

Muszka Dániel:

Matematikai, matematikai logikai és kibernetikai
módszerek alkalmazása a gépjárműközlekedés né-
hány problémájára.

S z e g e d

1966.



Diss. B 390



Bevezetés.

Napjaink egyik - világszerte - legsúlyosabb problémája a hatalmas mértékben megnövekedett gépjárműforgalom zavartalan lebonyolítása. A forgalmi baleseti statisztika állandóan emelkedő tendenciát mutat és egyre komolyabban figyelmeztet a hatékony prevenció mielőbbi megteremtésének szükségességére: ma az egyik legnagyobb mortalitású "betegség" a gépjárműközlekedés. Hazánk sem kivétel, ezt mutatja az alábbi táblázat.

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Közúti baleset	5361	6307	7787	8918	9898	12 018	16 569
Ebből halálos	533	543	637	630	666	793	895

Ezeknél még ijesztőbb adatokat tár elénk több külföldi ország (pl. Ausztria, Japán, USA, stb.) hasonló statisztikája.

Felvetődik a jogos kérdés: vajon objektív törvényszerűség rejlik-e az adatok mögött, vagy van mód a tendencia irányának megváltoztatására?

A közlekedés szakembereinek általános véleményét a kérdést illetően a következőkben foglalhatjuk össze.

A megnövekedett forgalom a balesetek szaporodásának veszélyével jár. Ez a következmény csak akkor kerülhető el, csak akkor nem áll be törvényszerűen, ha minden szükséges intézkedést megteszünk: fejlesztjük az uthálózatot, javítjuk a forgalom szervezését, széleskörű felvilágosító és nevelő munkát végzünk, a forgalomban résztvevők kiképzésére és továbbképzésére minden eddiginél nagyobb súlyt fektetünk. Ki kell tehát alakítanunk a társadalom széleskörű összefogását a közlekedési balesetek megelőzése érde-

kében. [1]

E program helyessége vitathatatlan, hatékonyságát illetően azonban kételyeink vannak. Nemcsak azért, mert ilyen intézkedések már évek óta történnek kül- és belföldön egyaránt - minden különösebb eredmény nélkül, hanem azért is, mert véleményünk szerint a probléma megoldását más úton kell keresnünk.

Módszeres vizsgálataink alapján két bevezető jellegű megállapítást tehetünk:

1.) A kérdésben lényegyet érintő, hatásos újat a gépjármű-építési technika az elmúlt évtizedekben sem mutatott fel. Nem szorul különösebb bizonyításra, hogy a legkorszerűbb gépjármű műszaki felszereltsége (szervokormány, tárcsafék, automata sebességváltó, stb.) is legnagyobb részben - mondhatnánk: teljes egészében - a vezető és a gépjármű, a szubjektum és az objektum közötti viszony, nem pedig a forgalmi objektumnak a külső tényezőktől való dinamikus függőségi viszonya megjavítását szolgálja.

2.) Elképzelhető, hogy a balesetek számának csökkenését eredményezheti szigorú közlekedési szabályok alkotása és azok betartása, azaz a gépjárművezető tudatában lévő irányítási program utasításainak bővítése. Ez azonban egyre inkább maga után vonná az átlagos forgalmi sebesség nagymérvű csökkenését is, ami - erre már sok példa van - illuzóriussá teheti a pályához nem kötött gépjárművek utazási és szállítási időt megtakarító szerepét és gátlólag hatna a népgazdaság vérkeringésére. Nyilvánvaló az, hogy az egyre sokasodó transzportációs feladatok megoldásában a legfontosabb paraméter az idő és a leglényegesebb szempont a biztonság, így tehát a korszerű gépjármű-közlekedésnek két, látszólag ellent-

mondó követelménynek kell eleget tennie.

Ezek után az előzőekben feltett kérdést átfogalmazzuk: van-e lehetőség arra, hogy a jelenlegi utminőségi viszonyok, frekvenciátartság és általános technikai szint mellett lehetőleg balesetmentes és gyors legyen a gépjárműközlekedés? Válaszunk igenlő azzal a megjegyzéssel, hogy a cél megvalósítása érdekében bizonyos, a forgalom szervezését és a jelenlegi gépjármű-építési technika egyes területeit illető változtatásokat kell bevezetnünk. Két tény mutat ennek szükségességére:

a.) A közutai balesetek kb. 90 %-ának közvetlen vagy közvetett okozója a gépjárművet irányító ember.

b.) A gépjármű helyes irányításához szükséges információ szerzése, feldolgozása és az információ felhasználását jelentő fizikai tevékenység még ma is a gépjármű vezetőjének a feladata.

A probléma kibernetikai szemlélete alapján - amely a b.) tény megfogalmazásában is alkalmazásra került - világos, hogy a.) és b.) között - a mai közlekedési viszonyokat és az emberi idegrendszer teljesítőképességét tekintve - szoros összefüggés áll fenn.

