül a bemeneti és a kimeneti illesztő erősítőket is tartalmazza, így használatuk nem igényel külön erősítőket.



7. ábra

A szorzó áramkörben közös emitteres alapkapcsolásban dolgozó tranzisztorok végzik a műveletet ( 7. ábra ), a kapcsolás azon tulajdonságát felhasználva, hogy konstans

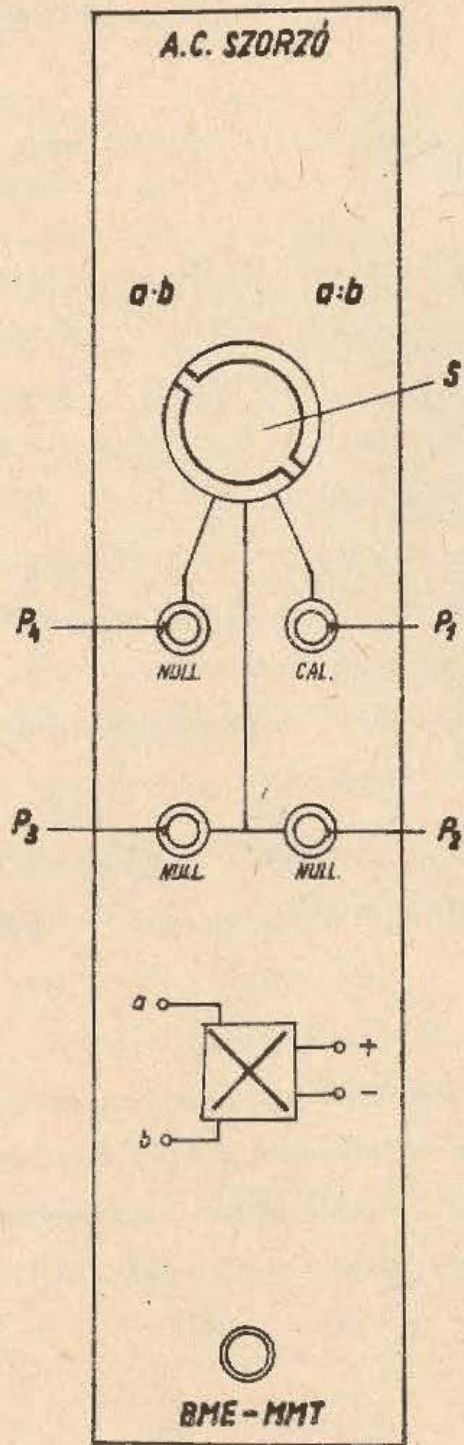
emitteráram esetén a kollektoráramok megváltozása arányos a két bázis közé kapcsolt feszültséggel, és a közös emitteráram változásával és így két vezérlő jel szorzatával arányos a kimenő feszültség.

A kapcsolás szorzási hibája, adott kivezérlési korlátok betartása esetén kisebb, mint 0,5 %.

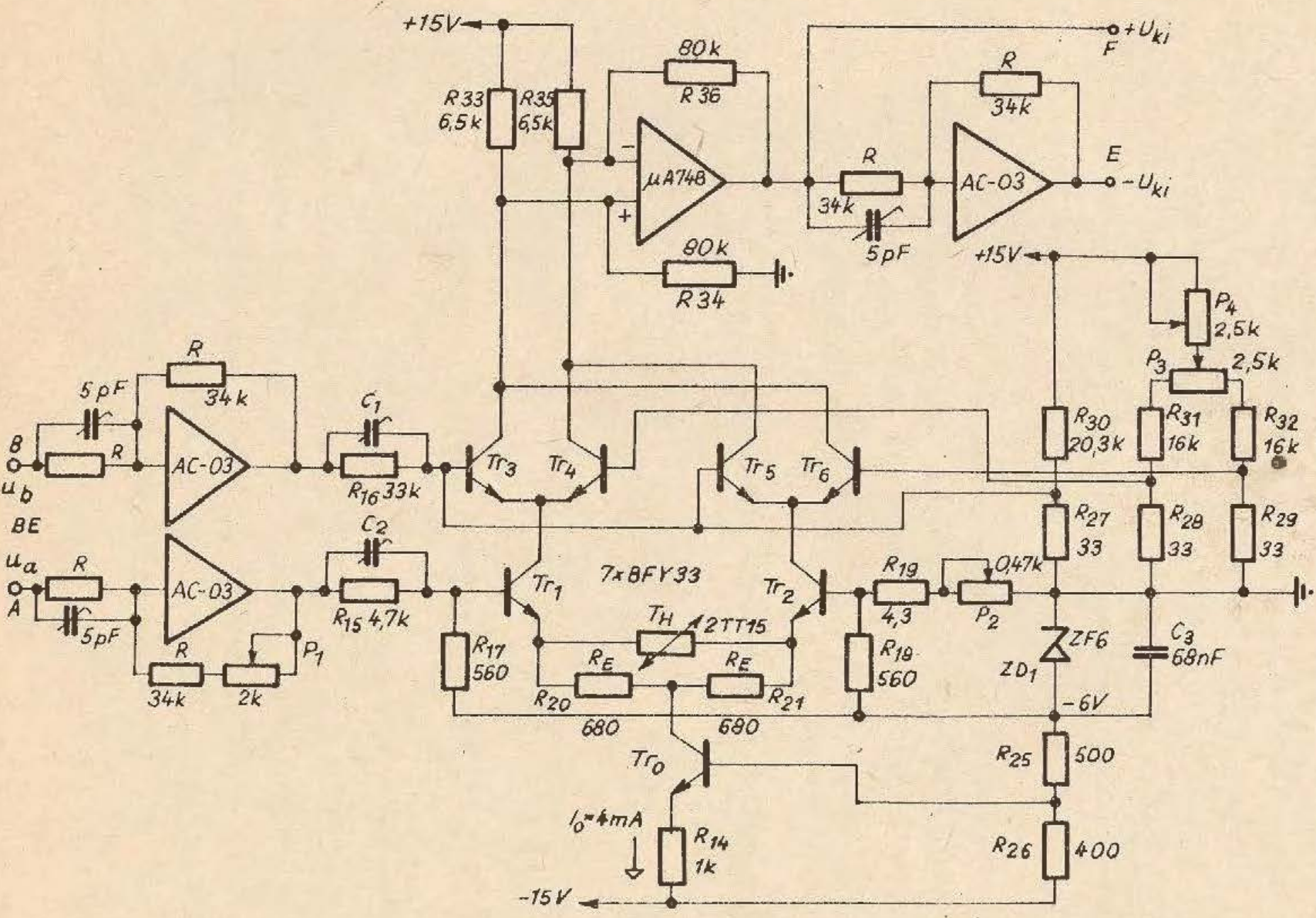
A szorzó egységek nullázása esetén az előlapon lévő S fokozatkapcsoló különböző állásaiban felváltva  $-U_N$ -tól  $+U_N$ -ig tartó  $U_t = U_N \cdot (2t/t_M - 1)$  alakú vizsgáló jelet kapcsolunk a szorzó bemeneteire, és a kimeneti jelének hullámalakját az OSCILLOSZKÓP-pal ellenőrizzük, és szükség esetén a fokozatkapcsoló alsó indexe által kijelölt nullázó potencióméterrel (P2) (potencióméterekkel) (P3, P4) minimális amplitudát állítunk be. Kalibráláskor mindkét bemenetre rákapcsoljuk a  $+U_N$  gépi egységet, és a kalibráló potencióméterrel (P1) a kimeneten is egységet  $-1.000$ -t állítunk be. Előfordulhat, hogy a gépi egység szint megváltozása vonja maga után a szorzók átviteli tényezőinek változását, ezért első lépésben célszerű mind azt ellenőrizni, és szükség esetén előbb azt utánállítani!

A szorzó-osztó egység előlapját a 8. ábra, kapcsolását a 9. ábra mutatja: S-Kalibráló és üzemmód átkapcsoló, P1 kalibráló potencióméter, P2, P3, P4 nullázó potencióméterek.

A szorzó egység közvetlenül átkapcsolható implicit osztás elvégzésére, (lásd 10. ábra), de ilyenkor az egység felhasználása korlátozott. Az osztandó előjele tetszőleges lehet, de az osztó előjelet nem válthat, csak pozitív lehet, ellenkező esetben a visszacsatolás pozitívvá válik, a kimenő jel tart a végtelenhez, az erősítő limitál. Ezen túlmenően a körerősítés csökkenése miatt az átviteli hiba növekszik és ezért az osztó nem lehet kisebb a végérték 5 %-nál.



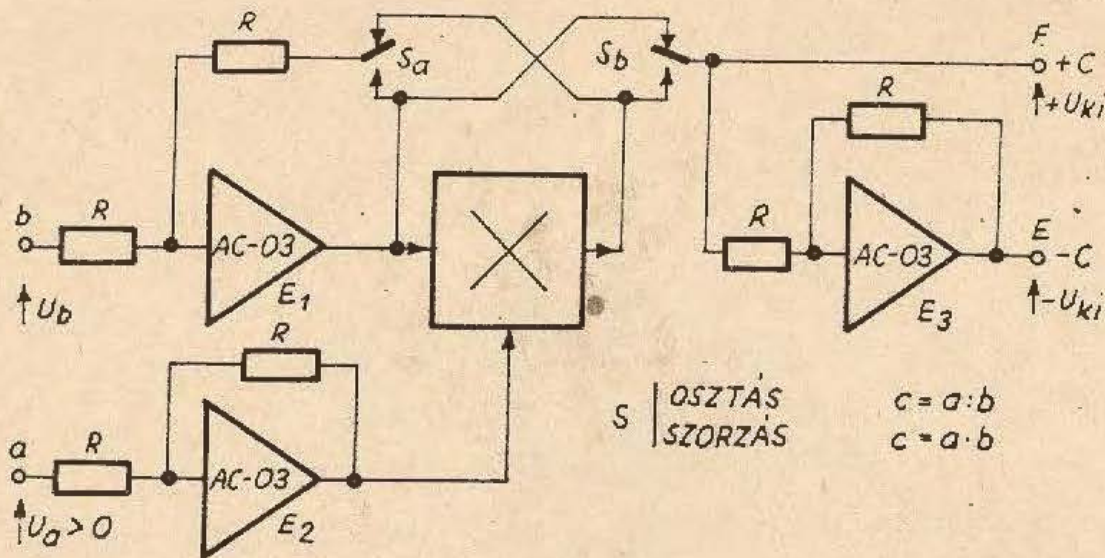
8. ábra



9. ábra

A szorzó egység kapcsolási rajza





10. ábra

A bemeneti erősítők kb.  $1,2 U_N$  értékig túlvezérelhetők, és a kimeneti szint maximuma  $1,4 U_N$  lehet. Ezért az egységek nem tartalmaznak túlvezérlésjelző áramkört, ugyanis a megelőző, vagy a követő műveleti erősítők túlvezérlés jelző köre jelez. Kivezérlés szempontjából ugyanez vonatkozik az osztóra is, a hányados nem lehet nagyobb  $1,4$ -nél.

Az egység feszültség átviteli tényezője SZORZÓ állásban ( $U_N = 5V$ ):

$$\frac{u_{ki}}{u_a \cdot u_b} = - \frac{1}{U_N} [V^{-1}] \text{ azaz } u_{ki} = - u_a \cdot u_b \cdot \frac{1}{U_N}$$

ill. OSZTÓ állásban, ha  $u_b > 0$

$$\frac{u_{ki} \cdot u_b}{u_a} = - U_N [V] \text{ azaz } u_{ki} = - \frac{u_a}{u_b} \cdot U_N$$

vagy relatív értékkel kifejezve:

$$a = \frac{u_a}{U_N} \quad \text{és} \quad b = \frac{u_b}{U_N} \quad c = \frac{u_{ki}}{U_N}$$

$$c = - a \cdot b$$

ill.

$$c = - \frac{a}{b} \quad (b > 0)$$

A szorzó egységek a vázban E-F 1-5 címeken helyezhetők el. Be és kimeneteik a PROGRAMTÁBLA középső függőleges részén vannak kivezetve a következő elrendezésben: az  $\underline{a}$  és  $\underline{b}$  bemenetek szorzáskor tetszőlegesen felcserélhetők, míg osztáskor a  $\underline{b}$ -re az osztó és az  $\underline{a}$ -ra az osztandót kell bevezetni.

Az egység kimenete a ( $\underline{-c}$ ) az E1 (2..5) címre, a ( $\underline{+c}$ ) pozitív előjelű kimenet az F1 (2..5) címre van kivezetve. Ezen utóbbi, pozitív kimenet egy egyenfeszültségű I.C. erősítő kimenete, így annak nullpont eltolódása a külön rácsatlakozó

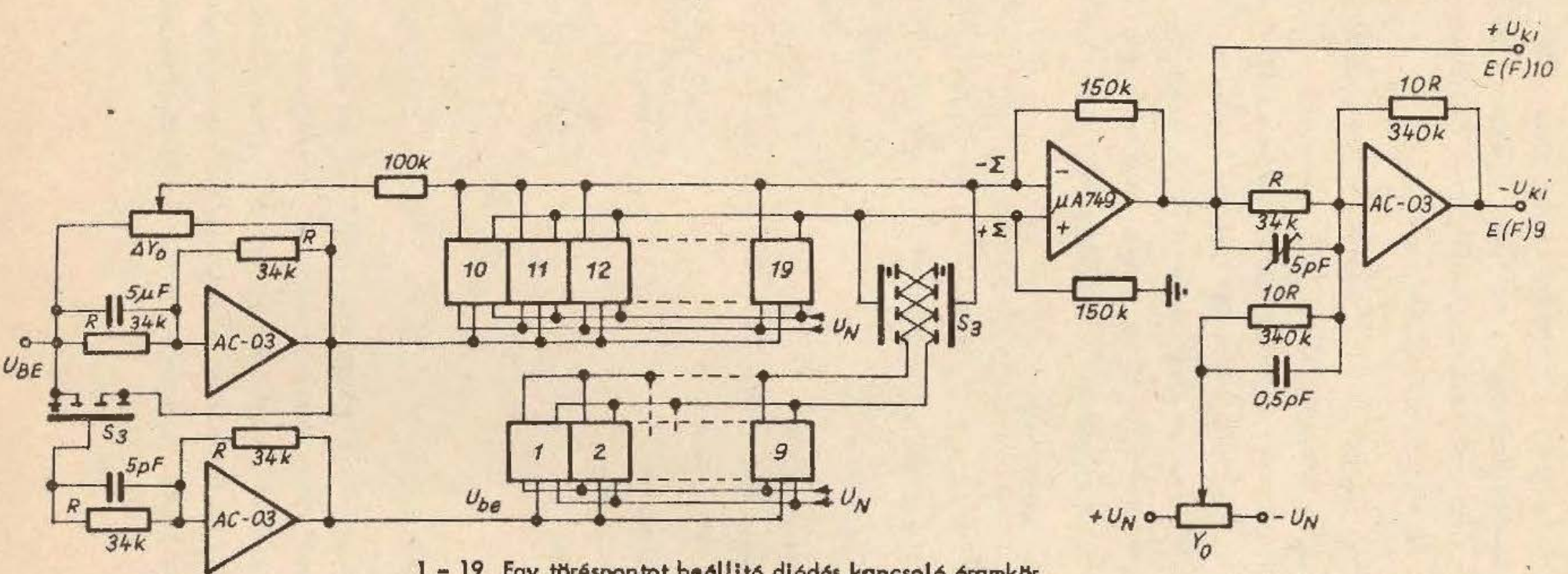
A.C. -03 tip. műveleti erősítő egyenszintjét is eltolja, ezért ezen kimenet használatát kerülnünk, elsősorban a szorzó ellenőrzésekor és beállításokor használható fel előnyösen. (A nullszintet csak belső állításu potenciométerrel lehet beállítani, egyébként a szorzó-osztó egység  $\underline{+5V}$  szint eltolódás esetén is helyesen működik. !)

