

ELEKTRONIKUS SZÁMOLÓGÉPEK ÚJ ELEMEI



ÚJ
TECHNIKA

L. P. Krajzmer

Elektronikus számológépek új elemei

E könyv rövid áttekintést nyújt a digitális számítástechnika jelenlegi helyzetéről és rámutat továbbfejlődésének útjára. Leírja a különböző fizikai elvek alapján működő új digitális számológép-elemek legegyszerűbb konstrukcióit. Különösen nagy figyelmet szentel az újfélvezetők, ferromágneses és szupravezető elemek ismertetésének, valamint a parametrikus gerjesztés jelenségén és az ultranagyfrekvenciás működésen alapuló elemek leírásának.

A könyv a rádiótechnika és az elektronikus számítástechnika alapjait ismerő, a tárgy iránt érdeklődő olvasók számára íródott.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

27826/137

L. P. KRAJZMER
ELEKTRONIKUS SZÁMOLÓGÉPEK ÚJ ELEMEI

ÚJ TECHNIKA

L. P. KRAJZMER

ELEKTRONIKUS
SZÁMOLÓGÉPEK ÚJ ELEMEI



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

1964

A mű eredeti címe:

Л. П. КРАЙЗМЕР
НОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВЫХ МАШИН
МОСКВА, ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Fordította

DRASNY JÓZSEF
okl. vill. mérnök

Lektorálta

NÉMETH PÁL
okl. vill. mérnök

681.142—523.8

621.382.2/.3

ETO: 621.318.1

537.312.62

Mű 433-i-6467

Felelős kiadó: Solt Sándor

Felelős szerkesztő: dr. Vas Györgyné — Műszaki szerkesztő: Hornyánszky J.

Azonossági szám: 40 749 — Ívterjedelem: 5,06 (A 5) — Ábrák száma: 50

Példányszám: 2350

64.4817 Egyetemi Nyomda, Budapest

ELŐSZÓ

Az elektronikus számológépek¹ nagyarányú, gyors fejlődést tesznek lehetővé a tudomány és technika, a termelés szervezése és irányítása, a gazdasági élet és tervgazdálkodás, a kozmikus térség tanulmányozása stb. területén. Használnak már számológépeket diagnosztikai célokra, élettani kutatásokban, a nyelvészet és más humán tudományok körében, az automatikus tudakozó-tájékoztató szolgálat számára, valamint számos egyéb olyan feladat elvégzésére, amely matematikailag megfogalmazható, és mostanáig szellemi munkát igényelt.

Mindez a különböző típusú univerzális és speciális számológépek nagy választékát követeli meg, olyan sok gép tervezését és építését, hogy alkalmazásuk minden egyes konkrét esetben biztosítható legyen.

Egy korszerű számológép különböző elemek tíz- és százszázait, sőt néha millióit tartalmazó komplexum. Az elemek méreteitől, gazdaságosságától és működési sebességétől függnék a gép alapvető paraméterei.

1. A hazai terminológia terén két irányzat alakult ki. Az egyik szerint a szavak magyar megfelelője a *számológép*. Így nem tesznek különbséget olyan eltérő felépítésű, szerkezetű és fejlettségű berendezések között sem, mint az abakusz, a mechanikus vagy elektromos kivitelű asztali összeadó-kivonó-, szorzógépek, sőt ugyanígy nevezik a gépben tárolt program alapján automatikusan működő berendezéseket is. A másik irányzat képviselői ez utóbbiakat *számítógépnek* nevezik, minden egyéb számolási célra szolgáló berendezést számológép elnevezéssel jelölnek. A fordító és a lektor a számítógép elnevezést tartja helyesnek a fent ismertetett automaták esetében, a számológép elnevezés a Kiadó kívánságára szerepel a könyvben. (*A lektor megj.*)

E könyvben röviden ismertetjük a legutóbbi években kidolgozott számológép-elemeket, és megvizsgáljuk azokat a legegyszerűbb elvi kapcsolásokat, amelyek rávilágítanak a sajátosan számítástechnikai célokra készült elemek alkalmazási módszereire. Ide tartoznak elsősorban a két stabil állapotú, ún. bistabil elemek különféle típusai. Ezekből az „építőkövek”-ből épülnek fel az aritmetikai és tárolóegységek, valamint a különböző logikai áramkörök. Néhány olyan új félvezető eszközt is ismertetünk, amelynek a számológépek szempontjából nagy jövője van.

Úgy vélem, hogy ez a könyv hasznos lehet a számítástechnika iránt érdeklődő minden olvasó részére.

L. Krajzmer

I. A DIGITÁLIS SZÁMÍTÁSTECHNIKA JELENLEGI HELYZETE ÉS TÁVLATAI

1. A DIGITÁLIS SZÁMOLÓGÉPEK ALKALMAZÁSI TERÜLETE

Még nincs két évtizede, hogy az Egyesült Államokban, a philadelphiai műszaki egyetemen elkészült az első elektronikus digitális számológép, az ENIAC. E rövid időszak alatt a digitális számítástechnika fejlődésében hatalmas mennyiségi és minőségi ugrás következett be: az ormótlan, lehetőségeikben korlátozott és viszonylag lassú működésű gépek helyébe kisméretű, igen gyors működésű, univerzális gépek léptek.

Az ENIAC-ot még 30 méternél hosszabb szobában kellett elhelyezni, 18 000 elektroncsövet tartalmazott, 100 kW elektromos energiát fogyasztott és egyetlen összeadáshoz vagy kivonáshoz kb. 200 μ s, egy szorzáshoz 2300 μ s időre volt szüksége. A korszerű C-2000 (USA) gép például, amely csaknem kizárólag tranzisztorokat tartalmaz, lényegesen kisebb méretek és néhányszor kisebb energiafogyasztás mellett 16 μ s alatt végez el egy összeadást vagy kivonást, 40 μ s alatt egy szorzást.

Vannak már olyan gépek is, amelyekben egy összeadási művelet mindössze 1—2 μ s-ig, sőt 1 μ s-nél rövidebb ideig tart. Más gépek működési sebessége ugyan hasonló nagyságrendű, mint az ENIAC-é, de összehasonlíthatatlanul kisebb méretűek. Így például a Recomp-11 (USA) hordozható, tranzisztoros számológép mérete mindössze $581 \times 533 \times 419$ mm, súlya 90 kg és kb. 40 W elektromos energiát fogyaszt.

A digitális számítástechnika ily gyors fejlődése megfelelt a felhasználók állandóan növekvő igényeinek, másrészt serkentőleg hatott vissza a digitális számológépek alkalmazási területének gyors kiszélesedésére a tudományban

és a technikában, az ember legkülönbözőbb szellemi munkáinak automatizálásában.

A digitális számológépek alapvető alkalmazási területei jelenleg és a közeljövőben:

1. Nagy mennyiségű számítást igénylő matematikai feladatok megoldása, táblázatok készítése, építkezések műszaki számításainak elvégzése, repülőszerkezetek röppályájának kiszámítása, csillagászati számítások stb. Ilyen célokra rendszerint univerzális számológépeket használnak. Ezeket a célszerűségnek megfelelően számológépközpontokban helyezik el, ahol magas képzettségű matematikusok, programozók vannak. Az esetek többségében egy-egy központ több tudományos kutató vagy tervező intézményt szolgál ki.

2. Különböző ipari folyamatok és szállítóeszközök vezérlése. Ilyen célokra leggyakrabban rögzített programmal vezérelt, specializált gépeket használnak, amelyek az adott folyamat vezérlésével kapcsolatos feladatok megoldásához szükséges egy vagy több konkrét algoritmus elvégzésére alkalmasak.

Különösen nagy jelentőségűek a számológépek a pilóta nélküli repülőszerkezetek, mint pl. a ballisztikus rakéták, mesterséges holdak, űrkutató rakéták stb. irányításában. Itt a gép teljesen elvégzi a pilóta, a rádiós és a személyzet többi tagjának feladatát.

3. Különböző információk gyors és pontos feldolgozása, amint gyakran mondják, adatfeldolgozás. Ide tartozik az iparban, a mezőgazdaságban, a kereskedelemben szükséges számításokkal kapcsolatos feladatok megoldása, különféle statisztikai adatok, összeírási eredmények feldolgozása, ipari operációkutatási, optimális ipari és szállítási tervezést biztosító lineáris programozási feladatok kiszámítása stb.

4. Tudományos-tájékoztató és bibliográfiai munkák elvégzése, hosszú tárolási idejű és nagy tárolókapacitású gépekkel, amelyek különböző tudományágak hatalmas, egyre növekvő információáramlását dolgozzák fel, csoportosítják és rendszerezik, valamint szükség esetén feldolgozott formában rendelkezésre bocsátják.

5. Szövegek gépi fordítása egyik nyelvről a másikra. Ennek a feladatnak gyakorlati megvalósításához igen nagy operatív tárolóval rendelkező, gyorsműködésű gépre van szükség. A tárolóberendezéseknek tárolniuk kell a szótári anyagot, valamint az eredeti szöveg gépi analíziséhez és a fordítás nyelvén való szintéziséhez szükséges utasításokat, s ezeket gyorsan kell kiadniuk a gép más egységeibe.

6. Automatikus analízist végző és az eredményeket feldolgozó gépek kémiai, fizikai, orvos-biológiai és egyéb kutatásokra. Ilyenek a diagnosztikai gépek, a vért analizáló gépek stb.

A felsorolt területeken használják leginkább a korszerű elektronikus számológépeket. Rá kell azonban mutatni arra, hogy többé-kevésbé széleskörűen csak az első három területen dolgoznak e gépekkel, a többi ugyanis még nem jutott túl az elméleti kutatások és első kísérleti feldolgozások stádiumán, bár kétségtelen, hogy a közeljövőben lényeges haladás várható a tudakozó-tájékoztató és egyéb feladatok, a kísérletek automatizálása és eredményeinek feldolgozása terén is. Vitathatatlan, hogy a gépek alkalmazási területe a szellemi munkafolyamatok automatizálására a jövőben tovább fog bővülni. Már most folynak munkálatok, amelyek a felhasználási lehetőségeket kutatják a humán tudományok terén, zenei művek hangszerelésére, matematikai tételek bizonyítására stb.

A számológépek alkalmazási területének növekedése természetszerűleg megköveteli mind a felhasznált elemek típusainak kibővítését, mind pedig a műszaki jellemzők szakadatlan tökéletesítését, mely utóbbiakat jelentős mértékben a gép elemeinek jellemzői határozzák meg.

2. SZOVJET GYÁRTMÁNYÚ DIGITÁLIS SZÁMOLÓGÉPEK

Az első szovjet gyártmányú elektronikus digitális számológép az ötvenes évek elején épített kis MESZM (малая электронная счетная машина) volt. Ebben a gépben a műveletvégző és a tárolóegység alapelemei elektroncsöves

triggerek voltak, ennek következtében természetesen igen nagyszámú csőre és azok táplálásához jelentős energiára volt szükség. A MESZM, amelynek ma már csak történelmi jelentősége van, viszonylag lassan működött, körülbelül 50 elemi aritmetikai műveletet tudott elvégezni másodpercenként.

Következő fontos lépésként 1953-ban két nagyméretű, gyorsműködésű elektronikus számológép: a BESZM (быстродействующая электронная счетная машина) és a „Sztrela” készült el.

A BESZM gépet azóta többszörösen modernizálták. Az első változatban az operatív tárolót higany művonalakkal építették meg, ezt később katódsugárcsővekkel cserélték fel és 1956-tól a gép ferritgyűrűs mágneses operatív tárolóval (MOZU) készül. A BESZM-2-ben, a számológép új változatában, az összes vákuumdiódákat germánium-diódák helyettesítik, ami csökkentette a méreteket és lehetővé tette a táplálásra fordított energia jelentős csökkentését.

Az adatokat a gépbe lyukszalagról viszik be. A számítás eredményét elektromechanikus nyomtatóberendezés, vagy többnyire gyorsműködésű fotonyomtató berendezés írja ki. A BESZM-2 gép kb. 10 000 aritmetikai műveletet végez másodpercenként, széles körben használható, megbízható és üzembiztos. Ezt jelenleg sorozatban gyártják.

A „Sztrela” gép másodpercenként 2000—3000 művelet sebességgel dolgozik. Az adatok bevitele lyukkártyáról történik, a kiírást egy nyomtatóberendezés végzi, amely lyukkártyákra is dolgozik, így a közbenső tároló szerepét is ellátja. Egész sor ilyen típusú gép üzemel eredményesen a Szovjetunió számológéppontjaiban.

1952-ben készült el és 1954—55-ben korszerűsítették a kisméretű M—2 gépet. A BESZM és „Sztrela” gépekkel összehasonlítva, az M—2 lényegesen kisebb és gazdaságosabb, azonban matematikai lehetőségei és működési sebessége viszonylag kicsi.

A felsorolt gépek valamennyien háromcímű utasításrendszert használnak.

1955-ben készült el az egycímű „Ural” gép, amely a kis univerzális gépek osztályába tartozik. Az a rendeltetése, hogy automatizálja a tudományos kutató-intézetek, tervezőirodák, felsőoktatási intézmények, stb. számítási munkáit. Az „Ural” gépet már néhány éve sorozatban gyártják, ez a legelterjedtebb szovjet számológép.

1958—59-ben építették meg a gép korszerűsített változatát, az „Ural-2”-t, amelyben ferritgyűrűs operatív tároló van. Ezzel a működési sebességet 100-ról 5000 műveletre lehetett növelni másodpercenként.

1955—57-ben készült el az egyszerű és viszonylag olcsó, kisméretű M—3 gép, amelynek működési sebessége körülbelül 30 művelet másodpercenként, aránylag nem nagy terjedelmű, de matematikai számítások tág köre végezhető el vele. Kidolgozták az M—3 ferrittárolós változatát is, amely lényegesen gyorsabb működésű.

Későbbi gyártmány a „Kijev” gép, amely másodpercenként kb. 10 000—13 000 művelet elvégzésére képes.

Nagy érdeklődésre tarthat számot két olyan gép, amely teljes egészében mágneses elemekre épül és elektroncsöveket csak a tápforrásokban tartalmaz. Egyiküket, a LEM—1-et, 1956—58-ban dolgozták ki.

A „Szetuny” gép érdekessége, hogy ez az első olyan számológép, amelyik hármasszámrendszerben dolgozik. Az alkotók véleménye szerint ez a gép szerkezeti elrendezésének gazdaságossága és az aritmetikai műveletek egyszerűbb elvégzése szempontjából igen előnyös.

A felsorolt, elég jól ismert gyorsműködésű digitális számológépeken kívül a Szovjetunió több tudományos kutató-intézetében és tervezőirodájában intenzíven dolgoznak olyan újtípusú univerzális és speciális gépek létrehozásán, amelyek lényegesen nagyobb sebességgel, gazdaságosabban működnek és kisebb méretűek.

A gépek tulajdonságai ilyen irányban a következő módokon javíthatók: az elektroncsövek felválthatók félvezetőkkel, mágneses, valamint más korszerűbb és gazdaságosabb elemekkel, új működési elvek és az alapegységekben új kapcsolások dolgozhatók ki, az egyes elemek és szabványos egységek gyártási technológiája tökéletesíthető.

3. EGYÉB GYÁRTMÁNYÚ DIGITÁLIS SZÁMOLÓGÉPEK RÖVID ISMERTETÉSE

Mint már említettük, az első elektronikus digitális számológép, az ENIAC², az Egyesült Államokban készült. Ezt a gépet a második világháború utolsó éveiben dolgozták ki és az első nyilvános bemutatót a titkosság feloldása után, 1946-ban tartották. Ezt követően is intenzív munkát folytattak az USA-ban a digitális számítástechnika területén, jelenleg száznál több típusú, kb. tízezer gép van üzemben, beleértve a másodpercenként több százezer műveleti sebességű egyedi gépeket is.

Ha tehát a kapitalista országok számítástechnikájának helyzete érdekel bennünket, akkor az eddigi eredményeket és a további fejlődés távlatait elsősorban a legfejlettebb kapitalista országban, az Egyesült Államokban kell vizsgálnunk.

Számológépeket az USA-ban nemcsak tudományos kutatóintézetekben és laboratóriumokban használnak, hanem ezen kívül komoly érdeklődés nyilvánul meg a nagy kapitalista cégek és monopóliumok részéről a számítástechnika meghonosítására egyes termelési folyamatok automatizálásában, gazdasági számításokban, ipari folyamatok tervezésében, az ipar körében végzett adatfeldolgozásban, a kereskedelemben és a szállításban.

Az amerikai elektronikus adatfeldolgozó készülékek gyártásában vezető szerepe van az „International Business Machines Corporation” (IBM) cégnek, amely 1958-ig csak az IBM—650 típusú gépből körülbelül 700 darabot bocsátott ki; ez a legelterjedtebb géptípus az USA-ban és a nyugat-európai országokban.

Az IBM-650 közepes méretű gép. Binárisan kódolt decimális rendszerben megadott számokkal dolgozik. Az operatív tároló egy 2000 szó kapacitású mágnesdobból és egy 60 szavas mágnesgyűrűs tárolóból áll. Ezenkívül tartalmaz a gép egy mágneslemezes tárolót is; ennek kapacitása 6 millió binárisan kódolt decimális számjegy, további tartozéka hat mágnesszalag-tároló. Az adatok be- és kivi-

2. Electronic Numerical Integrator and Calculator.

telére lyukkártyás berendezése van, a kiírás céljára egy egyszerű nyomtató berendezéssel is el van látva. Két szám összeadásának ideje 0,77 ms, a szorzásé 12 ms, az osztásé 16 ms. Teljesítményfelvétele eléri a 70 kW-t.

Elterjedtek az IBM cég más típusú gépei is, nevezetesen az IBM—604, —625, —704. Néhány ezer olyan gép is üzemben van, amelyet egyéb USA-beli cégek gyártottak.

Hosszú évekig a világ egyik leggyorsabb gépe az IBM által 1955-ben készített NORC volt, amely a haditengerészeti flotta tüzérségi fegyverzetével kapcsolatos kutatások céljára szolgált. Másodpercenként 60 000 összeadást vagy 30 000 szorzást képes végrehajtani, 8000 elektroncsövet és 25 000 félvezető diódát tartalmaz. Katódsugárcsőes operatív tárolójának kapacitása 3600 szó, szavanként 13 decimális helyértékkel. A gép külső tárolója nyolc, igen nagy sebességű mágnesszalag-egység, másodpercenkénti 70 000 jel olvasási vagy írási sebességgel. Ezt használják az adatok bevitelére, a részeredmények tárolására és a végeredmények feljegyzésére.

1959-től a gép korszerűsítése céljából a katódsugárcsőeket tranzisztoros vezérlésű mágnesgyűrűs tárolóval helyettesítették. Ennek az operatív tárolónak a kapacitása 20 000 szám, egyenként 16 decimális helyértékkel. Az adatokat a gépből kiíró nyomtató berendezés másodpercenként 300 jel sebességgel dolgozik. Ezenkívül kidolgoztak újabban egy „karaktron” típusú katódsugárcsőekkel működő gyorskiíró berendezést is.

A „Philco Corporation” 1957-ben dolgozta ki az első nagy félvezetős gépek egyikét, amely a C-2000 nevet kapta. Ez a gép 60 000 összeadást vagy kivonást, 26 000 szorzást és 17 000 osztást végez másodpercenként. Mágnesgyűrűs operatív tárolójának kapacitása 4096 szó. Külső tároló céljára mágnesszalag szolgál, ennek írási és olvasási sebessége 90 000 jel másodpercenként. A be- és kivitelre lyukkártyát és lyukszalagot használnak, az utóbbi olvasási sebessége 1000 jel másodpercenként. Van egy mágnesdobos puffertárolója, aminek kapacitása 32 768 szó. Elektronikus alapelemként a gépben barriertranzisztorokat alkalmaznak. Az összes tranzisztorok száma eléri a 43 000-et.

Ugyancsak 1957-ben építették a Massachusetts Institute of Technology Lincoln Laboratory-ban a TX—2 gépet, amely 130 000 összeadást és 60 000 szorzást tud elvégezni egy másodperc alatt. Mágnesgyűrűs operatív tárolójának kapacitása 262 144 szó. A világon az első olyan gép, amelyben egy vékony ferromágnes-hártyás tároló működik, ennek kapacitása 32 szó, telfes ciklusideje 0,8 μ sec; összesen 22 000 tranzisztort és 625 elektroncsövet tartalmaz.

Az amerikai számológépek ezen egyáltalán nem teljes áttekintésének befejezéseként néhány adatot közlünk az igen gyors működésű STRETCH gépről, amely nagy érdeklődésre tarthat számot a számítástechnika fejlődésének távlatai szempontjából. E gép első példányát 1960-ban építette meg az IBM cég az USA atomenergia-bizottsága számára. A STRETCH másodpercenként 2 000 000 összeadást vagy 500 000 szorzást képes elvégezni. 12—15 decimális helyértéknek megfelelő hosszúságú számokkal dolgozik, akár fixpontosan, akár lebegőpontosan. A gépben két mágnesgyűrűs operatív tároló van: egy 8192 szavas alaptároló, 2 μ s hozzáférési idővel és egy gyors tároló, 512 szó kapacitással, 0,5 μ s hozzáférési idővel. Puffertárolóként (átmeneti tárolóként) mágneslemezt használnak, ennek teljes kapacitása 1 000 000 szó, a hozzáférési idő 4 ms. A gépet olyan különleges nagyfrekvenciás diódákkal és tranzisztorokkal építették meg, amelyek 10 MHz alapprofrekvencián dolgoznak.

Angliában, amely az elektronikus számítástechnika alkalmazásában a második helyet foglalja el a kapitalista országok között, széles körben elterjedtek az amerikai mintára készült gépek, mindenekelőtt az IBM cég gépeinek különböző típusai, mivel az IBM-nek itt leányvállalatai vannak.

Az elektronikus gépeket előállító nagy angliai cégek közül megemlíthjük az Elliott, a Ferranti, a British Tabulating Machine cégeket.³

A legutóbbi időkig az angol gépekben mágnesdobokat használtak operatív tárolóként, amelyek az angolok meg-

3. A korábban csak lyukkártyás berendezéseket és asztali számológépeket gyártó ICT (Internat. Computers and Tabulators LTD) az utóbbi években az elektronikus számológépek gyártása terén is élre tört Angliában. (a lektor megj.)

győződése szerint több tucatszor olcsóbbak, mint a ferritgyűrűs berendezések. Ez azonban erősen korlátozza a gépek működési sebességét, így az angolok gyorsabb működésű és egyben olcsó operatív tárolók szerkesztésére törekednek. Például néhány géptípusban nikkelhuzalból készült magnetosztatikus késleltetővonalakat alkalmaznak tárolás céljára.

A többi kapitalista ország közül még Japán érdemel említést, ahol a számológépek építésének több új, érdekes alapelvét dolgozták ki. A Japánban működő gépeknek körülbelül a fele parametrikus gerjesztésű elemekre, ún. parametronokra épült. Ezek a gépek, bár kisebb sebességgel dolgoznak, de többszörösen olcsóbbak a csöves vagy tranzistoros gépeknél és ezenkívül lényegesen megbízhatóbbak, mivel logikai és tárolóegységeik alapelemei nem tartalmaznak korlátozott élettartamú aktív elemeket. A parametronokra épített gépekben elektroncsövet csak a tápegységekben használnak.

Közlemények szerint Japánban jelenleg olyan gépeket dolgoznak ki, amelyek alapeleme az *Esaki* által 1958-ban feltalált alagútdióda. Ez egy síkdióda, amelynek működése a töltéshordozók ún. kvantummechanikai alagúteffektusán alapul. Feltehető, hogy az alagútdiódás gépek 30—100 MHz órajel frekvenciával dolgozhatnak és a dióda átkapcsolási ideje 1 ns-ra vagy az alá csökkenthető.

4. A DIGITÁLIS SZÁMOLÓGÉPEK TOBÁBB- FEJLŐDÉSÉNEK FŐ IRÁNYAI

A jelenleg működő számológépek számuk gyors növekedése ellenére is csak a legalacsonyabb fokon elégtik ki az igényeket. A későbbiekben a gépi számolás és az ipari folyamatok automatikus irányítási módszereinek további terjedése ezt az igényt még csak növelni fogja.

Tehát az elektronikai ipar egyik legfontosabb feladata, hogy elektronikus gépek már kidolgozott típusainak gyártását minden eszközzel növeljék, a megbízhatóság, a gazdaságosság és egyéb technikai jellemzők egyidejű javítása mellett.

A legközelebbi években az olcsó és gazdaságos gépek gyártásának igen gyors növekedése várható, olyan gépeké, amelyek működési sebessége másodpercenként néhány ezer, legfeljebb néhány tízezer aritmetikai művelet nagyságrendű. Az ilyen gépeknek hozzáférhetőeknek kell lenniük a tudományos intézmények, tervezőirodák, üzemek, gazdasági tervező szervek, felsőfokú oktatási intézmények és igazgatási szervek részére.

Nem szabad elfelejtenünk, hogy a digitális számológépek működési sebességének növelése terén elért nagy sikerek ellenére, ez a sebesség sokféle fontos tudományos-technikai feladat megoldására egyáltalán nem elegendő. Ilyen feladat többek között különböző gyorsan végbemenő ipari folyamatok és a nagysebességű szállítási folyamatok automatikus irányítása, ami a vezérlő hatások több változatának bonyolult határfeltételek melletti kiszámítását és az optimális változat kiválasztását követeli meg minimális idő alatt.

Ha nyomon követjük az elektronikus számítástechnika fejlődésének útját az eltelt két évtized alatt, akkor kétséget kizáróan láthatjuk azt a határozott irányvonalat, amely a számológépek működési sebességének minden eszközzel való növeléséből áll. Hiszen a negyvenes évek derekán megjelenő első gépek működési sebessége legfeljebb néhány száz vagy ezer aritmetikai művelet volt másodpercenként, az ötvenes évek közepén már elérték a néhány tízezres nagyságrendet (NORC, LARC, C—2000 és mások), 1957-ben pedig elkészült a TX—2, amely másodpercenként 130 000 műveletet hajt végre. Végül a 60-as évek elején olyan gépeket helyeztek üzembe, amelyek működési sebességét már másodpercenkénti millió művelettel lehet mérni (STRETCH és mások).