A szorzó egység főbb műszaki adatai:

Nullpont hiba:	$< 1\% (u_a = 0, u_b = U_N \text{ ill. } u_b = 0, u_a = U_N)$
Statikus szorzási hiba:	$< 1\% (u_a = u_b = U_N)$
Dinamikus szorzási hiba:	$< 1\% / 5 \text{ kHz}$
Max. bemeneti feszültségek:	$\underline{+6V} (\underline{+1,2} U_N)$
Max. kimeneti feszültségek:	$\underline{+7V} (\underline{+1,4} U_N)$
Bemeneti ellenállás:	10 kohm
Kimeneti ellenállás:	1 ohm
Osztási hiba:	$2,5\% \text{ ha } u_a = u_b > 0,1 U_N$ $f_a = f_b < 3 \text{ kHz}$

## b./ FÜGGVÉNYÁTALAKÍTÓ EGYSÉG

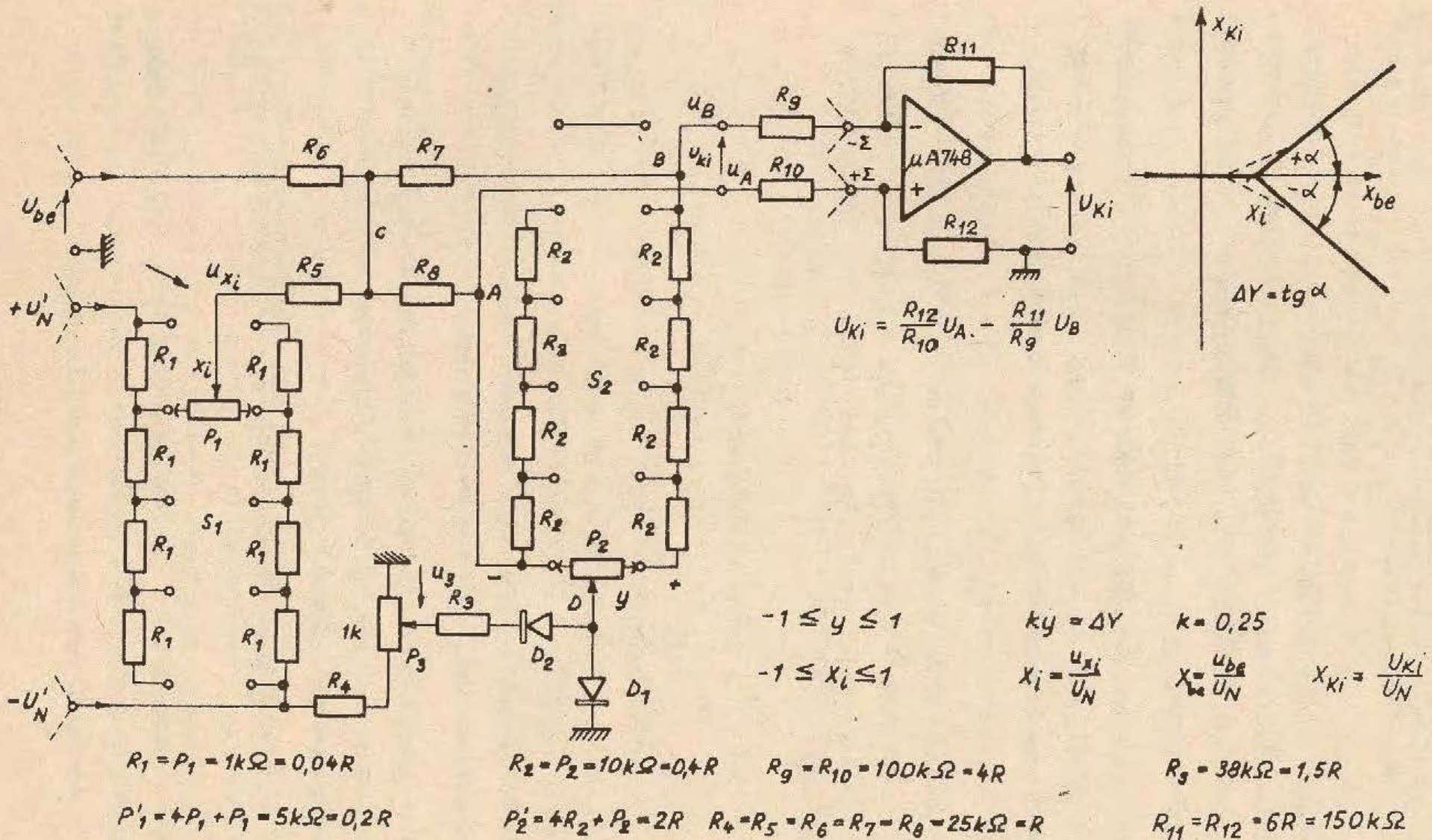
A számítógép 2 db 19 töréspontos, az előírt átviteli függvényt lineáris szakaszokkal megközelítő diódás függvényátalakítót tartalmaz. A töréspontok helyeinek ill. az egyes szakaszok meredekségének beállítása fokozatkapcsoló-potenciométer kombinációval történhet. Egy-egy állítá szerv felépítése hasonló a kezdeti feltétel állító potenciaméterekéhez. A függvényátalakító egység blokkvázlatát a 11. ábra szemlélteti.



1 - 19 Egy töréspontot beállító diódás kapcsoló áramkör

11. ábra

A függvényátalakító egység blokkvázlata



12. ábra

Egy többszempontot beállító diódás kapcsoló áramkör

Egy töréspontot ill. lineáris szakaszt beállító diódás kapcsoló elvi kapcsolása és karakterisztikája a 12. ábrán látható. Működése: ha a bemeneti feszültség és az  $S_1 - P_1$  osztóval beállított előfeszültség különbsége pozitív a  $D_1$  dióda kinyit és a hid  $\underline{D}$  pontját leföldeli. Az  $S_2 - P_2$  osztó változtatásával a hid  $\underline{A} - \underline{B}$  pontjai között mérhető feszültség nagyságát és polaritását tudjuk változtatni, amely különbségképzés és erősítés után a függvényátalakító kimeneti feszültségét adja. Amennyiben a hid bemeneti feszültsége negatív, a  $D_1$  dióda lezár, a hid kimeneti feszültsége zérus, mivel áram nem folyik a hid alsó tagjain.

A töréspontok lekerekítése érdekében a  $D_2$  dióda a  $P_3$  potenciométerrel szabályozható kissé negatív előfeszültséget kap, így az már  $D_1$  előtt ki tud nyitni. Ezzel a hálózat átviteli tulajdonságai kedvezőbbek lesznek, mintegy megduplázódik a töréspontok száma.

Egy függvényátalakító 19 db ilyen, egy töréspontot és lineáris szakaszt előállító diódás kapcsolót tartalmaz. Ezen kívül még állítható  $Y_0$ ,  $(S_0 - P_0)$  konstans és  $\Delta Y_0$ ,  $(S_1 - P_1)$  a lineáris átviteli tényező is. Így a beállítható átviteli függvény a következő alakban írható fel,

$$X = \frac{u_{BE}}{U_N} \quad \text{jelölés alkalmazásával:}$$

$$Y(X) = Y_0 + \Delta Y_0 \cdot X + \sum_{i=1}^{19} \Delta Y_i (X - X_i)$$

ha  $(X - X_i) > 0$  és  $-1 \leq X_i \leq 1$ , azaz

pozitív irányban növekvő bemenő jel esetén fokozatosan kapcsolódnak be az egyes szakaszok, és ezzel szakaszosan változik az eredő görbe meredeksége.

A bemeneti jel polaritásának megfordításával a beállított függvény az  $y$  tengely körül tükrözhető, azaz ha  $(-X - X_i) > 0$ , csökkenő bemenő jel esetén kapcsolódnak be az egymás után következő szakaszok.

A hid kimeneti  $\underline{A}$  és  $\underline{B}$  pontjainak felcserélésével az  $x$  tengely körül tükrözhetjük a függvényt.

A függvények szempontjából nincs különösebb jelentősége annak, hogy pozitív vagy negatív irányban növekvő sorrendben állítjuk be az egyes szakaszokat, és mindegyikkel akár pozitív akár negatív meredekségű szakaszokat is beállíthatunk. Ezért a polaritás-

váltó ( $S_3$ ) kapcsolóval csak az egység fele, az 1 - 9-es szakaszok, együttesen kapcsolhatók át. Ennek jelentősége főleg a szimmetrikus ill. összetett függvények beállításánál van (pl.:  $\text{chx}$ ,  $\text{shx}$ ,  $\text{sinx}$ ,  $\text{cosx}$ ,  $x^2$ ,  $x^3$  stb.).

A töréspontok helyei,  $X_i$ - értékei egymástól függetlenül állíthatók be. Egy lineáris szakasszal beállítható meredekség maximális értéke  $\Delta Y = \pm 2,5$ . Több töréspont egymásra állításával az eredő meredekség tovább növelhető.

A függvény transzformátor egységek saját be- és kimeneti illesztő erősítővel rendelkeznek, így használatuk külön erősítőt nem igényel.

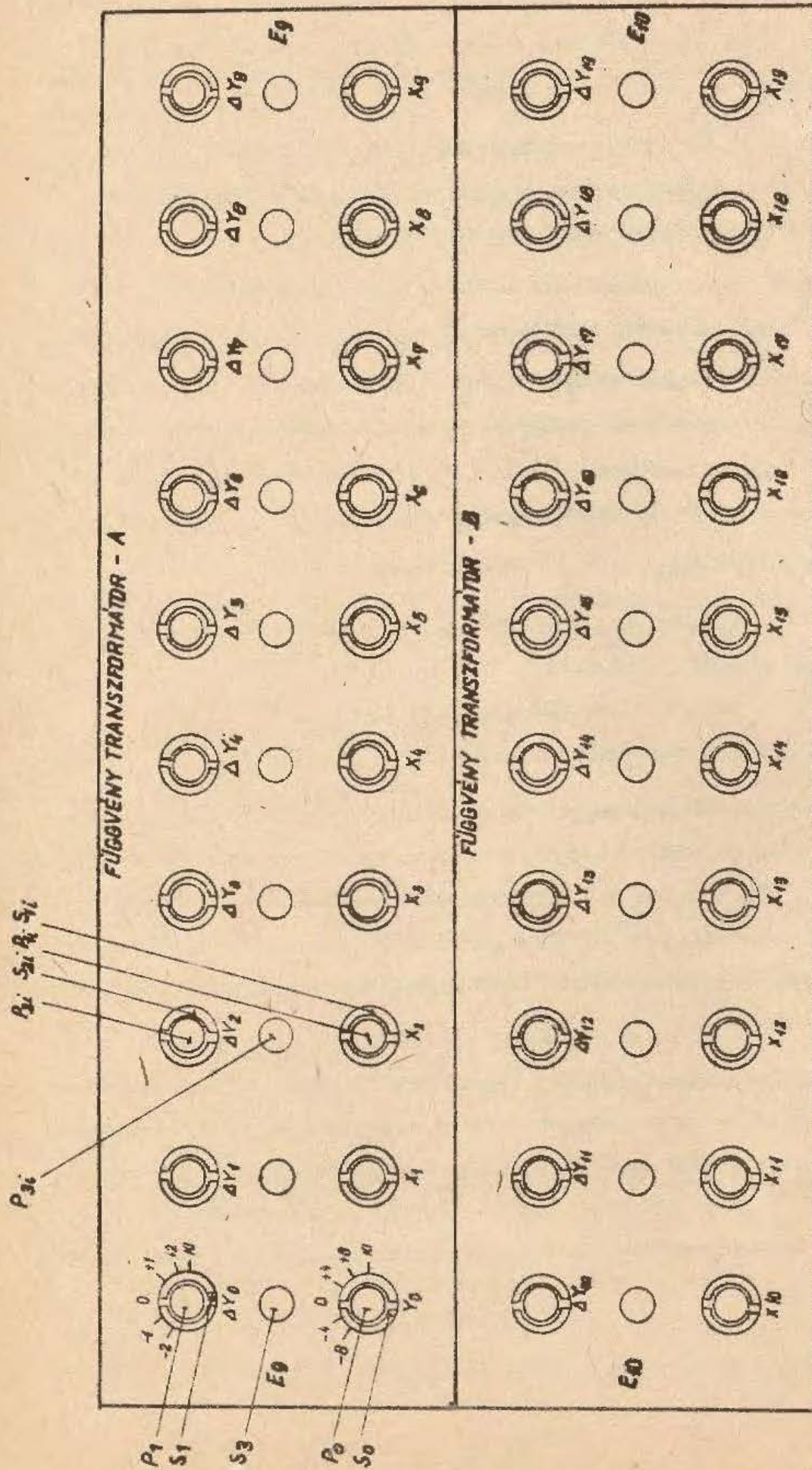
A két függvény átalakító egység kimenete az E - 9 és F - 9 címekre csatlakozik. Ezen egységek  $-0,1$  -szeres kimenetei az E-10 és F-10 címeken érhető el, ezeket csak az átviteli függvény beállításakor használjuk, olyankor amikor még nagy kezdeti meredekség esetén a kimeneti erősítők tulvezérlődnek.

A 13. ábra a függvényátalakító egység előlapját mutatja.

- (  $S_{1i} - P_{1i}$ ,  $S_{2i} - P_{2i}$ ,  $P_{3i}$  - egy töréspontot és lineáris szakaszt beállító,
- $S_3$  - polaritásváltó (tükröző),
- $S_1 - P_1$  - a lineáris átviteli tényezőt, és
- $S_0 - P_0$  - a konstanst beállító kapcsoló ).

A függvényátalakító beállítása legegyszerűbben az átviteli karakterisztika oszcilloszkópos felrajzolásával történhet. Az egység és az oszcilloszkóp vízszintes erősítőjének bemenetére  $-U_N$  -től  $+U_N$  -ig tartó egységnyi sebességugrás alakú jelet kapcsolva, első közelítésben vizuálisan beállíthatjuk a kívánt átviteli karakterisztikát. Ezután a digitális szintmérővel, az összetartozó koordináták mérésével elvégezhetjük a kívánt függvény pontos beállítását.

A beállítás előtt ki kell kapcsolni a  $\Delta Y_i$  kapcsolókkal az egyes szakaszokat, és csak a beállításakor szabad fokozatosan visszakapcsolni azokat. Az egyes töréspontok helyét ( $X_i - t$ ) a beállítás sorrendjében mindig monoton növekvő értékre, az  $S_3$  polaritásváltó kapcsoló  $+$  és  $-$  állásaiban az  $X_1 - X_9$  töréspontokat monoton csökkenő értékre kell állítani. A sorrend betartása a már beállított szakasz megváltoztatásának elkerülése érdekében szükséges.



13. ábra

Főbb műszaki adatok:

Töréspontok száma:	19
Egy szakasz max. meredeksége:	$\pm 2,5$
Statikus beállítási és nullpont hiba:	$< 2,5 \%$
Bemeneti ellenállás:	10 kohm
Kimeneti ellenállás:	$< 1 \text{ ohm}$
Max. be- és kimenő feszültség:	$\pm 6V (\pm 1,2 U_N)$

### c./ EGYSÉGFESZÜLTÉS GENERÁTOR

Ezen generátor feladata, hogy az ismétlődő üzemi működtetés részére a kapcsolófeszültség generátorokkal ( $\pm U_K$ ) szinkron előállítására A GÉPI REFERENCIA JELET ( $\pm U_N$ ). A generátor a számítás indításakor  $+U_N = +5V = +1,000$  és  $-U_N = -5V = -1,000$  amplitudójú, nagy pontosságú bipoláris egység ugrás jelet állít elő. A generátor kimeneti jele a PROGRAMTÁBLÁRA, a MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓ C-9 ( $+U_N$ ) és a C-10 ( $-U_N$ ) címekre, valamint a táp- és kapcsolófeszültségekkel párhuzamosan a belső összekötő síneken keresztül az összes műveleti egység csatlakozójára rá van vezetve.

Az egységfeszültség generátor a VEZÉRLŐ EGYSÉGBEN van elhelyezve.

Az egységfeszültség generátor főbb műszaki adatai:

Feszültség ugrás amplitudója:	$+U_N = +5V$ $-U_N = -5V$
Stabilitása:	$\pm 0,25 \%$
Aszimetria:	0,1 %
Impulzus szélessége:	$t_M = 20 \text{ msec}$
Fel és lefutási ideje:	$t_f = 2 \text{ } \mu\text{sec}$
Impulzus tetőesése:	$< 0,1 \text{ mV}$
Kimeneti ellenállása:	$< 10 \text{ mahm}$
Max. terhelő áram:	100 mA
Max. nullszint eltolódás	$\pm 20 \text{ mV } (\pm 10^\circ\text{C})$

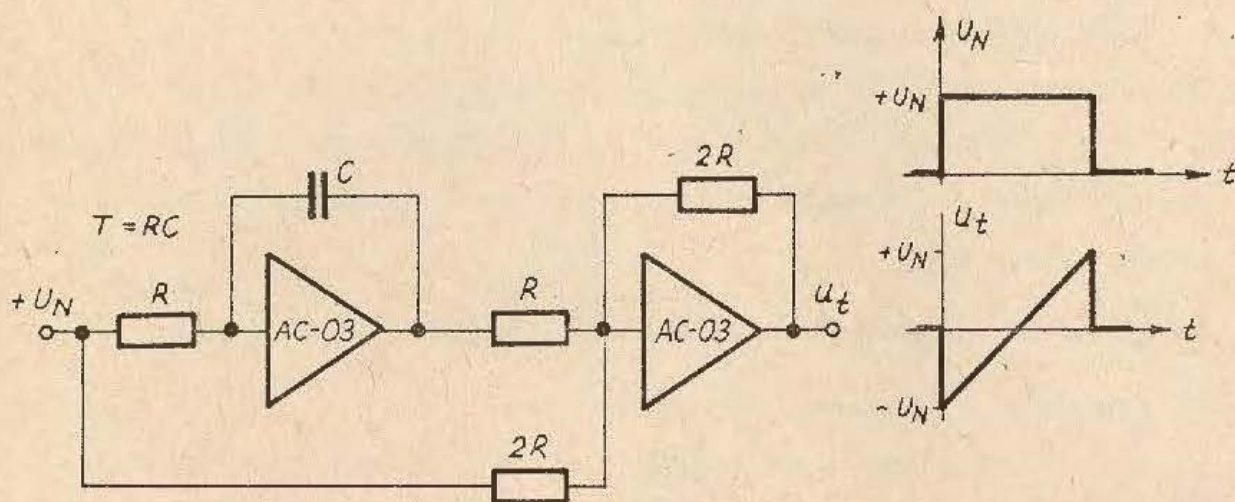


### d./ FÜRÉSZJEL GENERÁTOR

Ezen függvénygenerátor feladata elsősorban, hogy a SZORZÓ valamint a FÜGGVÉNYÁTALAKÍTÓ egységek beállítására, és egyéb felhasználásra  $-U_N$ -tól  $+U_N$ -ig tartó, a számítás ideje alatt monoton növekvő nagy linearitású, eltolt sebesség ugrás alakú jelet állítson elő. A generátor kimeneti jele:

$$U_t = U_N (t/T_i - 1) \text{ alakú, ahol } T_i = 0,5 t_M \text{ és } 0 < t < t_M = 20 \text{ msec.}$$

A generátor kimeneti jele egy integrátorral és egy összegző erősítővel a pozitív referencia feszültségből van előállítva, így annak amplitudójával a fűrészjel csúcstértékei és meredeksége együtt változik. A 14. ábra a fűrészgenerátor blokkvázlatát mutatja.



14. ábra

A generátor az E-F-4 szorzó egységgel közös rekeszbe van beépítve, kimeneti jele a szorzó egységeken kívül a programtábla  $\sqrt{t}$  jelű csatlakozóira is rá van vezetve (felső sor közepe). A MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓ X csatormájának  $P_{CAL}$  állásában a MINTAVEVŐ és az OSZCILLOSKÓP X bemenetére kapcsolható közvetlenül a fűrész jel. (Transzfer karakterisztikák beállításakor X-be méréskor szükséges!)

### e./ LÉPTÉK VÁLTÓ és ELEKTRONKAPCSOLÓ EGYSÉGEK

A számítógéphez két db LÉPTÉKVÁLTÓ erősítő és két db ELEKTRONKAPCSOLÓ erősítő tartozik. Ezen egységek külön-külön egy-egy rekeszfiókba vannak beépítve, és mindegyikhez tartozik egy vezérlő elektronika. A LÉPTÉKVÁLTÓ erősítők esetében a vezérlő elektronika egy tízes számlálóból áll, mely a két léptékváltó erősítő átviteli tényezőjét egyszerre 0,1-es lépésekben -1-től -0,1-ig periódikusan változtatja. Egy-egy elemi lépés pontassága: 2%. Az egység átviteli tényezője:

$$A_i = -(1 - 0,1 \cdot n), \text{ ahol } n = 0 \dots 9$$

A léptékváltó és az elektronkapcsoló egységek elvi vázlatai a 15. ábrán láthatók:

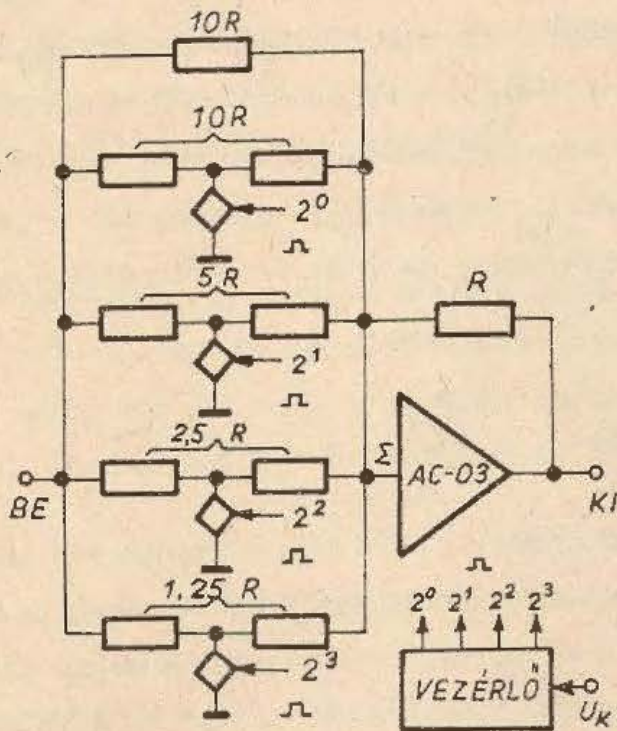
Az ELEKTRONKAPCSOLÓ egység erősítő 6 bemeneti csatornával rendelkezik. Vezérlő elektronikája 6-os osztású gyűrűs számlálóból áll, amely az erősítő 6 - 6 bemeneti csatornáját ciklikusan egy-egy számítási periódus idejére rákapcsolja az erősítőre. A bekapcsolt csatornák átviteli tényezője:  $A_i = -1$ , a kikapcsolt csatornáké:  $A_i = 0$ . A kikapcsolt csatorna áthallási csillapítása 50 dB.

A vezérlő számlálók mindkét esetben automatikus belső, valamint külső illetve kézi indító jellel léptethetők, és olyan megoldásuk, hogy mindig csak a számítási szünet alatt történik váltás, így az átkapcsolások tranziens jelei nem zavarják meg a számítás menetét. Az egységek előlapját a 16. ábra mutatja.

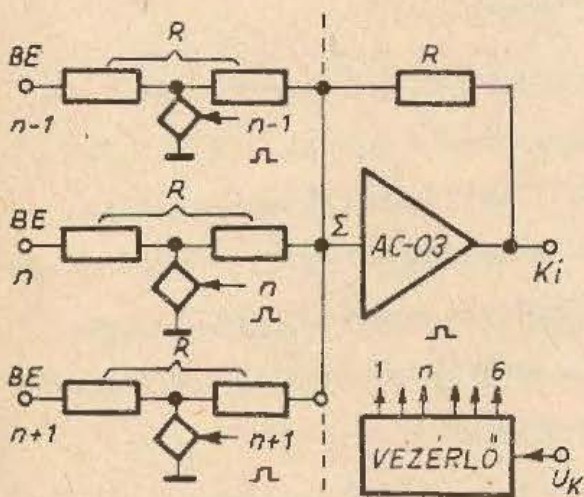
BELSŐ INDITÁS esetén a  $K_1$  kapcsoló felső állásában a  $K_2$  nyomógombbal megállítható a léptetés (STOP), és egyben automatikusan reteszeltet a számláló, a LÉPTÉKVÁLTÓ egység átviteli tényezője  $A_i = -1$  lesz, az ELEKTRONKAPCSOLÓ egység pedig a 6. csatormára kapcsolt át. (A számítógép bekapcsolásakor előfordulhat, hogy a gyűrűszám-láló egy szimmetrikus állapotba áll be és 2 lépésben komplementál, ezért ezt az állapotot is a STOP gombbal lehet megszüntetni. Egyébként ilyenkor egyszerre vezetnek vagy a páros, vagy a páratlan számú bemeneti csatornák. !)

KÜLSŐ INDITÁS esetében, a  $K_1$  alsó állásában a programtáblán keresztül beadható vezérlő jellel hozható előkészítő állapotba a számláló, és az azt követő számítási szünetben lép tovább a számláló.

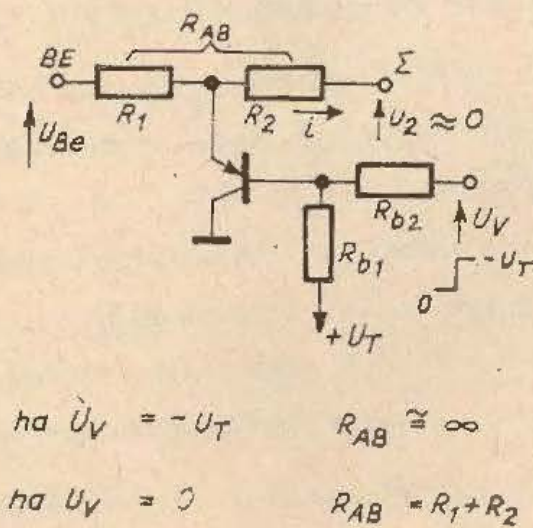
Ugyan ebben az állásban, ha a külső bemenetre nem kapcsolunk indító jelet, akkor a  $K_2$  nyomógombbal KÉZI üzemmódban léptethetjük egy-egy lépéssel tovább a számlálót,



a.)  
Léptékváltó erősítő

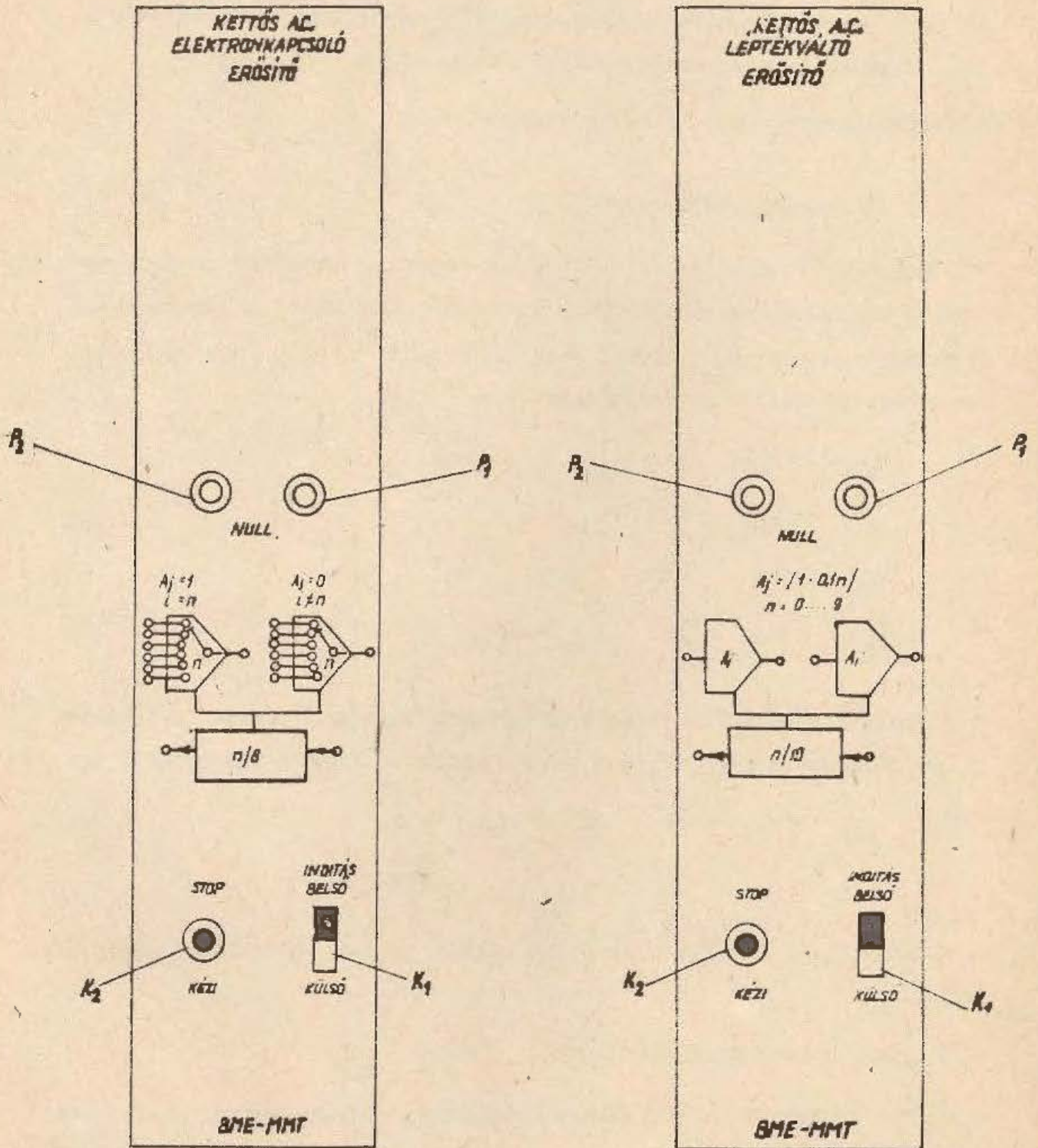


b.)  
Elektronkapcsoló erősítő



ha  $U_V = -U_T$        $R_{AB} \approx \infty$   
 ha  $U_V = 0$        $R_{AB} = R_1 + R_2$

c.)  
Inverzüzemű tranzisztoros kapcsoló



a./

b./

így lépésenként változtathatjuk az átviteli tényezőt, illetve válthatunk csatornát.

Az elektronkapcsoló egység állandó helye az E-F-8 rekesz, mivel csak ezen helyről van a megfelelő számú kivezetés a programtáblára vezetve.

A léptékváltó egység az E-F-7 rekeszbe helyezhető el.

### f./ KOMPARÁTOR EGYSÉG

Az egységbe 2 db azonos felépítésű, 2 - 2 alternatíven átkapcsolható bemeneti csatornával rendelkező erősítő és a kapcsolókat vezérlő KOMPARÁTOR van beépítve. A komparátorok a bemeneti kapcsolókat oly módon vezérlik, hogy mindig a nagyobb szintű bemeneti csatorna van bekapcsolva, azaz

$$u_{kiE} = -u_{1E} \quad \text{ha} \quad u_{1E} > u_{2E} \quad \text{és}$$

$$u_{kiE} = -u_{2E} \quad \text{ha} \quad u_{1E} < u_{2E}$$

ill.  $u_{kiF} = -u_{1F} \quad \text{ha} \quad u_{1F} > u_{2F} \quad \text{és}$

$$u_{kiF} = -u_{2F} \quad \text{ha} \quad u_{1F} < u_{2F}$$

A K kapcsoló alsó állásában a két egység egymástól függetlenül működik. A K kapcsoló felső állásában az E egység vezérlő köre működteti az F egység kapcsolóját is, azaz

$$u_{kiE} = -u_{1E} \quad \text{és} \quad u_{kiF} = -u_{1F} \quad \text{ha} \quad u_{1E} > u_{2E} \quad \text{és}$$

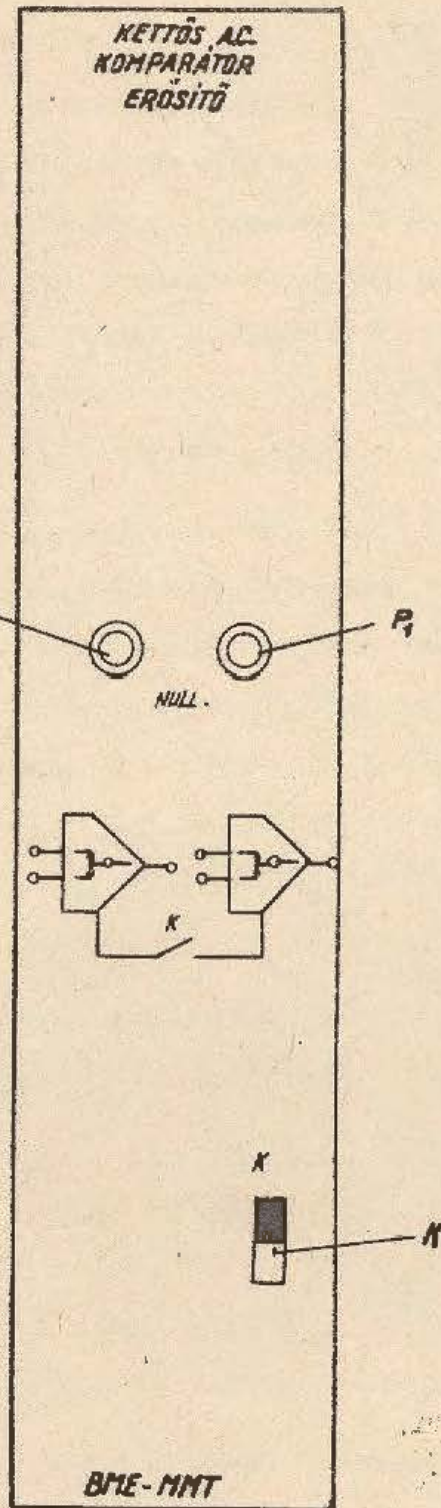
$$u_{kiE} = -u_{2E} \quad \text{és} \quad u_{kiF} = -u_{2F} \quad \text{ha} \quad u_{1E} < u_{2E}$$

A KOMPARÁTOR EGYSÉG a számítógép vázában az E-F-6 című rekeszbe helyezhető el.

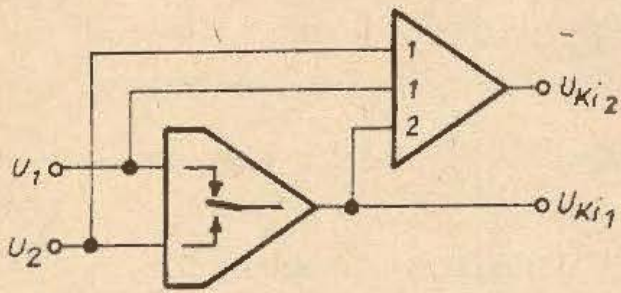
A kikapcsolt csatorna óthallási csillapítása  $> 50$  dB.

A 17. ábra a komparátor egység előlapját mutatja: K üzemmód kapcsoló,  $P_1$  és  $P_2$  az erősítők nullázására szolgál.

A komparátor egység néhány felhasználási lehetőségét a 18. ábra mutatja: a/ abszolút érték képzés; b/ négy negyed-es implicit osztó kialakítás; c/ vezérlési feltétel megfordítása vagy program elágaztatás.

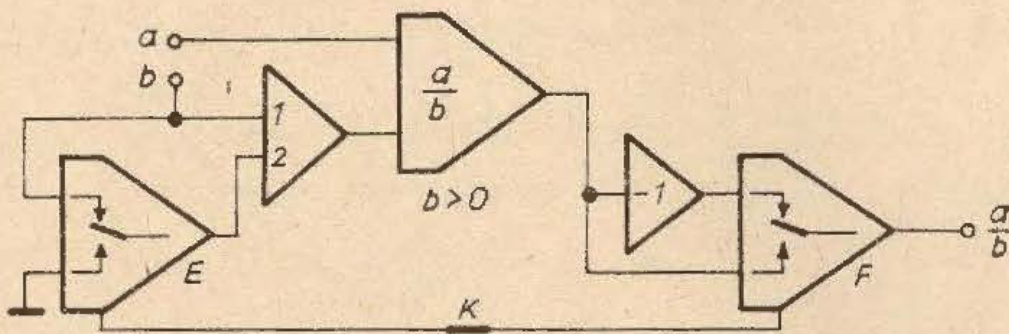


17. ábra

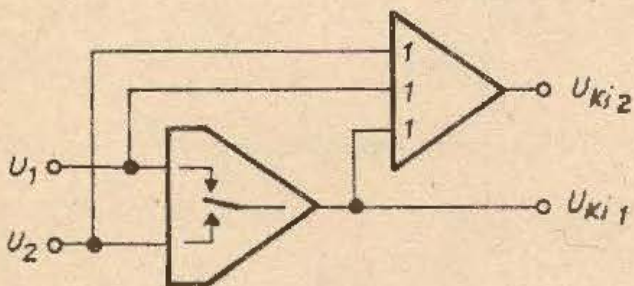


ha	$U_1 > U_2$	$U_{ki1} = -U_1$	$U_{ki2} = U_1 - U_2$
	$U_1 < U_2$	$U_{ki1} = -U_2$	$U_{ki2} = U_2 - U_1$
	$U_2 = 0$ és $U_1 \neq 0$		$U_{ki2} =  U_1 $
	$U_1 = 0$ és $U_2 \neq 0$		$U_{ki2} =  U_2 $

a.)



b.)



ha	$U_1 > U_2$	$U_{ki1} = -U_1$	$U_{ki2} = -U_2$
	$U_1 < U_2$	$U_{ki1} = -U_2$	$U_{ki2} = -U_1$
	$U_2 = 0$ $U_1 > 0$	$U_{ki1} = -U_1$	$U_{ki2} = 0$
	$U_2 = 0$ $U_1 < 0$	$U_{ki1} = 0$	$U_{ki2} = -U_1$

c.)

### 3.3. SEGÉD EGYSÉGEK

#### a./ PROGRAMTÁBLA

A műveleti egységek programszerinti összekötését a programtáblával valósíthatjuk meg. A számítógép összes műveleti egységének be- és kimeneti csatlakozói a programtábla aljzatára vannak kivezetve. A tábla aljzat 25 sorban, soronként 20 álló érintkező rugót tartalmaz. Az érintkező rugókra csatlakoznak egyrészt az egységekhez menő összekötő kábelek, másrészt a tábla aljzat elé helyezhető cserélhető programtáblába bedugott kapcsoló zsinórokkal egymás között tetszőleges variációkban összeköthető, így az adott programnak megfelelő összeköttetés biztosítható.