Tehát ezen időszak alatt a gépek sebessége közelítőleg négy nagyságrenddel, 10^3 -ról 10^6 másodpercenkénti műveletre emelkedett. A számítástechnika ma már megközelíti a műveletvégzés maximálisan megvalósítható sebességét, amelyet az impulzusok fénysebességgel egyenlő terjedési sebessége szab meg.

A különböző aritmetikai műveletek elvégzése a számológépen lényegében együtt jár a gépben levő elemek állapotá-

nak megváltozásával és az elemek közötti információ-cserével; ez gyakorlatilag úgy történik, hogy a gép egyik eleméről vagy egyik blokkjáról a másikra elektromos impulzus adódik át. Minthogy minden gépben a blokkok és elemek bizonyos távolságra vannak egymástól, az impulzusok átadása véges időtartam alatt megy végbe. Ez az idő az elemek közötti távolságnak és az impulzusok terjedési sebességének, azaz a fénysebességnek a hányadosával egyenlő (valójában az elektromos impulzusok a fénysebességnél kisebb sebességgel terjednek a vezetőkben, de a különbség elhanyagolható).

Ha feltesszük, hogy kisméretű elemek kidolgozása és ésszerű konstrukciós elrendezés eredményeként sikerül olyan gépet alkotni, amelyben az elemek közti távolság nem haladja meg a tíz centiméteres nagyságrendet, akkor kiszámíthatjuk az időt, amely alatt az információ az egyik elemtől a másikig eljut. Például az elemek között 30 cm-es távolságot megengedve, az impulzus terjedési ideje:

$$\tau = \frac{30}{3 \cdot 10^{10}} = 10^{-9} \text{ s} = 1 \text{ ns.}$$

Ha még azt is feltételezzük, hogy a gép elemeiben a feldolgozási idő elhanyagolható, és úgy számolunk, mintha az aritmetikai műveletek során csak egyetlen impulzust kellene az egyik elemtől a másikig átvinni, akkor is a gép maximális működési sebessége csak körülbelül 10^9 műveletet érhet el másodpercenként. Minthogy az elemekben a feldolgozási idő nem csökkenthető nullára, a műveletvégzés ideje pedig gyakorlatilag nem korlátozható egyetlen impulzus átadására, az adott méretek mellett elérhető tényleges sebesség kb. 10^8 műveletet tesz ki másodpercenként. Igaz, hogy a sebességnek a másodpercenként 10^6 -on műveletről 10^8 -ra növeléséhez szükséges elemek kidolgozása és ipari előállítása igen bonyolult feladat.

Mint már szó volt róla, a gépen megoldható feladatok körének kiszélesítése a gépben levő elemek mennyiségének növelését követeli meg; különösen a tárolóberendezés méretét kell jelentősen megnövelni. Például az operatív

tároló mérete az első gépek néhány tíz szavas kapacitásáról a korszerű gépeknél ezres és tízezres nagyságrendig emelkedett. A jövő tudakozó-tájékoztató- és fordítógépeinél a tárolók befogadóképességét millió szavakkal, később pedig milliárdokkal kell mérni.

Természetesen óriási elemszámú gépek megalkotása a méretek egyidejű csökkentése mellett csak az elemek további miniaturizálásával és mikrominiaturizálásával lehetséges. Végül nagyon fontos tényezővé válik a gép táplálásához szükséges energia csökkentése, ami gazdaságos elemek létrehozását követeli meg.

Fentiek szerint az elektronikus számológépek technikai fejlődésének alapvető irányát a mikrominiatúr elemek megalkotása képezi. A mikrominiaturizálással megoldható az a komplex feladat, hogy olyan gépeket építsünk, amelyek egyaránt kitűnnek gyors működésükkel, kis méreteikkel, olcsó üzemeltetésükkel és gazdaságos gyártási technológiájukkal.

A számológépek működési sebességének eddig vizsgált növelési lehetőségét, azaz gyorsabb működésű elemek alkalmazását és azok méreteinek csökkentését *technikai útnak* nevezhetjük. Ezzel azonban nem merítettük ki azt a lehetőséget, hogy a gépeken tovább növeljük a matematikai feladatok megoldásának sebességét. Sőt, ha sikerül elérni az aritmetikai műveleteknek a technikai fejlődés adott színvonalának megfelelő maximális végrehajtási sebességét, akkor még mindig maradnak jelentős tartalékok a feladatmegoldás meggyorsítására, mint a gép működésének megszervezése és szerkezetének felépítése új elvek alapján, a feladatmegoldások algoritmusának célszerűbb kiválasztása, a programozás rendszerének megjavítása stb. A digitális számológépek sebességnövelésének ez az ún. *szervezési útja* olyan eszközöket is tartalmazhat, mint például egyes műveletek összevonása, olyan tárolóberendezések használata, amelyeknél egymástól függetlenül, egyidejűleg lehet több címhez fordulni, a számítási folyamat lépcsős és párhuzamos szervezése stb.

Nagy jelentőségű a gépek megbízhatóságának növelése is, amely számításjellegű feladatok megoldásánál a beren-

dezés kieső idejének csökkentése révén végső soron meggyorsítja az eredmény meghatározását, vezérlő gépeknél pedig elsőrendű fontosságú, mivel a vezérlési folyamat hibamentes megvalósítását biztosítja.

Új gépek kidolgozásakor az egyik legfontosabb feladat az információ bevitelének és kiadásának tökéletesítése. A jelenleg alkalmazott megoldások sebessége rosszul illeszkedik a gépek egyéb egységeihez. Eddig az alapvető beviteli módszer a lyukkártyáról vagy lyukszalagról való bevétel volt, ezt előzőleg kézi úton kell az operátornak előkészítenie.

Fontos feladat olyan bevivő berendezések kidolgozása, amelyek lehetővé tennék, hogy a gép közvetlenül a nyomtatott szövegről „olvassa le” az információt. Elvileg már kidolgoztak ilyen berendezéseket, ezek azonban még nagyon bonyolultak, drágák és nem eléggé megbízhatók.

Megoldásra vár még az információnak a gépbe bevitele közvetlenül hangról, ami különösen fontos az automatikus beszédfordításnál más nyelvre, ha azt direkt módon, közvetlenül a szónok után végezzük. Az információnak a számológépből való kivitelére olyan berendezéseket kell kidolgozni, amelyek a jelenlegi korszerű betűnyomtató mechanizmusoknál lényegesen nagyobb sebességgel végzik el a közvetlen kivitelt. Erre a célra már használnak fotonyomtató berendezéseket, „karaktron” típusú csöveket és rendszereket is.

A soron következő feladat olyan rendszerek kidolgozása, amelyek az információt beszéd formájában adnák ki, ami szintén az automatikus fordítógépeknél lenne fontos.

II. ÚJ FÉLVEZETŐ ELEMEEK

1. FÉLVEZETŐ ESZKÖZÖK HASZNÁLATA A SZÁMÍTÁSTECHNIKÁBAN

Az elektronikus számológépek műszaki jellemzői javításának, az üzemi megbízhatóság növelésének és a költségek csökkentésének egyik alapvető módja félvezetők széleskörű alkalmazása a gépek aritmetikai, tároló- és vezérlőegységeinek áramköreiben. A félvezetők élettartama sok esetben meghaladja a passzív híradástechnikai alkatrészek élettartamát, ami lehetővé teszi, hogy a számolóberendezések hosszú ideig működjenek alkatrészcsere nélkül; ezenkívül a nagyszámú érintkezőt forrasztott kötésekkel lehet helyettesíteni, ami szintén jelentősen növeli a gép működésének megbízhatóságát.

A félvezetők alkalmazása a gép gazdaságosságát lényegesen növeli, egyrészt a táplálásra fordított energia megtakarítása révén, másrészt annak következtében, hogy egy félvezetős gépben csak kis hőmennyiség termelődik és így szükségtelenné válnak speciális hűtő- és szellőzőberendezések. Ezenkívül a félvezetős gép jóval tömörebben szerelhető, ami az üzemeltetés során csökkenti az elhelyezési költségeket; repülőszervezetek vezérlésénél pedig a kis méretek döntő előnyt jelentenek.

A félvezetős áramkörök tápfeszültsége általában nem haladja meg a 10—20 V-ot, ami bizonyos esetekben néhány voltra is lecsökkenthető. Ez jelentősen leegyszerűsíti és olcsóbbá teszi a tápforrásokat.

Mindezek alapján leszögezhetjük, hogy a félvezetők meghonosítása az egyik leghatékonyabb eszköz arra, hogy az elektronikus számológépek különböző jellemzői lényegesen javíthatók legyenek.

Félvezető diódákkal és tranzisztorokkal már sokféle kapcsoló áramkört, trigger, multivibrátort, invertert,

szummátort, logikai áramkört, tárolóberendezésekhez vezérlőáramkört stb. dolgoztak ki, és ezeket alkalmazzák is működő berendezésekben. A félvezetők elterjedésének első szakaszában ezekben az áramkörökben különböző típusú tús- és rétegtranzisztorokat is felhasználtak. Később sikerült olyan rétegtranzisztorokat és diódákat kidolgozni, amelyeknek jó a frekvenciakarakterisztikájuk, ezért a jelenleg épülő berendezésekben tús elemeket jóformán nem is használnak. A különböző rádiótechnikai áramkörökben elterjedt, sorozatban gyártott rétegtranzisztorok, amelyek határfrekvenciája nem haladja meg a 0,5—1,5 MHz-et, többnyire nem elégítik ki azokat a követelményeket, amelyeket a nagy órajelfrekvenciával működő gépek áramköreiben dolgozó tranzisztoroktól megkövetelnek. Ezért a korszerű elektronikus digitális számológépekben egyre gyakrabban használnak különleges nagyfrekvenciás tranzisztorokat, amelyek határfrekvenciája tíz vagy száz megahertz nagyságrendű és alagút-diódákat, amelyeknek nagy perspektívái vannak az igen gyors működésű gépek építésében.

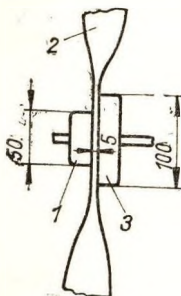
2. NAGYFREKVENCIÁS TRANZISZTOROK

Felületi záróréteges, más szóval barriertranzisztorok. A felületi záróréteges tranzisztoroknál, avagy barriertranzisztoroknál a bázisvastagság néhány mikronra csökkentésével növelhető a határfrekvencia. Ehhez speciális gyártási technológiára van szükség. Az n típusú vezetésű germánium lemezt kémiai úton néhány tíz mikron vastagságúra maratják le, majd a maratást ún. elektrokémiai úton folytatják, ami abból áll, hogy a lemezre a szemben levő oldalakról vékony elektrolit sugarakat irányítanak. Ily módon néhány mikronos lemezvastagság érhető el, a bázis két oldalán pedig olyan réteg alakul ki, amely csaknem teljesen mentes szennyező atomoktól (i típusú saját vezetőképeséggel), és amelynek vastagsága 1—2 μ nagyságrendű.

Ezután a bázis levékonyított részének két oldalára szintén elektrokémiai úton indium réteget visznek fel, ez alkotja az emittert és a kollektort. Miután a tranzisztor

felületét kémiai maratás útján megtisztították, védőréteggel vonják be és az egészet hermetikus házba helyezik.

Egy felületi záróréteges, barriertranzisztor vázlatos szerkezetét és méreteit mutatja az 1. ábra. A működő felület kis méretei következtében a tranzisztor belső kapacitásai igen kicsinyek. $5\ \mu$ bázisvastagság esetén a határfrekvencia kb. 56 MHz. A megengedett teljesítménydisszipáció a kis működő fel-



1. ábra.
Barriertranzisztor
1 emitter; 2 bázis;
3 kollektor

let miatt kicsi, néhány mW-ot tesz ki. A Szovjetunióban is kidolgoztak és gyártanak felületi záróréteges tranzisztorokat, típusuk P404 és P405.

Ilyen tranzisztorokkal eredményesen építenek ún. közvetlen csatolású áramköröket. Ezeknek a kapcsolásoknak az elve a következő.

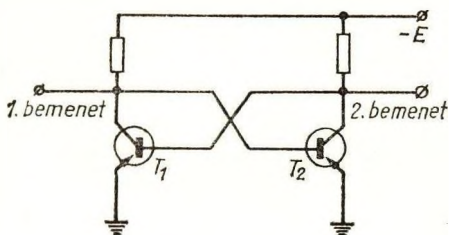
Mint ismeretes, telítési üzemből lezárásba való átkapcsoláskor a kollektorátmenet ellenállása igen erősen megváltozik. Telített üzemben dolgozó nyitott tranzisztor kollektorátmenetének ellenállása kicsi, ezért, ha a kollektorkörben elég nagy terhelőellenállás van, a kollektoron levő feszültség (földelt emitteres kapcsolásban) szintén igen kicsi (néhány tizedvolt nagyságrendű). Ha tehát ilyen tranzisztor kollektorát

közvetlenül összekötjük egy ugyanolyan kapcsolású másik tranzisztor bázisával, akkor az utóbbi lezárt állapotba kerül.

Egy földelt emitterű lezárt tranzisztor kollektorán levő feszültség a kollektorátmenet nagy ellenállása következtében gyakorlatilag egyenlő a kollektor-tápfeszültség értékével. Ha most ennek a tranzisztornak a kollektorát összekötjük egy másik, hasonlóan földelt emitteres kapcsolású tranzisztor bázisával, akkor ez a második tranzisztor telítési üzemben fog dolgozni.

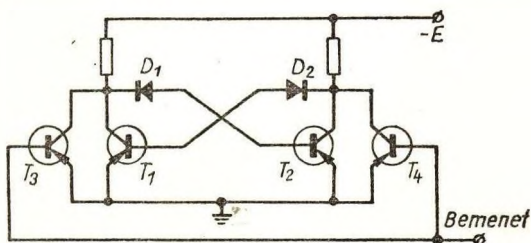
A 2. ábrán példaként egy barriertranzisztoros közvetlen csatolású trigger kapcsolása látható. Az áramkör mindig a két lehetséges stabil állapot egyikében van, ami azt jelenti, hogy az egyik tranzisztor nyitott (telítési üzem), a másik pedig lezárt (lezárt üzem).

A trigger pillanatnyi stabil állapota mindaddig megmarad, amíg egy külső jel hatására át nem billen a másik stabil állapotba. Valóban, ha az 1. bemenetre pozitív impulzust adunk, akkor az a T_2 tranzisztor bázisára jut és zárja T_2 -t.



2. ábra. Közvetlen csatolású trigger kapcsolási rajza

Ekkor T_2 kollektorárama erősen csökken, a kollektoron levő feszültség a tápfeszültséggel lesz egyenlő. Ez a feszültség a T_1 tranzisztor bázisára jut és kinyitja azt. Ennek hatására megnő T_1 kollektorárama, megemelkedik (gyakorlatilag nullára) kollektorfeszültsége, tehát a T_2 bázisán lévő feszültség is és így T_2 lezáródik.

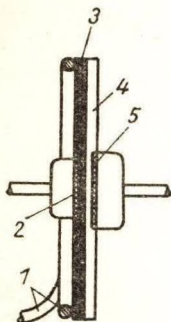


3. ábra. Közös bemenetű közvetlen csatolású trigger kapcsolási rajza

Hasonló módon a trigger 2. bemenetére adva pozitív impulzust, az olyan stabil állapotba billen, amelyben a T_1 tranzisztor zárt, a T_2 pedig nyitott.

A 3. ábra egy olyan triggeret mutat, amelynek közös (számláló) bemenete van. Ebben a kapcsolásban a közös

bemenetre jutó negatív impulzust az az indító tranzisztor (T_3 vagy T_4) erősíti, amelyiknek a kollektora az impulzus belépésének pillanatában negatívabb potenciálon van. Ily módon ez az impulzus a trigger nyitott tranzisztorának (T_1 vagy T_2) bázisára jut el, ennek következtében a trigger az ellenkező stabil állapotba billen.



4. ábra. *p-n-i-p* típusú drifttranzisztor

1 gyűrűs érintkező és a bázis kivezetése; 2 *p* réteg (emitter); 3 *n* réteg; 4 *i* réteg; 5 *p* réteg (kollektor)

A közvetlen csatolású áramkörök nagy előnye egyszerűségük, olcsóságuk, kis energiafelvételük, jó frekvenciakarakterisztikájuk és a kisfeszültségű (1,5 V nagyságrendű) táplálás lehetősége.

Felületi záróréteges tranzisztorokkal építenek diszjunkciós, konjunkciós kapcsolásokat és más logikai áramköröket is: szummátorokat, léptetőregisztereket stb. A közlemények szerint építettek már számológépeket barriertranzisztoros, közvetlen csatolású elemekkel; ilyen pl. a „Transac” (USA).

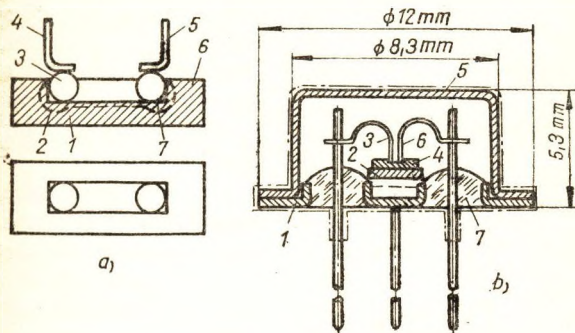
A drifttranzisztorok (kétbázisú tranzisztorok), vagy ahogyan néha nevezik őket, *p-n-i-p* és *n-p-i-n* típusú tranzisztorok nem egyféle bázissal rendelkeznek. Egy ilyen tranzisztor vázlatos szerkezetét a 4. ábra mutatja. Ennek a bázisa két rétegből áll;

az emitterhez közelebb fekvő nagy koncentrációjú szennyezést tartalmaz, ez kis ellenállást biztosít számára. A másik, a kollektorhoz közel eső réteg néhányszor vastagabb és vezetőképessége közel van a germánium saját vezetőképességéhez (*i* réteg). Ilyen szerkezettel a bázisellenállás és a kollektorkapacitás csökkenthető, a kollektorátmenet átütő feszültségének egyidejű növelése mellett.

A drifttranzisztorok (pl. *p-n-i-p* típusú) gyártásához nagy fajlagos ellenállású (20—25 Ω cm nagyságrendű) germániumlemezt használnak, amelybe 10—20 μ mélységig antimont diffundáltatnak, s így kis ellenállású *n* típusú réteg jön létre. A lemez egyik oldaláról ezt a réteget lecsiszolják, ezután mindkét oldalára akceptor anyagot (leggyakrabban indi-

umot) hegesztenek, ez alkotja a tranzisztor emitterét és kollektorát.

A drifttranzisztorok határfrekvenciája eléri a néhány száz MHz-et, ami elvileg lehetővé teszi felhasználásukat igen nagy órajel-frekvenciájú számológépek áramkörében is.



5. ábra. P402 és P403 típusú diffúziós tranzisztor

a elvi vázlat: 1 kollektor; 2 bázis; 3 indium, gallium, antimon és arany ötvözet; 4 emitterkivezetés; 5 báziskivezetés; 6 *p* típusú germánium; 7 *n* típusú germánium; *b* szerkezeti vázlat: 1 perem; 2 kristálytartó; 3 emitter-kivezetés; 4 germánium kristály; 5 fedél; 6 báziskivezetés; 7 szigetelő

A diffúziós tranzisztorok, amelyek bázisrétegét gáznemű, folyékony vagy szilárd szennyezések diffúziója útján alakítják ki, jelenleg elég széles körben elterjedtek. Többek között a Szovjetunióban is gyártják a P402, P403 és P411 típusú diffúziós tranzisztorokat.

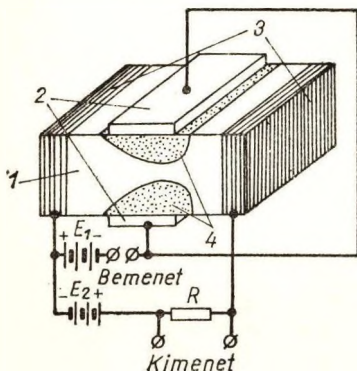
Az 5. ábrán látható a P402 és a P403 típusú diffúziós tranzisztorok felépítése. A tranzisztor bázisát úgy készítik, hogy indium, gallium, antimon és arany ötvözetéből álló golyócskából antimont diffundáltatnak egy germánium lemezbe. Az emitter indium és gallium ötvözet. A kollektor *p* típusú germánium a lemez ama végén, ahova nem sikerült a diffúzió révén antimont eljuttatni.

Az így készült tranzisztorok *p-n-p* átmenettel rendelkeznek és 60 MHz (P402), ill. 120 MHz (P403) frekvenciájú jeleket tudnak kelteni. Magasabb frekvenciákon koaxilális felépítésű diffúziós tranzisztorokat alkalmaznak. Így például

a P411 típusú koaxiális diffúziós tranzisztor 500 MHz frekvenciáig használható.

A csatorna-, avagy unipoláris tranzisztorokban a töltéshordozók egy külső feszültség hatására létrejövő erős elektromos térben mozognak.

Ez a mozgás egy félvezető csatorna mentén történik, amelynek ellenállása a csatornán keresztül irányuló másik elektromos tér hatására változik.



6. ábra. Csatornatranzisztor

1 n típusú germánium lemez; 2 p típusú rész; 3 ohmikus érintkezők; 4 zárórétegek

más módon létrehozott p típusú tartományok, amelyek elektromos összeköttetésben vannak. Ezeket zárnak nevezzük. A p és n tartományok közti határfelületeken zárórétegek jönnek létre, amelyekben gyakorlatilag nincs töltéshordozó. Ennek következtében a galvanikus érintkezők közti áram az E_2 feszültségforrásból kapott feszültség hatására nem a lemez teljes keresztmetszetében folyik, hanem csak a zárórétegek közötti vezető csatornában.

Ennek a vezetécsatornának a keresztmetszete változhat, ha az E_1 áramforrásból a lemezhez képest negatív feszültséget adunk a zárra és azt változtatjuk. A feszültség növelésekor a p - n átmenet „előfeszítése” megy végbe, ez együtt jár a záróréteg vastagságnövelésével, így a csatorna keresztmetszete csökken. A zárra adott negatív feszültség csökkentésekor a zárórétegek vastagsága is csökken, tehát a csatorna keresztmetszete nő.

A csatornatranzisztor működését a 6. ábrán látható felépítési vázlat alapján világíthatjuk meg. A tranzisztor bázisát n típusú germánium lemez alkotja, amelyet oldalról galvanikus érintkezők határolnak. A felső és alsó lapokon egymással szemben helyezkednek el az ötvözéssel vagy

Minthogy az ellenállást, amit a tranzisztor az E_2 telep által szolgáltatott árammal szemben tanúsít, a csatorna keresztmetszete határozza meg, ezért a zárra adott feszültséget a bemenetre adott váltófeszültségű jel révén változtatva, a galvanikus érintkezők közötti csatornát és az R terhelő-ellenállást tartalmazó áramkörben folyó áram nagyságát vezérelni lehet. Ekkor megfelelően változni fog a terhelésen levő feszültség is, amely az áramkör kimenő kapcsairól vehető le.

Ha elég nagy negatív feszültség jut a zárra, akkor a csatorna keresztmetszete nullára csökken. Ennek eredményeként a csatorna lezáródik, vagyis az alapáramkörben megszakad az áram.

Ily módon a csatornatranzisztor egy vákuumtriódához hasonlóan viselkedik, ahol a katód szerepét az egyik galvanikus érintkező veszi fel, amelyet forrásnak neveznek, az anód szerepét pedig a másik ohmikus érintkező, az ún. levezető. A zár eközben a vezérlőrácshoz hasonlít, az E_1 és E_2 feszültségforrások a rácsfeszültséget, ill. az anód-feszültséget helyettesítik, a bemenetre adott jel pedig a rácsra adott gerjesztés szerepét tölti be.

Ahhoz, hogy ilyen eszközzel erősítő hatást érjünk el, az alaplemezt elég kis elektromos vezetőképességű, n típusú germániumból kívánatos készíteni.

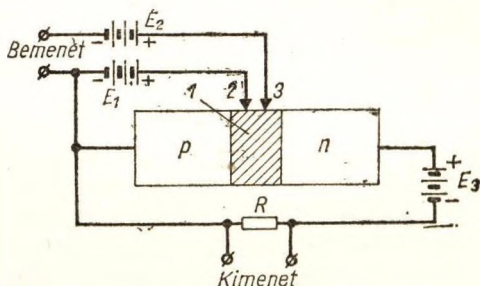
A csatornatranzisztorok határfrekvenciája az elméleti számításoknak megfelelően elérheti a 10^9 Hz-et. Jelentős további előnyük nagy bemenő és kimenő ellenállásuk és teljesítményük, amely néhány wattot is elérhet. A csatornatranzisztorok gyakorlati példányai néhányszor tíz megahertz nagyságrendű frekvenciákon dolgoznak.

A csatornatranzisztorok egyik szerkezeti változata az ún. *teknetron*. Ez egy n típusú germániumból készült, 2 mm hosszú és 0,5 mm átmérőjű hengeres mag, amelynek közepén gyűrű alakú vájat van, ennek felületére elektronikus úton viszik fel a zár szerepét betöltő, indiumból készült öv alakú réteget.

A spacisztor (letiltott p - n átmenetű félvezető eszköz). A spacisztor szerkezetét és bekötési rajzát a 7. ábra mutatja.

Ebben a félvezetőben azt az erősítési lehetőséget használják ki, hogy elektromos térbe töltéshordozókat visznek be és ezek számát a bemenőjel segítségével változtatják.

A spacisztor tulajdonképpen egy olyan félvezető dióda, amelynek elektronlyuk átmenete van, és a feszültségforrás a terhelőellenállást tartalmazó alapáramkörbe úgy van bekötve, hogy a dióda lezárt állapotban legyen. Ezért



7. ábra. A spacisztor kapcsolási rajza

1 záróréteg; 2 emitter (injektor); 3 modulátor

nevezik a spacisztort más szóval letiltott $p-n$ átmenetű eszköznek is. Míg azonban a szokásos diódában az elektronlyuk-átmenetet nem vezérlik, addig a spacisztorban két kiegészítő elektródával vezérlik. Ezek közül az egyik, amelyet emitternek vagy injektornak neveznek, alacsonyabb potenciálon van, mint a záróréteg és feladata, hogy pótlólagos elektronokat szolgáltatson e réteg számára. A másik elektródát modulátornak nevezik és a spacisztoron átfolyó áram vezérlésére szolgál. Ez szintén a záróréteg területén helyezkedik el, és — egy kiegészítő elektromos teret hozva létre — modulálja az elektronáramot, aminek következtében a terhelésen átfolyó áram (tehát a kimeneti kapcsolokon levő feszültség is) az áramkör bemenetére adott feszültségnek megfelelően változik.

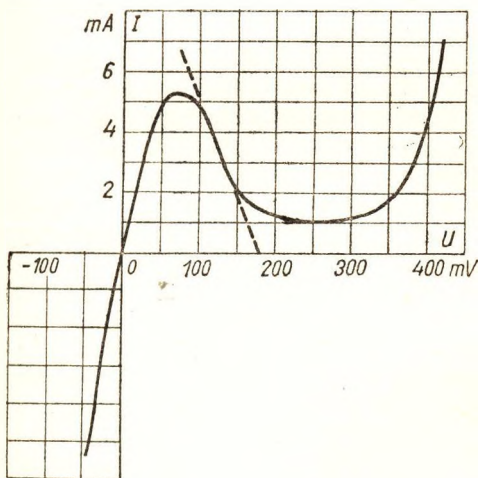
A spacisztor ezek szerint erősítőként működhet. Kidolgoztak olyan spacisztortípusokat is, amelyek határfrekvenciája 10 GHz-ig terjed és amelyek 500° C hőmérsékletig használhatók.

3. AZ ALAGÚTDIÓDA

Azt tapasztalhatjuk, hogy a másodpercenként milliós, sőt tízmilliós nagyságrendű műveleti sebességgel bíró elektronikus számológépek építésének igen nagyok a perspektívái. E területen nyílik lehetőség a Japánban feltalált alagútdiódák alkalmazására.

Ezek a germániumból vagy szilíciumból készült diódák az ún. alagúteffektuson alapulnak, amely abban áll, hogy az anyag hullámtermészetének következtében az elektronok olyan akadályokon is át tudnak hatolni, amelyek a szokásos klasszikus részecskék számára áthatolhatatlanok.

A térerő 10^5 – 10^6 V/cm-re való növelésekor az alagút-effektus következtében a diódában igen heves átütés megy végbe, mégpedig a diódára adott teljes negatív feszültség-



8. ábra. Alagútdióda volt—amper-karakterisztikája

tartományban, a pozitív feszültségeknek azonban csak egy meghatározott szakaszán.

Az alagútdiódában lejátszódó fizikai jelenségek következtében a dióda volt—amper-karakterisztikája a 8. ábrán

látható görbéhez hasonló. Ezt a karakterisztikát egyenáram mellett vették fel egy germánium-diódáról, amely úgy készült, hogy kevés gallium és cink szennyezést tartalmazó indium tablettákat arzénnel szennyezett, $10^{-3} \Omega \text{ cm}$ fajlagos ellenállású germániumlemezbe ötvöztek.

Mint a karakterisztikából látható, negatív előfeszítésnél a dióda ellenállása kicsi, a feszültség növelésével a diódán átfolyó áram monoton nő. Ha viszont a diódára pozitív feszültséget adunk és azt növeljük, akkor az áram kezdetben egy határozott maximumig nő, majd leesik egy mély és széles minimumra, és csak ezután kezd a feszültség további növelésével ismét monoton nőni. A 8. ábrán látható — a volt—amper-karakterisztikához érintőlegesen — szaggatott egyenes az áram legmeredekebb csökkenésének felel meg; hajlásszögének kotangense szemmel láthatóan negatív diódaellenállásra mutat a volt —amper-karakterisztika ezen szakaszán.

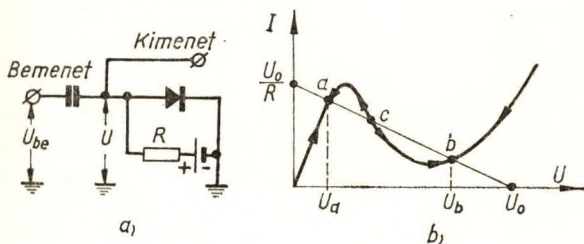
Ez a negatív ellenállás azt a lehetőséget jelzi, hogy az alagútdióda felhasználható elektromos rezgéskeltő áramkörökben. Mivel az alagúteffektus a félvezetőben nincs kapcsolatban a kisebbségi töltéshordozók sodródásának korlátozott idejével, ezért az alagútdiódát igen nagy frekvenciákon is lehet használni: a kísérletek alapján megállapították, hogy alagútdiódák száz, sőt ezer megaherz nagyságrendű frekvenciákon is használhatók.

Mint a karakterisztikából látható, a dióda nagyáramú és kisfeszültségű elem. A germánium-alagútdiódák kísérleti példányainál az áram elég nagy tartományban elérte a 2,5 A-t, szilícium-diódáknál pedig a 0,5 A-t, néhány tized voltnyi feszültség mellett; így az alagútdiódák energia-vesztése igen csekély.

Az alagútdiódák igen fontos tulajdonsága, hogy volt—amper-karakterisztikájuk csökkenő szakaszát igen széles hőmérsékleti tartományban megtartják. Szilícium-diódákkal végzett kísérletek alapján megállapították, hogy a negatív ellenállás $4,2 \text{ K}^\circ$ -tól (a folyékony hélium hőmérséklete) $350\text{—}375 \text{ C}^\circ$ -ig megmaradt. Végül bebizonyosodott, hogy az alagútdiódák rádióaktív sugárzás esetén is megbízhatóan működnek, ami különösen fontossá teszi alkalmazásukat

különleges rendeltetésű elektronikus berendezések megbízhatóságának növelése szempontjából.

Alagútdiódák ultranagyfrekvenciás rezgések keltésén kívül használhatók még detektorként, korlátozó elemként, multivibrátorként, tárolóberendezések bistabil elemeinek kapcsoló áramköreiben stb.



9. ábra. Alagútdiódák

a kapcsoló üzemben; *b* a kapcsolási áram és feszültség összefüggése

Nézzük meg közelebbről, hogyan működik az alagútdiódák kapcsolóként. A 9a ábrán a diódák kapcsolási rajza kapcsolóüzemben látható, a 9b ábra pedig az áramkör árama és feszültsége közti összefüggést mutatja.

Ha az előfeszültség U_0 , a telep, a diódák és az R állandó ellenállás áramkörében folyó áram pedig I , akkor a diódán levő U feszültség a „föld”-höz képest a következő értékű lesz:

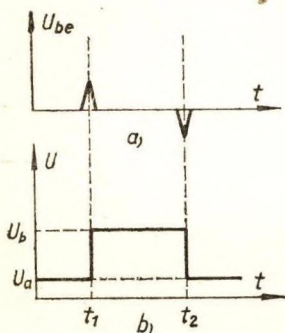
$$U = U_0 - IR,$$

amiből

$$I = \frac{1}{R} U_0 - \frac{1}{R} U.$$

Ez a kifejezés olyan egyenes egyenlete, amely a vízszintes és függőleges tengelyeket az $U = U_0$, ill. az $I = \frac{U_0}{R}$ pontokban metszi. Az egyenes metszéspontjai a volt—amperkarakterisztikával: *a*, *b*, és *c* az adott kapcsolás három szóba jövő stabil állapotát jellemzik. Elemezve az áramkörben lejátszódó folyamatokat, meggyőződhetünk arról, hogy e közül a három esetleges stabil állapot közül valójában csak

kettő stabil, mégpedig azok, amelyeket a -val és b -vel jelöltünk. Valóban, ha a kapcsolás a c pontnak megfelelő állapotban van, akkor bármilyen áramingadozás olyan feszültségváltozást okoz, amely az áram ugyanolyan irányú további megváltozását idézi elő, így a kapcsolás átbillen, mégpedig az a stabil helyzetbe



10. ábra. Alagútdióda-idődiagramja kapcsoló üzemben
 a bemenőjel; b kimenőjel

(ha a kezdeti lökés az I áramot növelte, vagy az U feszültséget csökkentette), vagy a b stabil helyzetbe (ha a kezdeti lökés az I áramot csökkentette, vagy pedig az U feszültséget növelte).

Vizsgáljuk most az ismertetett áramkör idődiagramját, amely a 10. ábrán látható. Jellemezze az áramkör kezdeti állapotát az a pont (9b ábra). Ekkor a kimeneten kis U_a feszültség van. A t_1 időpillanatban az áramkör bemenete pozitív impulzust kap, amely átbillenti a b ponttal jelzett másik stabil állapotba. Ekkor a kimeneten levő feszültség egy nagyobb U_b értéket ér el és az áramkörnek ez az új állapota egészen addig megmarad, amíg csak egy bizonyos t_2 időpontban nem éri a bemenetet negatív impulzus, amely visszabillenti az áramkört a kezdeti állapotba. Az alagútdiódás áramkörök átbillenési ideje nanoszekundum, sőt annak törtrésze is lehet.

Egyes közlemények szerint több országban (Japánban, az USA-ban, Angliában) távlati kutatásokat folytatnak alagútdiódás elektronikus számológépek építésére. Feltehető, hogy ezek a gépek igen gyors működésűek és széles hőmérsékleti határok között is igen megbízhatóak lesznek.

III. ÚJ FERROMÁGNESES ELEMEEK

1. A FERROMÁGNESES ELEMEEK ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

Az ötvenes évek közepén kezdtek elektronikus számológépekben széles körben ferromágneses elemeket alkalmazni; ez időben sikerült ui. a négyszögletes hiszterézisgörbéjű ferritgyűrűkből megbízható, gyorsműködésű, gazdaságos és kisméretű tárolókat építeni.

Leginkább a ferritből (oxiferből) készült gyűrű alakú magok terjedtek el. Ezek anyaga összetett fénoxid (vas-hidroxid sói), közös tapasztalati képletük $\text{MeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, ahol Me valamely kétvegyértékű fém. Tárolóelemek gyártására széles körben használják a magnéziummangán-ferriteket, amelyek összetételét a $\text{MgO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ képlet fejezi ki, és hiszterézisgörbéjük közel derékszögű.

A Szovjetunióban építettek néhány olyan számológéptípust, amelyben az aritmetikai, vezérlő- és tárolóegységek alapelemei ferritgyűrűk. Ilyen például a LEM—1, amelyet a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Elektromodellezési Laboratóriumában dolgoztak ki, továbbá a „Szetuny” gép, amelyet a Moszkvai Állami Egyetemen építettek.

Igen nagyszámú gyűrű felhasználása esetén — például nagykapacitású tárolókhoz — azonban komoly technológiai jellegű nehézségek jelentkeznek, a százezernyi kisméretű gyűrű gyártásával és kiválogatásával, a tárolókeret szerezésével, a gyűrűk fűzésével stb. kapcsolatban.

A célból, hogy csökkenteni lehessen a gyűrűk átbillenési idejét és így lerövidíteni az ehhez történő energiaszolgáltatást, valamint a berendezés méreteinek kisebbítése céljából is a gyűrűk méreteinek minél erősebb lecsökkentésére törekednek. Az 1 mm külső átmérőnél kisebb ferritgyűrűk gyártása azonban jelentős nehézségekkel jár, amelyek

különösen nagyok, ha szigorú követelmények vannak a paraméterek azonosságára.

A gyűrűk szereplését a technika mai színvonalán igen nehéz gépesíteni, ezért a nagyszámú miniatűr gyűrűt tartalmazó berendezések gyártása igen munkaigényes és drága folyamat, amely nagy selejtszázalékkal jár.

A felsorolt nehézségek olyan új típusú ferromágneses elemek kutatására vezettek, amelyek megőrizve a ferritgyűrűk értékes tulajdonságait, technológiailag könnyebben kezelhetők és gazdaságosabbak, nagyobb sebességgel működnek, logikai és egyéb célokra is alkalmazhatók.

Természetesen nehéz olyan elemeket előállítani, amelyek teljes mértékben egyesítenék magukban a felsorolt tulajdonságokat, ezért a tudósok, kutatók és szerkesztők intenzív munkájának eredményeképpen az utóbbi 5 évben újonnan kidolgozott ferromágneses elemek egész sora jelent meg a számítástechnikai berendezésekben, mint például a soklyukú magok (transzfluxorok), ferritlemezek, vékony ferromágneses hártvány, tvisztorok stb.

2. TRANSZFLUXOROK

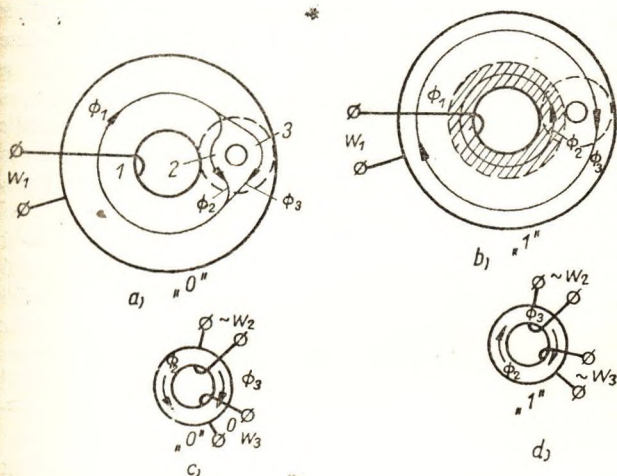
A transzfluxorok általános ismertetése. Két- vagy többlyukú ferritmagokból különböző logikai és tárolóelemek állíthatók elő. Ilyen elemekről először Rajchman és Loo írt 1955—1956-ban, és ők nevezték el ezeket transzfluxoroknak (a „transz” és a „fluxus” szavakból). Mint az elnevezés jelzi, ez az eszköz a mágneses fluxus megoszlásán alapul. A fluxusmegoszlás a soklyukú magok bonyolult mágneses vezetőinek egyes ágaiban jön létre, és vezérelni lehet, ha áramot bocsátunk a transzfluxor lyukain átmenő tekercsekbe.

Jelenleg a kétlyukú transzfluxorok a legismertebbek. Vizsgáljuk egy ilyen transzfluxor példáján egy többágú mágneses vezetőt tartalmazó elem működési elvét.

A 11. ábrán látható legegyszerűbb típusú transzfluxor tulajdonképpen egy négyszögletes hiszterézisgörbéjű ferritből készült mag, amelyen két különböző átmérőjű kerek

nyílás van. A mágneses vezető 3 részre osztható: 1, 2 és 3 ágakra. Legyen a 2 és a 3 ág keresztmetszete egyenlő, az 1 ágé pedig nagyobb e kettő összegénél.

A mágneses körökre érvényes Kirchhoff-törvény alapján az 1 keresztmetszetben levő Φ_1 fluxus egyenlő a 2 és 3 ágakban levő fluxusok algebrai összegével ($\Phi_2 + \Phi_3$).



11. ábra. Kétlyukú transzfluxor működési elve

a a transzfluxor kezdeti (lezárt) állapotban; *b* a transzfluxor beállított (nyitott) állapotban; *c* a kis lyuk körüli terület lezárt transzfluxornál; *d* a kis lyuk körüli terület beállított transzfluxornál

Kiindulásul tételezzük fel, hogy a mag az óramutató járásával egyező irányban telítésig van mágnesezve, ami elérhető, ha a W_1 tekercsen megfelelő irányú és elég nagy áramot bocsátunk keresztül. Az anyag négyzögletes hiszterézisgörbéje következtében ez a mágneses állapot az impulzus megszűnte után is megmarad. Tegyük fel, hogy a magnak ez a kezdeti, ún. „lezárt” állapota a beírt „0” információnak felel meg (11a ábra).

Ahhoz, hogy a magot a másik, „1”-nek megfelelő stabil állapotba vigyük át, bocsássunk a W_1 tekercsen keresztül egy ún. beállító vagy nyitóimpulzust, amely a magot az

előzővel ellentétes irányban mágnesezi, azonban nem teljes egészét, hanem csak a nagyobbik lyuk körüli gyűrű alakú (a 11b ábrán vonalkázott) részében. Ez a gyűrű magában foglalja az 1 ág keresztmetszetének jobb oldalát és a teljes 2 ágot. Végeredményben a mag fluxusmegoszlása a 11b ábra szerint alakul, ahol a kis lyuk két oldalán levő Φ_2 és Φ_3 fluxusok ellenkező irányúak.

Vizsgáljuk most a kis lyuk körüli kör alakú területet. Ezt nyilvánvalóan felfoghatjuk egy telítésig mágnesezett önálló, gyűrű alakú magként, amelynél a transzfluxor kezdeti állapotában a jobb és bal oldali félgyűrűk fluxusai egymással szembe irányulnak (11c ábra), míg a munkahelyzetben, amely a transzfluxorba beírt „1”-nek felel meg, a gyűrűben levő fluxusok az óramutató járásával egyező irányban záródnak (11d ábra).

Helyezzünk két tekercset a kis lyukba, és az egyik — ún. kikérdező — tekercsbe (W_2) bocsássunk olyan amplitudójú váltóáramot, amely elegendő a kis lyuk körüli gyűrű alakú zóna átmágnesezéséhez, a teljes mag átbillentéséhez azonban kevés. Ekkor a másik, W_3 tekercsben — amelyet kimeneti tekercsnek nevezünk — csak abban az esetben indukálódik valamennyire is jelentős elektromotoros erő, ha a transzfluxor munkahelyzetben van.

Ez azzal magyarázható, hogy amikor a transzfluxor alaphelyzetben van, akkor a kikérdezőtekercsben folyó váltóáram által létrehozott magnetomotoros erő az egyik félperiódusban a bal oldali félgyűrű Φ_1 fluxusával, a másik félperiódusban pedig a jobb oldali félgyűrű Φ_2 fluxusával esik egybe. Minthogy a Φ_1 és Φ_2 fluxusok által a mag telítésben van, így e fluxusokat a kikérdezőtekercs árama tovább növelni nem tudja, tehát a kimeneti tekercsben elektromotoros erő nem indukálódik.

A munkahelyzetben levő transzfluxorban a váltóáram egyik félperiódusában, amikor a magnetomotoros erő egybeesik a fluxus irányával, a fluxus a telítés miatt ismét nem nő. A második félperiódusban, amikor a magnetomotoros erő a fluxussal szembe irányul, azt csökkenteni fogja, sőt átbillenti a kis lyuk körüli teljes zónát. A következő félperiódusban helyreáll az előző telített állapot s. i. t.

A fluxus ilyen változásainál a kimeneti tekercsben elektromotoros erő indukálódik, így a transzfluxorban információ tárolható, és az nondestruktív módon kiolvasható.

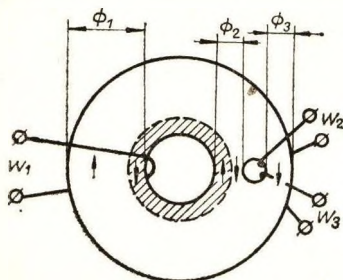
Gyakorlatilag célszerű a transzfluxorban tárolt információt nem szinuszos váltóárammal, hanem váltakozó irányú, nonszimmetrikus impulzusokkal kiolvasni. Váltóáram alkalmazása esetén ugyanis korlátozni kell annak amplitúdóját, mivel az óramutató járásával ellentétes irányú magnetomotoros erőt létrehozó áram-félperiódus hatására a fluxus elágazhat a mag I ágába is, és ha a transzfluxor lezárt helyzetben van, akkor a Φ_1 fluxus teljesen vagy részlegesen megváltozhat, ami pedig a rögzített stabil állapot megváltozását jelenti. Ezt a jelenséget, azaz a lezárt, blokkolt helyzet megszüntetését kiolvasás következtében a transzfluxor *hamis nyitásának* nevezzük.

Váltakozó irányú impulzusokkal történő kiolvasásnál egyes impulzusok az óramutató járásával egyező irányú teret hoznak létre és viszonylag nagy amplitúdójúak, ezeket hajtóimpulzusoknak nevezzük, a többiek viszont, amelyek ellenkező irányba hatnak, kisebb amplitúdójúak, ezek az ún. átvívóimpulzusok.

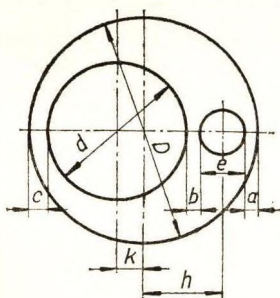
A lezárt transzfluxorban sem a hajtó-, sem pedig az átvívóimpulzusok nem változtatják meg észrevehető mértékben a kis lyuk körüli zóna fluxusát, így a kimeneti tekercsben nem indukálódik feszültség. Beállított, nyitott transzfluxorban viszont a korlátozott amplitúdójú előkészítő impulzusok átmágnesezik a kis lyuk körüli zónát, de nincs hatásuk az I keresztmetszetben levő fluxusra. Az átvívóimpulzusokat követő hajtóimpulzusok a nagy amplitúdó következtében ennek a zónának az előző állapotba való átmágnesezését biztosítják, eközben a kimeneti tekercsben elég nagy teljesítményű kiolvasott jelek indukálódnak.

A leírt alkalmazáson kívül a transzfluxor tárolóelemként is felhasználható a beállító- (nyitó-) impulzusok bizonyos határai között (12. ábra). Ily módon analóg elven dolgozó kapcsolásokban is használható. A W_1 tekercsben folyó beállítóimpulzus amplitúdójától függ a nagy lyuk körüli átmágnesezett zóna szélessége (az ábrán vonalkázással jelölve). Következésképpen kis amplitúdójú beállítóimpul-

zus esetén nem változik meg a teljes Φ_2 fluxusnak az iránya, hanem csak egy részének. E megfordított rész nagyságát a beállítóimpulzus amplitúdója határozza meg.



12. ábra. A beállító szint tárolásának elve a transzfluxorban



13. ábra. Transzfluxor gyakorlati méretviszonyai

Minthogy a kimeneti tekercsben indukált elektromotoros erő nagyságát közvetlenül a Φ_2 fluxus reverzibilis része határozza meg (a W_2 tekercsre adott állandó amplitúdójú kiderőfeszültség esetén), tehát a kimeneti tekercs kapcsain olvasáskor kapott feszültség a beállítóimpulzus amplitúdójától függ, amelyre a transzfluxor mintegy emlékezik.

A Szovjetunió Tudományos Akadémiájának Fizikommechanikai és Számítástechnikai Intézetében folyó elméleti és kísérleti kutatások eredményeként meghatározták a kétlyukú transzfluxorok legalkalmasabb geometriai formáját és méretviszonyait arra az esetre, ha olyan tárolóberendezésekben működnek, amelyekben a tárolóelemek

kiválasztása két áram koincideneciájának elve alapján történik. Egy ilyen transzfluxor alakja a 13. ábrán látható, a méretarányok a következő kifejezésekből határozhatók meg:

$$D = nd; \quad e = \frac{n-1}{2n-1} d; \quad c = \frac{(n-1)^2}{2n-1} d;$$

$$a = b = \frac{(n-1)^2}{2(2n-1)} d; \quad k = \frac{n-1}{2(2n-1)} d; \quad h = \frac{n^2}{2(2n-1)} d.$$

A fenti összefüggések a nagy lyuk d átmérője és az n együttható (a transzfluxor és a nagy lyuk átmérőjének az aránya, $n = D/d$) alapján a transzfluxor összes méreteit meghatározzák. Az n együtthatót ajánlatos az 1,5—1,75 határok között választani. k a transzfluxor geometriai középpontja és a nagy lyuk középpontja közötti távolság, h a transzfluxor geometriai középpontja és a kis lyuk középpontja közötti távolság.

Ha kiolvasásra nem az áramkoincidens módszert használjuk, akkor a kis lyuk körüli zónában a geometriai méretviszonyok kissé eltérőek is lehetnek.

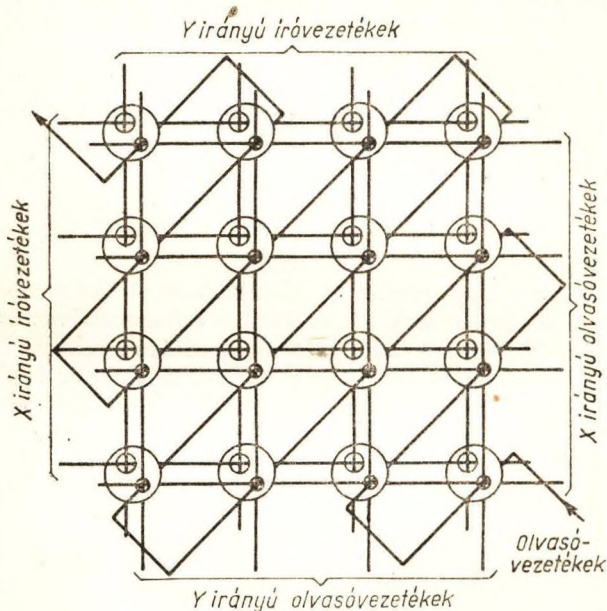
A fenti formulák alapján számítottak és készítették K-28 típusú ferritből transzfluxorokat, amelyek méretei égetés után a következők voltak: $D = 3,6$ mm; $d = 2,4$ mm; $e = 0,6$ mm; $a = b = 0,15$ mm; $c = 0,3$ mm. Az ilyen transzfluxorokkal folytatott kísérleteknél 1 A-ig terjedő záró- és beállítóáramokat használtak, a szinuszos olvasóáram amplitúdója 300 mA volt; változó polaritású impulzusokkal végzett olvasásnál a pozitív impulzusok amplitúdóját 1,6 A-re, a negatívét pedig 0,3 A-re választották. Ekkor az egynemű kimeneti tekercsben kb. 0,35 V nagyságrendű elektromotoros erő indukálódott.

Transzfluxorok tárolóberendezésekben. Mint már említettük, a transzfluxorok egyik fontos felhasználási területe a számítástechnikában a két áram koincidenciájának elve alapján működő operatív tárolómátrix. Egy ilyen berendezés vázlata látható a 14. ábrán.

Az X és Y irányú íróvezetékek a mátrix keresztezési pontjaiban levő transzfluxorok nagy lyukán mennek keresztül. „0” írásakor a megfelelő, egymásra merőleges íróvezeték-párra lezáró (vagyis tároló-) impulzusok hatnak úgy, hogy csak a két áram által keltett magnetomotoros erő összege tudja teljesen átmágnezesni a keresztezési pontban levő — kiválasztott — magot. „1” írásakor a megfelelő vezeték-párra beállító (nyitó) áramimpulzusokat adunk, amelyek ellenkező irányúak és elég nagyok a transzfluxor beállítására.