A tábla aljzat elé egy kinyitható tartó keretbe helyezhetők be a PROGRAMTÁBLÁK, és a keret rögzítőkarjának felcsukásával az előre bedugaszolt programnak megfelelő összeköttetések létrehozhatók, illetve direkt elvégezhető a programozás. A géphez 4 db cserélhető programtábla tartozik, így egyszerre több program is elkészíthető, illetve tárolható. A táblák nagy mechanikai szilárdságu, jó villamos szigetelési tulajdonságokkal rendelkező műanyagból készültek. A táblákon lévő feliratok valamint az alkalmazott szinkód jól áttekinthetővé teszi a táblákat, nagymértékben megkönnyítik a kijelölt című csatlakozó pontok megtalálását (19. ábra).


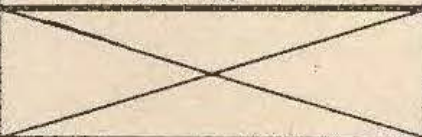
A táblák furataiba bedugható IBM típusú kapcsoló zsinórok önzáró kivitelűek, hegyes végük benyomásával a programtáblából nem távolíthatók el, csak a zsinór felüli szigetelő részüknél fogva húzhatók ki.

A 6 db P-vel jelzett világos zöld mezőben található az EGYÜTTTHATO POTENCIOMÉTEREK csatlakozói. A 6 mezőből a P1 - 8, P9 - 16, P17 - 24, ill. P25- 32 mezők a megfelelő sorszámú potenciométerek, míg a P33 - 36 illetve P37 - 40 címek az együttfutó potenciométerek be- és kimeneti csatlakozók pontjait tartalmazzák.

Egy-egy mező három sorból áll. A számozás feletti sorban helyezkednek el a bemeneti csatlakozók, a számozás alatti két sorban a kimeneti csatlakozók. Ezen utóbbiak duplikálva vannak, két egymás fölött lévő csatlakozó páronként össze van kötve. (A programtáblán ezt a két lyuk közötti összekötő vonal jelképezi.)

A potenciométerek mezői között lévő A és C mezők az ÁTKAPCSOLHATÓ ÖSSZE-GEZŐ - INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐK bemeneti és kimeneti csatlakozóit tartalmazzák. Egy-egy mező 8 sorból és 8 oszlopból áll. Egy oszlophoz egy erősítő be- és kimeneti



<b>P</b>	Együthható potencióméterek P 1 - 8	Y		X	Együthható potencióméterek P 9 - 16	<b>P</b>
		-	<b>E1F</b>	+		
	-0,1x	UN	<b>E2F</b>	UN	-0,1x	
<b>A</b>	-1x Erősítő bemenetek A 1 - 8	I.			-1x Erősítő bemenetek C 1 - 8	<b>C</b>
		II.				
	-10x	-	<b>E F</b>	+	-10x	
	Erősítő kimenetek A 1 - 8	0	<b>9</b> <b>10</b>	0	Erősítő kimenetek C 1 - 8	
		III.				
<b>P</b>	Együthható potencióméterek P 17 - 24	IV.			Együthható potencióméterek P 25 - 32	<b>P</b>
		-	<b>E3F</b>	+		
<b>B</b>	-1x Erősítő bemenetek B 1 - 8	UN	<b>E4F</b>	UN	-1x Erősítő bemenetek D 1 - 8	<b>O</b>
		V.				
		VI.				
	Erősítő kimenetek B 1 - 8	-	<b>E5F</b>	+	Erősítő kimenetek D 1 - 8	
<b>P</b>	Együthható potencióméterek (együthfutók) P 33 - 36	<b>E6F</b>			Együthható potencióméterek (együthfutók) P 37 - 40	<b>P</b>
	Elektronkapcsoló <b>E</b> <b>8</b> <b>F</b>	$\frac{1}{6}$	$\left[ \frac{1}{10} \right]$	<b>E7F</b>		

19. ábra

Programtábla előlapja és a csatlakozók címei

csatlakozói tartoznak. Cimük: balról jobbra haladva A1 - A8 ill. C1 - C8. A különböző átviteli tényezőjű bemenetek szinkódolása felülről lefelé haladva: a legfelső két sor citramsárga - 0,1 -szeres, alatta két sárga sor -1 -szeres és a két narancssárga sor -10 -szeres. Az alsó két kék sor a duplikált kimeneti csatlakozókat tartalmazzák.

A B mező az ÖSSZEGEZŐ ERŐSÍTŐK, a D mező az INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐK ki- és bemeneteit tartalmazzák. Az A és C mezőkhöz hasonlóan az oszlopok címei balról jobbra haladva B1 - B8, ill. D1 - D8. A mezők felső négy sárga színű sora a -1 -szeres átviteli tényezőjű bemeneti, az alsó két kék sor a duplikált kimeneti csatlakozókat tartalmazzák.

A programtábla középső függőleges mezőjében főleg a nem lineáris egységek csatlakozói találhatóak. Az első sor bal oldalán az Y és jobb oldalán az X jelű az X - Y OSZCILLOSKÓP külső bemenetei, csatlakozói. Középen a két összekötött  $\sqrt{\quad}$  jelű csatlakozó, a FÜRÉSZJEL GENERÁTOR kimenete, címe az X csatornán  $P_{CAL}$ .

A mező két szélső függőleges oszlopa közül a jobboldali, piros a  $+U_N$  (C9) és a baloldali zöld a  $-U_N$  (C10), GÉPI EGYSÉGFESZÜLTÉS GENERÁTOR kimenete.

Az I - IV jelzésű sorok a kimeneti csatlakozópontok számának megnövelése céljából beiktatható szigetelt csatlakozó sinek.

Az E1F - E5F mezőkben a SZORZÓ egységek be- és kimenetei találhatóak. Mind-egyik mezőben a felső sorban a bemenetek sárga színűek, az alsó sorban a baloldali kék színű a negatív előjelű kimenet, míg a jobboldali jelzetlen a pozitív kimenet. A negatív kimenetek E, a pozitívok F címűek. OSZTÓ állásban a negatív kimenet, az E feletti bemenetre kell az OSZTÓ jelet kapcsolni.

Az E6F mező a két KOMPARÁTOR erősítő, az E7F a két LÉPTÉKVÁLTÓ erősítő, és az E8F mező az ELEKTRONKAPCSOLÓ erősítő ki- és bemeneteit tartalmazza. A bemenetek itt is sárga színűek, míg a kimenetek kék-ek.

Az utóbbi, E8F mező vízszintesen helyezkedik el a programtábla bal alsó sarkában, így a két erősítő egy időben bekapcsolódó bemenetei egymás alatt helyezkednek el (1 ... 6).

Az E7F és az E8F mezők között lévő barna mező a két egységhez tartozó vezérlő számlálók be és kimeneteit tartalmazza.

Az E9F mezőben egymás mellett a két FÜGGVÉNYÁTALAKÍTÓ egység be- és kimeneti csatlakozói közül a bemenetek sárga, a negatív kimenetek kék színűek. A pozitív előjelű kimenetek legalul színezetlenül E10F címen találhatóak.

A programtábla jobb alsó sarkán lévő jelzetlen mező egyelőre nincs felhasználva, további bővítések esetén ide átadó vezetékek csatlakoztathatók.

### b./ MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓK

Ezen kapcsolókkal az X - Y OSZCILLOSZKÓP két bemeneti csatornájára rákapcsolhatóak, a mátrix elven működő méréspontválasztó kapcsolók által kiválasztott műveleti egységek kimenetei. Az oszcilloszkóp és méréspontválasztó kapcsolók elrendezését a 20. ábra szemlélteti.

Az S8 kapcsolókkal közvetlenül az A-B-C-D-E-F sorok választhatók ki, így egyidőben mindig csak egy sorban lévő két kimenet kapcsolható két bemeneti csatornára.

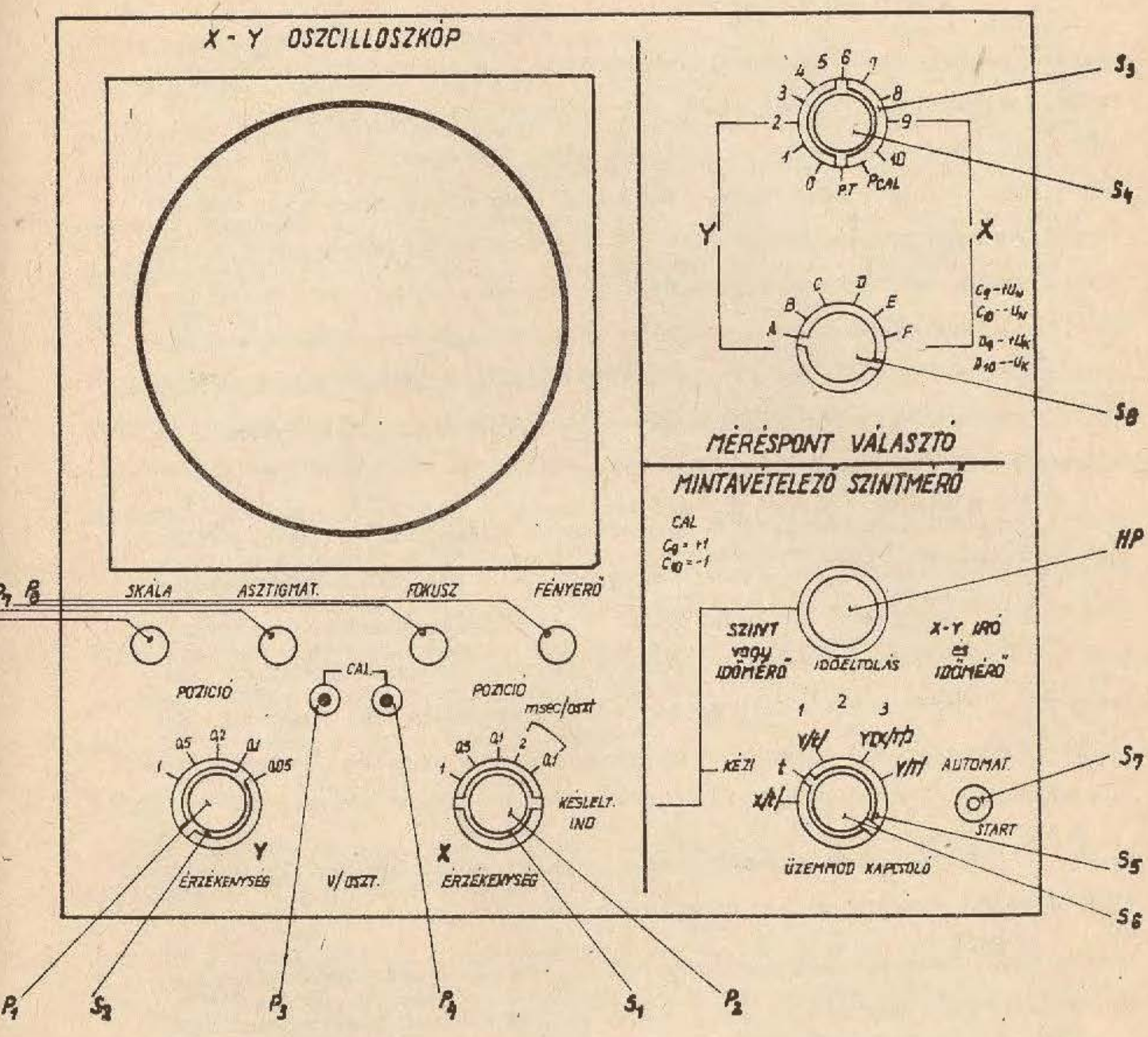
Az S3 kapcsolóval a függőleges (Y), míg az S4 kapcsolóval a vízszintes (X) csatornák bemenetei kapcsolhatóak. Ezen kapcsolók 1-10 állásaiban az S8 által kiválasztott sorból választható ki a megfelelő címen elhelyezett műveleti egység kimenete.

A kapcsolók további állásaiban egymástól és S8 -tól függetlenül működnek. 0 állásban a bemeneti csatlakozók lefedődnek.

A P.T. állásban a programtábla Y illetve X külső oszcilloszkóp csatlakozókra adott jelek kapcsolódnak a bemeneti csatornákra.

A P<sub>CAL</sub> állásban az Y csatornára (S3) a potenciométerek mérővezetéke kapcsolódik rá. Ezt az állást a potenciométerek kalibrálásakor használjuk.

Az X csatornán keresztül (S4) ezen állásban (P<sub>CAL</sub>) a fűrészjel generátor kimeneti jele külső, 20 msec hosszú időalap jelként kapcsolható az oszcilloszkóp vízszintes bemenetére. Erre az összeköttetésre elsősorban a függvény transzformátorok beállításakor valamint a szorzók vizsgálatakor van szükség.



20. ábra

### c./ X-Y OSZCILLOSZKÓP

A számítógép megjelenítő egysége egy 130 mm ernyő átmérőjű, hosszú utánvilágítású, kalibrált eltérítésű X - Y oszcilloszkóp. Független érzékenysége 1V/osztás - 50 mV/osztás (egy osztás = 8 mm) értékek között öt fokozat van (S2), vízszintes érzékenysége 1V/osztás - 01V/osztás értékek között három fokozatban (S1) változtatható. Az erősítő sávszélessége DC - 100 kHz, ezen frekvenciatartományban a két eltérítő rendszer fázistolása az összes méréshatárban azonos. A két erősítő kialakítása olyan, hogy maximális érzékenység mellett + 5V-os tartományban a pozíció tetszőlegesen eltolható (P1, P2), így a vizsgálendő jel tetszőleges szakasza 20-szoros nagyságban vizsgálható. Ez a gépi referenciára vonatkoztatva a függőleges csatornán (Y) 1%/osztás értékű nyújtásnak felel meg.

A vízszintes eltérítő rendszer két időalap generátorral rendelkezik. Az egyik, a NORMÁL IDŐALAP GENERÁTOR 2 msec/osztás értékű, 22 msec hosszú indított időalap jelet állít elő, amely belső időeltérítő jelként az oszcilloszkóp X csatormájára kapcsolható (S1). Az időalap generátor az időalap jel tartama alatt az oszcilloszkópot kivilágosítja (Z moduláció). Mivel a generátor a számítási ciklus előtt 1 msec -al indul és utána is még kb. 1 msec ideig rajzol az oszcilloszkóp, a mindenkori 0 tengely végét is felrajzolja.

KÜLSŐ VIZSZINTES eltérítés esetén is ez a jel vezérli a kivilágosítást, így ilyenkor az oszcilloszkóp az origót rajzolja fel automatikusan.

Mindkét üzemmódban egy változtatható késleltetési idejű időeltoló áramkörrel vezérelt IDŐMARKER jellel folyamatosan KÉZI eltolással (HP) letapogatható az oszcilloszkóp ernyőjén látható hullámforma. A késleltetés ideje a beépített digitális időmérővel, a jel pillanatnyi amplitúdója pedig a mintavevő egységesen keresztül a digitális szintmérővel mérhető.

Az időeltoló áramkörrel késleltetve indítható az oszcilloszkóp második, KÉSLELTETETT IDŐALAP GENERÁTORA is (S1), amely 0,1 msec/osztás értékű 1 msec hosszú időalap jelet állít elő. Így mindenkor a normál időeltérítés üzemmódban fénymarkerrel kiválasztott és a digitális időmérővel mérhető időkoordináta utáni 1 msec -os szakasz mintegy 20 -szoros nyújtásban vizsgálható.

#### d./ MINTAVEVŐ ÉS AUTOMATIKUS IDŐELTOLÓ EGYSÉG

A mintavevő egység feladata a számítási megoldás tetszőleges időpontjában a pillanatnyi feszültséggel megegyező egyenfeszültség előállítása, amelyet KÉZI IDŐELTOLÁS esetén a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐ -vel (relatív értéket mérő digitális voltmérő) pontról pontra megmérhető, vagy X - Y REKORDERREL, a késleltetés folyamatos változtatásával lerajzolható. Az utóbbi esetben a folyamatos időeltolás automatikusan vezérelhető az AUTOMATIKUS IDŐELTOLÓ EGYSÉG -gel. Ezzel az írófall irási sebessége stabilizálható.

A mintavevő egység két darab azonos felépítésű mintavevő csatornát, kaput és vezérlő generátort tartalmaz. A két generátor SZINTMÉRÉS üzemmódban időben eltoló indító jelet kap, de bemenetük párhuzamosan van kötve és vagy az oszcilloszkóp Y, vagy az X csatornájára kapcsolható (S5). Az első generátor az időalap generátorral együtt van indítva így mindenkor a relatív 0 szinttel megegyező egyenfeszültséget állít elő az első csatornára. A második generátor az időeltoló egységgel beállított változtatható késleltetett indító jelet kap és így a megoldás tetszőleges időpontjában lévő pillanatnyi feszültség értékkel azonos egyenfeszültséget állít elő, és a két csatorna kimenetén lévő feszültség különbséget méri a digitális szintmérő.

REKORDER üzemmódban az első mintavevő generátor is a késleltetett indítójellel van indítva, de a kapu bemenete most külön van választva és az egyik mindig az Y a másik mindig az X csatornán lévő jelből vesz mintát.

A relatív 0 szintek ebben az üzemmódban mindig az X - Y rekorder pozíciójának állításával állítható be. Normál X - Y rekorder használata esetén a mintavevő egység üzemmód kapcsolójának (S5) Y (T) állásában mindenkor az Y csatornán lévő jel időfüggvénye, Y/X (T) / állásában pedig az X csatornán lévő jel függvényében rajzolható le.

(Két, Y1 és Y2, valamint X csatornával rendelkező regisztráló alkalmazása esetén, mivel a késleltető egység komparálási szintjét beállító egyenszintet (T) is ki van vezetve a megoldás tetszőleges variációi egyidőben is felrajzolhatók, (Y<sub>1</sub> (T) és X (T); Y<sub>2</sub> / X (T) / és X (T) vagy Y (T)).

Rekorder állásban (S5) bekapcsolható az AUTOMATIKUS IDŐELTOLÓ egység (S6), amellyel változó sebességű időeltolás valósítható meg. Az egység differenciáló, abszolút értékképző és különbség képző áramkörből, valamint egy lassu integrátor fáziskörzetből áll. Az abszolút értékképző és differenciáló áramkörök az  $X(T)$  és a  $Y(T)$

feszültségminták változási sebességét érzékelik és ez a sebességgel arányos jel a hálókörön keresztül a folytonos időeltérítést biztosító integrátor integrandusát oly módon szabályozza, hogy lehetőleg a periódikusan egymást követő minták mindig a megelőző értékhez képest azonos  $\Delta Y$  és  $\Delta X$  értékkel változzanak meg. Ez a stabilizáló rendszer mind  $X$ , mind  $Y$  irányban közel azonos irási sebességet biztosít. Az alkalmazandó regisztráló műszer optimális irási sebességének valamint a lerajzolandó görbék hullámalakjának változásai miatt az automatikus időeltoló bekapcsolójával (S6) egyben három féle egyszeres lefutású időalap állítható be (szükség esetén az alkalmazott rekorderek típusától függően ezen időalapok utánállítandók).

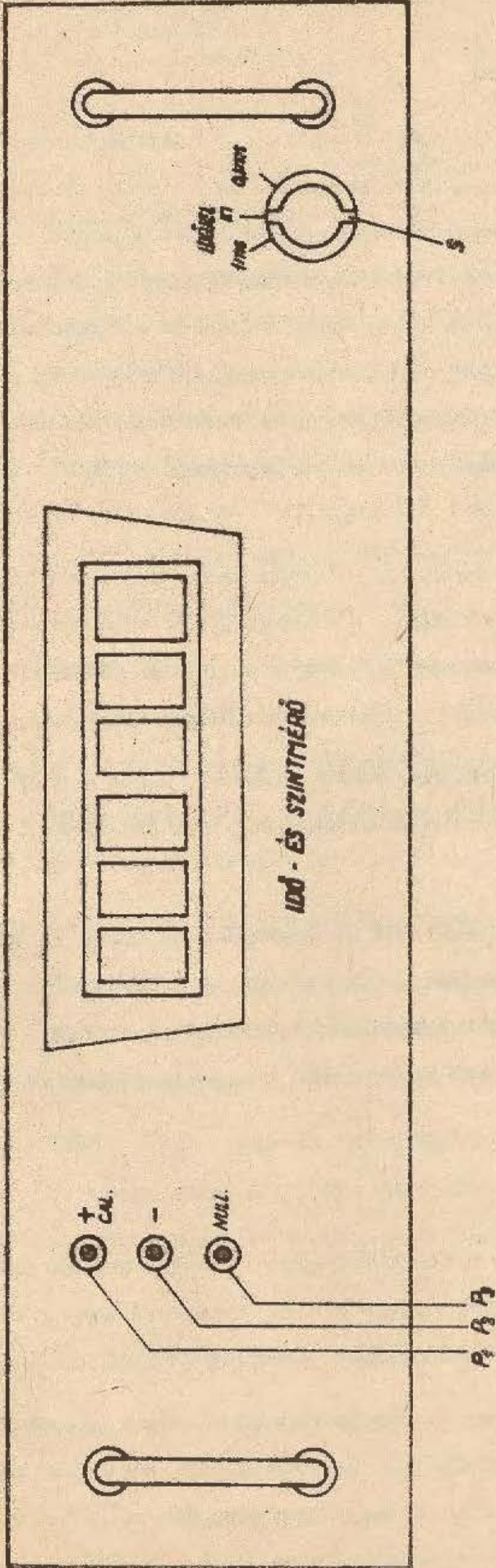
Az automatikus időeltolás bekapcsolásakor az időeltoló egység a START (S7) nyomógomb benyomásával hozható alap helyzetbe és ennek elengedésével az egyszeres lefutás indítható.

### e./ DIGITÁLIS IDŐ- ÉS SZINTMÉRŐ

A számítógép beépített digitális idő- és szintmérő műszere átkapcsolható időmérő vagy szintmérő üzemmódra (S5). Az ÜZEMMOD KAPCSOLO részben méréspont választásra szolgál, vagy az  $Y$  vagy az  $X$  csatornán mérhetünk szintet, így az oszcilloszkópon beállított függvény mindkét koordinátája  $X(t)$ ,  $Y(t)$  és a független változója  $(t)$  mérhető.

A digitális műszer 4 dekádós, közbenső tárolóval ellátott számláló, kapu, feszültség - idő átalakító, fűrészjel generátor, 100 kHz-es kvarcoszcillátor, frekvencia duplázó, asztá és vezérlő egységekből áll. Az egység működése a következő (ábra) :

IDŐMÉRÉS üzemmód: a 100 kHz kvarcoszcillátor által szolgáltatott órajelet egy sztatikus működésű három bemenetű ÉS kapun keresztül vezetjük a számláló egységre. A Kaput a  $0 < t < T_M$  intervallumban az  $U_N$  gépi egység jel nyitja és a késleltető egység jele zárja, így a működési tartományban mindig a  $t = 0$  időponthoz képest méri az időmérő a független változót. Ha a késleltető egység  $t = 0$  időpont előtt billen vissza a számláló nullán marad, negatív időt nem mér, ha  $t = T_M$  után történik visszabilenés,



21. ábra



akkor csak a maximális működési időt,  $t_M$ -et, ( $t_M \approx 20.00$  msec) a pillanatnyi hálózati frekvencia periódus idejét méri.

**SZINTMÉRÉS** Üzem módban a mintavevő egység kimenetén lévő feszültségkülönbséget a feszültség idő átalakító közbeiktatásával lehet megmérni. Az átalakító két komparátort és egy előjel érzékelő sorrendi áramkört tartalmaz. Az átalakító részére egy a 2. d. pontban leírtakhoz hasonló felépítésű nagy linearitású fűrészjel generátor a  $\pm U_N$  gépi egység jel integrálásával állítja elő az idővel lineárisan változó fűrészjelet. A gépi egységfeszültség megváltoztatásával automatikusan változik a fűrész jel meredeksége, és mivel a szintmérő a gépi egységfeszültségre vonatkoztatott relatív értéket mér, egy nagyságrenddel pontosabbra készíthető a műszer. Az egység előlapját a 21. ábra mutatja.

A 200 kHz órajel alkalmazása lehetővé tette, hogy 20 msec hosszú fűrészjel esetén relative nagy színteltolódás mellett is  $+1.000 - -1.000$  közé eső teljes tartományban működőképes legyen a műszer. Az  $U_N$  egység feszültség kapuzójelként történt felhasználásával a számítási szünetben a fűrészjel visszafutásakor letiltható az órajel.

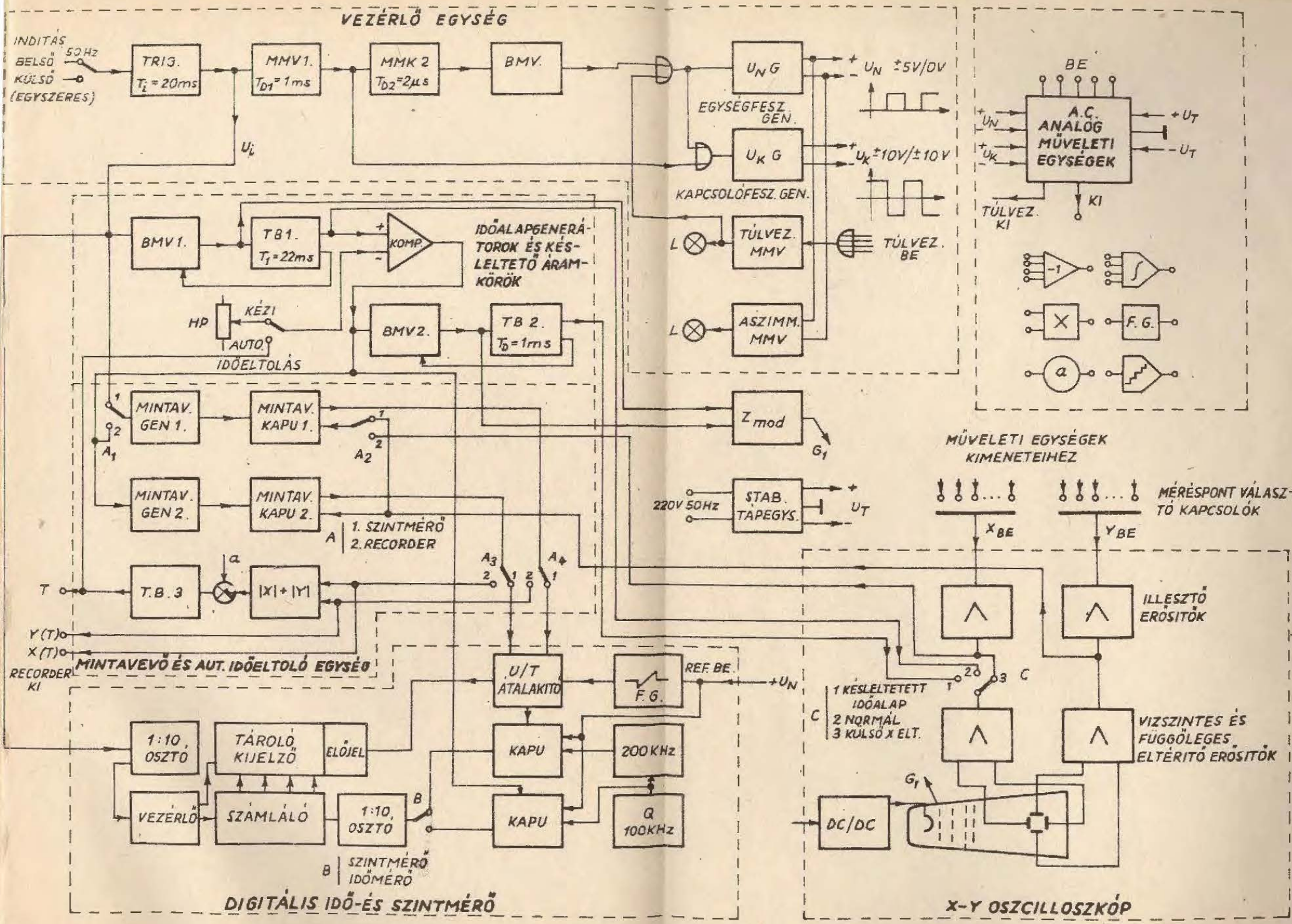
A digitális műszer vezérlő egysége indított üzemmódban dolgozik, minden mérési ciklus előtt az előző mérés eredményét a számlálódekádokból a kijelző tárolóba átírja és a számláló dekádokat nullázza.

A számláló dekádok és a vezérlő egység előtt lévő 10-es frekvencia osztók 10 periódus átlagának mérésére teszik alkalmassá a műszert. Erre a viszonylag nagy ismétlődési frekvencia miatt van szükség, egyébként a kvantálási hibákból adódó ingadozás miatt gyakorlatilag az utolsó számjegy nem volna leolvasható. A megoldással a mérési hiba  $\sqrt{10}$ -ed részére csökken le.

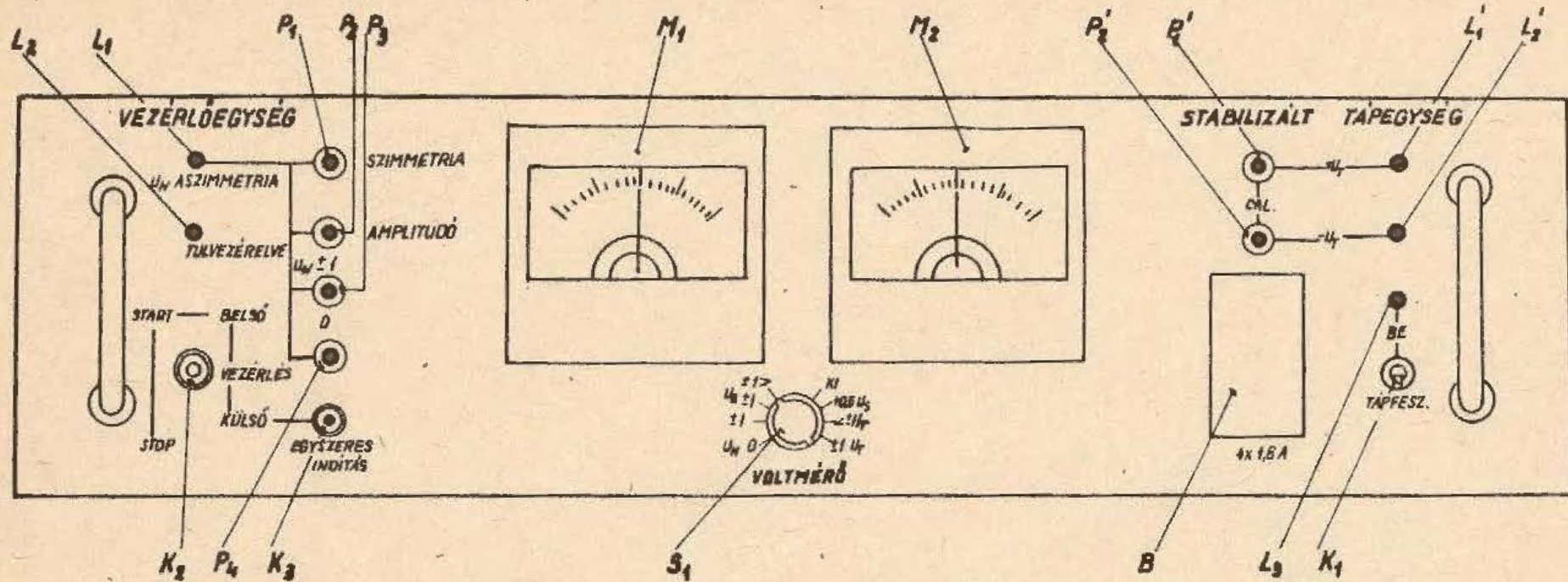
## f./ VEZÉRLŐ EGYSÉG

A vezérlő egység feladata elsősorban, a számítási folyamat periodikus indítás és leállítása, valamint a számítógép segédegységei (aszciioszkóp, mintavevő egység, digitális idő- és szintmérő) részére megfelelő időpontokban indítójelek szolgáltatása (23. ábra).

A gép üzemeltethető belső, külső illetve egyszeres indított üzemmódban. Az egység bemeneti fokozata egy Smitt-trigger, amely BELSŐ INDÍTÓ-JEL használata esetén a hálózati frekvenciával egyező periódus idejű indítójel sorozatot állít elő. KÜLSŐ INDÍTÓJEL használata esetén, a hálózati frekvenciától max. 20 %-al eltérő frekvenciájú



23. ábra



22. ábra

A tápegység, a vezérlő egység és az egységfeszültség generátorok a számítógép KÖZPONTI EGYSÉGÉT alkotják. Kimeneti feszültségeik beállítása a számítógépből kiemelve is olvégezhető, de a műszerfiók előlapján elhelyezett 2 db 60 DA középállású mérőműszerrel üzem közben is ellenőrizhető a központi egység helyes működése.

## 4. ÜZEMBEHELYEZÉS

### 4.1. Alapállás

Bekapcsolás előtt a számítógép kezelő szerveit a következő alapállásba kell kapcsolni:

#### KÖZPONTI EGYSÉG

- $K_2$  - START-STOP kapcsolót STOP,
- $S_1$  - VOLTMÉRŐ kapcsolót KI állásba;

#### OSZCILLOSZKOP

- $S_2$  - Y ÉRZÉKENYSÉG kapcsolót 1V/osztás,
- $S_1$  - X ÉRZÉKENYSÉG kapcsolót 2 msec/osztás állásba;

#### MINTAVÉTELEZŐ SZINTMÉRŐ

- $S_5$  - ÜZEMMOD kapcsolót t (időmérés) állásba,
- $S_6$  - IDŐELTOLÁS kapcsolót KÉZI állásba;

#### MÉRÉSPONT VÁLASZTO KAPCSOLOK közül

- $S_8$  - kapcsolót C,
- $S_4$  - kapcsolót 9,
- $S_3$  - kapcsolót 0 állásba;

#### DIGITÁLIS IDŐ- ÉS SZINTMÉRŐ

- S - IDŐJEL kapcsolót KI állásba;

#### PROGRAMTÁBLA

Ha a számítógépben van bedugaszolt program, akkor a programtáblát ki kell nyitni;

#### ÁTKAPCSOLHATO MŰVELETI ERŐSÍTŐK

Az összes átkapcsolható erősítő ÁTVITELI TÉNYEZŐJÉT  $\Sigma 10^0$ , összegező állásba, (A-C 1-8 cimeken lévő erősítők  $S_1$  kapcsolóit az áramutató járásával ellentétes szélső állásba) kell kapcsolni.

#### INTEGRÁTOR ERŐSÍTŐK

ÁTVITELI TÉNYEZŐIT  $10^2$  / sec állásba (D 1-8 cimeken lévő erősítők K toldkapcsolóit felső állásba) kell kapcsolni.

## ÖSSZEGEZŐ ERŐSÍTŐK

Az erősítőket le kell kapcsolni az előttük lévő erősítők kimenetéről (B 1-8 címen lévő erősítők K tolvákapcsolóit alsó állásba kell kapcsolni), az INTEGRÁLÁSI KEZDETI ÉRTÉK állító potenciométereket ki kell kapcsolni. (B 1-8 csatormánál  $S_2$ - $P_2$  kapcsolókat KI állásba kell forgatni.)

### 4.2. BEKAPCSOLÁS

A számítógép a hálózati csatlakozójának 220V - 50 Hz -es hálózatra kapcsolása után a  $K_1$  TÁPFESZ. kapcsoló BE állásba kapcsolásával helyezhető feszültség alá. A bekapcsolt állapotot az  $L_3$  TÁPFESZ. BE lámpa jelzi.

A STABILIZÁLT TÁPEGYSÉG működését az  $L'_1$  és  $L'_2$  ( $+U_T$  és  $-U_T$ ) lámpák jelzik. A tápfeszültségek névleges értékét a két középállású beépített műszerrel ellenőrizhetjük ( $M_1 - M_2$ ). Az  $S_1$  VOLTMÉRŐ méréspont és méréshatár kapcsoló  $U_T \pm 1$  állásában a bal oldali műszernek  $+1$  ( $+15$  V) a jobboldali műszernek  $-1$  ( $-15$  V) értéket kell mutatni. A számítógép áramfelvételét az  $S_1$  kapcsoló  $I_T < \pm 1$  állásában ellenőrizhetjük. A műszerek végkitérése  $\pm 3$  A. A névleges áramfelvétel kb. 2,7 A (9 osztás).