Az információ kiolvasása úgy történik, hogy kikérdező (átvívó- és hajtó-) impulzust adunk a megfelelő X és Y

irányú olvasóvezetésekre, amelyek a transzfluxorok kis lyukán mennek keresztül. Ekkor a gerjesztett vezetékek keresztezési pontjában levő, kiválasztott transzfluxorban, ha abba előzőleg „1”-et írtunk (azaz beállított állapotban van), a kis lyuk körüli zóna kétszeresen mágnesesződik,

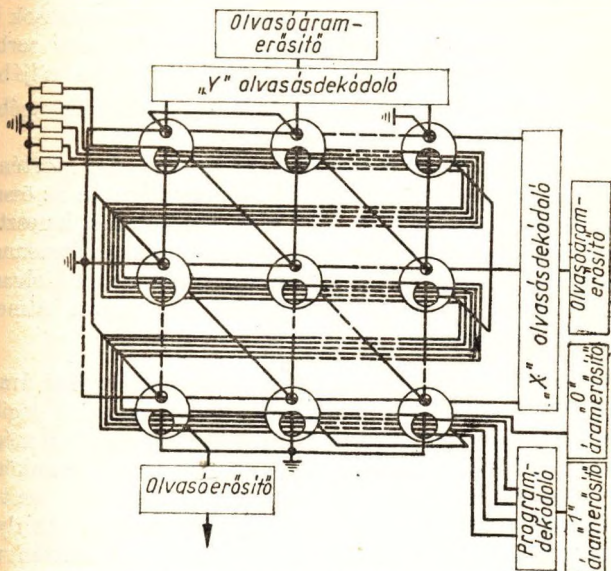


14. ábra. Transzfluxor operatív tárolómátrix

aminek eredményeképpen a mátrix összes magjának kis lyukán átfűzött olvasóvezetékben jel indukálódik.

A leírt kapcsolás lehetővé teszi két különböző író és olvasó vezetékpár egyidejű, független gerjesztését, minthogy azoknak nincs közös mágneses vezetőjük. Így két különböző címen egymástól függetlenül, egyidejűleg lehet írni és olvasni. Ez utóbbi körülmény nagyon lényeges előnye a leírt áramkörnek, a másik igen fontos előnnyel együtt — ti. azzal, hogy olvasáskor az információ nem vész el a tárolómagból.

Nézzük még meg a transzfluxorok alkalmazásának egyik változatát szemipermanens tárolókban, vagy ahogyan még nevezik, programadó berendezésekben.⁴ Tegyük fel, hogy a feladat egy olyan programadó berendezés elkészítése, amelyben néhány állandó program valamelyike tárolható.



15. ábra. Szemipermanens tároló transzfluxorokkal

Erre a célra alkalmas a 15. ábrán látható kapcsolási vázlat.

Ebben a kapcsolásban az összes transzfluxor nagy lyukán keresztül egy közös záróvezeték megy, amelyben a „0” áramerősítőtől jövő záróáram letiltja az összes transzfluxort, azaz törli az előző írásciklus alatt a programadó mátrixába beírt információt.

Ezenkívül a programdekódolótól a mátrixhoz annyi beállítóvezeték vezet, ahány programot a programtárolóba

4. A szemipermanens tárolók több programot tárolnak egyidejűleg, ezek közül azonban mindig csak egy meghatározott program van hozzáférhető állapotban. (a lektor megj.)

be kell írni. A 15. ábrán látható mátrixba négy különböző program valamelyikét lehet beírni. A beállító vezetékek csak azoknak a transzfloxoroknak a nagy lyukán mennek keresztül, amelyben az adott programnál „1”-nek kell lennie. A megfelelő beállítóvezeték a programdekódoló választja ki, ezen a vezetéken keresztül lépnek a mátrixba az „1” áramerősítő által előállított beállítóimpulzusok is. Minden beállító- és záróvezetékkel ellenállás van sorbakötve, az áramerősítők terhelésének kiegyenlítése céljából.

A vizsgált tárolóba bevihető programok számát lényegében a nagy lyuk átmérője határozza meg.

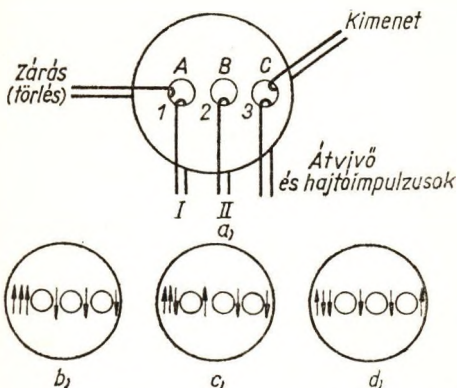
A mátrixba beírt információ kiolvasása úgy történik, hogy kikérdezőimpulzusokat küldünk egymásután az összes transzfluxorra az „X” és „Y” olvasásdekódolón keresztül. A kikérdezővezetékek a transzfluxorok kis lyukán átmennek, és ha a transzfluxor beállított állapotban van, akkor kiolvasójel indukálódik az összes transzfluxor kis lyukán átmenő kimeneti tekercsben.

Többlyukú transzfluxorokkal megvalósított logikai áramkörök. Mint ismeretes, mágnesgyűrűkkel is lehet logikai áramköröket építeni. Az esetek többségében azonban még a viszonylag egyszerű logikai műveleteket végző áramkörök is több mágnesgyűrűt tartalmaznak, amelyek csatoló áramkörök segítségével kapcsolódnak egymáshoz. Az ilyen áramköröknek bonyolultságukon kívül még az is hátrányuk, hogy a gyűrűk átbillentése és a csatoló áramkörökben fellépő veszteség pótlása jelentős energiát igényel. E hibák kiküszöbölésének egyik módja, hogy logikai elemként kettőnél több lyukú transzfluxorokat használunk.

A 16. ábrán egy háromlyukú transzfluxor látható, amelynek *A*, *B* és *C* lyukai egy sorban helyezkednek el. Az ilyen transzfluxor használható kétbemenetű konjunktív kapcsolóként, amely csak akkor működik, ha a bemenetekre a jelek meghatározott sorrendben érkeznek.

A törlő- (záró-) impulzus hatására a transzfluxor mágneses köreinek minden része telítésig mágnesesződik a 16b ábrán látható módon. A transzfluxornak ez az alaphelyzete, amikor is a *B* és *C* lyuk körüli zónák lezárt helyzetben vannak,

mivel a lyukak két oldalán levő fluxusok egymással szembe irányulnak. Így a *II* jel nem tudja megváltoztatni a *B* lyuk körüli fluxus nagyságát, az átvívó- és hajtóimpulzusok pedig nem hatnak a *O* lyuk körüli fluxusra. Ezért kimenőjel ilyenkor nem keletkezik.



16. ábra. Konjunktív kapcsolóként működő háromlyukú transzfluxor

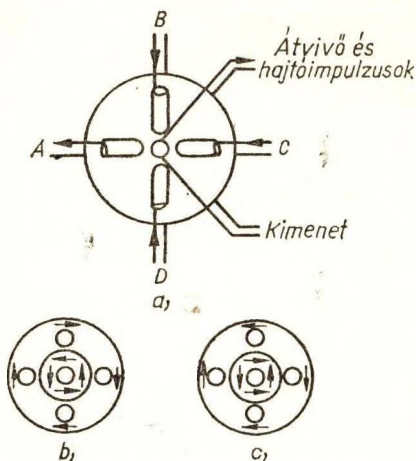
a a lyukak elhelyezkedése; *b* fluxuseloszlás az alap helyzetben (zárás után); *c* ugyanaz az *I* jel hatása után; *d* ugyanaz a *II* jel hatása után

A transzfluxor alaphelyzetében az *A* lyuk körüli zóna láthatóan nincs lezárva és az *I* jel hatására a 2 ág fluxusa teljesen, az *I* ágé pedig részlegesen átbillen, amint a 16c ábrán látható. Ha most kapja a transzfluxor a *II* jelet, akkor a *B* lyuk körüli fluxus átbillen. A fluxusok megoszlását ebben a helyzetben a 16d ábra mutatja. Ekkor a *O* lyuk körüli zóna feloldódik és az átvívó- és hajtóimpulzusok hatására a kimeneti tekercsben megjelennek a kiolvasott információ jelei.

Az ismertetett transzfluxor kimenetén tehát csak abban az esetben lesz jel, ha a két bemenő jelet (*I* és *II*) szigorúan megszabott sorrendben kapta. Ha az egyik vagy mindkét jel hiányzik, vagy pedig nem követik a megszabott sorrendet,

akkor a kimeneten nem lesz jel, hiába gerjesztjük kikérdező- (átvívó és hajtó-) impulzusokkal.

Vizsgáljuk most a 17. ábrán látható ötlyukú transzfluxor működést, amely négybemenetű konjunktív áramkörként dolgozhat. Itt négy meghosszabbított vezérlőlyuk van



17. ábra. Konjunktív kapcsolóként működő ötlyukú transzfluxor

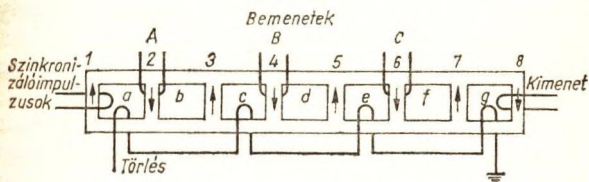
a elvi vázlat; b fluxuselozlás beállított állapotban;
c ugyanaz lezárt állapotban

(A, B, C, és D), ezek közül a zónák mágneses állapotát a bemenő jelek szabják meg. Az ötödik (E) lyuk a transzfluxorban tárolt információ kiolvasására szolgál, ezért rajta keresztül megy a kikérdező- és a kimeneti tekercs.

Ha a transzfluxor bemenetei a négy jelet tetszőleges sorrendben, de azonos irányban kapják, akkor a bemeneti lyukak körüli mágneses zónának a központi E lyuk környezetébe eső részei szintén azonos irányban mágnesesződnek. Ennek eredményeként e lyuk körüli kimeneti zóna feloldott állapotba kerül (17b ábra) és a kikérdezőimpulzusok hatására a kimeneti tekercsben olvasott jelek indukálódnak.

Ha akár csak az egyik bemenő jel is ellenkező irányú (17c ábra), akkor az ehhez tartozó lyuk körüli zóna fordított irányban mágneseződik és a kimeneti tekercsben az átvívó- és hajtóimpulzusok hatására sem indukálódik olvasott jel.

A soklyukú magokban létrejövő fluxusmegoszlás elvének továbbfejlesztésén alapulnak az ún. „laddik”-elemekre épülő logikai áramkörök. Ezek az elemek oldalágakból és ezeket összekötő, ill. a lyukakat elválasztó keresztágakból állnak.



18. ábra. Nyolcfokozatú laddik vázlata

Működésük a mágneskörökre érvényes Kirchhoff-törvények alkalmazásán alapszik, nevezetesen a mágneses fluxus azon tulajdonságán, hogy a számára legkisebb ellenállású — azaz egynemű anyag esetén a legrövidebb — úton záródik.

A 18. ábrán látható nyolclépcsős laddik példáján vizsgálhatjuk ezeknek az elemeknek működését. A laddik első keresztágát egy tekercs hurkolja át, amelybe szinkronozó áramimpulzusokat adunk; az utolsó (jelen esetben nyolcadik) keresztágra a kimeneti tekercs hurkolódik. Az *a*, *c*, *e* és *g* nyílások oldalágán egymással sorbakötött tekercsek vannak. Ezek áramkörébe jutnak a törlőimpulzusok, amelyek a laddikot alaphelyzetbe állítják. Ekkor a keresztágak fluxusának iránya a 18. ábra szerinti: a páratlan keresztágaké az egyik oldalra (pl. felfelé), a párosoké pedig a másik oldalra irányul.

Az utolsó kivételével valamennyi páros keresztágon (az adott esetben a 2, 4 és 6 ágakon) a bemeneti tekercsek menetei helyezkednek el, ezek kapcsolaira adódnak az *A*, *B*, és *C* bemenőjelek. A fenti, hárombemenetű konjunktív kapcsolás-

ban („ÉS” kapcsolás) a bemenőjelek amplitúdója és iránya olyan, hogy a megfelelő keresztágak megmaradnak a kezdeti mágneses állapotban (lefelé irányuló fluxus).

Amikor tehát az első keresztágon elhelyezett tekercsbe belépő szinkronozóimpulzus lefelé billenti a fluxus irányát, akkor ennek a megváltozott fluxusnak az erővonalai nem tudnak felfelé záródni sem az *A*, *B* és *C* jelek által alaphelyzetben tartott 2, 4 és 6 keresztágakon keresztül, sem pedig a törlésimpulzussal már telítésig mágnesezett 3, 5 és 7 ágakon keresztül. A szinkronozóimpulzus által létrehozott fluxus egyetlen lehetséges záródási útja a 8 keresztág, amelyben a megváltozott fluxus felfelé irányul. Ekkor a kimeneti tekercsben jel indukálódik, amely azt mutatja, hogy az *A*, *B* és *C* bemeneteken időben egybeeső jelek vannak.

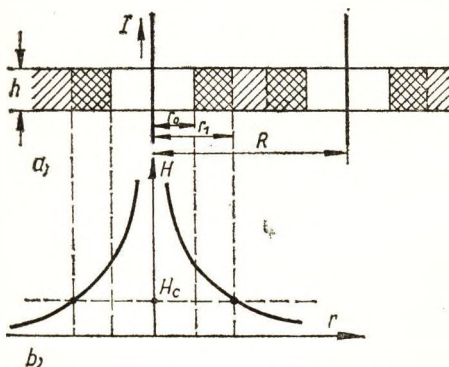
A 8 keresztágban a fluxusmegfordulás leírt folyamata csak akkor jön létre, ha mindegyik bemeneten elég nagy jel van, amelyek megakadályozzák a többi páros ágban a kezdeti állapot megváltozását. Ha csak az egyik bemeneten is hiányzik a jel, akkor a hozzátartozó keresztág átmágneseződhet, a szinkronozóimpulzus által létrehozott fluxus rajta keresztül záródik, ennek következtében az utolsó ág nem mágneseződik át és a kimeneti tekercsben nem indukálódik olvasott jel.

A fenti módon a kapcsolás klasszikus ÉS kapcsolásként működik: csak akkor ad kimenőjelet, ha egyidejűleg az összes bemeneten elegendő nagyságú jel van. A laddik-kapcsolás általános működési elvét felhasználva, építhetők VAGY (diszjunktív) és NEM (negációs) áramkörök is.

3. FERRITLEMEZEK

A kisméretű és gazdaságos ferromágneses tárolók készítésével kapcsolatban fontos annak megvalósítása, hogy kapacitásuk nagy legyen, rendelkezzenek a ferritgyűrűs berendezések előnyeivel és egyúttal küszöböljék ki azok szerkezeti és technológiai hátrányait. Egyik megoldási mód nagyblokkos öntött ferritlemezekből áll, amelyeket nyomtatott tekercsekkel látnak el.

Egy ilyen tárolóelem működésének megismerése céljából tekintsük a 19a ábrát, amelyen egy lyukasztott ferritlemez egy részének felnagyított keresztmetszete látható. Ha a lyukon átfűzött vezetéken áram folyik, akkor a vezeték körül mágneses tér keletkezik, amelynek térerőssége a vezetőtől való távolsággal csökken, amint a 19b ábrán látható. Ha a lemez négyszögletes hiszterézisgörbéjű anyag-



19. ábra. Ferritlemezes tárolóelemek

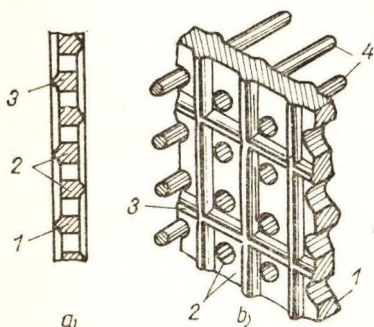
a a lemez keresztmetszete; b a térerősség eloszlása

ból készült, akkor a térerősség hatására a lyuk körüli gyűrű alakú zóna átmágneseződik. E zóna r_1 sugarát az a távolság szabja meg, ahol a térerősség értéke H_c -vel egyenlő.

Az átmágnesezett zóna toroid alakú, r_1 külső átmérővel, r_0 belső átmérővel és h lemezvastagsággal. Egy ilyen toroid tulajdonságai jórészt hasonlóak egy ferritgyűrűéhez. Amíg azonban egy szokásos ferritgyűrűnél, ahol a ferrit átmágneseződő tömegének méretei korlátozottak, a mágneszőimpulzusok amplitúdójának növelése az átmágnesezési folyamat csaknem lineáris gyorsulásához vezet, addig a lemeznél ez az összefüggés nem áll fenn, mivel az impulzus amplitúdójának növelésével az átmágnesezendő zóna sugara is nő, így az impulzus energiájának jelentékeny része a ferromágneses anyag nagyobb tömegének átmágnesezésére fordítódik.

A mágnesezőimpulzusok amplitúdója nem növelhető azonban túlzott mértékben, mivel különben az adott elem zónáját a szomszédos tárolóelemek zónájának rovására terjesztené ki.

Ugyanezen okból megengedhetetlen az is, hogy a tárolóelemek egymáshoz túl közel legyenek. A kutatások kimutat-



20. ábra. Metallizációval és címvezetékkel ellátott ferritlemez részlete

a keresztmetszet; *b* általános rajz: 1 ferritlemez; 2 fémbevonat a lemez felületén és a lyukak belsejében; 3 kiugró bordák lecsiszolt fémbevonattal; 4 címvezetékek

ták, hogy a szomszédos elemek kölcsönhatása különösen erős az esetben, ha a szomszédos lyukak szélei közti távolság kisebb a lyukak sugaránál.

Az irodalomban szerepel egy 21×21 mm-es négyzet alakú, $h = 0,5$ mm vastag ferritlemezekből készült, kísérleti tárolóberendezés, amelyen $16 \times 16 = 256$ nyílás van, ezek átmérője 0,63 mm, középpontjaik közti távolság 1,27 mm.

Az információ kiolvasására és beírására közös tekercs szolgál, amely átmegy a lemez összes nyílásán és amelyet metallizációs úton visznek fel a lemezekre. A felvitel egyik módja a következő. A lemezkészítésénél annak mindkét oldalán kiugró bordákból álló rácsot képeznek ki (20. ábra), amelyek az első és hátsó oldalon egymáshoz képest fél osztásnyira eltolódnak. Ezután a lemezt fémréteggel vonják be, majd a fémbevonatot lecsiszolják a bordákról. A lemez felületén és a lyukak belső falain megmaradó metallizáció vezetőt képez, amely sorban átmegy a lemez összes nyílásán és végül ezüstforrasszal csatlakozik a kivezető rézhuzalokhoz.

A tapasztalat szerint a címvezetéken folyó áramimpulzus optimális amplitúdója 330 mA, hossza 2 μ s. Ilyen körülmények között az olvasott jel amplitúdója kb. 30 mV. A billentőáram kissé még növelhető, a szomszédos lyukak

közti kölcsönhatás elkerülése végett azonban nem haladhatja meg az 500 mA-t. 250 mA-nél nagyobb áramok esetén a billenési idő közel állandó, mégpedig kb. 1,7 μ s-mal egyenlő.

Ha tárolóberendezések elemeiként a leírt ferritlemezeket használjuk, akkor ennek az a nagy előnye, hogy jelentősen lecsökken az energiafelvétel (kb. egyötöde a leggazdaságosabb ferritgyűrűs berendezésekének). A lemezek méreteinek további csökkentésével (a lyukak távolságát és a lemezvastagságot csökkentve) még nagyobb energiamegtakarítás lehetséges, és csökkennek az egész berendezés méretei is. Ekkor azonban nehezebb lesz előállításuk, a tekercsek felvitele és a lemezek szerelése, valamint csökken a hasznos olvasott jel nagysága is.

Az ismertetett elv alapján kidolgoztak és megépítettek olyan tranzisztoros vezérlésű tárolómaketteket, amelyek a kísérleti üzemeltetés alatt kielégítő eredménnyel működtek. E tapasztalat alapján feltehető, hogy a ferritlemezek konstrukciójának és készítési technológiájának, valamint az ezeket felhasználó kapcsolásoknak további tökéletesítésével sikerül majd kisméretű, gazdaságos, gyorsműködésű, nagykapacitású tárolóberendezéseket létrehozni.

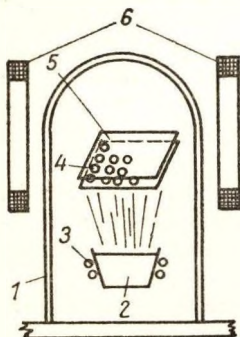
4. MÁGNESHÁRTYÁK

Az a törekvés, hogy az írás és olvasás sebességét jelentősen növeljék és ezzel a tárolóberendezéshez való hozzáfordulás idejét csökkentsék, vékony mágneshárttyás tárolóelemek kidolgozását eredményezte.

A vékony hárttyákat jelenleg gyakorlatilag a következő három módszer valamelyike szerint készítik: 1. ferromágneses ötvözet elpárologatása vákuumban; 2. katódporlasztás gázatmoszférában; 3. galvanikus úton.

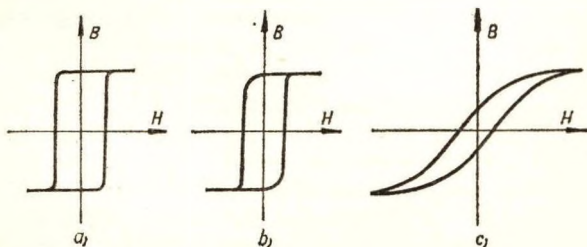
Ezek közül a legelterjedtebb az első módszer. A 21. ábrán látható annak a berendezésnek a szerkezeti vázlata, amellyel ily módon állítják elő a hárttyás tárolóelemeket. A vákuumkamrában $(2-3) \cdot 10^{-5}$ Hgmm nagyságrendű a légritkítás. Itt van a magas olvadáspontú kerámiából készült tégely

elhelyezve, amely az elpárolgatatandó ferromágneses anyagot tartalmazza. A kísérleti gyártásnál 82% nikkelből és 18% vasból álló keveréket használtak. A fémek hevítése nagyfrekvenciás áram segítségével, indukciós módszerrel történt. A kamra felső részében egy üvegbetét helyezkedett el, egy fémmaszkon keresztül erre csapódtak le a ferromágneses ötvözet gőzei. Ily módon a hártvás tárolóelemek kör alakú foltok alakjában jöttek létre, amelyek vastagsága néhány század angströmtől két ezred angströmig terjedt, átmérőjük 1,5–4 mm. Abból a célból, hogy a vékony hártvás elemek adott irányú kezdeti mágnesezést kapjanak, a betétet egy elektromágnes pólusai között helyezték el.



21. ábra. Lemezes tárolóelemek gyártóberendezésének szerkezeti vázlata
1 vákuumkamra; 2 magas olvadáspontú kerámia tégl; 3 nagyfrekvenciás hevítőtekerces; 4 fémmaszk; 5 üvegbetét; 6 az irányított mágneses teret létrehozó tekerces

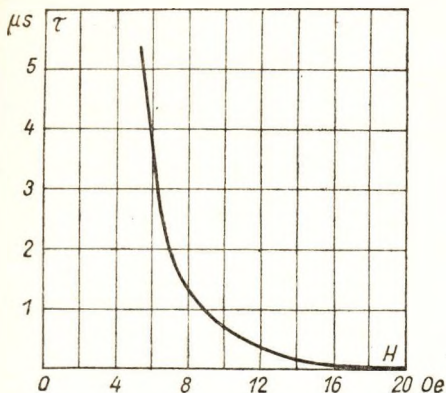
Figyelmet érdemel az a módszer is, amelynek segítségével elektrolitikus úton permalloyból készítenek mágnesesen irányított hártvásakat; itt a hártva egy üvegbetétre előzetesen felvitt aranyrétegre csapódik ki. Az így készült hártvás ugyanazokkal a tulajdonságokkal rendelkeznek, mint az ugyanabból az ötvözetből vákuumban párolgatatással készült hártvásak.



22. ábra. Vas-nikkel lemez hiszterézisgörbéi

a a tér iránya megegyezik a könnyű mágnesezés irányával; b 45°-os eltérés a két irány között; c 90°-os eltérés a két irány között

A 22. ábrán vas-nikkel hártya hiszterézisgörbéi láthatók, amelyeket a fent leírt módon, gőzök vákuumban való kicsapatás útján állítottak elő; az egyes görbék a hártýára adott mágneses térerősség iránya és a hártýa készítésekor alkalmazott könnyű kezdeti mágnesezés iránya közti különböző szögekhez tartoznak. Ha a két irány egybeesik,



23. ábra. Vas, nikkel és kobalt ötvözetéből készült hártýa átbillenési idejének függése a térerősségtől

akkor — amint a 22a ábrán látható — a hiszterézisgörbe alakja igen közel négyszög. Ez a jó négyszögesség megmarad azokban az esetekben is, amikor a hártýa egy megosztott mágneses vezető egyik láncszeme. Így a hártýát perforálás nélkül tárolóelemként használhatjuk, ami megkönnyíti a nyomtatott szerelési módszer alkalmazását ezen elemek készítésekor.

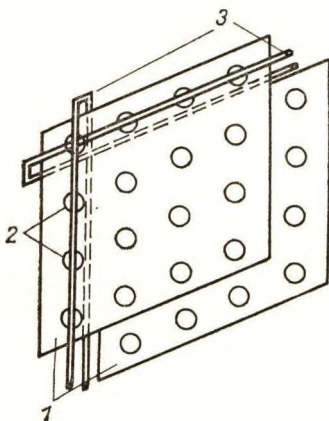
A kutatások kimutatták, hogy a 300 Å-nél vékonyabb hártýák átbillenési ideje gyakorlatilag nem függ a vastagságtól. A 23. ábrán egy kísérleti úton felvett görbe látható, amely a τ átbillenési időt a H térerősség függvényében ábrázolja, nikkel, kobalt és vas ötvözetéből készült hártýára. A görbe azt mutatja, hogy 20 Oe nagyságrendű térerősség esetén a hártýa kb. 50 ns alatt mágneseződik át. Az elméleti és kísérleti kutatások eredményei szerint jobb hártýaminták-

nál, a méretek optimális megválasztásával ez az idő néhány nanoszekundumra csökkenthető, néhány oerstednél nem nagyobb térerősség mellett.