(Előfordulhat hideg állapotban, hogy bekapcsoláskor a túl nagy áramlökések következtében a stabilizátorok kimenetén első lépésben csak kb. fél tápfeszültség jelenik meg, ezen a hálózat egyszeri ki- és ujbóli visszakapcsolásával segíthetünk. A tápegységet zárlat ellen a  $\pm 15$  V -os oldalon 4 db 1,6A-es gyors olvadó Wickmann biztosíték védi. A BIZTOSÍTÉKOK -hoz az előlapon lévő (B) fedél eltávolítása után lehet hozzáférni. Ha mindkét tápfeszültség kimarad, akkor rendszerint a pozitív oldal lett túlterhelve, és a felső két biztosíték kicserélésével a hiba megszüntethető, ha csak a negatív oldal maradt ki, akkor az alsó két biztosítékot kell kicserélni. Ha a biztosíték csere utáni bekapcsoláskor ismét kiolvad, valamelyik biztosíték akkor további cserével nem szabad kísérletezni, a gépet ki kell kapcsolni és meg kell keresni a hiba okát! Ha a hálózati jelző lámpa nem gyullad ki, akkor a hálózati csatlakozó mellett lévő 2 db 1A-es HÁLÓZATI BIZTOSÍTÉKOT kell kicserélni.)

A tápfeszültség bekapcsolása után beindul az OSZCILLOSZKÓP nagyfeszültség előállító konvertere, és kb. 1 perc bemelegedési idő után a vezérlő egység  $K_2$  START - STOP kapcsolójának START állásba kapcsolásával belső indító jellel indítható a

számítógép, és az oszcilloszkóp ernyőjén a  $+U_N$  gépi egység jelnek,  $+5$  V amplitudójú ugrásjelnek kell megjelenni. Az ugrás előtt és után kb. 1 msec hosszú NULL. vonalnak kell látszania.

Az ábra fényerejét a  $P_8$  FÉNYERŐ, az elektronsugár fókuszállását a  $P_7$  FOKUS és a  $P_6$  ASZTIGMATIZMUS potenciométerekkel állíthatjuk be.

A MÉRÉSPONT VÁLASZTO KAPCSOLOKKAL C-10 címen a  $-U_N$  gépi egységjelet, majd a D-9 és a D-10 címen a  $+$  illetve  $-U_K$  kapcsoló feszültségeket ellenőrizhetjük. (A kapcsolójelnek egy  $0,5$  -ös osztáson keresztül jutnak az oszcilloszkóp bemenetére, így  $+U_K$  esetén  $+5$  V-ból  $-5$  V-ba,  $-U_K$  esetén pedig  $-5$  V-ból  $+5$  V-ba menő 20 msec hosszú négyzögjelnek kell megjelenni.) Ellenőrzés után kapcsoljunk vissza C-9-re.

A DIGITÁLIS IDŐMÉRŐ működőképességéről a KÉZI IDŐELTOLO helipot (HP) elforgatásával győződhetünk meg. Az óramutató járásával egyező irányba forgatva fokozatosan növekvő, 00, 00-tól 20, 00 msec -ig tartó intervallumba eső időértéket kell mutatni a digitális kijelzőnek, és a FÉNYMARKER jelnek a gépi egység szinten végig kell haladnia.

A MINTAVEVŐ és a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐ működésének ellenőrzése céljából mérjük meg a  $+U_N$  gépi egység amplitudóját az  $S_5$  üzemmód kapcsoló Y (t) állásba forgatásával. Ha az IDŐMARKER jel az oszcilloszkóp ernyőjének a két szélső helyzetében van ( $t = 00, 00$  ill.  $20, 00$  msec) akkor a kijelzőnek  $\pm 0,000$  körüli; ha  $0 < t < 20$  msec akkor  $+1,000$  körüli értéket kell mutatnia. Végül  $S_5$  kapcsolót X (t) állásba kapcsolva ismét  $\pm 0,000$  értéket kell mérni.

AUTOMATIKUS IDŐELTOLO és X-Y RECORDER kimenet ellenőrzése.

Kapcsoljuk  $S_5$  üzemmódkapcsolót Y/X (T) / állásba, az óramutató járásával ellentétes végkitérésben, és az  $S_6$ , AUTOMATIKUS IDŐELTOLÁS kapcsolót 3 állásba. Figyeljük az oszcilloszkóp ernyőjén a FÉNYMARKER jelet, amely ilyenkor bal szélső helyzet felé haladva el kell tűnjön, és a DIGITÁLIS IDŐMÉRŐ -nek pedig 00, 00 msec értéket kell mérni. Nyomjuk be az  $S_7$  START nyomógombot, ekkor a FÉNYMARKER jelnek át kell szaladni az ábra jobb oldalára és el kell tűnnie, az időmérőnek pedig 20 msec-ot kell mérni. Az  $S_7$  START nyomógomb elengedése után kb. 30 sec alatt a MARKER jelnek jobbról balra egyszer végig kell szaladni az ábrán, közben a DIGITÁLIS IDŐMÉRŐ -nek folyamatosan csökkenő időértéket kell mérni. (Az  $S_6$  2 állásában 20 msec,

L állásban kb. 10 sec a futási idő.) A vizsgálat után  $S_5$  kapcsolót Y (+),  $S_6$  kapcsolót KÉZI állásba kapcsoljuk vissza.

#### 4.3. HITELESÍTÉS - NULLÁZÁS

A számítógép egységeinek nullázását és hitelesítését bekapcsolás és működésképeség ellenőrzése után 1/2 óra eltelte múlva szabad csak elvégezni, különben a termikus tranziens folyamatok következtében a bemelegedés alatt állandóan meg kell ismételni a hitelesítést. Ha a környezeti hőmérséklet  $+2^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb mértékben nem változott meg az újra hitelesítéstől és a 0 szint újra állítástól eltekinthetünk.

##### 4.3.1. TÁPFESZÜLTSÉGEK BEÁLLÍTÁSA

$S_1$  VOLTMÉRŐ kapcsoló  $\pm U_T$  állásban  $P'_1$  és  $P'_2$   $U_T$  CAL potenciométerekkel  $M_1$  és  $M_2$  a műszereket végkitérésre állítva a névleges tápfeszültségeket szükség esetén utánállítjuk.

##### 4.3.2. TÚLVEZÉRLÉS ELLENŐRZÉSE

- a./ Ha az  $L_2$  TÚLVEZÉRELVE feliratu lámpa nem ég, a 4.3.3. -ról folytathatjuk a hitelesítés menetét.
- b./ Ha az  $L_2$  lámpa ég, a műveleti erősítők TÚLVEZÉRLÉST JELZŐ lámpái alapján határoljuk be a hibás erősítőt és szüntetjük meg a túlvezérlést.

##### 4.3.3. GÉPI EGYSÉG - SZINT BEÁLLÍTÁSA

- a./ Ha  $L_1$  az  $U_N$  ASZIMETRIA jelző lámpa ég a  $P_1$   $U_N$  SZIMMETRIA állító potenciométer forgatásával a lámpát oltjuk el.
- b./  $S_1$  VOLTMÉRŐ kapcsolót  $U_N$  0 állásban a  $P_4$  alsó  $U_N$  0 potenciométerrel először az  $M_1$ , baloldali műszert, majd  $P_3$ , felső  $U_N$  0 potenciométerrel, az  $M_2$ , jobboldali műszert középállásba hozzuk (a középső piros szektorra mutatnak a mutatók).
- c./  $S_1$  VOLTMÉRŐ kapcsoló  $U_N$   $\pm 1$  állásban a  $P_2$   $U_N$  AMPLITUDÓ potenciométerrel mindkét műszeren állítsunk be végkitérést.
- d./ Ismételjük meg az a, b, c, pontokban leírt beállításokat.

##### 4.3.4. X - Y OSZCILLOSZKÓP HITELESÍTÉSE

- a./ A méréspont választó kapcsolókkal mindkét csatarnára kapcsoljuk rá a  $+U_N$  gépi egység szintet ( $S_8 - S_3 - S_4$  C-9 állása). Az  $S_1$  és  $S_2$  ÉRZÉKENYSÉG kapcsos-



lőket  $0,5 \text{ V/osztás}$  értékre kapcsoljuk, és a  $P_3$  ill. a  $P_4$  Y és X CAL. potenciometerekkel mind függőlegesen, mind vízszintesen  $10$  osztást állítsunk be.

(Hitelesítéskor a  $P_1$  és  $P_2$  POZÍCIÓ potenciometerekkel negatív irányban toljuk el az ábrát, hogy a látható két fénypont szimmetrikusan helyezkedjen el.)

- b./ Kapcsoljuk vissza  $S_1$  ÉRZÉKENYSÉG kapcsolót  $2 \text{ msec/osztás}$  értékre és ellenőrizzük az időalap jel hosszát. Az Y csatornára kapcsolt egységfeszültség hosszának  $10$  osztásnak kell lenni. (Amennyiben  $\pm 0,25$  osztásnál nagyobb eltérés mutatkozik az időalap egységet után kell állítani a belső kalibráló potenciometerrel! Előbb azonban a 4.3.5. -ben előírt vizsgálatot végezzük el.)

#### 4.3.5. DIGITÁLIS IDŐMÉRŐ

Az  $S_5$  kapcsoló  $\underline{t}$  (időmérő) állásban a (HP) KÉZI IDŐELTOLO potenciometert óramutató járásával egyező irányba utközéig forgatva mérjük meg a maximális számítási időtartamot, azaz az gépi egység szint hosszát. A mért értéknek  $20 \text{ msec}$  körülnek kell lenni. (A mindenkori hálózati frekvencia periódus idejével azonos, és így azzal változik.)

- a./ Ha a mért érték kisebb a hiba rendszerint túlvezérlésből ered és ezt szüntessük meg.
- b./ Ha nagyobb a mért érték, akkor a gép áramköréit meg kell vizsgálni.
- c./ Ha a számítási idő hossza megfelelő de a 4.3.4. pontban leírt ellenőrzésnél jelentős eltérés volt, akkor az oszcilloszkóp idő alap generátorát kell ellenőriztetni és után állítani.

#### 4.3.6. DIGITÁLIS SZINTMÉRŐ KALIBRÁLÁSA

- a./ Forgassuk az  $S_5$  MINTAVEVŐ ÜZEMMOD kapcsolót Y ( $\underline{t}$ ) állásba, a (HP) KÉZI IDŐELTOLO potenciometert az óramutató járásával ellentétes irányba utközéig forgatva a FÉNYMARKER jelet és a mintavétel helyét toljuk el a kezdeti NULL szintre. A DIGITÁLIS műszer előlapján lévő  $P_3$  NULL potenciometerrel állítunk be  $\underline{+0,000}$  értéket úgy, hogy csak az előjel változzon  $+$  és  $-$  érték között és az összes kijelzett érték  $0$  maradjon. Forgassuk a (HP) potenciometert másik végállásba, itt is  $\underline{+0,000}$  értéket kell mutatni a műszernek. Ha  $\underline{+0,003}$  -nál nagyobb az eltérés, akkor a mintavevő egységet meg kell vizsgálni.
- b./ Állítsuk a (HP) potenciometert középpóllásba,  $t = 10 \text{ msec}$  értékre és mérjük meg  $+U_N$  egységjel amplitudóját. A  $P_1 + \text{CAL}$  potenciometerrel állítsuk be

a DIGITÁLIS kijelzőn +1,000 értéket.

c./ Kapcsoljuk át a MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ kapcsolókat a negatív egység szint  $-U_N$  (C-10) mérésére. Ekkor a műszernek -1,000 értéket kell mutatnia.

Eltérés esetén a KÖZPONTI EGYSÉG  $P_1$  SZIMMETRIA potenciométerrel állítsuk be a -1,000 értéket.

d./ Ismételjük meg a b./ és a c./ pontokban leírt beállításokat.

e./ Ha a DIGITÁLIS MŰSZER kalibrálása után az  $L_1$  ASZIMETRIA jelzőlámpa égve marad, akkor vizsgáltsuk meg először az ASZIMETRIA jelző áramkört, lehet hogy túl érzékenyre van beállítva, ha az rendben van, akkor a FESZÜLT-SÉG - IDŐ átalakító referencia fűrészjelgenerátorának működését ellenőrizzük.

#### 4.3.7. X - Y REKORDER HITELESÍTÉSE

a./ Kapcsoljuk össze a számítógép hátlapján lévő 30 pólusu csatlakozón keresztül a számítógépet az X - Y rekorderrel. Kapcsoljuk a REKORDER bemeneti csatornáit 200 mV/cm érzékenység állásba.

b./ A számítógép  $S_5$  üzemmódkapcsolóját kapcsoljuk Y/X (T) állásba és mindkét bemeneti csatorna MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ kapcsolóját C-9 állásba ( $+U_N$ ). A (HP) KÉZI IDŐELTOLÓ potenciométerrel toljuk el a marker jelet 0 helyzetbe (órmutató járásával ellentétes végkitérésbe) és a REKORDER POZÍCIÓ állító potenciométereivel állítsuk be a tollat a koordinátarendszer középpontjába.

c./ A KÉZI IDŐELTOLÓ potenciométer jobbra forgatásával állítsuk a MARKER jelet az egységjel tetejére ( $0 < t < 20$  msec) és a REKORDER kalibráló potenciométerével állítsunk be mindkét irányba 10 cm-es kitérést.

d./ Ismételjük meg a b./ majd a c./ pontban előírt beállítást.

(A MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓK C-10-re,  $-U_N$ -re való átkapcsolásával szükség esetén további 3 kalibrációs pont is felrajzolható.)

#### 4.3.8. MŰVELETI ERŐSÍTŐK BEÁLLÍTÁSA

A PROGRAMTÁBLA karjának kinyitásával bontsuk szét a beállított programot. A nullázandó erősítők bemenetéről kapcsoljuk le az INTEGRÁLÁSI KEZDETI ÉRTÉK állító potenciométereket és a K talókapcsoló lenyomásával az ÖSSZEGEZŐ erősítők bemenet-

téről kapcsoljuk le az előttük lévő műveleti erősítők kimenetét.

a./ Műveleti erősítők nullázása.

Kapcsoljuk a MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLÓKAT a nullázandó erősítő címének megfelelő pozícióba és az oszcilloszkóp  $S_2$  ÉRZÉKENYSÉG kapcsolóját 50 mV/osztás (1 %/osztás) értékre. Ha a nullázandó műveleti erősítők átviteli tényezője átkapcsolható, kapcsoljuk a lehetséges legnagyobb átviteli-tényezőjű állásba ( $10^3$ /sec). Az oszcilloszkóp erőyőjén az illető erősítő NULL potenciaméterével állítsunk be minimális amplitudójú ábrát.

b./ Nullázás után állítsuk be a kívánt átviteli tényezőt.

#### 4.3.9. INTEGRÁLÁSI KEZDETI ÉRTÉK BEÁLLÍTÁSA

a./ Végezzük el az összegező erősítő 4.3.8. szerinti nullázást.

b./ Kapcsoljuk az  $S_5$  mintavevő üzemmód kapcsolót Y (+) állásba, és a FÉNY-MARKER jelet toljuk az ernyő közepére. Az  $S_2 - P_2$  osztóval állítsuk be a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐVEL mérve az integrálási kezdeti értéket.

#### 4.3.10. POTENCIOMÉTEREK KALIBRÁLÁSA

Kapcsoljuk az Y csatoma MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ KAPCSOLOJÁT  $P_{CAL}$  állásba, az  $S_5$  MINTAVEVŐ ÜZEMMÓD kapcsolót Y (+), a FÉNYMARKER jelet toljuk az ábra közepére. A DIGITÁLIS SZINTMÉRŐNEK ekkor  $\pm 0,000$ -t kell mutatni.

b./ A VEZÉRLŐ EGYSÉG  $K_2$  START - STOP kapcsolójával indítsuk el a számítást.

c./ Az EGYÜTTHATÓ POTENCIOMÉTEREK fokozat kapcsolójának és potenciométerének skálája alapján állítsuk be a kívánt osztásértéket.

d./ A programtáblán keresztül kapcsoljuk rá a potenciaméter kimenetére a program szerinti terhelést, összedugaszolt program esetén a programtáblák becsukásával kössük össze a programot.

e./ Nyomjuk be axiálisan a hitelesítendő potenciométer fargatógombját, ekkor a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐNEK kb. a skálán feltüntetett értéket kell mutatnia. Ovatosan benyomva forgassuk el a potenciamétert és állítsuk be a kívánt, pontos osztás értéket, majd elforgatás nélkül engedjük el a fargatógombot. A DIGITÁLIS műszerek ismét  $\pm 0,000$  kell mutatnia.

- f./ Az összes többi beállítandó potenciométer esetében ismételjük meg a c./ d./ e./ pontokban leírtakat.
- g./ Az Y csatorna méréspont választó kapcsolóját forgassuk el  $P_{CAL}$  állásból.

#### 4.3.11. SZORZÓ EGYSÉGEK BEÁLLÍTÁSA

- a./ Az Y csatorna MÉRÉSPONT VÁLASZTÓ kapcsolóival álljunk a beállítandó SZORZÓ egység E című kimenetére. Kapcsoljuk az OSZCILLOSZKÓP S2 Y ÉRZÉKENYSÉG kapcsolóját 50 mV/osztás, az S1 X ÉRZÉKENYSÉG kapcsolót 2 msec/osztás értékre.
- b./ Kapcsoljuk a SZORZÓ egység S kalibráló és üzemmód kapcsolóját az egyik nullázó állásba, és a kapcsoló alsó indexe által kijelölt P2 NULL. potenciométerrel állítsunk az oszcilloszkóp ernyőjén minimális eltérést a null. tengelytől.
- c./ Kapcsoljuk S kapcsolót a másik nullázó állásba, és a kapcsoló indexe által kijelölt P3 és P4 NULL. potenciométerekkel ismételten állítsunk be minimális eltérést a null. tengelytől.
- d./ Ismételjük meg legalább kétszer a b./ és c./ pontokban leírt nullázásokat.
- e./ Kapcsoljuk az S kapcsolót CAL. állásba, és a P1 CAL potenciométerrel a DIGITÁLIS SZINTMÉRŐVEL mérve állítsunk be -1,000 értéket.  
(A szorzó hitelesítése előtt célszerű ellenőrizni a  $+U_N$  egység szintet és a Digitális szintmérő hitelességét.)
- f./ Kapcsoljuk az S kapcsolót a kívánt üzemmódba (a.b - a : b).