A 24. ábra egy mágneshártvás elemekkel épített kísérleti tároló vázlatát mutatja. Hasonló tárolóberendezés 32 tízhelyértékű szó kapacitással 1959 óta van kísérleti üzemeltetés alatt a Massachusetts Institute of Technology (USA) TX—2 gépében.

E berendezés minden tárolóeleme 750 Å vastag és 1,6 mm átmérőjű, kör alakú, permalloy hártvából álló folt. 16 × 16 foltot vittek fel vákuumban való párológatással 0,1 mm vastag síküveg lemezre. A szomszédos foltok középpontja közti távolság 2,5 mm.

Az információnak az elemekbe beírásához szükséges áram 150 mA. Az olvasott jel kb. 1 mV. A tárolóhoz fordulás teljes ciklusideje, beleszámítva az író- és olvasóerősítők jelkésle-



24. ábra. Kísérleti mágneshártvás tároló szerkezeti vázlata

1 üvegbetét; 2 permalloy hártvából álló foltok; 3 író- és olvasóvezeték

tetését is, 0,8 μ s, ami kb. megegyezik a számológép más egységeinek a működési sebességével. A tárolóberendezés kipróbálásakor bebizonyosodott, hogy a hozzáfordulási ciklus ideje 0,4 μ s-ra csökkenthető.

A nagy működési sebesség és a gazdaságosság mellett a mágneshártvás elemek további jelentős előnye, hogy a keletkező hő természetes úton, könnyen leadják, mivel a ferromágneses anyag felületének és térfogatának viszonya a hőleadás szempontjából kedvező. Ez teszi lehetővé, hogy a hozzáfordulási ciklusok nagy frekvenciával ismétlődjenek a berendezés működése közben.

A leírt síkelrendezésű mágneshártvás tárolóelemeken kívül készültek hengeres elrendezésű kísérleti tárolóberen-

dezések is; ezek mágneshártyával bevont üvegmagokra épültek fel. Az ilyen berendezések egyik változatánál az alapelem 0,25 mm vastag üvegmag, amelyre először ezüst-réteget, majd vas-nikkel ötvözetet vittek fel. Minden tároló-elem a hártyával bevont mag egy részecskéjét tartalmazza, amely négy tekercset foglal magában: két bemeneti, egy kimeneti és egy feloldótekercset.

A mag 1 cm-nyi hosszára négy tárolóelemet lehet elhelyezni. Egy 768 bináris jegy kapacitású tárolóegység mérete $56 \times 56 \times 56$ mm. A mágneshártyás elemekre épült tárolóberendezések eddigi kísérleti eredményei alapján előre látható, hogy igen fontos szerepük lesz a rendkívül nagy sebességű, gazdaságos és kisméretű számológépek létrehozásában.

5. TVISZTOROK

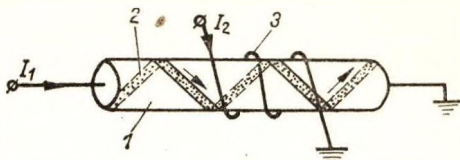
A ferromágneses tárolóberendezéseknek vannak olyan változatai, amelyekben az információt mágneses huzalok tárolják. Az első ilyen típusú berendezésben (amelyet 1957-ben dolgoztak ki) a ferromágneses anyagból készült huzalt előzőleg megcsavarták. Innen kapták a most leírásra kerülő tároló elemek a tvisztor (az angol „twist” szó jelentése = csavar, sodor) elnevezést.

A tvisztorok működése azon alapszik, hogy a mechanikai feszültségeknek kitett ferromágneses anyag mágneses tulajdonságai a különböző irányokban nem azonosak; ez mutatkozik meg többek között a könnyű mágnesezési irányok létezésében, amelyek egybeesnek a legnagyobb húzás vagy nyomás irányával (a magnetosztrikciós együttható előjelétől függően).

Például egy megcsavart mágneses huzalban a könnyű mágnesezés iránya csavarvonalat alkot, amelynek tengelye a huzal tengelyével egyenlő.

A 25. ábrán a legegyszerűbb, huzalra épült egytekercsű tvisztor vázlata látható. Ha a huzalon I_1 áramot bocsátunk át, akkor a vezetőtengelyére merőleges tér keletkezik, ha pedig a tekercsen bocsátunk át I_2 áramot, akkor a tér iránya egybeesik a tengellyel. Megfelelő nagyságú és irányú I_1 és

I_2 áramok egyidejű hatására olyan mágneses tér hozható létre, amelynek iránya egybeesik a könnyű mágnesezéssel. Így két áram együttes hatásának módszerével a kiválasztott tárolóelemben információ írható be.



25. ábra. Egytekercsű tvisztor előzetesen megcsavart mágneshuzalból

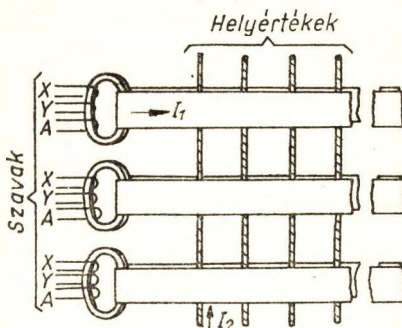
1 mágneses anyagból készült huzal; 2 a könnyű mágnesezés iránya; 3 tekercs

Az információ kiolvasható, ha a tekercsen ellenkező irányú, elég erős I_2 áramot bocsátunk át. Ekkor az olvasótekercs szerepét is ellátó mágneses huzal végein feszültség keletkezik, mivel az adott elem mágnesezési vektora elfordul. Ez a feszültség (kiolvasott jel) lényegesen nagyobb akkor, ha egy előzőleg mágnesezett („1” írás) részt olvasunk ki, mintha egy nem mágnesezett („0” írás).

Egész sor más szerkezetű tvisztorváltozat létezik, mind előzetesen csavart, mind pedig nem csavart mágneses huzalokkal. Utóbbiaknál a csavar alakú mágnesezést a tekercsen és a mágneses huzalon egyidejűleg átbocsátott áram biztosítja. Ebben az esetben a tekercsben folyó áram iránya mindig változatlan, míg a huzal áramának nulla, ill. egy írásánál ellenkező az iránya. Ennek következtében a huzal mágnesezése vagy jobb- vagy balmenetű csavaronal mentén történik.

Olvasáskor elég erős áramot kell a tekercsen átbocsátani az íráshoz képest ellenkező irányban. Ekkor a huzal megfelelő részeinek csavarirányú mágnesezése tengelyirányúra változik, és a huzalban valamilyen irányú feszültség indukálódik, az adott részbe korábban beírt információtól függően. Ilyenkor az információ törlődik. Ha azt továbbra is meg akarjuk őrizni, akkor visszaírást biztosító áramköröket kell alkalmazni.

Nagy kapacitású tárolóberendezések készítése szempontjából azoknak a tvisztoroknak a legnagyobb a jövője, amelyek nemmágneses rézhuzalból és arra csavarvonalban felvitt mágneses rétegből állnak. A mágneses réteg felvitele vagy úgy oldható meg, hogy géppel mágnesszalagot



26. ábra. Tvisztoros tároló szerkezeti vázlata

tekercselnek a rézvezetőre, vagy elektrolitikus úton. A géppel tekercselt tvisztorok egyik változatában az irodalmi közlés szerint tengelyirányú vezetőként kb. 0,08 mm átmérőjű szigetelt rézhuzalt alkalmaztak, amelyre 0,1 mm széles és 0,006 mm vastag permalloy szalagot tekercseltek.

Ilyen tvisztorokból készült kísérleti tároló egy kis részének szerkezetét mutatja a 26. ábra. A tvisztorhuzalokat (amelyek száma egyenlő a tárolandó szó helyértékeinek számával) U alakú rézcsíkok fogják át, amelyeket toroid mágnesek csatolnak a külső áramkörökhöz. Minden ilyen csík a lapjai közé zárt tvisztor-huzalrészekkel együtt egy-egy számregistert képez. Mivel a rézcsík olyan széles, hogy oldalai között a felcsavart permalloy szalagnak mintegy 10 menete helyezkedik el, olvasásnál úgy tűnik, mintha transzformációs jelenség lépne fel. Ez a jelenség abból áll, hogy a fluxusnak az az összetevője, amely a középső rézhuzalban feszültséget hoz létre, a permalloy spirális tíz menetében fellépő fluxusváltozások összegeződésének eredményeképpen jön létre. A tvisztoroknak ez a sajátossága

lehetővé teszi, hogy a tárolóból néhány mV nagyságrendű olvasott jeleket kapjunk. Az ismertetett tárolóba az információ beírás a kiválasztott rézcsíkban folyó I_1 áram és a tvisztor tengelyirányú vezetőjében folyó I_2 áram együttes hatása révén történik. A kívánt csík kiválasztása a megfelelő toroid mag gerjesztésével érhető el. Ennek érdekében a rajta átmenő X és Y tekercseket szintén egyidejűleg kell gerjesztetni. Az A tekercs állandó mágnesező teret hoz létre, ez lehetővé teszi, hogy a magot erős áramokkal billentsük át. A leírt kísérleti berendezésnél a teljes hozzáfordulási ciklus kb. 6 μ s időtartamú.

Ha a mágneses réteget elektrolitikus úton viszik fel, akkor a vezető anyagból készült huzalt előzetes húzásnak és kémiai tisztításnak vetik alá. Ezután elektrolitikus fürdőben mágneses anyaggal vonják be (pl. 22% nikkel ötvözetével), amelynek vastagsága 3–5 μ nagyságrendű, miközben a folyamat megfelelő szabályozásával a könnyű mágnesezési irány csavarvonalú alakja biztosítható. A fenti módon készített helyérték- vagy tárolóhuzal néhány tized mikroszekundum alatt billen át és normál üzemi paramétereit —100 és +100 C° hőmérséklet határok között is megtartja.

A tvisztorok alkalmazása kisméretű, de igen nagy kapacitású tárolók építésénél látszik célszerűnek és gazdaságosnak. Irodalmi közlések szerint egy amerikai cég 1960-ban olyan elektronikus számológépet készített, amelybe tvisztorok felhasználásával kb. 10 000 szavas permanens tárat építettek.

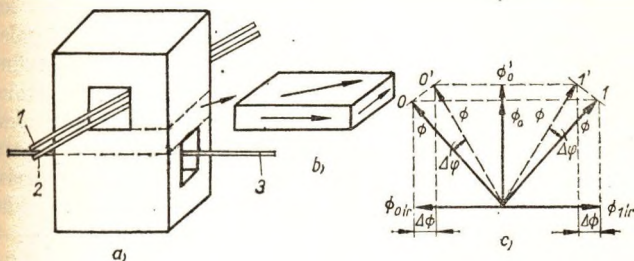
6. BIAX TÍPUSÚ ELEMÉK

A számológépekben alkalmazott egyik legújabb ferromágneses elem a Ford cég amerikai laboratóriumában kidolgozott biax, amelyet tárolóberendezésekhez és logikai áramkörökhöz használnak.

A tárolóelemként használt biax (27a ábra) ferritből készült paralelepipedon, amelynek két, egymásra merőleges tengelyű, négyzetes keresztmetszetű nyílása van (innen az elnevezés: „biax”-biaxiális, kéttengelyű). Az

első konstrukció méretei a következők voltak: külső méret $1,25 \times 1,25 \times 2,1$ mm, a lyukak keresztmetszete $0,5 \times 0,5$ mm, a külső falak és a lyukak közti fal vastagsága 0,375 mm.

Az egyik lyuk, például a felső, az információ tárolására szolgál. Ezen megy át az íróvezeték 1 és az olvasóvezeték 2. A másik, alsó nyíláson a 3 vezeték halad keresztül, olvasáskor erre adják az ún. kikérdező- (olvasó-) impulzusokat.



27. ábra. Biax típusú elem

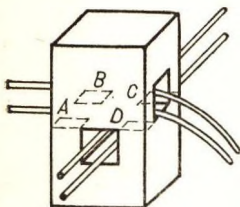
a az elem szerkezeti vázlata; b a fluxus iránya a lyukak közötti keresztmetszetben; c a fluxusok vektordiagramja íráskor és olvasáskor

A biax működése a nyílások közti falban létrejövő, egymásra merőleges fluxusok kölcsönhatásán alapul. Ha az alsó és a felső lyuk körüli ferritzónákat telítésig mágnesezzük, akkor a belső falban (a lyukak közötti keresztmetszetben) a Φ telítési fluxus a 27b ábrán mutatott átlós irányú lesz. Ennek a fluxusnak az alsó és felső lyukakhoz tartozó összetevői nyilvánvalóan kisebbek a telítési fluxusnál, abszolút értékük $\Phi/\sqrt{2}$.

Tegyük fel, hogy a 27c ábrán látható módon „1” írásakor a felső lyuk Φ_{1ir} fluxusvektora jobbra irányul, a „0” írásakor a Φ_{0ir} vektor pedig balra mutat. Ha az alsó lyuk Φ_0 fluxusvektorának iránya nem változik, akkor az eredő Φ fluxus „1” írásánál az 1 helyzetet, „0” írásánál pedig a 0 helyzetet fogja elfoglalni.

Amikor a 3 vezetéken kikérdezőimpulzusokat bocsátunk át, amelyek Φ_0 -al megegyező irányú fluxust hoznak létre, akkor az alsó lyuk fluxusa Φ'_0 értékre fog növekedni.

Minthogy Φ telítési fluxus, így nőni nem képes, hanem csak $\Delta\varphi$ szöggel elfordul Φ_0 felé. Ennek következtében a felső lyuk fluxusa $\Delta\Phi$ értékkel csökken és az olvasóvezetékben $\Delta\Phi/\Delta t$ -vel arányos feszültség indukálódik. Ennek a feszültségnek a nagysága „1” és „0” olvasásnál azonos, mivel azonban a $\Delta\Phi$ csökkenés előjele attól függően, hogy a biax „1” vagy „0” információt tartalmaz-e, különböző, így ennek megfelelően az olvasóvezetékben indukálódott feszültség előjele is különböző lesz az információ tartalmától függően.



28. ábra. Biax logikai elem

A kikérdezőimpulzus megszűnte után a lyukak közötti keresztmetszetben visszaáll az eredeti fluxusmegoszlás, azaz biztosítva van az információ törlés nélküli kiolvasása. Így nincs szükség visszaírásra, tehát meggyorsul a tároló működése.

Az információ kiolvasása kb. $0,2\mu s$ alatt történik, emellett — mint a kísérletek mutatták — több száz-

milliárdszor ki lehet olvasni 10 MHz-es frekvenciával anélkül, hogy az olvasott jel észrevehetően megváltozna, vagy az elem felmelegedne.

Egy 180° -os Curie-ponttal rendelkező ferritből készült biax kb. 125° környezeti hőmérsékletig normálisan dolgozik.

A biaxok logikai elemként is használhatók. A logikai elemek (28. ábra) abban különböznek a tárolóelemektől, hogy az egymásra merőleges lyukak között nincs válaszfal.

A logikai biax működése közben a lyukakon átmenő vezetékeken folyó áramok hatására megváltozik a fluxus nagysága és iránya a két lyuk számára közös A , B , C és D részekben.

A biaxok döntő előnye kis méretük, nagy írási és különösen nagy olvasási sebességük, nagyfokú megbízhatóságuk, továbbá a négyszögletestől erősen eltérő hiszterézis-görbéjű anyagok felhasználási lehetősége és az olcsóság.

IV. A SZUPRAVEZETÉS JELENSÉGÉN ALAPULÓ ELEMEEK

1. A SZUPRAVEZETÉS ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

Az elmúlt évek folyamán a számológépek tárolóegységeiben és logikai áramköreiben alkalmazható számos olyan elemet dolgoztak ki, amely a mélyhűtés következtében fellépő szupravezetés jelenségén alapul. Emlékeztessünk most bizonyos fémeknek viselkedésére és tulajdonságaira az abszolút nulla fokhoz közeli hőmérsékleten.

Napjainkban nagyszámú ötvözetten és elegyen kívül kb. 20 olyan elem van, amelynek elektromos ellenállása az abszolút nulla fok közelében ugrásszerűen nullává válik. Azt a — különféle elemek esetében különböző — hőmérsékletet, amelyen ez a szupravezetésbe való átmenet végbemegy, *kritikus hőmérsékletnek* nevezzük. Tiszta elemek kritikus hőmérséklete a hafnium $0,35\text{ K}^\circ$ -ától a technécium $11,7\text{ K}^\circ$ -áig terjed.

Ha azonban a fémre külső mágneses tér hat, akkor a kritikus hőmérséklet lecsökken, méghozzá annál erősebben, minél nagyobb a ható térerősség.

A 29a ábrán néhány fémre vonatkozóan bemutatjuk a T_{kr} kritikus hőmérséklet függését a H térerősségtől. Amint az ábrán látható, minden szupravezető tulajdonságú fém esetén a síknak a koordinátatengelyek és a T_{kr} görbe által határolt összes pontja a szupravezetés tartományába esik, míg az összes olyan ponthoz, amely ezen tartományon kívül esik, a vezető normális fajlagos ellenállása tartozik.

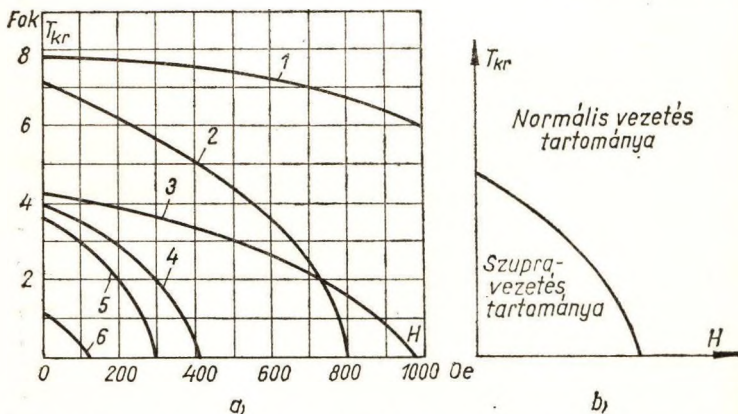
Megemlíttjük, hogy az összes szupravezető különleges típusú diamágnes, amelynek mágneses permeabilitása $\mu = 0$, ennek következtében a szupravezető belsejében levő mágneses fluxus nulla.

2. KRIOTRONOK

A fentebb leírt szupravezetési jelenség és a kritikus hőmérséklet függése a mágneses tértől képezi a *kriotron* elnevezésű elem működésének alapját (a „kriotron” elnevezés a κρυο görög szóból származik, amelynek jelentése: hideg).

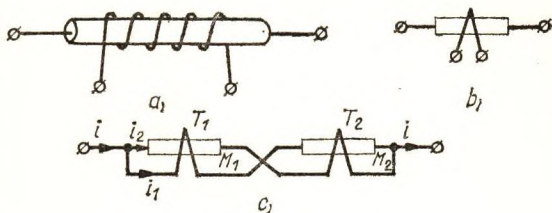
A kriotron (30a ábra) egy tantalból készült fémmagból áll, amelynek hossza kb. 25 mm, átmérője pedig 0,25 mm és amelyre egyrétegű vezérlőtekercs kerül; ennek 250 menete van, anyaga 0,08 mm átmérőjű szigetelt niobium huzal. A kriotronokkal képzett áramköröket kriosztátban helyezik el, amelyben folyékony hélium segítségével 4,2 K° hőmérsékletet tartanak fenn, miáltal mind a tantal, mind a niobium szupravezető állapotba kerül.

Abban az esetben, ha a tekercsen akkora áram halad keresztül, amely kb. 40 Oe erősségű mágneset kelt, akkor a tantál a 4,2 K°-on a szupravezető állapotból normális vezetésbe megy át, míg a niobium tekercs továbbra is szupravezető marad. Ily módon a kriotron működése a tiratron működéséhez hasonlítható. A vezérlőtekercs a rács



29. ábra. A kritikus hőmérséklet függése a mágneses térerősségtől
 a különböző fémekre: 1 nióbium; 2 ólom; 3 tantál; 4 higany; 5 ón; 6 alumínium;
 b a szupravezetés és normális vezetés tartományának megoszlása

szerepét tölti be, a tantal fémmag a tiratron anód—katód térközének felel meg. Míg a tiratronban a rács csupán a gyújtást vezérli, s utána megszűnik vezérlő szerepe, addig a kriotronban a tekercs áramának megszűnése a fémmag szupravezető állapotát visszaállítja.



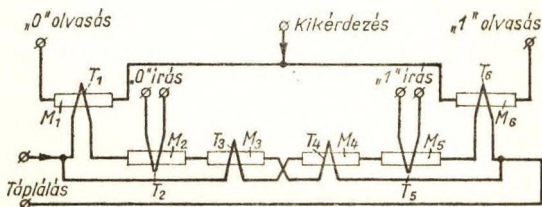
30. ábra. Kriotron

a az elem rajza; *b* ábrajelölése; *c* kriotronos trigger

A 30b ábrán a kriotron jelképi jelölése, a 30c ábrán egy két kriotronos bistabil elem, az ún. *kriotronos trigger* látható.

A triggert tápláló i áram két párhuzamos áramkörbe ágazik szét. Az egyik az első kriotron T_1 tekercsét és a második M_2 fémmagját foglalja magába, míg a másik áramkört az első kriotron M_1 fémmagja és a második T_2 tekercse képezi. Azt hihetnénk, hogy a két nulla ellenállású ág áramerőssége egyenlően nagy értéket vesz fel, amelyet a tápforrás elektromotoros ereje és belső ellenállása határoz meg. Ezzel szemben mielőtt az áramerősség a két ág valamelyikében, például $T_1 M_2$ -ben eléri azt a kritikus értéket, amely a T_1 tekercs mágnestere révén megszünteti M_1 szupravezetését, az $M_1 T_2$ ág ellenállása valamilyen véges értéket vesz fel. Ez korlátozza i_2 értékét az $M_1 T_2$ körben, következésképpen az M_2 fémmag szupravezető állapota nem szűnik meg, a $T_1 M_2$ áramkör ellenállása nulla marad, tehát továbbra is nagy i_1 áramerősségű áram folyik rajta keresztül. Ily módon a trigger korlátlanul hosszú ideig megőrizheti stabil állapotát, mindaddig, amíg valamilyen külső vezérlő hatás révén nem billen át a másik stabil helyzetébe.

A kriotronos tárolóelem vezérlésére felhasználható a 31. ábra szerinti áramkör. A tápforrás két párhuzamos áramkörre kapcsolható: $T_1 M_2 M_3 T_4$ -re vagy $T_3 M_4 M_5 T_6$ -ra. Ha a „0” beírási kapcsolókra áramimpulzus érkezik, akkor megszűnik az M_2 fémmag szupravezetése, az első ág áramerőssége kicsi lesz, s így az M_1 és M_4 fémmagok megőrzik szupravezetésüket. Mivel M_4 ellenállása nulla, a második



31. ábra. Hat kriotronos vezérelt tárolóelem vázlata

körben fennmarad a nagy áramerősség, amely a T_3 és T_6 tekercseken áthaladva megszünteti M_3 és M_6 szupravezetését. M_3 normális ellenállása saját nagyságrendjére korlátozza az első kör áramerősségét, s fenntartja azt az állapotot, amely a „0” írás után alakult ki. Ebben az esetben az M_1 fémmag szupravezető, az M_6 pedig normális vezetés állapotában van, s a kérdezőimpulzus a „1” olvasási kimeneten halad át.

Analóg módon az „1” írási impulzus megjelenésekor az áramkör a másik stabil állapotát veszi fel, amikor a $T_1 M_2 M_3 T_4$ ágban van nagy, a $T_3 M_4 M_5 T_6$ ágban pedig kis áramerősség. A kérdezőimpulzus az „1” olvasási kimeneten megy át.

Az ismertetett konstrukciójú kriotronok egyszerűek és olcsók, méretük kicsi, jelentéktelen tápenergiát igényelnek, megbízható üzeműek, igen kis zajtényező jellemzi őket. Alapvető fogyatékokosságuk a mélyhűtés szükségessége, a meglehetősen nagy működési idő (néhányszor tíz μ s-os nagyságrend) és a kis vezérelt teljesítmény (mW törtrésze).

A kriotronok működési sebességét fokozták az újabb konstrukcióknál, ahol a kriotron fémmagját üvegre lecsapatott tantálréteg alkotja, amelynek vastagsága 0,1 mm, szélessége pedig 1,25 mm, a vezérlőtekercs pedig niobium rétegből áll, amelyet a tantáltól elválasztó vékony szigetelő rétegre visznek fel. Így sikerült a kriotron kapcsolási sebességét fokozni, valamint az előállítás technológiáját leegyszerűsíteni.

Könnyen belátható, hogy számológépekben kritotron tárolóelemeket és logikai elemeket csak nagyszámú elem esetén érdemes használni, amikor az elemek táplálására fordított energiában mutatkozó megtakarítás jelentősen meghaladja a kriogén berendezés mélyhűtésének költségeit.

3. SZUPRAVEZETŐ KÖZEGBEN KÖRÁRAMOKKAL MŰKÖDŐ ELEMEEK

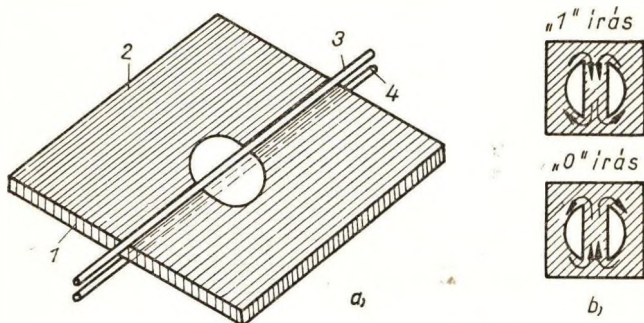
Napjainkban a laboratóriumokban intenzív kutatások folynak a szupravezetés jelenségén alapuló korszerűbb elemek létrehozása céljából.

Tárolóelemekhez felhasználható a szupravezetés jelensége oly módon is, hogy az elem állapotának vezérlésére nem használnak mágneset.