## 5. AZ ANALOG SZÁMITÓGÉP PROGRAMOZÁSÁRÓL

A műveleti egységek specifikációjából adódnak a feladatok adataira vonatkozó korlátok:

Időtartomány:  $0 \leq t \leq T = 20 \text{ ms}$

Feszültségtartomány:  $|U| \leq U_E = 5 \text{ V}$

A programkészítés szempontjából kényelmesebb, ha a feszültségtartomány határát egységnek választjuk, így a programkészítés közben a változók és értékek egységesen kezelhetők:

$$|x| \leq 1 \text{ GE}$$

A megoldandó feladatot a számológép működési tartományába kell transzformálni. Amennyiben a megoldás képe fontos számunkra, akkor hasonlósági transzformációt alkalmazunk:

$$x(t) \text{ helyett az } y(t) = a \cdot x \left( \frac{t - B}{A} \right) + b$$

függvényt vizsgáljuk, ahol  $a, b$  ill.  $A, B$  alkalmasan megválasztott állandók.

Ha a feladatot hasonlósági transzformációval nem oldhatjuk meg, vagy az így kapott eredmény nem eléggé pontos, akkor más típusu kölcsönösen egyértelmű transzformációt alkalmazunk.

Lényeges sajátossága az analóg számológépeknek, hogy csupán egyetlen folyamatosan változó független változó áll rendelkezésünkre: az idő.

A feladatok minél pontosabb megoldása érdekében, mivel a műveleti hiba az alkalmazott egységek számával együtt növekszik, törekedni kell egyrészt arra, hogy a lehető legkevesebb műveleti egységet használjuk fel, másrészt a zárt hurkokban levő műveleti erősítőket azonos erősítéssel és közel azonos szinten működtessük.

Az analóg számológép programozása két fontos, de nem teljesen elválasztható részre bontható:

- A feladat matematikai átalakítása úgy, hogy a számológép egységeivel a feladat megoldható legyen,
- a matematikai megfogalmazásnak megfelelő optimális rendszer megtervezése és a paraméterek szétosztása az egységek között.

Ebben a füzetben nem foglalkozunk ezekkel a kérdésekkel, csupán néhány feladat programjának bemutatására szorítkozunk.

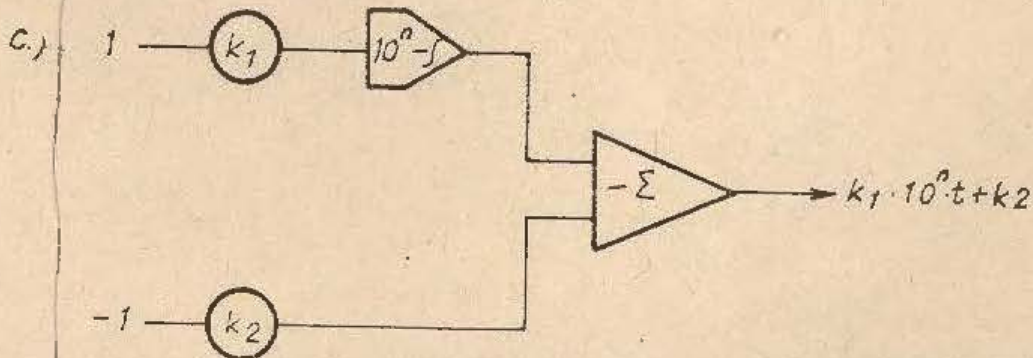
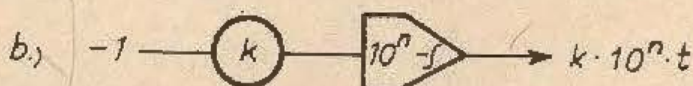
### 5.1. VIZSGÁLO JELEK ELŐÁLLÍTÁSA

A leggyakrabban alkalmazott vizsgálójelek:

- az egyszerű ugrás
- a sebesség ugrás
- gyorsulás ugrás
- a szinusz hullám

A  $k \cdot 1(t)$  ugrásjel előállítása a gépi egységfeszültség segítségével úgy történhet, hogy ezt egy potenciométerre vezetjük, amelyen a  $(k)$  beállításra került (24. a ábra).

A sebesség ugrás előállítására a potenciométeren kívül egy integrátor erősítőre is szükség van (24. b ábra), mivel az integrátor előjelet is fordít, ezért a bemeneten negatív egységfeszültséget használtunk fel.



24. ábra

Ha  $k$  és az integrátor átviteli tényezőjének beállítására nem ügyelünk, tulvezérlés léphet fel, ugyanis már  $10^2/\text{sec}$ -os integrálási átvitel esetén az

$$x(t) = k \cdot 10^2 \cdot t \leq 1$$

egyenlőtlenségből

$$k \cdot t \leq 10 \text{ ms, azaz}$$

$k = 1$  beállítása esetén a tulvezérlés 10 ms-nál bekövetkezik (a biztosító rendszer kb. 20 %-os tulvezérlést enged meg)

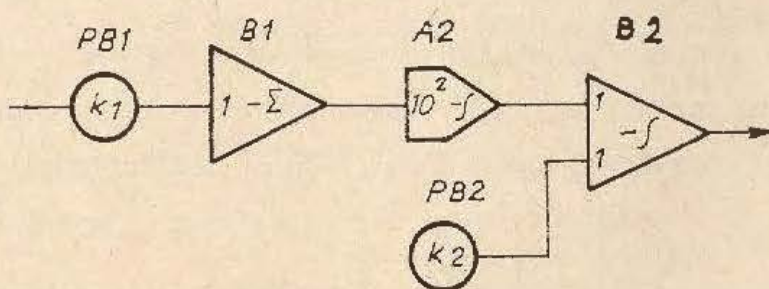
$$10^2/\text{sec} \text{-os integrálásnál} \quad |k| \leq 0,5$$

$$10^3/\text{sec} \text{-os integrálásnál} \quad |k| \leq 0,05$$

betartása célszerű.

Szintben eltoltt sebességugrás (fűrészjel) előállításához sebességugrást és egyszerű ugrást összegzünk (24.c ábra). A tulvezérlés bekövetkezése itt már több tényezőtől függ.

A 25. ábrán ugy mutatjuk az összeállítást, hogy a felhasznált elemeket is megjelöltük.



25. ábra

A program dugaszolásánál (ha már a felhasználásra kerülő egységeket is bejelöltük) úgy járhatunk el, hogy a programtábla megfelelő pontjait dugaszos zsinórral összekötjük. A tábla behelyezése előtt meg kell győződnünk arról, hogy a kimeneti csatlakozó pontokat véletlenül nem egy másik egység kimeneti pontjához kapcsoltuk-e, be kell állítani a

felhasználásra kerülő erősítők és potenciométerek átvitelét.

A tábla behelyezése után először arról kell meggyőződni, hogy nincs-e tulvezérlés.

Ezután vizsgáljuk végig oszcilloszkóppal a B1, A2 és B1 erősítők kimenetét:

B1 kimenetén a beállított  $k_1$ -nek megfelelő ugrás függvényt, A2 kimenetén  $k_1$ -nek és az integrátor átviteli tényezőnek megfelelő negatív sebesség ugrást,

B2 kimenetén pedig az előbbiekből és a PB2 /B2 egységbe beépített potenciométer/-n beállított értéktől függő eltolt sebességugrást láthatunk.

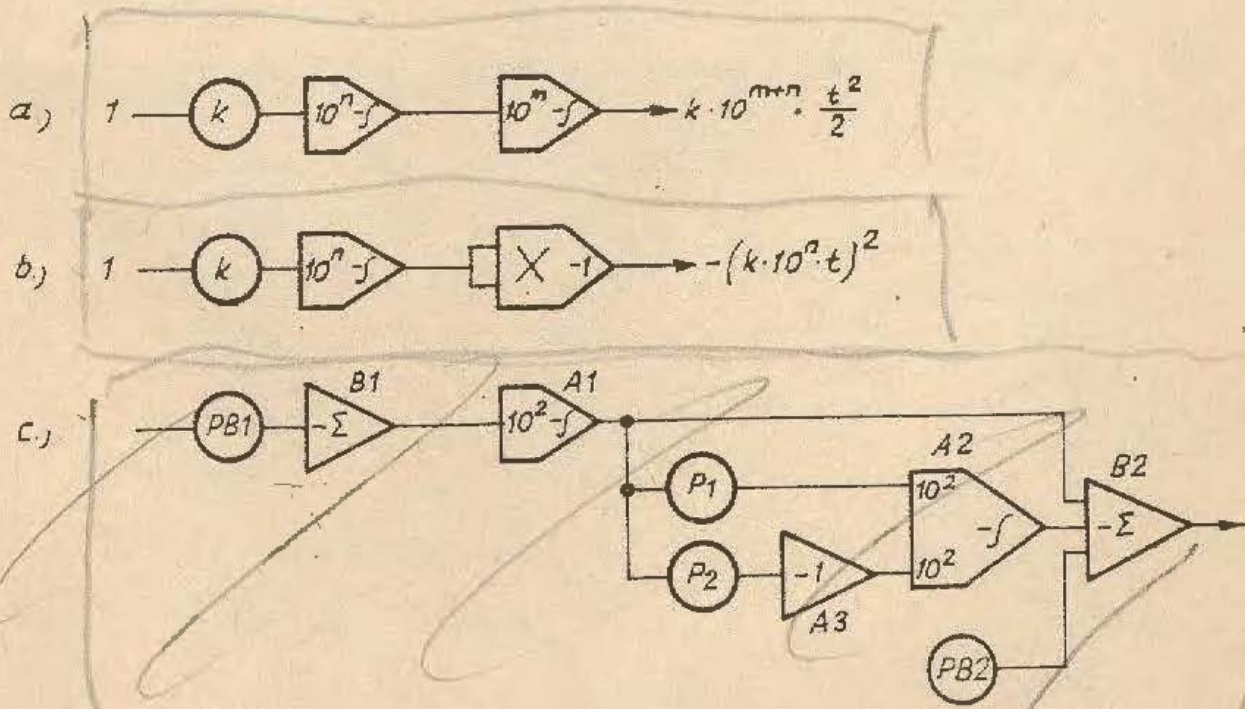
Mivel a PB potenciométerekkel pozitív és negatív szint egyaránt beállítható az összeállítás a két potenciométer beállításának változtatásával különféle meredekségű és kezdőértékű egyenesek előállítására alkalmas.

Gyorsulás ugrás ( másodfoku függvény ) kétféle módszerrel is előállítható.

Az egyik esetben egy potenciométert és két integrátort használunk fel ( 26. a ábra ), a másodikban egy potenciométert, egy integrátort és egy szorzó egységet ( 26. b. ábra ).

A szorzás pontossága kisebb mint az integrátoré, ezért célszerűbb a kettős integrálás.

A tulvezérlés lehetősége a két integrátor miatt nagyobb, tehát itt is ügyelni kell.



26. ábra



A 26. c. ábra két integrátoros rendszert mutat, amellyel tetszőleges másodfokú függvény realizálható. Az ábrán az egységek szétosztását is feltüntettük.

$$PB1 - n \quad b,$$

$$PB2 - n \quad c,$$

és  $a = PB1 (P1-P2)$  értékét képzelve, az előállított függvény a B2 összegző kimenetén:

$$x(t) = \underline{+} a \cdot \frac{10^4}{2} \cdot t^2 \pm b \cdot 10^2 \cdot t \pm c$$

Az időt sec-ban kell helyettesíteni, a tizhatványok a beállított  $10^2/\text{sec}$  integrálási tényezőtől adódnak.

Szinuszos ill. coszinuszos jel előállítása másodrendű lineáris differenciál egyenlet megoldása alapján történhet.

A 27. ábra egy olyan összeállítást mutat, amely az

$$y'' = -\omega^2 y$$

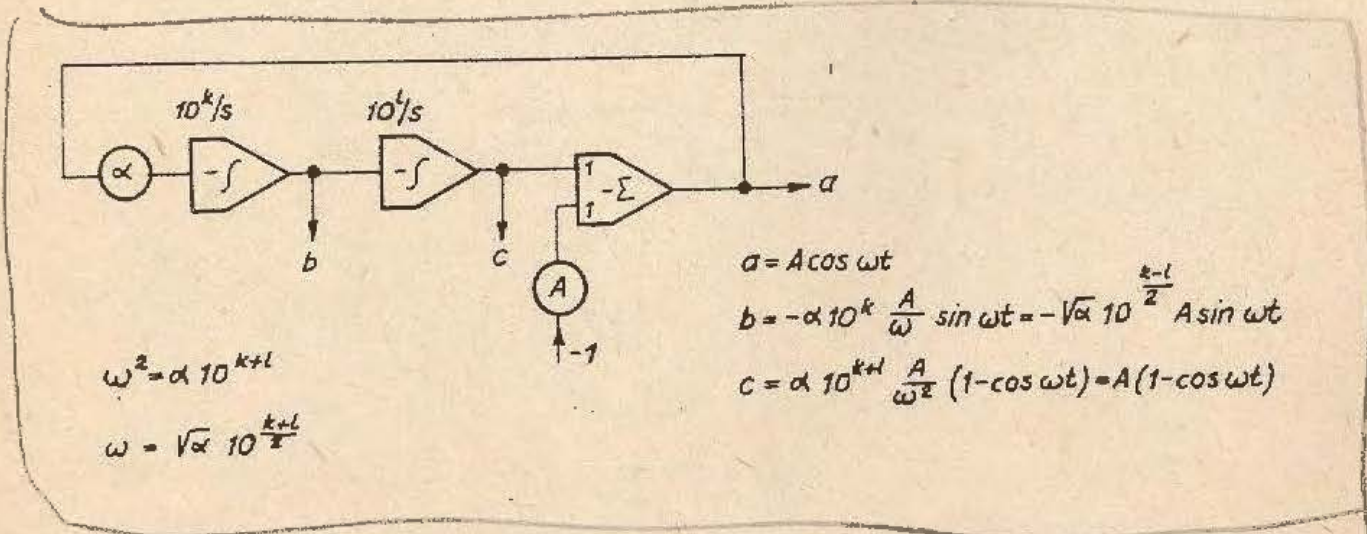
$$y(0) = A$$

$$y'(0) = 0$$

differenciál egyenlet megoldásával az  $a$ -val jelzett kimeneten,

$$\text{az } y = A \cos \omega t$$

függvényt állítja elő. A többi kimeneten ( $b, c$ ) kapható jelek egyenletét az ábrán feltüntettük.



27. ábra

## 5.2. LINEÁRIS EGYENLETRENDSZEREK MEGOLDÁSA

A lineáris egyenletrendszerek analóg számítógépes megoldásánál a feladatot differenciál egyenletrendszer megoldására vezetjük vissza.

$$\text{Az } A_1x + B_1y + C_1z = D_1$$

$$A_2x + B_2y + C_2z = D_2$$

$$A_3x + B_3y + C_3z = D_3$$

egyenletrendszer helyett, az

$$A_1x(t) + B_1y(t) + C_1z(t) - D_1 = -K \frac{dx}{dt}$$

$$A_2x(t) + B_2y(t) + C_2z(t) - D_2 = -K \frac{dy}{dt}$$

$$A_3x(t) + B_3y(t) + C_3z(t) - D_3 = -K \frac{dz}{dt}$$

egyenletrendszer megoldását vizsgáljuk: ez  $t \rightarrow \infty$  esetén konvergál az előbbi egyenletrendszer megoldásához, ha bizonyos megkötések teljesülnek:

$$P1: |A_1| + |B_1| + |C_1| + |D_1| \leq 1$$

$$|A_2| + |B_2| + |C_2| + |D_2| \leq 1$$

$$|A_3| + |B_3| + |C_3| + |D_3| \leq 1$$

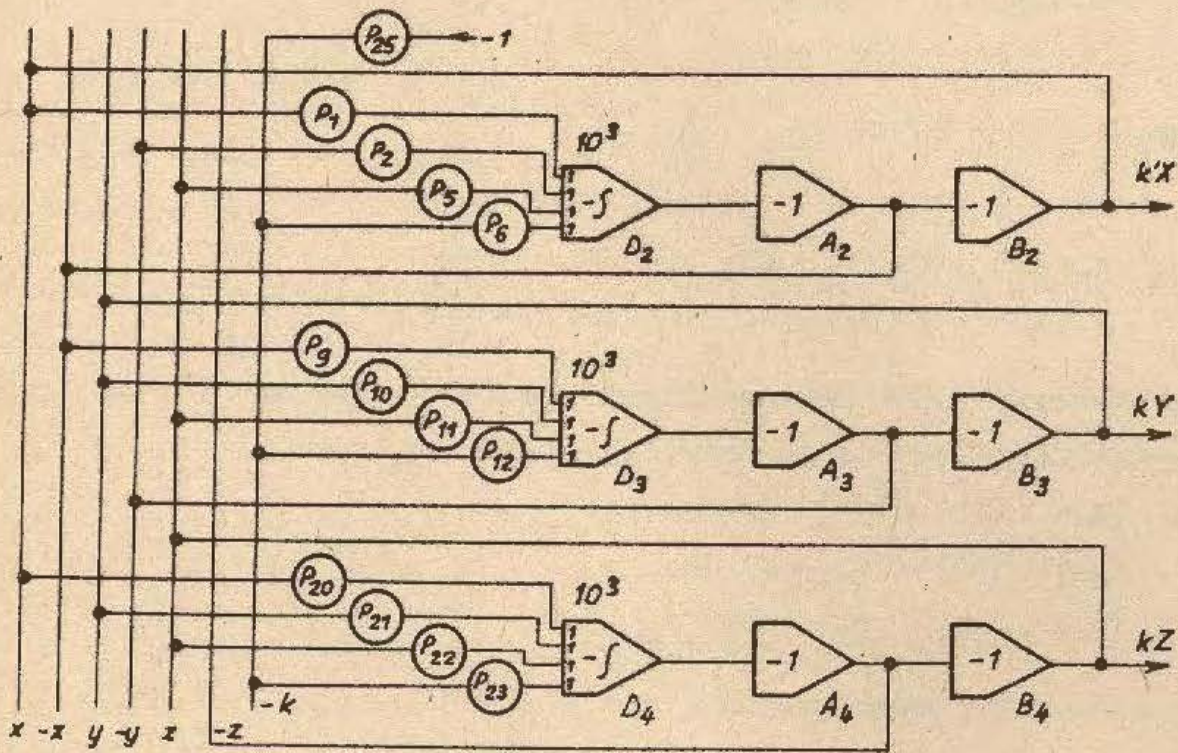
és a sarokdeterminánsok egyike sem zérus.