Mint ismeretes, szupravezetőből készült zárt gyűrűbe vezetett elektromos áram gyakorlatilag csillapítás nélkül keringhet abban hosszú időn át. Ez lehetővé teszi zárt gyűrű alakú bistabil tárolóelem létrehozását, amelynek egyik állapotát meghatározott irányban keringő áram jellemzi, a másik állapotát viszont akár a köráram hiánya, akár az előbbivel ellenkező irányú áram jelentheti.

Ezen az elven alapuló legsikerültebb elemet az IBM cég (USA) laboratóriumában dolgozták ki. Rajza a 32a ábrán látható. Az üvegből, csillámból vagy más szigetelő anyagból készült lapot gőzlecsapatással vékony ón- vagy ólomréteggel vonják be. A lap egy köralakú bevonatlan részt tartalmaz, amelyet átmérő irányban egy bevont sáv hidal át (32b ábra).

Az áthidalással párhuzamosan, annak mindkét oldalán közönséges huzalból készült szigetelt olvasó- és íróvezetékek vannak elhelyezve. Ezek az áthidalás révén induktív módon kapcsolódnak a D alakú kivágással ellátott szupravezető körhöz. A vezetékeket fém lecsapatásával vagy nyomtatási módszerrel lehet felrakni.



32. ábra. Köráramokkal működő elem

a szerkezeti vázlata: 1 szigetelőlap; 2 szupravezető réteg; 3 íróvezeték; 4 olvasóvezeték; *b* az áramok eloszlása

Az írás vezetéken (vezérlővezeték) áthaladó áram önmaga körül mágnesteret kelt, amelynek gyakorlatilag összes erővonala áthalad a tőle kis távolságban elhelyezett szupravezető áthidaláson. Ily módon ez az elem ekvivalens egy olyan transzformátorral, amelynek primer tekercse az írás vezetéke, a szekunder pedig az áthidalás, a két oldalán elhelyezhető D alakú szupravezető réteggel együtt. Az íróáram impulzusának irányától függ az áthidaláson és a szupravezető más részein keletkező áram iránya, amint az a 32b ábrán látható.

Az olvasóvezeték a transzformátor harmadik tekercseként viselkedik, az áthidalásban folyó áram irányának megváltozása olvasóimpulzust vált ki benne. Mivel normális körülmények között az áthidalás szupravezető, így árnyékol az írás és az olvasás vezetékei között; ezáltal az olvasóvezetékben csak az áthidalásban folyó áram átbillenése kelt elektromotoros erőt, az írás kérdőimpulzusai viszont

hatástalanok maradnak. Az információ a kiolvasás következtében törlődik, ezért további tárolására megfelelő visszaállító fokozat szükséges.

Az ismertetett elem kapcsolási ideje 10 ns nagyságrendű, azaz két nagyságrenddel gyorsabb, mint a ferritgyűrűké. Ezek az elemek 10 MHz frekvenciáig működtethetők. A vezérlőáram 50—150 mA, a kimenőjel 5 mV. A ferritekhez viszonyítva kedvező tulajdonsága, hogy szinte teljesen hibamentes.

A tájékoztató számítások azt mutatják, hogy egy olyan tárolóberendezés, amely milliónyi ilyen szupravezető elem-ből áll, 30 dm³ térfogatban elhelyezhető, nem számítva a vezérlő áramkör és a mélyhűtő berendezés helyigényét.

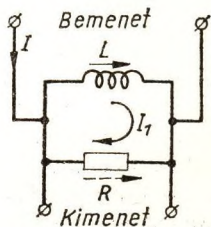
Az ilyen berendezések készítésének alapvető nehézsége a több száz szelektáló-, vezérlő- és olvasóvezeték bevezetése a szupravezető elemeket tartalmazó kriosztátba.

4. A PERZISZTOR

A fentebb ismertetett elemhez hasonlóan szintén szupravezető közegben, köráramokkal működik egy másik tárolóelem, a perzisztor, amelyet a Ramo—Wooldridge cég (USA) dolgozott ki.

A perzisztor két, egymással párhuzamosan kapcsolt szupravezetőből áll (33. ábra). Az egyik szupravezetőnek (R) csekély az induktivitása, s olyan fémből készül, amelynek kicsi a kritikus mágneses tere; a másiknak (L) jelentős az induktivitása, s olyan fémből készül, amelynek nagy a kritikus mágneses tere.

Ha ilyen áramkörre íróáramot bocsátunk, akkor az első pillanatban az áram az R ágban folyik, mivel a bekapcsolás pillanatában az induktív ágban nagy az ellenállás. Az R ágban folyó áram (az ábrán a szaggatott nyíl jelzi) mágneses teret hoz létre, amely elegendő ahhoz, hogy megszüntesse az ág szupravezetését. Ezáltal az R ellenálláson és a vele párhuzamosan kapcsolt kimeneti kapcsolokon feszültségimpul-



33. ábra. Perzisztor

zus keletkezik. A következő pillanatban az áramok átrendeződnek, az áram most az L ágban folyik, a folytonos nyíllal jelzett irányban.

Az írásimpulzus megszűnésével az R ágban visszaáll a szupravezetés, és az induktivitás folytán felhalmozódott energia a zárt áramkörben $I_1 < I$ áramot hoz létre. Ez kisebb lévén a kritikushoz, nem semmisíti meg az R ág szupravezetését, és a perzisztor áramkörében korlátlan ideig képes keringeni. Az I íróáram és ennek megfelelően az I_1 áram iránya rögzíti a perzisztor információját („0” vagy „1”).

Jegyezzük meg, hogy mindkét fajta információ esetében az R ágban folyó áram ellenkező irányú, mint amilyen az íróáram volt. Ennek következtében azonos irányú íróimpulzus ismétlődése esetén az R ágban az íróáramból kivonódik a körben keringő áram értéke, s az így létrejövő $I - I_1$ áram nem elegendő az R ág szupravezetésének megszüntetésére. Következésképpen nem keletkezik impulzus a kimeneti kapcsolokon.

Ha a bemenetre ellenkező irányú impulzus érkezik, akkor a bemenő és a körben keringő áram az R ágban összegeződik, az ág szupravezetését megszünteti, és feszültségimpulzust hoz létre a kimeneten.

Ezekre a jelenségekre épül a perzisztor kiolvasása is. Olvasás esetén a bemenetre a nulla írás impulzusa kerül. Ebben az esetben, ha a perzisztorba „1” volt írva, akkor az törlődik és a kimeneten olvasóimpulzus képződik. Ha a perzisztor „0”-t tárolt, akkor annak állapota nem változik, a kimeneten nem keletkezik feszültségimpulzus.

Az irodalomban ismertetett egyik konstrukció esetében a perzisztor R ága $0,4 \mu$ vastag, $0,25$ mm széles és 6 mm hosszú ónbevonat. Ennek az áramkörnek az ellenállása a szupravezetés mágneses térrel való megsemmisítése után 4 K° hőmérsékleten $0,36 \Omega$. Az induktív ág ólomból készült, 10 mm átmérőjű, 2 menetű tekercs, amelyet ráégetéssel állítanak elő. Induktivitása $0,05 \mu\text{H}$. Az ismertetett perzisztor működési ideje $20\text{--}100$ ns. 300 mA-es áram mellett az olvasóimpulzus eléri a $0,1$ V értéket.

A perzisztor billenési ideje jelentősen függ a hártya vastagságától; ns nagyságrendig csökkenthető. Az esetben,

ha rögzített szélességű impulzusokkal történik a kapcsolás, a perzisztor L/R viszonyának nagyságát úgy kell megválasztani, hogy az átbillenési idő és L/R összege egyenlő legyen az impulzus szélességével, továbbá az átbillenési idő kisebb legyen az $L/2R$ értéknél.

A perzisztor vezérlésére 2 tekercset kell használni, amelyek induktíven csatolódnak az L ellenálláshoz. Ilyen körülmények között az áramimpulzusok amplitúdóját úgy kell megválasztani a vezérlőtekercsekben, hogy a perzisztorban keltett áram csak a vezérlőtekercsek impulzusainak koincidenciája esetén legyen elegendő az átbillentéshez.

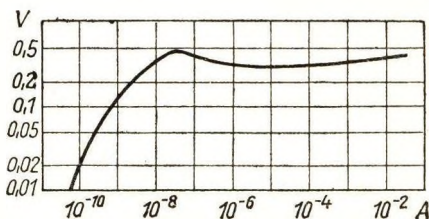
Ennek alapján a perzisztorral mátrix típusú tároló építhető, amely a mátrix típusú áramkoincidens ferritgyűrűs memóriákhoz hasonlóan működik. Az ilyen fajta tárolóberendezésben az információ kiolvasásának jelei az áramkör kimenetén jelentkeznek, amely kimenet az egyes perzisztorok 33. ábrán bemutatott kimenőpontjainak egyesítése révén keletkezik.

A perzisztorok helyigénye jelentéktelenül kicsi. 1 cm^2 -nyi lemezen nyomtatott szereléssel 10 perzisztor is elhelyezhető, ami lehetővé teszi, hogy 1 cm^3 -nyi térfogatban 35 perzisztort helyezzenek el. Az egyes lemezek közötti kölcsönhatás megakadályozására ólom fóliából készítenek válaszfalat, amely szupravezető állapotban tökéletes árnyékolást biztosít.

5. A KRIOZÁR

A kriozár elnevezésű bistabil félvezető elem működése azokon a jelenségeken alapul, amelyek a félvezetőkben az abszolút nullaponthoz közeli hőmérsékleten mennek végbe. A kriozár készítéséhez három-, ill. ötvegyértékű elemmel kevert germániumot használnak. Az ilyen germánium fajlagos ellenállása a folyékony hélium hőmérsékletén $10^9\ \Omega\text{ cm}$. Ha 5 V/cm -es elektromos térerő hat a félvezetőre, akkor a szennyezés ütközési ionizációja következtében egy megfordítható folyamat megy végbe. Ilyen körülmények között a germánium fajlagos ellenállása 10^8 -szorosára csökken.

Az ismertetett folyamatot a kriozár 34. ábrán látható volt—amper-karakterisztikája jellemzi, amely a gáztöltésű csövek karakterisztikájához hasonló. A félvezetőkben lejátszódó jelenségek fontos sajátossága, hogy a gázok lavina-folyamataival ellentétben a nagy ellenállás egészen rövid idő alatt helyreáll, ha a járulékos feszültség a kritikus érték alá csökken. Ez az idő nem haladja meg a 10 ns-ot.



34. ábra. A kriozár volt—amper-karakterisztikája

A kriozárok kísérleti példányait indium szennyezésű, 0,05 cm vastag germánium lapokból készítették, amelyek mindkét oldalát galvanikus úton vagy vákuumlecsapatással vezető sávval látták el. Ezek a sávok érintkeznek a germánium lappal: a sávok a lap ellenkező oldalán egymásra merőlegesen. Így a keresztezési helyükön a közéjük zárt kis germánium térfogatban tárolóelem keletkezik.

Egy 5×5 elemet tartalmazó síkmátrix 1 cm² helyet foglal el 0,05 cm vastagságban. Tételezzük fel, hogy 1 cm²-en 20×20 -ig növelhető az elemek száma, és hogy a lap vastagsága 0,012 cm-re csökkenthető. Ez lehetővé tenné, hogy az 1 cm³-ben elhelyezhető elemek számát — a lapok közötti szigetelést is figyelembe véve — 20 000 elemig növeljék.

A kriozárok állapotának vezérlésére az egyik szokásos eljárás, hogy az egyes elemekre germánium fotoellenállásokat (fotodiódákat) helyeznek, és ezeket sorba kötik velük. A fotodiódákon eső feszültséget a megvilágítással lehet változtatni, és ennek megfelelően változik a kriozárra eső feszültség is. Ez a feszültség határozza meg, hogy a kriozárban létrejön-e ütközési ionizáció, vagy sem. A meg-

világítás változásakor a kriozár átmeneti folyamata néhány ms-ig is elhúzódik, míg feszültséggel való átkapcsoláskor ez az átmeneti folyamat nem haladja meg az egy μ s-ot, sőt a feszültségnek egy kritikus érték fölé növelése az átbillenési időt néhányszor tíz ns nagyságrendre csökkenti.

Az ismertetett kriozártípuson kívül kidolgoztak még ún. kétalkotós kriozárokat is. Ezek két, különböző volt—amper-karakterisztikájú germánium lap egyesítésével készülnek. Az így képzett elemeknek két lavinafolyamatuk van, s olyan tárolókban használhatók, amelyeknek elemeit impulzuskoincidencia hozza működésbe. Az irodalomban ismertettek kriozárokkal épített, szószelekciós rendszerben (Z rendszer) működő tárolót. Ebben a rendszerben egy szó összes helyértéke egyidejűleg, a beírt információ törlése nélkül olvasódik ki, ha a szóvezetékre pozitív kérdőimpulzus kerül. Az információ a szóvezetékre adott negatív impulzus révén törlődik, míg beírást a szóvezetékra és a helyérték-vezetékra adott pozitív impulzusok koinciden- ciája eredményez.

Összefoglalásul meg kell jegyeznünk, hogy jelenleg a számítástechnikában még csak kísérleti stádiumban van és laboratóriumi szintű makettekre korlátozódik az olyan elemek használata, amelyek a fémekben és félvezetőkben igen alacsony hőmérsékleten végbemenő jelenségeken alapulnak. Ennek oka egyrészt a kriogén elemek újszerűsége, másrészt pedig azok a nehézségek, amelyekkel a számológépek nagy egységeinek, pl. a tíz- vagy százezer szó kapacitású tárolóknak a mélyhűtése jár.

Nehezen megoldható problémának tűnik kriogén berendezések üzemeltetése repülőgép fedélzetén, rakétában avagy űrhajóban, az ehhez szükséges, könnyű, kompakt és üzembiztos hűtőberendezés létrehozása miatt. Igaz viszont, hogy a kozmoszban repülve ez a feladat a környezet alacsony hőmérséklete következtében meglehetősen leegyszerűsödik.

A kriogén elemek előnyei — kis méreteik, súlyuk, kis energiafogyasztásuk, nagy megbízhatóságuk — széles perspektívát nyitnak felhasználásuk előtt a számológépekben általában, többek között konkrétan a repülés-, valamint a rakétatechnika irányító kibernetikai gépeiben.

V. PARAMETRIKUS GERJESZTÉSŰ ELEMÉK

1. A PARAMETRIKUS GERJESZTÉS ELVE

A rezgések parametrikus gerjesztésének jelenségét már mintegy 100 évvel ezelőtt felfedezték, azonban e jelenség mélyebb elméleti és kísérleti tanulmányozása csak a huszas-harmincas években kezdődött meg, L. I. Mandelstam, N. D. Papalekszi szovjet fizikusok és tanítványaik munkásságával. 1928-ban Mandelstam és Papalekszi egy rezgőkörben parametrikus úton gerjesztettek nagyfrekvenciás rezgéseket úgy, hogy egy vasmagos tekercs induktivitását a vasmag mágnesezésének változtatásával periodikusan változtatták. A rezgések parametrikus gerjesztése hasonlít a rezonancia jelenséghez, ezért gyakran parametrikus rezonanciának is nevezik.

1954-ben Japánban E. Goto, a tokiói egyetem munkatársa kidolgozta, hogyan használható fel a parametrikus rezgések gerjesztésének jelensége információ tárolására, logikai műveletek végzésére digitális számológépekben. A Goto által tervezett bistabil elemet *parametronnak* nevezték el.

Jelenleg a parametronok széles körben elterjedtek Japánban, de más országokban is kezdték őket alkalmazni. A Japánban működő összes digitális gép mintegy fele tartalmaz parametronokat, amelyeket logikai elemként használnak. Folynak a munkák a parametronok meghonosítására a távíró és távbeszélő-technikában, valamint szerzőgépek digitális vezérlőrendszereiben, kapcsoló elemként.

Mielőtt rátérnénk parametronos berendezések és parametronokat tartalmazó kapcsolások gyakorlati leírására, röviden ismertetjük az elektromágneses rezgések parametrikus gerjesztésének alapelvét. Ahhoz, hogy bármely rezgő-

rendszerben, pl. egy rezgőkörben, rezgéseket hozhassunk létre és tarthassunk fenn, a rezgés teljes tartama alatt kívülről bizonyos mennyiségű energiát kell betáplálni, amely a rendszer veszteségeit pótolja (a rezgőkör aktív ellenállásában, vagy mechanikus rendszereknél a súrlódásban jelentkezik veszteség).

Nem változó paraméterekkel rendelkező rendszerekben gerjesztett kényszerrezgések esetében az energiát ún. egyenes úton vezetik a rendszerbe. Például egy hinta lendítését egy földön álló ember is végezheti azzal az energiával, amelyet a hinta saját rezgéseivel egybeeső frekvenciájú és irányú lökések formájában a hintának ad át. Egy rezgőkörben rezgések hozhatók létre, ha a rezgőkört a rezonanciafrekvenciával egyező frekvenciájú váltóárammal tápláljuk.

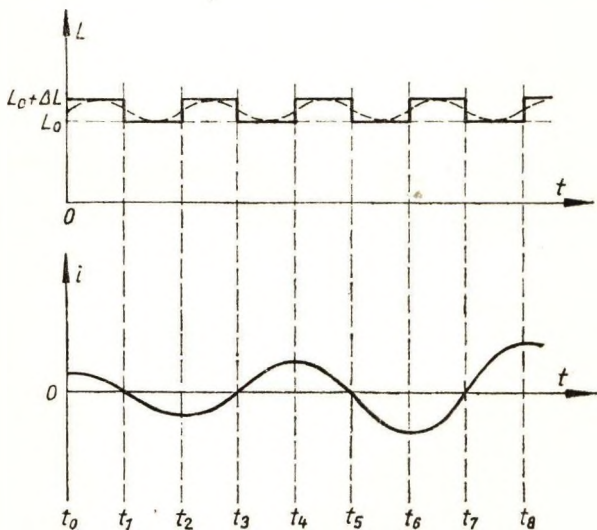
Azonban közvetett úton is közölhető energia egy rezgő rendszerrel, ha változtatjuk magának a rendszernek egy vagy több paraméterét. Meghatározott feltételek teljesülése esetén ez szintén biztosíthatja, hogy a rendszerben rezgések jöjjenek létre és maradjanak fenn.

Ilyen parametrikusan gerjesztett rezgés példjaként ismét a hinta említhető, ha azt maga a rajta levő ember lendíti. Ehhez a hinta deszkáján álló embernek le kell guggolni abban a pillanatban, amikor a hinta a legmélyebb helyzeten megy át, és kiegyenesedni, amikor a hinta a felső pontot eléri. Ilyenkor változik a hinta súlypontja és függeszési pontja közti távolság, azaz az inga hossza. Fizikai szempontból ui. a hinta ingának tekinthető.

Vegyük figyelembe, hogy mozdulatlan hintát lehetetlen a leírt módon mozgásba hozni. Az a helyzet ugyanis, hogy a mozdulatlan hintán az ember súlypontjának felemelésével végzett munkája a leguggoláskor visszatérül. Ha azonban a hinta, akár jelentéktelen mértékben is, lengésben van, akkor az ilyen paraméterváltozás minden ciklusában van munkavégzés, ami a rezgések amplitúdójának növekedését, azaz a rendszer parametrikus begerjesztését eredményezi.

Ahhoz, hogy egy rendszerben sikeresen hozhassunk létre parametrikus rezgéseket, annak „energiagazdag” paraméte-

reire kell hatást gyakorolni, azaz olyan paraméterekre, amelyek a rendszer legnagyobb befogadóképességű energiatárolói. Elektromágneses rezgőkörök esetén ilyen paraméterek a kapacitás és az induktivitás. Ha e paraméterek valamelyikét periodikusan változtatjuk, akkor megfelelő feltételek mellett a rezgőkörben áramingadozások keletkeznek, azaz elkezdődik az elektromágneses rezgések parametrikus gerjesztésének folyamata.



35. ábra. Rezgőkör parametrikus gerjesztése induktivitásának változtatásával

Vizsgáljuk ezt a rezgéskeltési folyamatot a rezgőkör induktivitásának periodikus változtatása esetén. Az L_0 induktivitást, C_0 kapacitást és R aktív ellenállást tartalmazó rezgőkörben a kezdeti t_0 időpillanatban i_0 áramerősség van (35. ábra). Növeljük ekkor a rezgőkör induktivitását ΔL értékkel, például úgy, hogy vasmagot helyezünk a tekercsbe. Minthogy a tekercs mágneses terének energiáját

az $Li^2/2$ kifejezés határozza meg, így az ebben az időpillanatban

$$\frac{(L_0 + \Delta L) i^2}{2} - \frac{L_0 i^2}{2} = \frac{\Delta L i^2}{2}$$

értékkel megnő.

Ha most magára hagyjuk a rezgőkört, akkor az áram csökkenni kezd, és a tekercs mágneses terének energiája átalakul a kondenzátor elektromos terének energiájává. Egy negyedperiódus múlva, a t_1 időpontban, amikor az áramerősség nulla és a kondenzátoron levő feszültség eléri a maximális értéket, vegyük ki a vasmagot és így csökkentjük a tekercs induktivitását ugyancsak ΔL értékkel, a kezdeti L_0 értékre.

Minthogy a tekercs áramerőssége és mágneses tere ebben a pillanatban nulla, úgy tekinthetjük, hogy a vasmag eltávolításakor nincs semmilyen munkavégzés (a mechanikai súrlódást elhanyagoljuk). Egy további negyedperiódus múlva, a t_2 időpillanatban, amikor az áram eléri ellenkező irányú maximális értékét, ismét tegyük be a vasmagot, megnövelve ΔL -lel az induktivitást és $\Delta Li^2/2$ -vel a rezgőkör energiáját. A t_3 időpillanatban, amikor $i = 0$, vegyük újból ki a vasmagot, nem csökkentve a rezgőkör energiáját s i. t.

Ily módon a rezgési folyamat minden félperiódusában egyszer, amikor a tekercsben az áram eléri a maximumát, bizonyos mennyiségű pótenérgiát közlünk a rezgőkörrel, amelynek nagysága $\Delta Li^2/2$. Nyilvánvaló, hogy ha ez az energia meghaladja a rezgőkör R aktív ellenállásának ezen idő alatti veszteségét, akkor a rezgések amplitúdója növekedni fog, amint ezt a 35. ábra alsó görbéje mutatja. Ez a folyamat addig folytatódik, amíg a rezgőkör növekvő veszteségei egyenlővé nem válnak a rezgőkörbe bevitt pótlólagos energiával; ekkor a rezgések amplitúdója állandósul.

Gyakorlatilag könnyebb az induktivitást nem ugrásszerűen, amint a 35. ábrán felül látható (teljes vonal), hanem folyamatosan (szaggatott vonal) változtatni. Ekkor az induktitásnak az $L_0 + \Delta L/2$ átlagérték körül kell ingadoznia, lehetőleg a rezgőkör saját frekvenciájához képest kétszeres frekvenciával.

Noha a parametrikus gerjesztés számára a paraméter változásának frekvenciája és a rezgőkör saját rezonanciafrekvenciája között 2 : 1 a legkedvezőbb viszony, hasonló eredmény érhető el néhány más frekvenciaviszony esetén is.

A parametrikus rezgéskeltés fent leírt folyamata a rezgőköri kondenzátor kapacitásának változtatásával is előidézhető. A rezgőkörök paramétereit a gyakorlatban elektromos módszerekkel változtatják a szükséges nagy frekvencián.

2. PARAMETRONOK

A 36. ábrán egy változó induktivitású parametron kapcsolása és a benne lejátszódó folyamatokat ábrázoló görbék láthatók. A parametron rezgőköre C kapacitásból és L induktivitásból áll. L az L' és L'' induktivitások összege, ahol L' -t és L'' -t a Tr_2 és Tr_3 transzformátorok sorbakötött szekunder tekercsei képezik. Ezeknek a tekercseknek ellenkező a menetiránya, így a primer körből az energia nem tud közvetlenül átjutni a rezgőkörbe. A rezgőkört egy ω_0 frekvenciájú külső áramforrás táplálja a Tr_1 transzformátoron keresztül. A Tr_2 és Tr_3 transzformátorok sorbakötött l' és l'' primer tekercsei képezik a gerjesztőkört, ehhez kapcsolódik az állandó előfeszítést szolgáltató E telep és a $2\omega_0$ frekvenciájú váltóáramú G áramforrás.

A 36b ábra grafikusan mutatja a rezgőkör $L = L' + L''$ induktivitásának változását. Az 1 görbe az L induktivitást a primer körben folyó áram függvényében ábrázolja; az áram erőssége

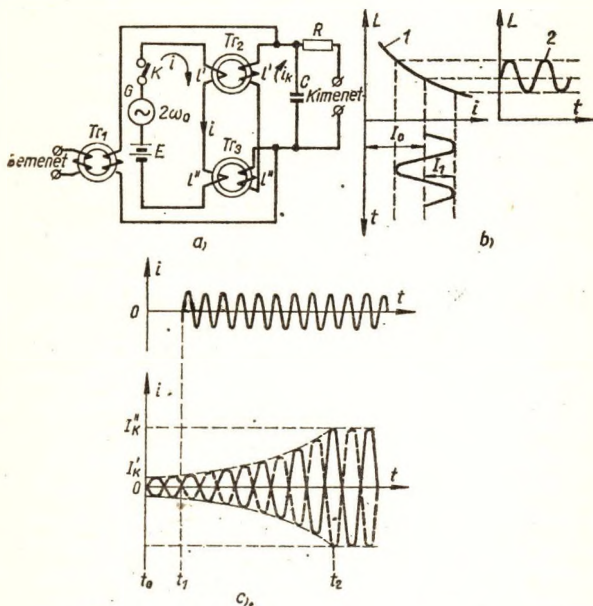
$$i = I_0 + I_1 \sin 2 \omega_0 t,$$

ahol I_0 az állandó előfeszítő áram,⁵ amelyet az E előfeszítő telep szolgáltat; ez az 1 görbén a munkapont beállítására szükséges;

5. Az előfeszítő áram a mágneses technikában az előfeszültség analógiájára képzett kifejezés. Jelentése állandóan ható gerjesztő áram, amely valamely munkapontot jelöl ki. Az „előgerjesztés” szó használata azonban hibás lenne, mivel ez az áram alapállapotot, és nem gerjesztett állapotot idéz elő. (a lektor megj.)