A 28. ábrán látható kapcsolásban:

A1 pozitív, beállítása	P1-en (pl. 0,5)
B2 negatív, "	P2-n (pl. 0,1)
C1 pozitív, "	P5-ön (pl. 0,1)
D1 pozitív, "	P6-on (pl. 0,2)
A2 negatív, "	P9-en (pl. 0,05)
B2 pozitív, "	P10-en (pl. 0,2)
C2 pozitív, "	P11-en (pl. 0,2)
D2 pozitív, "	P12-n (pl. 0,3)
A3 pozitív, "	P20-on (pl. 0,1)
B3 pozitív, "	P21-en (pl. 0,15)
C3 pozitív, "	P22-n (pl. 0,3)
D3 pozitív, "	P23-n (pl. 0,05)

$$K = k \cdot 10^n, \quad k \text{ állítása P25-ön (0,1)}$$

A  $10^n$  alakú integrálási tényező növelésével (itt  $n = 3$ ) a konvergencia gyorsítható.



28. ábra

A zórójelben példaként feltüntetett értékek beállításával a

$$0,5x - 0,1y + 0,1z = 0,2$$

$$-0,05x + 0,2y + 0,2z = 0,3$$

$$0,1x + 0,15y + 0,3z = 0,05$$

egyenletrendszer megoldásának  $k = 0,1$  -szerezését:

$kx = 0,2$ ;  $ky = 0,5$ ;  $kz = -0,3$  kapjuk, ebből

$$x = 2$$

$$y = 5$$

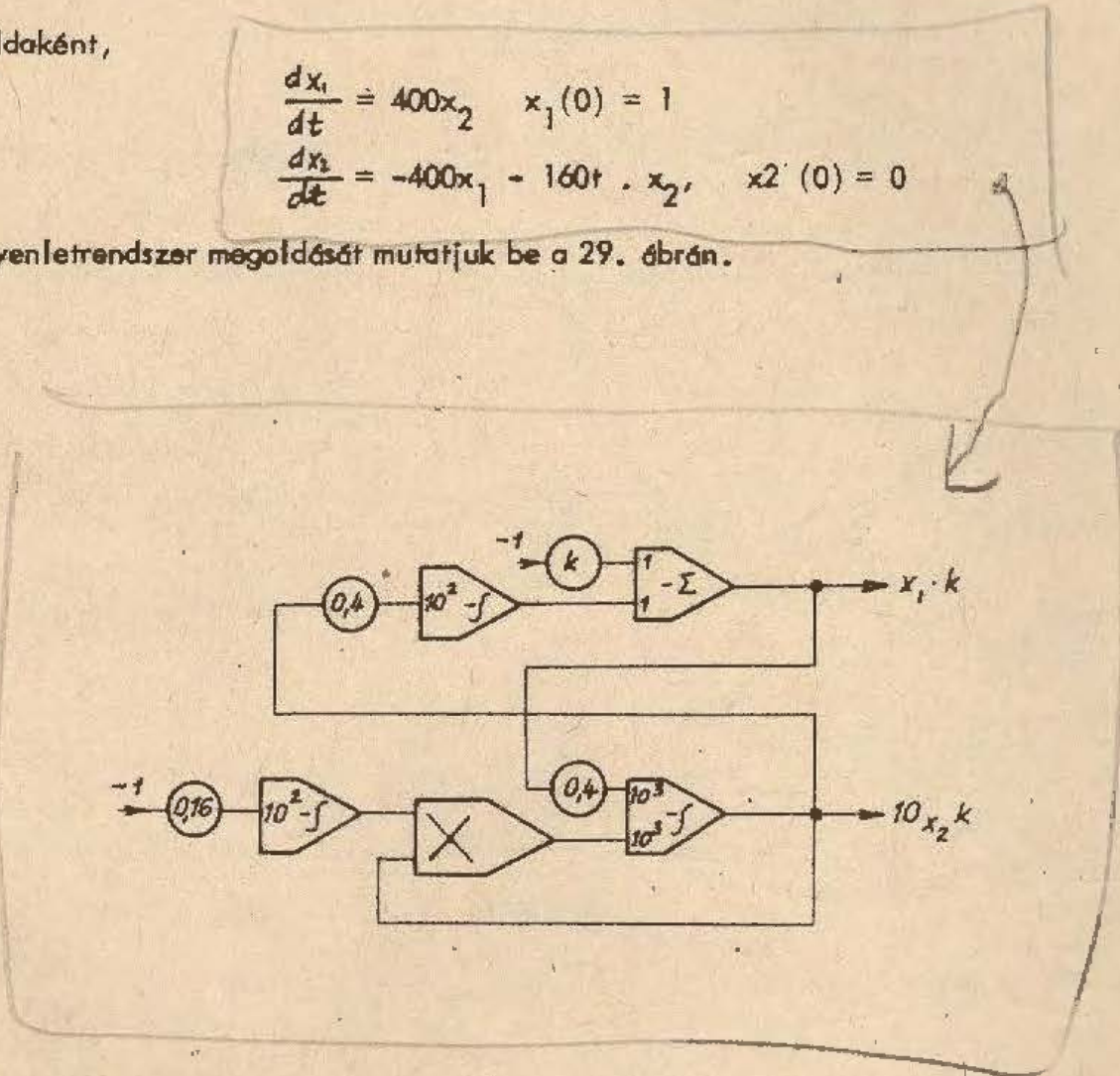
$$z = -3$$

### 5.3. VÁLTOZO EGYÜTTHATOS DIFFERENCIÁLEGYENLET RENDSZER

Példaként,

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 400x_2 & x_1(0) &= 1 \\ \frac{dx_2}{dt} &= -400x_1 - 160t \cdot x_2, & x_2(0) &= 0 \end{aligned}$$

egyenletrendszer megoldását mutatjuk be a 29. ábrán.

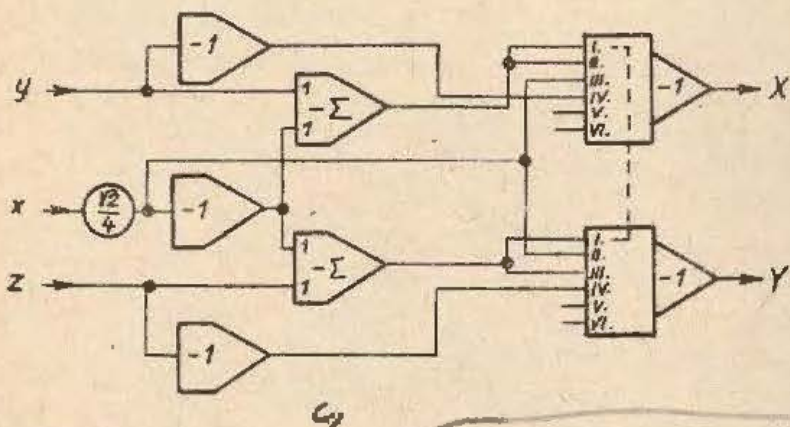
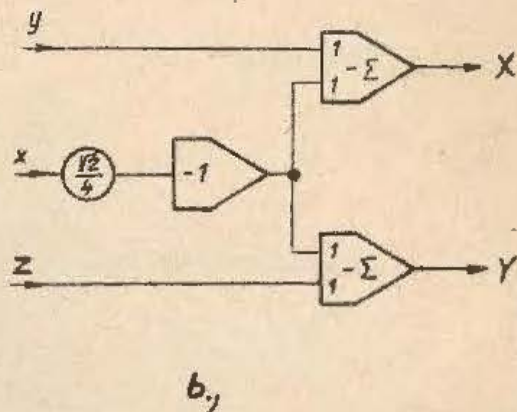
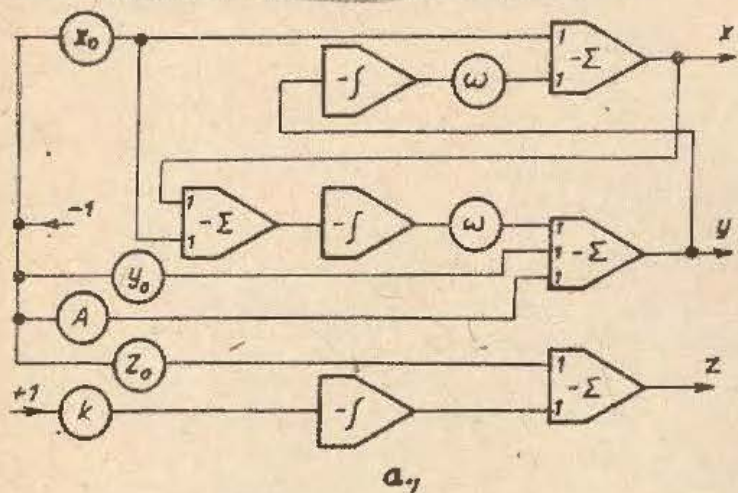


29. ábra

A k jelű potenciométer amplitudó léptékezési célokat szolgál.  $x_2$  helyett  $10x_2$  vizsgálatára állítottuk össze a rendszert, így a változó együtthatót (egy potenciométerrel és egy integrátorral)  $16t$  alakban állítjuk elő a szorzó egység egyik bemenetén.

### 5.4. ELEKTRONKAPCSOLO HASZNÁLATA

A 30. ábrán olyan összeállítást mutatunk be, amely az elektronkapcsoló egység felhasználásával egy térgörbe (spirál) és koordinátasíkokra vetett vetületei axonometrikus képét állítja elő.



30. ábra

A 30. ábrán látható összeállítás:

$$\begin{aligned} \text{az } x &= x_0 + A \cos \omega t \\ y &= y_0 + A \sin \omega t \\ z &= z_0 + k t \end{aligned}$$

koordinátafüggvényeket állítja elő.

A 30. b ábrán levő rendszerrel az  $x, y, z$  koordinátákkal adott görbe axonometrikus képét állíthatjuk elő.

A 30. c. ábrán az axonometrikus leképező rendszert elektronkapcsolóval kombináltuk.

az I. Űtemben a térgörbe,

a II. Űtemben az  $x$ - $y$  síkra vetett vetület ( $z = 0$ ),

a III. " az  $y$ - $z$  " " " ( $x = 0$ ),

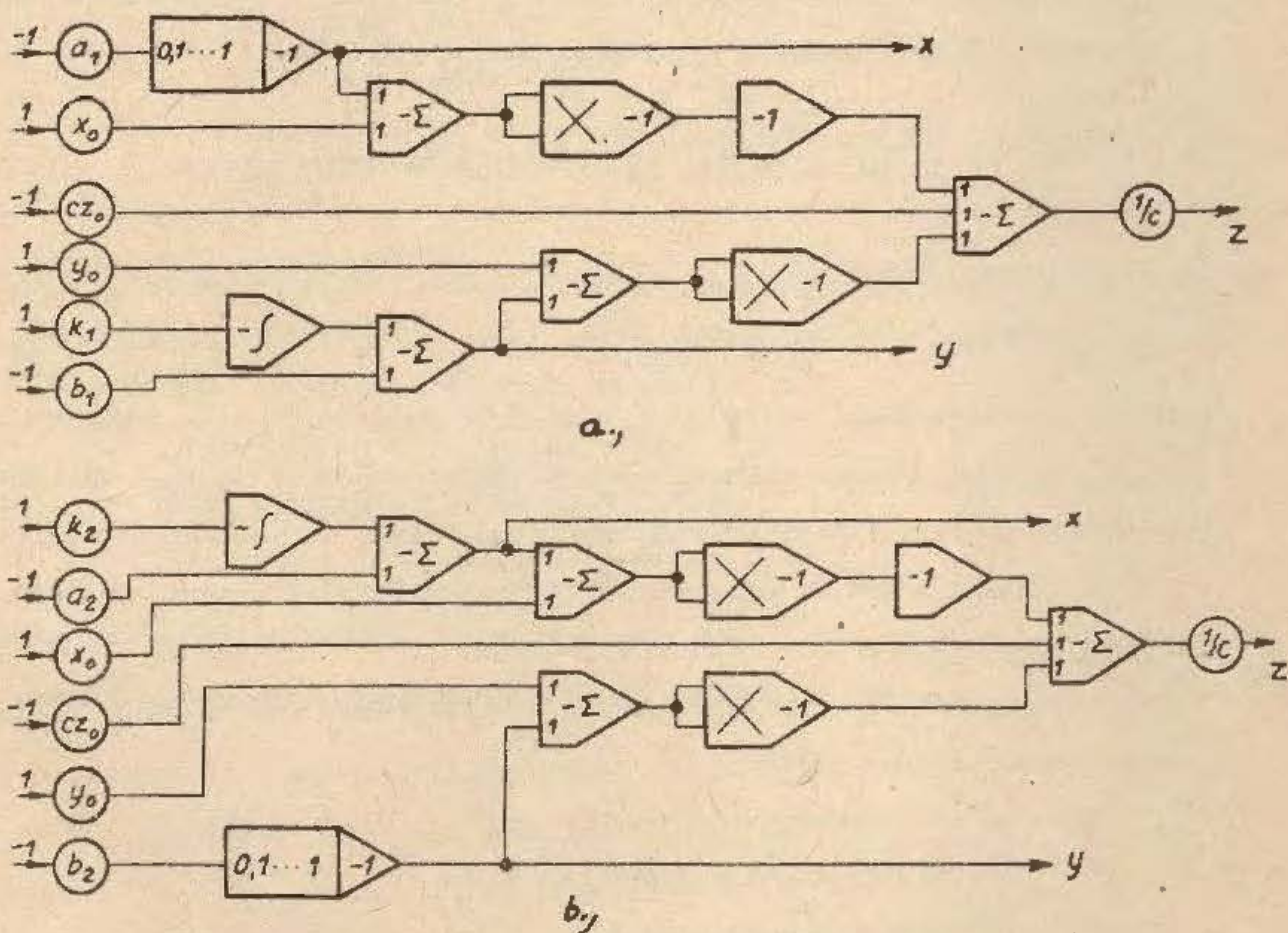
a IV. " a  $z$ - $x$  " " " ( $y = 0$ ),

kerül a  $X$ - $Y$  kimenetre. (Az V. és VI. Űtem üres)

Ha az aszcilloszkópot X - Y üzemmódban az elektronkapcsoló kimeneteire kapcsoljuk, a négy féle kép egyidejűleg válik láthatóvá.

### 5.5. LÉPTÉKVÁLTO ERŐSÍTŐ HASZNÁLATA

A 31. a és b. ábrán paraméteres görbesereg ábrázolására mutatunk példákat.



31. ábra

Mindkét rendszer három függvényt állít elő, ezek ugyancsak térbeli koordinátaként foghatók fel, a 30.b. ill. 30.c. ábra rendszerével kombinálva axonometrikus kép és vetületek vizsgálata is elvégezhető.

A 31. a ábrának megfelelő egyenletek:

$$x = k \cdot a_1 \quad (k = 0,1; 0,2; \dots \dots 0,9; 1, \text{ egymást követő ütemekben})$$

$$y = k_1 \cdot t + b_1$$

$$z = \frac{1}{c} (y + y_0)^2 - (x + x_0)^2 + z_0$$

A 31. ábrának megfelelő egyenletek:

$$x = k_2 t + a_2$$

$$y = kb_2 \quad (k = 0,1; 0,2; \dots\dots 0,9; 1)$$

$$z = \frac{1}{c} \quad (x + x_0)^2 - (y + y_0)^2 + Z_0$$

A 30. b. ábrán bemutatott axonometrikus leképező rendszerrel mindkét esetben hiperbolikus paraboloid (nyeregfelület) parabola metszetei láthatók.

## 6. AZ ANALOG SZÁMITÓGÉP FELHASZNÁLÁSA

Az AC-02 tranzistoros ismétlőüzemű analóg számítógép elsősorban modellezési feladatok megoldására, ill. a modellekben lejátszódó folyamatok szemléltetésére szolgál.

Elsősorban olyan problémák vizsgálhatók, amelyeknek egyetlen független változója van, ill. független változóit elegendő egyetlen közös paramétertől függően változtatni. Többnyire időben lejátszódó folyamatok megoldásán keresztül történő vizsgálat jelenti ezt a felhasználást. Nonlinearitások egyrészt a függvénytranszformátorok, másrészt a szorzó egységek segítségével vihetők a rendszerbe.

A géppel vizsgálható differenciálegyenlet maximális rendszáma elvileg 24.

Néhány idevágó műszaki probléma:

- Lengő rendszerek modellezése
- Átviteli függvények modellezése
- Szabályozó típusok modellezése
- Stabilitás vizsgálat
- Folytonos ipari folyamatok modellezése

Második helyre a matematikai feladatok modellezését sorolhatjuk:

Az egy, folyamatosan változó időn kívül független változóként kezelhetjük több potenciométer beállított értékét is.

Egyváltozós problémák:

- Polinomok menetének vizsgálata
- Racionális törtfüggvények menetének vizsgálata
- Függvények előállításá: differenciálegyenlet megoldással
- Differenciál egyenletek és egyenletrendszerek megoldása

- Algebrai egyenletek megoldása
- Függvények közelítése törött vonallal
- Függvények szélsőértékének meghatározása

Többváltozós problémák:

- Többváltozós függvények vizsgálata
- Többváltozós szélsőérték meghatározás
- Lineáris optimalizálás
- Nemlineáris optimalizálás
- Síkbeli és térbeli alakzatokat leíró matematikai összefüggések meghatározása

A felsoroltakon kívül még számos műszaki és matematikai probléma megoldásában lehet az analóg számítógépet felhasználni, ehhez azonban ma már az egyes egységek digitális vezérlését elengedhetetlen feltételnek mondhatjuk:

ilyenek elsősorban a potenciométerek és az erősítő átviteli tényezők beállítása, másodsorban a programtábla dugaszolás.

Az analóg egységek digitális vezérlését megvalósító univerzális hibrid számítógépek nagyon drágák, ezért elterjedésük nem lesz széleskörű.

Ajánlott irodalom az analóg számítógépekhez:

- Petrik Ottó: Modelllezés a technikában  
( Új technika sorozat )
- Banyó - Gyürki: Villamos analóg számológépek  
( Mérműktovábbképző jegyzet )
- Nagy István: Analóg számológépek  
( Mérműktovábbképző jegyzet )