I_1 a primer körben, a G generátor által létrehozott váltóáram amplitúdója.

Mivel az $L = f(i)$ függvény nem lineáris, ezért az L indukтивitás változása az időben torzított szinuszfüggvény alakú lesz, mint a 2 görbe mutatja.

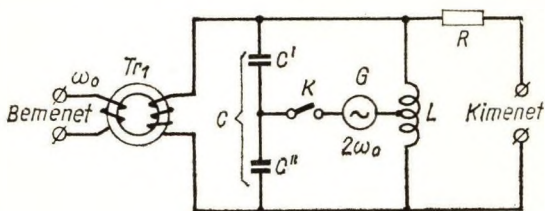


36. ábra. Változó indukтивitású parametron

a kapcsolási vázlat; b a parametron rezgőkörének indukтивitása;
c a parametrikus gerjesztés folyamata

A parametronban végbemenő parametrikus gerjesztési folyamatot a 36c ábra grafikonjai illusztrálják. A rezgőkörbe vezetett ω_0 frekvenciájú rezgések valamilyen I'_k amplitúdójú áramot hoznak létre, ez folyik a rezgőkörben a (t_0, t_1) időközben. A t_1 időpillanatban a K kapcsoló zárja a gerjesztőkört, ettől kezdve a rezgőkör L indukтивitása $2\omega_0$ frekvenciával változik. Ez parametrikus rezgéskeltéshez vezet, közben a rezgőkörben folyó áram amplitúdója

exponenciálisan növekszik. Ha a vizsgált áramkörök ideális esetként lineárisak lennének, akkor az amplitúdó növekedése a végtelenig folytatódna. A valóságban azonban a Tr_2 és Tr_3 transzformátorok nemlineáris $B = f(H)$ függvénye következtében a rezgőkör csillapodik, az amplitúdó növekedésével nőnek a hiszterézisveszteségek. Ezért egy bizonyos t_2 időpontban a folyamat stabilizálódik, a



37. ábra. Változó kapacitású parametron kapcsolási rajza

rezgőkör áramerőssége elér egy maximális I_k'' értéket, és a rezgések további növekedése megszűnik. Így a parametron működése hasonlít egy olyan erősítőéhez, amely önmaga korlátozza jeleinek amplitúdóját.

A parametronban a parametrikus gerjesztés abban az esetben is létrejön, ha a t_1 időpillanatban a bemeneten az ω_0 frekvenciájú alapjel megszűnik. Amikor a K kapcsolót kikapcsoljuk, azaz a parametron gerjesztő áramkörének táplálását megszakítjuk, akkor a rezgőkörben a rezgések teljesen megszűnnek, ha a bemenetről hiányzik az ω_0 frekvenciájú alapjel. Ha viszont a gerjesztés megszűnte után van jel a bemeneten, akkor a rezgőkörben a rezgések amplitúdója a kezdeti I_k' értékre csökken.

Észre kell vennünk, hogy a parametron rezgőkörében a parametrikus gerjesztés következtében létrejövő és fennmaradó rezgéseknek két lehetséges fázisa van. Ezek π radiánnal különböznek egymástól, amint a 36c ábrán a folyamatos, ill. szaggatott vonallal rajzolt görbék mutatják. Hogy ezen két működési állapot közül melyik jön létre, azt kizárólag a parametron bemenetére adott kis kezdeti rezgések fázisa szabja meg. Ezért a parametronra gyakran

használt pontosabb elnevezés: fázisszinkronizációval rendelkező parametrikus generátor.

A rezgéseknek ezt a két lehetséges módusát a számítástechnikában a „0” és „1” információk előállítására használják fel. Így a parametronokat bináris tárolóelemként alkalmazhatjuk. A parametronban rögzített információ megváltoztatását, azaz a rezgőkörében fenntartott rezgések fázisának módosítását úgy végezzük, hogy megszakítva a gerjesztést, egy gyenge, ellenkező fázisú vezérlőjelet adunk a bemenetre, majd a gerjesztést újra bekapcsoljuk.

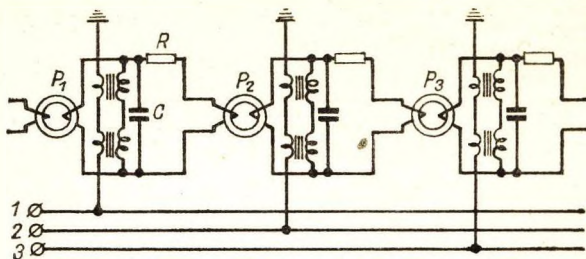
Az eddig elmondottak azokra a parametronokra is vonatkoznak, amelyeknek változó paramétere a kapacitás. Egy ilyen parametron kapcsolását mutatja a 37. ábra. Itt a rezgőkör kapacitása két nemlineáris kondenzátorból (C' és C'') áll. A kondenzátorok közös pontja és az állandó L induktivitású tekercs középpontja között helyezhető el a $2\omega_0$ frekvenciájú gerjesztőfeszültség, amely az átlagos $C = \frac{C' C''}{C' + C''}$ kapacitást $2\omega_0$ frekvenciával változtatja.

A parametron kimeneti körébe kapcsolt R ellenállás a sorbakötött parametronok közti csatolóellenállás; feladata a feszültségugrások elsimítása a parametron módusváltása esetén.

3. PARAMETRONOS KÉSELTETŐVONALAK ÉS TRIGGEREK

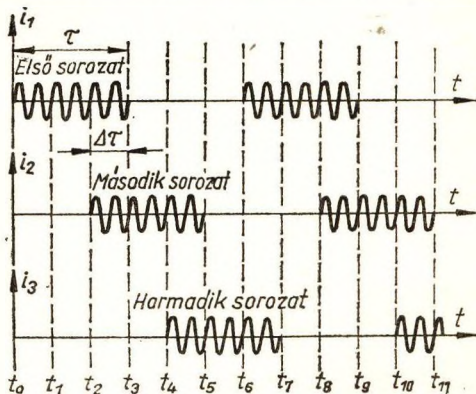
Vizsgáljuk meg a 38. ábrán látható parametronos késleltetővonal kapcsolását. A sorbakötött parametronok gerjesztőkörét egymáshoz képest eltolt nagyfrekvenciás impulzussorozatok táplálják. Ezen impulzusok időbeli elhelyezkedését mutatja a 39. ábra. A $2\omega_0$ frekvenciájú és τ időtartamú impulzussorozatok egymás után érik a P_1, P_2, P_3 stb. parametronokat, és így biztosítják az információ előrehaladását a késleltetővonalban.

Érje a t időpillanatban a késleltetővonal bemenetét egy ω_0 frekvenciájú jel, az I -es kapcsot pedig az első sorozat gerjesztőjele. Ez utóbbi jel jut a P_1, P_4, P_7 stb. parametronok gerjesztőkörébe is. P_1 -ben parametrikus rezgéskeltés követ-



38. ábra. Parametronos késleltetővonal kapcsolási rajza

kezik be, és a rezgőköréről levett feszültség az R csatoló-ellenálláson keresztül a P_2 parametron bemenetére jut. A t_2 időpontban a 2-es bemenetre adódik a második sorozat gerjesztőjele, amely a $P_2, P_5, P_8 \dots$ parametronok

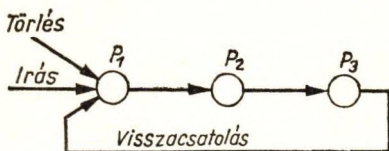


39. ábra. A késleltetővonal nagyfrekvenciás gerjesztőimpulzusai

gerjesztőkörét táplálja. Tehát a t_2 időpillanatban kezdődik a P_2 parametron gerjesztése. A t_3 időpontban, amikor véget ér az első sorozat gerjesztőjele, félbeszakad a P_1 parametron rezgése. A t_4 időpontban a 3-as bemenet megkapja a harmadik sorozat gerjesztőjelét, amely a $P_3, P_6, P_9 \dots$ parametronok gerjesztőkörét táplálja. Ennek hatására P_3

rezgőkörében elkezdődik a parametrikus gerjesztés, a t_5 időpontban pedig leáll a rezgés P_2 rezgőkörében. A t_6 időpontban megkezdődik a P_4 parametron gerjesztése, t_7 -ben megszakadnak P_3 rezgőkörének rezgései s i. t.

Ily módon a késleltetővonal bemenetén belépő ω_0 frekvenciájú jel a késleltetővonal mentén balról jobbra halad, mivel egyik parametron a másiknak adja át. Eközben a három $2\omega_0$ frekvenciájú, egymáshoz képest 120° -ra eltolt rádiófrekvenciás jel a „léptető” impulzusok szerepét játsza.



40. ábra. Parametronos trigger

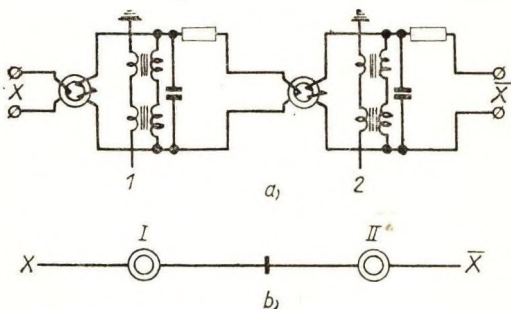
Hogy biztosítsuk a jelek parametrontól parametronig való „stafétaszerű” átadásának ezen folyamatát, a sorban jövő gerjesztőjeleknek bizonyos $\Delta\tau$ átfedéssel kell követniük egymást, amint ez az ábrán látható.

Tárolóelemként, egy bináris egységnyi (bitnyi) információ tárolására parametronos trigger alkalmazható. Ez három sorbakötött parametronból és egy visszacsatoló láncból álló gyűrű alakú kapcsolás (40. ábra). Az ilyen trigger tulajdonképpen nem más, mint egy háromelemű parametronos késleltetővonallal megépített dinamikus tároló, egy bináris helyértéknyi kapacitással.

A parametronos trigger két stabil állapotát a parametrikus gerjesztés ciklikus folyamatának két állapota szabja meg, a parametron rezgőkörében létrejövő rezgések két, egymással ellentétes fázisának megfelelően (folyamatos és szaggatott vonal a 36. ábrán). A trigger „1” helyzetben marad, ha az „írás” bemenetre kap jelet és „0” helyzetben, ha ugyanazt a jelet a „törlés” bemenetre kapja. Ehhez mindössze az szükséges, hogy a bemeneti transzformátoron a „törlés” bemenet tekercsét ellenkező irányban tekercseljük, és így biztosítsuk a rezgések fázisának 180° -os megváltozását.

4. A PARAMETRON, MINT LOGIKAI ÁRAMKÖRI ELEM

Ha a parametronokat csatoló elemek (pl. toroid transzformátorok) segítségével különféle csoportokba kapcsolják össze, különböző logikai kapcsolások hozhatók létre. Ezekből azután felépíthetők a digitális számológépek bonyolult áramkörei.



41. ábra. Parametronos NEM kapcsolat
a kapcsolási rajza; b jelölése

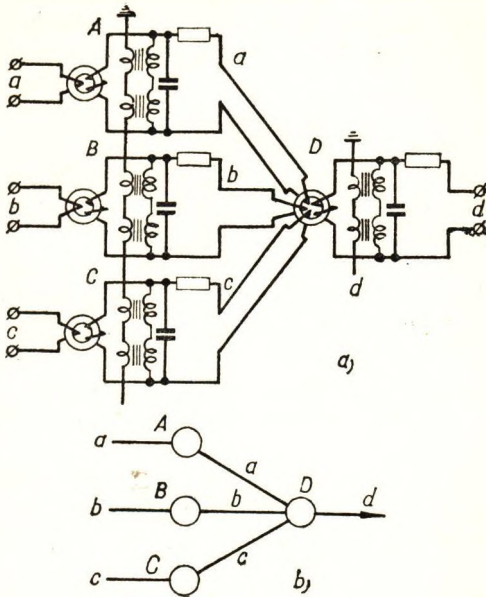
Ismeretes, hogy ha rendelkezésre áll négyféle logikai áramkör, amely a késleltetés, a negáció (NEM), a konjunkció (ÉS) ill. a diszjunkció (VAGY) műveletét valósítja meg, akkor ezekből felépíthető bármilyen bonyolult logikai függvényt realizáló digitális kapcsolat.

A jelkésleltetés bármilyen kívánt időintervallumban megvalósítható késleltető vonal segítségével.

Nagyon egyszerűen realizálható a negáció (jelfordítás), amely a kód nulláinak egyesekkel, az egyeseknek pedig nullákkal való felcserélését jelenti. Minthogy a parametronos áramkörökben a „0” és az „1” csak a rezgések fázisában különbözik, így a NEM művelet gyakorlatilag két parametron sorbakötésével valósítható meg, amelyek bemeneti tekercseit a 41a ábrán látható módon, különböző polaritással kell bekötni. Az egyszerűsített, sematikus jelölésben az ilyen fázisfordításos összekötést a paramet-

ronok közötti összekötő egyenesen egy rövid keresztvonalalal jelölik (41b ábra).

Az ÉS és a VAGY műveletek kétfokozatú parametronos kapcsolásokkal valósíthatók meg (42. ábra). Az első fokozatban három parametron (A , B és C) működik, ezek



42. ábra. Kétfokozatú, hárombemenetű parametronkapcsolás

a kapcsolási rajza; b jelölése

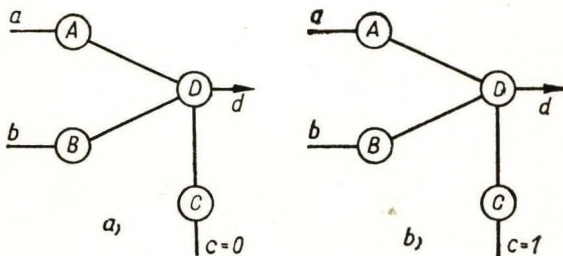
kimenetéről a rezgések a második fokozat D parametronának közös bemeneti transzformátorára jutnak. A D parametronban a rezgések fázisát az A , B és C parametronokról a bemeneti tekercsre adott a , b és c rezgések eredő jelének fázisa határozza meg.

Ezek a rezgések fázisban 180° -ra különbözhetnek egymástól. Nyilvánvaló, hogy az ellentétes fázisú, de azonos amplitúdójú rezgések kölcsönösen kompenzálják egymást, és

a bemenőjelek összeadódásának eredményeként jelentkező d jel fázisát az határozza meg, hogy melyik fázisú, azaz a „0” vagy az „1” bemenőjelek vannak-e túlsúlyban.

A jelösszegezésnek ezt az elvét *majoritási elvnek* nevezik.

A majoritás elvén dolgozó három bemenetű kapcsolás felhasználásával könnyen megvalósítható a két bemenő változós ÉS konjunkció és VAGY diszjunkció. Ehhez az áramkör két alapjel-bemenetére kell adni a bemenő változók



43. ábra. Parametronos kapcsolások
a ÉS kapcsolás; b VAGY kapcsolás

megfelelő („0” vagy „1”) jeleit (43. ábra). Az áramkör harmadik bemenetének kisegítő szerepe van, erre ÉS kapcsolás esetén állandóan a $c = 0$, VAGY kapcsolás esetén pedig a $c = 1$ jelet kell adni.

Az első esetben (43a ábra) a kimeneten nyilvánvalóan csak akkor keletkezik $d = 1$ jel, ha mindkét bemeneten egyidejűleg $a = 1$ és $b = 1$ jel van, azaz a kapcsolás a konjunkciót (ÉS) valósítja meg.

A másik esetben (43b ábra) a $d = 1$ jel jelenik meg a kimeneten, ha akár $a = 1$, akár $b = 1$, akár pedig egyidejűleg mindkét jel 1 a bemeneten. Így módon ez diszjunktív (VAGY) kapcsolásként működik.

Ha a majoritás elvén alapuló parametronos áramkörnek öt bemenete van és ezekből kettőn állandóan „0” jel van, akkor három bemenetű ÉS kapcsolást kapunk, míg ha a két bemeneten állandóan „1” van, akkor VAGY kapcsolást.

A parametronos áramkörök bemenetére több parametron jele is adható, a kimenetről levett jel pedig a következő fokozatokban nagyszámú parametronra vihető át. Korszerű parametronoknál maximálisan 10—20 ilyen elágazás engedhető meg. Ez teljesen kielégíti azokat a követelményeket, amelyek digitális információ feldolgozására szolgáló univerzális és speciális gépek szerkesztésekor felmerülhetnek.

5. A PARAMETRONOK JELLEMZŐI É S A L K A L M A Z Á S A I

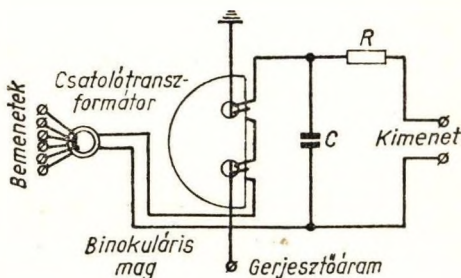
A japán ipar által sorozatban gyártott parametronok rezgőkörében a két különálló mag helyett egy félköralakú, két kis lyukkal ellátott ferritmag — ún. binokuláris típusú mag — található (44. ábra). A csatolókör bemeneti transzformátora ferritből készült toroid transzformátor, egymenetű szekunder tekercse a rezgőkör soros eleme.

Ezeknek a sorozatgyártásban készülő japán parametronoknak jellemző adatait az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Jellemzők	Parametron fajták		
	Kis teljesítményű	Közepes teljesítményű	Gyors működésű
Gerjesztőfrekvencia, MHz	0,2	2	6
Maximális szinkronizáló frekvencia (ütemfrekvencia) kHz	2	25	140
A gerjesztés teljesítménye egy parametronnál (folytonos gerjesztés mellett), mW	5	30	120
Állandó előfeszítő áram, A	0,6	0,6	0,6
Maximális bemenetszám	3—5	3—5	3—5
Kimeneti ágak maximális száma	15	15	12

Léteznek olyan kísérletileg kidolgozott parametronok, amelyekben báriumtitanátos nemlineáris kerámia kondenzátort használnak. Folytattak kísérleteket olyan parametronokkal is, amelyekben változó kapacitásként a germánium- és szeléndiódák barrierkapacitása szerepel. Ezekben a parametronokban 60 MHz-es parametrikus rezgéseket sikerült előállítani.



44. ábra. Binokuláris típusú maggal készült parametron kapcsolása

Mint hogy a parametronok csak kondenzátorokat, ellenállásokat vagy ferromágneses magú transzformátorokat, azaz csupa nagystabilitású és tartós elemet tartalmaznak, élettartamuk gyakorlatilag igen nagynek tekinthető.

Mint az akár 10 000 parametront is tartalmazó japán számológépek üzemeltetési tapasztalatai mutatják, a parametronok meghibásodása rendkívül ritka, és magukra a gépekre is jellemző igen nagy megbízhatóságuk.

A korszerű parametronos áramkörök hátránya viszont, hogy nagyfrekvenciás energiaforrást igényelnek és viszonylag nagy teljesítménykövetelményeket támasztanak magasabb frekvenciákon való működés esetén, azaz számológépekben, ahol a műveleteket nagy sebességgel kell végrehajtani. A legújabb kutatások azonban gazdaságosabb nagyfrekvenciás parametronok kidolgozását tették lehetővé, amelyeknek nyilvánvalóan fontos szerepük lesz a számítástechnika további fejlődésében.

VI. ULTRANAGYFREKVENCIÁS ELEM EK

1. AZ ULTRANAGYFREKVENCIÁS ELEM EK SZÁMÍTÁSTECHNIKAI FELHASZNÁLÁSÁNAK ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

A jelenleg üzemelő összes számológépben — a parametronokkal épített számológépeket kivéve — az információt állandó amplitúdójú impulzusokkal kódolják. Ezért az ismétlési frekvencia növelését és egyidejűleg az impulzusok szélességének csökkentését korlátozza a rendszer kapacitásainak feltöltésével kapcsolatos ún. relaxációs folyamatok időtartama, amelyet RC típusú időállandók határoznak meg. Ezért a számítástechnikában alkalmazott koncentrált paraméterű áramkörök esetén az időállandó csökkentése bonyolult műszaki feladat.

Ugyanakkor a korszerű rádiótechnikában már meghonosodtak a nanoszekundumos vagy annál is rövidebb időtartamú folyamatok, amelyek a centiméteres és milliméteres hosszúságú hullámok tartományában lejátszódó ultranagyfrekvenciás rezgések alkalmazásán alapulnak. Így lehetőség nyílik arra, hogy a számológépek működési sebessége megközelítse a másodpercenkénti százmillió aritmetikai művelet nagyságrendjét, azaz azt a gyakorlati határt, amelyet az impulzusoknak a számológép különböző egységei közötti véges terjedési ideje szab meg. Ultranagyfrekvenciákon dolgozó számológépek gyakorlati megvalósítása — amely frekvenciák esetén a tranziens folyamatok időtartamát az áramköri paraméterek LC típusú szorzata határozza meg — megköveteli az osztott paraméterű áramkörök, a haladó hullámú elektroncsövek, speciális nagyfrekvenciás diódák, parametrikus, valamint molekuláris generátorok és erősítők, továbbá egyéb korszerű elektronikai elemek felhasználását.

Az ultranagyfrekvenciás rezgések alkalmazása jelentősen növeli a számítástechnikai berendezések lehetőségeit.

Az információ amplitúdó szerinti kódolásának elvén kívül, amelyet az összes mai gép felhasznál (impulzus van — „1”, impulzus nincs — „0”), az ultranagyfrekvenciákon dolgozó gépekben a rezgések fázisszöge és frekvenciája szerinti kódolás is alkalmazható. Így az információ kombinált kódolása is lehetséges, az egyidejű amplitúdó, fázis és frekvencia szerinti módszerek jeleinek szétválasztása révén.

Az ultranagyfrekvenciás számítástechnikai rendszerekben az információ amplitúdó szerinti szétválasztása (ultranagyfrekvenciás impulzusok jelenléte vagy hiánya) nanoszekundum szélességű impulzusok esetében rendkívül nagy átviteli sávot kíván. A szükséges átviteli sáv jelentős mértékben csökkenthető azokban a rendszerekben, amelyekben az információt kétféle frekvenciájú vagy fázisú rezgésekkel kódolják. Az információ kódolásának ezen utóbbi módját alkalmazzák a parametronos japán számológépekben viszonylag alacsony frekvenciákon, a bennük változó paraméterként alkalmazott vasmagos tekercsnek megfelelően.

Ha a félvezető diódák kapacitását használják változó paraméterként, akkor ezer megahertz frekvencia nagyságrendű parametrikus rezgések nyerhetők.

2. T Á R O L Ó E L E M E K

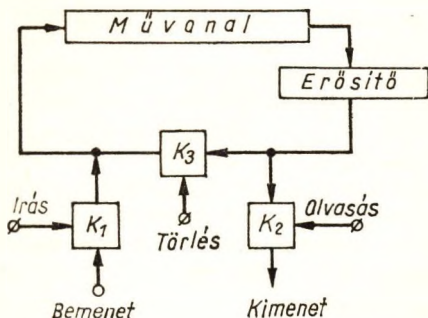
Dinamikus recirkulációs berendezések művonalakkal. A művonalas dinamikus tárolóberendezések működésének alapelve a következő. Az elektromos impulzusok formájában kódolt információ a bemenetről a K_1 kapun keresztül kerül a rendszerbe (45. ábra), áthalad a művonalon, ahol az időbeli késleltetés mellett csökken amplitúdója, az erősítő ezt a csökkenést kompenzálja, az impulzus áthalad a K_3 kapun, ismét rájut a művonalra stb.

Az olvasás minden alkalommal végrehajtható, amikor a megfelelő szó kódimpulzusai az erősítő kimenetén megjelennek. Ekkor ezek a K_2 kapu nyitásával a rendszer kimenetén olvashatók ki.

Az ilyen fajta tárolóberendezések kapacitását az alábbi képlet határozza meg:

$$n = f\tau_3,$$

ahol n a zárt körben egyidejűleg keringhető impulzusok száma, f az impulzusok ismétlődési frekvenciája, τ_3 az impulzusok művonalon való áthaladásának ideje.

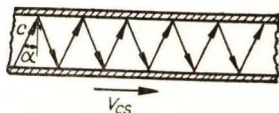


45. ábra. Művonalas dinamikus tárolóberendezés vázlata

Viszonylag alacsony frekvenciájú, állandó áramú impulzusokkal kódolt információ esetén ultrahang (higany, piezoelektromos, magnetosztriktív) művonalakat használnak. Ebben az esetben nehézséget okoz az elektromos jelek átalakítása ultrahang-frekvenciás mechanikai rezgésekké. Az állandó áramú impulzusokat előzetesen rádióimpulzusokká alakítják át, majd piezoelektromos vagy magnetosztriktív átalakítóba viszik, a művonalban való mechanikai rezgéskeltés végett. A kimeneten következésképpen az elmentés átalakítást kell elvégezni. Mindezek természetesen bonyolulttá teszik a megfelelő tárolóberendezéseket és csökkentik megbízhatóságukat.

Az információ 100 MHz nagyságrendű ismétlési frekvenciájú és nanoszekundum szélességű rádióimpulzusokkal való kódolása lehetővé tette, hogy tápvonalakat alkalmazzanak készletetű művonalakként.

Az elektromágneses energia terjedésének folyamata úgy tekinthető, mint a hullámoknak a tápvezeték falain történő sokszoros visszaverődése (46. ábra). Ezért, noha a hullámok terjedési sebessége egyenlő a c fénysebességgel, a jel áthaladási sebessége a tápvezetékben, avagy az ún. v_{cs} csoportsebesség tetszőlegesen kicsi is lehet, mégpedig akkor, ha a hullámnak a tápvezeték falára vonatkozó α beesési szöge közel nulla; ugyanis $v_{cs} = c \sin \alpha$. Gyakorlatilag könnyen előállítható a fénysebességnél tízezerszer kisebb csoportsebesség is. Ebből következik, hogy pl. 3 m hosszú tápvezeték esetén $\tau_3 = 100$ ns is megvalósítható, és $f = 10^9$ Hz mellett az ilyen művezetékben 100 impulzus tárolható. Ezeknek a berendezéseknek fő előnye az átalakítók hiánya és az impulzusok amplitúdójának viszonylag kis csökkenése.



46. ábra. Elektromágneses rezgések terjedése a tápvezetékben

Haladó hullámú csöves trigger. Mint ismeretes, a haladó hullámú csöveket szélesávú erősítőként használják a milliméteres és centiméteres rezgések tartományában. A haladó hullámú cső olyan vákuumcső, amelynek működése elektronsugár és speciális (általában spirálhuzal alakú) rendszerrel lassított haladó elektromágneses hullám kölcsönhatásán alapul.

A csőre adott elektromágneses rezgések a spirális mentén közel fénysebességgel terjednek, a spirális tengelye menti terjedési sebesség viszont néhányszor kisebb a fénysebességnél; nagysága egy szorzattal határozható meg, amelynek egyik tényezője a fénysebesség, másik tényezője pedig a menetemelkedésnek és a menethossznak a hányadosa.

Következésképpen a haladó hullámú cső bemenetére adott jel terjedési ideje a cső 20–30 cm-es hossza mentén néhány nanoszekundum. Ha visszacsatoló áramkörrel kötjük össze a cső bemenetét és kimenetét, és így zárt kört hozunk létre, amelyben az impulzusok keringhetnek, akkor például 1 ns impulzusszélesség esetén egyidejűleg néhány

impulzus keringhet ebben a haladó hullámú csöves dinamikus triggerben. Ez a rendszer a művonalas dinamikus tárolóberendezésekhez hasonlóan működik. A különbség közöttük csupán az, hogy a haladó hullámú cső ellátja mind a művonálnak, mind a zárt körben keringő impulzusok csökkent energiáját kompenzáló erősítőnek a szerepét.

Mivel a haladó hullámú csövek sávszélessége néhány gigahertz nagyságrendű, még az igen rövid impulzusok is viszonylag jól megőrzik alakjukat a csövön való áthaladás-kor.

Ennek a dinamikus tárolótriggernek a kapacitását úgy határozhatjuk meg, mint egy annyi helyértékű szót, ahány impulzus egymást a recirkuláció zárt körében követheti. Ez a kapacitás egyenlő az impulzusok csövön való áthaladási idejének és ismétlődési frekvenciájának hányadosával. Ha a triggerben egy szót tárolunk, akkor az információ írása és olvasása helyértékről helyértékre történik.

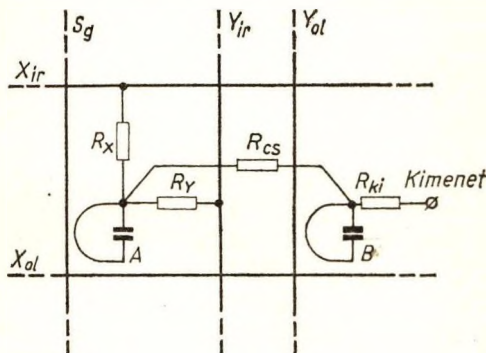
Ha egy tárolóberendezésben néhány ilyen típusú trigger van, s ezek mindegyike a szavak egy-egy meghatározott helyértékének tárolására szolgál, akkor az információ párhuzamos írása és olvasása megvalósítható. Ennek a tárolóberendezésnek a kapacitása annyi szó, ahány impulzus egyetlen dinamikus triggerben tárolható, a berendezés triggereinek száma pedig a tárolandó helyértékek számát határozza meg.

Fázisban szinkronizált parametrikus generátorokkal (parametronokkal) épített tárolóelemek. Az 5. fejezetben megismert parametronok két áram koincideneciájának elvén alapuló operatív tárolóberendezések elemeiként is felhasználhatók. Ultranagyfrekvenciák alkalmazásával nanoszekundum nagyságrendű hozzáfordulási ciklusok valósíthatók meg a tárolóberendezésben.

A 4–10 MHz frekvencián dolgozó generátorokban koncentrált paraméterű áramköröket használtak, például az áramkör nemlineáris vezérelt elemeként rétegdiodák kapacitását. A (2–4) 10^9 Hz nagyságrendű frekvenciákon, a centiméteres hullámok tartományában rezgőkörként üregrezonátort alkalmaztak, a változó paraméter a rezonátorba

helyezett csúcsdióda változó kapacitása volt, a jelek bevitelére és kiolvasására, valamint a kör gerjesztésére aszimmetrikus sávvezetőt használtak.

Az elméleti kutatások és kísérletek eredményei alapján lehetővé vált, hogy a fázisban szinkronizált parametrikus generátorok egyik stabil állapotukból átkapcsolhatók legyenek néhány más állapotba. Ezen kapcsolások egyike a



47. ábra. Áramkoincidenca elve alapján működő parametronos operatív tárolóelem vázolata

kényszerkapcsolás elnevezést kapta. Ez azt jelenti, hogy egy generátorra, amelyen már meghatározott fázisú rezgés van, olyan erős jel kerül, amely elegendő új fázisú rezgés felvételének kényszerítésére. Ekkor kezdetben kioltódnak azok a rezgések, amelyek e jelet megelőzően az áramkörben voltak, majd új fázisú rezgések keletkeznek. Abban az esetben, ha a körre érkező jel fázisa megegyezik a körben levő jelek fázisával, akkor a rezgés fázisában semminemű változás nem megy ott végbe; csak az amplitúdó lesz a külső jel ideje alatt nagyobb.

Kényszerkapcsolást használnak a rezgések beírására a 47. ábrán látható tárolóelem esetében. A mátrix típusú tárolóberendezés minden egyes eleme két parametrikus generátort tartalmaz, A-t és B-t. Az első az információ tárolására szolgál, míg a második csupán olvasásra.

Az információ az elembe az X_{ir} és Y_{ir} sínekre adott fáziskoincidens jelekkel írható be, amelyek egyike sem képes önmagában a generátort átkapcsolni. A kívánt elem kiválasztása és generátorában a szükséges fázisú rezgés létrehozása az X_{ir} és Y_{ir} sínekről az R_x és R_y ellenállásokon keresztül történik. A összes elemének gerjesztését az S_g sín állandó kétszeres frekvenciájú rezgése biztosítja.

Olvasáskor gerjesztőfeszültség adódik a megfelelő X_{oi} és Y_{oi} sínekre, ezáltal történik a kívánt tárolóelem B körének kiválasztása. Ez a kör ugyanannak az elemnek az A körébe az R_{cs} ellenálláson keresztül csatolódik és gerjesztése az A körrel azonos fázisú. Ezáltal kimenetén olvasási jel keletkezik. B összes elemének kimenete az R_{ki} ellenálláson keresztül csatlakozik a közös olvasási kimenethez. Az olvasási jel a B körről induktív úton is levehető. Ebben az esetben a kimenő transzformátorok szekunder tekercseit sorba kapcsolják és így közös kiolvasó áramkört képeznek.

Az X_{oi} és Y_{oi} síneken gerjesztett kérdezőimpulzusok megszűnte után a B kör rezgései is megszűnnek. A rendszerbe beírt információ kiolvasása nem törli az információt. Az X_{ir} és Y_{ir} , valamint az X_{oi} és Y_{oi} sínek szétválasztása, miként a transzfluxorok esetében is láttuk, lehetővé teszi, hogy két különböző címen egyidejűleg írjunk és olvassunk információt.

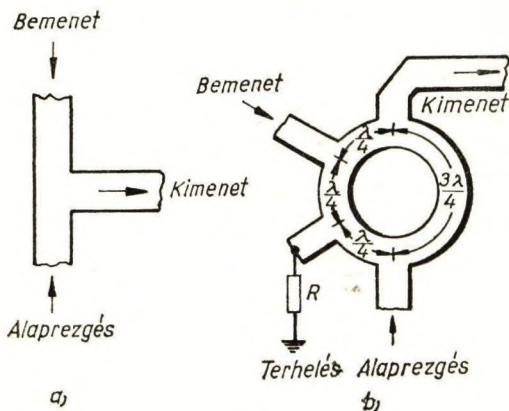
3. LOGIKAI ELEMEEK

Mint ismeretes, bonyolult logikai rendszerek felépíthetők a „NEM”, „VAGY” és „ÉS” alapvető logikai elemekből. Tekintsük ezen elemek létrehozásának lehetőségeit az ultranagyfrekvenciákon.

NEM elem. NEM elemként T alakú tápvonalelágazás használható (48a ábra). Ennek egyik ágára valamilyen rögzített fázisú alaprezgés, a másikra (a főbemenetre) az előbbivel azonos frekvenciájú, de más fázisú jel kerül. Ha nincs jel a bemeneten, akkor az alapjel kerül a kimenetre. Ha a bemenetre jel kerül, akkor a két ellenkező fázisú jel összeadása révén a kimeneten eltűnik a jel. Visszaverődés

következtében azonban ebben a rendszerben a kimenő teljesítmény egy része a bemenetre kerül.

Ez a hiba kiküszöbölődik a gyűrű alakú tápvonal-híddal épített NEM elemnél (48b ábra). A gyűrű alakú tápvonal kerületének hossza $3/2 \lambda$, ahol λ az elektromágneses rezgések hullámhossza. A gyűrűn egymástól $\lambda/4$ távolságra négy



48. ábra. NEM logikai elem

a T-elágazású tápvonallal; b gyűrű alakú tápvonalhíd

tápvonal-leágazás van. Ha a bemeneten nincs jel, akkor az alaprezgések teljesítményének fele elvész az R terhelésen, a másik fele pedig a kimenetre kerül. A bemenetre nem kerül alaprezgés, mivel az alaprezgések leágazási helye a bemenettől az egyik irányban $\lambda/2$, a másik irányban pedig λ távolságra van.

Ha a bemeneten az alapjellel azonos fázisú bemenőjel van, akkor a kimeneten eltűnik a jel. A bemenőjelek ugyanis a gyűrűben a kimenetig $\lambda/4$ távolságot tesznek meg, az alaprezgések pedig $3/4 \lambda$ távolságot, azaz $\lambda/2$ -vel többet. Így a rezgések ellentétes fázissal kerülnek a kimenetre, ahol tehát kölcsönösen megsemmisítik egymást.

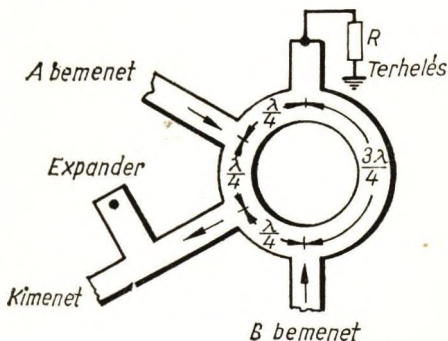
ÉS elem. Az ÉS elem olyan gyűrű alakú tápvonalhíd, amelynek két (A és B) bemenete, egy terhelésleágazása és

egy kimenete van (49. ábra). A kimenetet speciális nemlineáris elem, ún. *expander* söntöli le.

Az *expander* negyed hullámhossznyi leágazás, amelynek végére mikrohullámú csúcsdiódát kapcsolnak. Az így képzett negyedhullámú hurok bemeneti ellenállása közel nulla, ha a dióda lezárt állapotban van, és igen nagy a dióda vezető állapotában.

Normális helyzetben az *expander* diódáját speciális egyenáramú tápforrásról jövő előfeszültség zárja le. Ennek következtében a rendszer kimenete rövidzárt képvisel, és nem nagy amplitúdók esetén nem jut a kimenetre ultranagyfrekvenciás jel. Ha az ultranagyfrekvenciás rezgések amplitúdója a dióda kinyitására elég nagy, akkor az *expander* bemeneti ellenállása a kimeneti vezeték csatlakozási helyén hirtelen megnő, megszűnik a söntölő hatás, és ultranagyfrekvenciás jel jut a kimenetre.

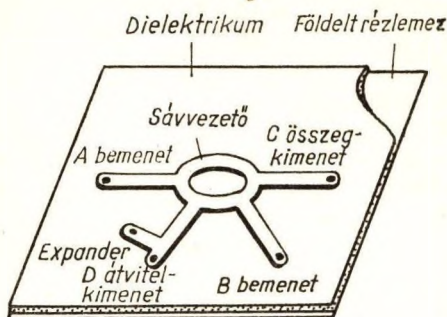
Ha a 49. ábrán levő áramkörben az *A* és *B* bemenet közül csak az egyikre kerül jel, akkor ezen jel teljesítményé-



49. ábra. Gyűrű alakú tápvonalhíddal megvalósított
ÉS logikai elem

nek a fele az *R* ellenállásra jut, a másik fele az *expander*en záródik rövidre, a kimenetre nem jut semmi. Ha mindkét bemenetre (*A* és *B*) egyenlő amplitúdójú és azonos fázisú jelek kerülnek, akkor ezek a terhelés leágazásához ellentétes fázissal érkeznek, így a terhelés nem vesz fel teljesítményt.

Ebben az esetben a kimeneti ágban a jelek fázis szerint összegeződnek, az expanderre eső feszültség megnégyszereződik, a dióda nyit, az expander bemenete zárja a kimeneti ágat, és ultranagyfrekvenciás jel kerül a kimenetre.



50. ábra. Sávvezetős bináris félösszeadó szerkezeti rajza

Ezek szerint a szóban forgó elem csupán abban az esetben ad jelet a kimenetre, ha mindkét bemenetére egyidejűleg érkezik jel, azaz úgy működik, mint a klasszikus koincidenziakör, amely az ÉS logikai műveletet realizálja.

Az ismertetett ÉS kapcsolás könnyen átalakítható egyhelyértékű bináris számok összeadására szolgáló félösszeadóvá. E célból az áramkörhöz ballaszt terhelést kell csatolni, és ezt a tápvonalelemet összegkimenetként használni. Azt a tápvonalelemet, amely az ÉS kapcsolásban a jel kimenete, a félösszeadóban a következő helyértékre való átvitel képzésére használják.

Sávvezetékkel épített ilyen típusú félösszeadót szemléltet az 50. ábra. Könnyű belátni, hogy ennek a rendszernek a bemenő- és kimenőjelei közötti logikai kapcsolatot a 2. táblázat adatai határozzák meg.

Az ilyen félösszeadó hátránya — ami a számológép más elemeihez való kapcsolását megnehezíti — hogy az összeg jelének fázisa függ attól, melyik bemeneten (*A* vagy *B*) van jel. Ennek kiküszöbölésére az áramkör összes kimenetére

olyan rendszer kapcsolható, amely a kimenőjelet egyenirányítja, és videoimpulzussá alakítja át. Ez a továbbiakban már felhasználható változatlan fázisú ultranagyfrekvenciás jelek modulálására.

2. táblázat

Bemenőjelek		Kimenőjelek	
A	B	C összeg- kimenet	D átvitel- kimenet
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

A leírt elvek alapján bonyolultabb logikai rendszerek is épülnek. A számológépekben az ultranagyfrekvenciás rezgések előállítására és erősítésére molekuláris generátorok és erősítők is használhatók.

Befejezésül ki kell hangsúlyoznunk, hogy az ultranagyfrekvenciás jelenségek számítástechnikai felhasználásának itt ismertetett elvei még kísérleti jellegűek. Ezek a kutatások a jelenleg korszerű leggyorsabb számológépeknél százszor és ezerszer nagyobb működési sebességű gépek távlatát nyitják meg.

B E F E J E Z É S

Az a néhány új elem, amelyet e könyvben ismertettünk, és amelyet már alkalmaznak elektronikus számológépekben, távolról sem teszi fölöslegessé a további kutatásokat a gépek sebességének és gazdaságosságának növelése és méreteiknek csökkentése céljából.

Mind a Szovjetunióban, mind pedig egyéb országokban egyre szélesedik azoknak a kutatóintézményeknek és tervezőirodáknak köre, ahol olyan új fizikai és kémiai elvek felhasználásán dolgoznak, amelyek segítségével számológépek számára igen megbízható, gyorsműködésű, miniatűr és gazdaságos elemek készíthetők.

A szervetlen világ jelenségeinek felhasználásával párhuzamosan kísérletek folynak a biológiai folyamatoknak és módszereknek műszaki feladatok megoldásában való alkalmazására is. Ezen a talajon keletkezett a műszaki kibernetika új ága — a bionika, az olyan műszaki rendszerek tudománya, amelyek jellemzői közel vannak az élő szervezetek jellemzőihez.

Az első lépéseket ezen a területen a neuronok (idegsejtek) és ideghálózatok elektromos modelljeinek létrehozása jelenti. A neuron mint tároló és logikai elem igen rugalmas és plasztikus, sokkal több lehetősége van, mint akár a legbonyolultabb műszaki elemeknek.

A neuronnak igen sok bemenete van, ezek ún. szinaptikus kontaktusok, amelyek késleltető tulajdonsággal rendelkeznek és súlyozva vannak, azaz különböző mértékben hatnak a neuron belsejében lejátszódó folyamatokra. A behatások időben és térben összegeződnek, miközben hatásosságuk időben exponenciálisan csökken. Ha a bemenő hatá-

sok eredője elér vagy meghalad egy bizonyos küszöbértéket (ingerküszöböt), akkor a neuron gerjed, és a kimeneten — vagy több azonos jellegű kimeneten — meghatározott energiájú jelet bocsájt ki. A neuron gerjedése után küszöbértéke gyorsan nő, majd exponenciálisan csökken eredeti értékére.

A felsorolt tulajdonságok, nevezetesen a bemenőjelek időbeli és térbeli összegezése, továbbá késleltetésük a szinaptikus bemeneteken, valamint csillapításuk, igen sokféle logikai lehetőséget nyújtanak már egyetlen különálló neuron vagy kisebb neuroncsoport esetében is. Figyelembe véve, hogy a biológiai rendszerekben sok millió, pl. az emberi agyban 10—15 milliárd neuron van, fogalmat alkothatunk az élő szervezetek ideghálózata nyújtotta hatalmas lehetőségekről a megoldandó feladatok sokrétősége, a rugalmasság, a megbízhatóság, az önszabályozás és önszervezés képessége stb. terén.

Ezideig számos neuron-modellt dolgoztak ki, amelyeket elektromechanikus elemekkel, elektroncsövekkel, tranzisztorokkal, ferritgyűrűkkel, biaxokkal és más műszaki elemekkel építettek meg. A neuronhálózatok és rendszerek olyan modelljeinek létrehozásán is dolgoznak, amelyek az élő szervezetek idegtevékenységének bizonyos folyamatait utánoznák.

A biológiai törvényszerűségeknek műszaki felhasználása terén az egyik legelőrehaladottabb mű a felismerőképességgel rendelkező önszervező rendszer, a *perceptron*, amely „felismeri” és osztályozza a különböző benyomásokat.

Feltehető, hogy a számítástechnika további fejlesztésében a mérnökök és a matematikusok mellett egyre nagyobb szerepe lesz a biológusoknak is, akik majd segítenek a szerkesztendő kibernetikai gépekben is megvalósítani azokat a tökéletes vezérlő mechanizmusokat és összeköttetéseket, amelyek sok milliárd év alatt, a szerves természet fejlődésének eredményeképpen alakultak ki bolygónk élő szervezeteiben.

I R O D A L O M

1. *Бачин, О. Б.*: Возможности применения трансфлюксов в запоминающих и задающих устройствах, Ин-т точной механики и вычислительной техники АН СССР, 1959.

2. Бесконтактная коммутация и электронные АТС, Информационный сборник, Связьиздат, 1958.

3. Цифровая техника и вычислительные устройства, Сборник статей, Изд. АН СССР, 1959.

4. *Гальперин, Е. И.—Сулицкий, Ю. Н.*: Полупроводниковые логические переключающие схемы, Изд. «Советское Радио», 1960.

5. *Китов, А. И.—Криницкий, Н. А.*: Электронные цифровые машины и программирование. Физматгиз, 1959.

6. *Клейн, М. Л.—Морган, Г. С.—Аронсон, М. Г.*: Цифровая техника для вычислений и управления, Изд. иностранной литературы, 1960.

7. Конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения», Москва, 12—17 марта, 1956.

8. *Крайзмер, Л. П.*: Запоминающие устройства, Госэнергоиздат, 1959.

9. *Крайзмер, Л. П.*: Устройства хранения дискретной информации (запоминающие устройства), «Приборы и техника эксперимента», 1958. № 6.

10. *Любченко, В. К.—Никулина, С. М.* (ред.): Применение транзисторных и магнитных элементов в цифровых вычислительных машинах, Сборник статей, Изд. «Советское Радио», 1960.

11. *Маслов, А. А.*: Электронные полупроводниковые приборы Госэнергоиздат, 1960.

12. *Naslin*: Az automatizált számítás alapelvei, Műszaki Könyvkiadó, 1963.

13. *Nemes*: Kibernetikai gépek, Akadémiai, 1962.

14. *Румпф, К. Х.*: Электроника в телефонной технике, Госэнергоиздат, 1960.

15. *Szmirnov*: G. D.: Elektronikus digitális matematikai gépek, Műszaki Könyvkiadó, 1961.

16. *Tyeplov L.*: A kibernetika I—II. Műszaki Könyvkiadó, 1963.

17. «Зарубежная радиоэлектроника», 1960, № 2, № 8; 1961, № 6.

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	5
I. A digitális számítástechnika jelenlegi helyzete és távlatai	7
1. A digitális számológépek alkalmazási területei ...	7
2. Szovjet gyártmányú digitális számológépek	9
3. Egyéb gyártmányú digitális számológépek rövid ismertetése	12
4. A digitális számológépek továbbfejlődésének fő irányai	15
II. Új félvezető elemek	20
1. Félvezető eszközök használata a számítástechnikában	20
2. Nagyfrekvenciás tranzisztorok	21
3. Az alagútdióda	29
III. Új ferromágneses elemek	33
1. A ferromágneses elemek általános ismertetése	33
2. Transzfluxorok	34
3. Ferritlemezek	46
4. Mágneshárttyák	49
5. Tvisztorok	53
6. Biax típusú elemek	56
IV. A szupravezetés jelenségén alapuló elemek	59
1. A szupravezetés általános ismertetése	59
2. Kriotronok	60
3. Szupravezető közegben köráramokkal működő elemek	63
4. A perzisztor	65
5. A kriozár	67

V. Parametrikus gerjesztésű elemek	70
1. A parametrikus gerjesztés elve	70
2. Parametronok	74
3. Parametronos késleltetővonalak és triggerek	77
4. A parametron, mint logikai áramköri elem	80
5. A parametronok jellemzői és alkalmazásai	83
VI. Ultranagyfrekvenciás elemek	85
1. Az ultranagyfrekvenciás elemek számítástechnikai felhasználásának általános ismertetése	85
2. Tárolóelemek	86
3. Logikai elemek	91
Befejezés	96
Irodalomjegyzék	98

Gnyegyenko — Koroljuk —
Jusczenko — Szelezsán

Bevezetés a programozásba I—II.

Az első fejezetek általánosságban ismertetik az elektronikus számológépek programozásához szükséges alapvető tudnivalókat egy fiktív, háromcímű gép feltételezett utasításrendszere alapján.

— Az első fejezet a gépek felépítésének alapelveit tárgyalja, a második a programvezérlés alapelveivel foglalkozik, a harmadik pedig a programozást mutatja be egy sor példa alapján. Az I. kötetet záró negyedik fejezet röviden ismerteti a hazánkban működő géptípusok (M-3, ELLIOTT-803, Ural-2, Ural-3) műszaki adatait és programozását.

A második kötet a programozás formalizálásával foglalkozik. Az ötödik fejezet a Ljapunov-féle operátorséma felhasználását ismerteti. A hatodik fejezet a gépi programok címezhetőségének és az elektronikus számológépek programvezérlésének elvén felépülő címprogramozás alapjaiba vezet be. A hetedik fejezet az ún. ELLIOTT-auto-kóddal foglalkozik. A nyolcadik fejezet a FORTRAN gépi algoritmikus nyelvet ismerteti, míg a kilencedik fejezet az ALGOL-nyelvet tárgyalja, amely alapja lehet egy univerzális gépi nyelvnek.

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

Ára: 8,30 Ft

ÚJ TECHNIKA

sorozattal az

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

a műszaki fejlesztést kívánja hatékonyabban szolgálni. A sorozat kötetei feldolgozzák a hazai és külföldi műszaki fejlődés legaktuálisabb problémáit.

MEGJELENT:

Beyer, W.: Üvegszálvázaz műanyagok	15,50 Ft
Bjalik, G. J.: Színes televízió	13,— Ft
Bojarcsenkov, M. A. — Sinjanszkij, A. V.: Mágneses erősítők	5,90 Ft
Czenzthe Zoltán — Konrád Kálmán: Ferde hajlítás és ferde, nagy külpontosságú nyomás	11,— Ft
Csanda Ferenc: Föld alatti vezetékek, csatornák, hibahelyek felderítése	22,50 Ft
Doležalik, V.: Hasonlóság és modellezés a kémiai technológiában	11,50 Ft
Fodor József: Radioizotópos nyomjelzőtechnika az iparban	13,50 Ft
Grabowski, H. — Schmid, A.: A feszített beton tér-hódítása	17,50 Ft
Jegorov, N. M.: Kisnyomású polietilén	5,60 Ft
Katisz, P. G.: Optikai hőmérsékletmérők	9,— Ft
Dr. Keszthelyi Lajos: Szcintillációs számlálók	19,— Ft
Ledács-Kiss Aladár: A szélenergia hasznosítása	13,50 Ft
Levityin, I. P.: Infravörös sugárzástechnika	11,— Ft
Magyari Béla: Fotóelektronika	14,— Ft
Naslin, P.: Az automatizált számítás alapelvei	19,— Ft
Németh András: Égésen alapuló vegyipari eljárások	12,50 Ft
Nyecsajev, G. K. — Udalov, N. P.: Jelfogók és jeladók termisztorokkal	9,70 Ft
Simon Gyula: Ipari TV alkalmazásai	12,— Ft
Szabó Ambrus: Műanyagok a mezőgazdaságban	16,50 Ft
Szepesy László: Gázkromatográfia	19,— Ft
Szmolov, V. B.: Számító átalakítók	10,50 Ft
Tyeplov, L.: A kibernetika I — II.	27,50 Ft
Dr. Vámos Endre: Ipari adszorpciós kromatográfia	18,50 Ft
Zilahi Márton: Ragasztott szövetékek	13,50 Ft
Zinkovszkij, A. I. — Bogatov, G. B.: Az úrhajózás rádiótechnikája	9,70 Ft

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