A gépjárművek forgalmát a közutak telítettségű állapotát jellemző mennyiségi szempont mellett, az előzőekben érintetteken túlmenően egy, egyre jobban előtérbe kerülő szempont: a résztvevő gépjárművek sebességi és gyorsulási teljesítménye motiválja. E két szempont eredőjeként a forgalmi szituáció rendkívül gyors változása lép fel, ami^{nek} következtében egyszerre beáll pl. az ún. ijedtségi pillanat, a tudatműködés által meghatározott reakció- és cselekvési képesség korlátozottságának tipikus közlekedési előfordulása. Ez a kifejezés azt az időt jelenti, ami alatt a hirtelen, váratlan, ijesztően fellépő ve-

szélyhelyzet észlelése pszichikus folyamatok révén időlegesen gátolja a veszély elhárításához szükséges cselekvés létrejöttét. Az ijedtségélmény legtöbbször appercitív sokkot vált ki, a tájékozódó- és felfogóképeség elvesztésével; egyidejűleg a megrázkódtatás kihat a vegetatív idegrendszerre a vegetatív funkciókig (légzés, szívverés, izzadás, stb.) s néha izommerevedést vagy ellenkezőleg "mozgásvihart" eredményez. Az ijedtségre való készség egyébként egyénenként éppoly különböző, mint a célszerűtlen reagálás ideje; ez a másodperc töredékétől több percig terjedhet.

A gyorsan változó forgalmi szituációk nagymértékben terhelik a vezető idegrendszerét. A terhelés következményei közül szándékosan emeltük ki az ijedtségi pillanat bekövetkeztét - mint igen tipikusát. Természetesen több más különböző veszélyű következmény (elsősorban a fáradtság) is felléphet; ezek mindegyike a szubjektív vezetési hibát s emiatt a baleset bekövetkeztét eredményezheti.

Ahhoz, hogy az átlagos forgalmi sebesség csökkenése nélkül gépjármű-közlekedésünk balesetmentes legyen, elsősorban szükséges, hogy szakítsunk azzal az általános, konzervatív nézettel, amely szerint a szubjektív vezetési hibákat a gépjárművezetőt illető adminisztratív és társadalmi ráhatásokkal lényegesen csökkenteni lehet. Számításba kell venni, hogy az emberi idegrendszer teljesítőképességének felső határa van. Meggyőződésünk, hogy a gépjárművezetővel szemben a mai forgalom egyre inkább olyan követelményeket támaszt, amelyek esetenként e határ túllépését kívánják. Ebben látjuk a balesetek száma növeke-

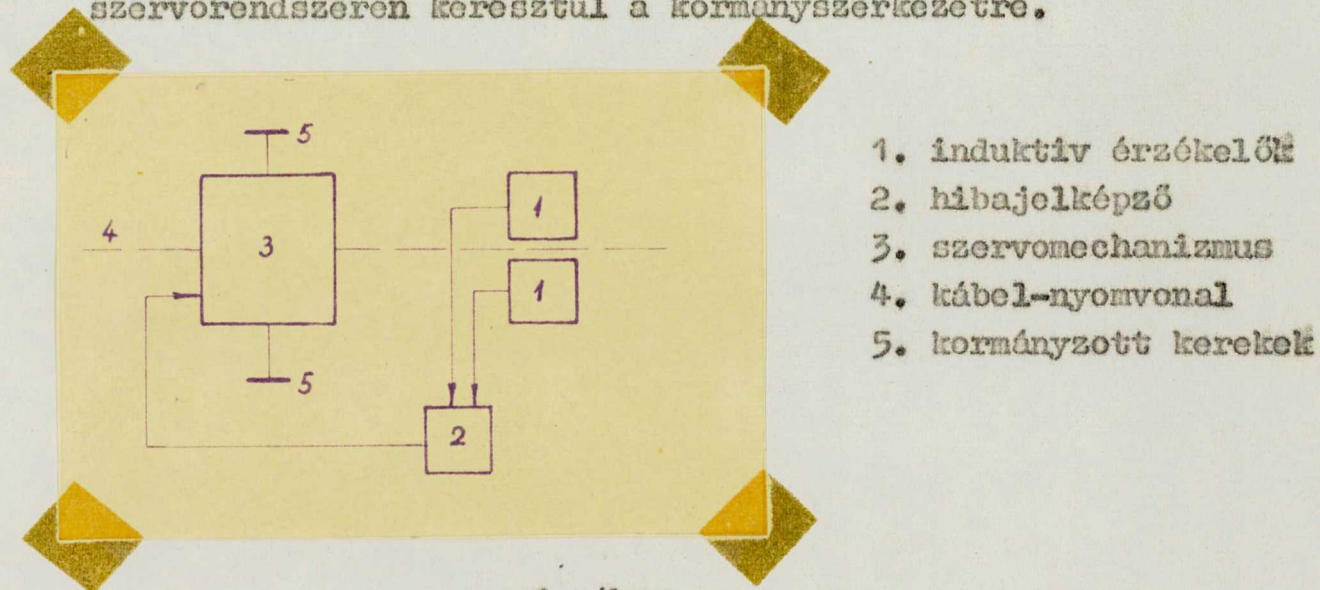
désének legmélyebb okát. Ha tehát el akarjuk kerülni a beleseti statisztika további romlását, akkor valamilyen módon csökkentenünk kell a vezető idegrendszerének megterhelését. Minthogy utviszonyaink, forgalmi rendszerünk lényegében adottak, úgy véljük, hogy e probléma megoldása a vezetőre háruló információszerzés, feldolgozás és ennek alapján az információ felhasználását jelentő fizikai tevékenység lehetőség szerinti gépesítése, azaz a gépjárműirányítás folyamatából az ember szerepének és ezzel természetesen a szubjektív hibáknak bizonyos mérvű kikapcsolása. Gondolunk itt olyan automatikus készülék kifejlesztésére és első lépésként való alkalmazására, amely megfelelő receptorai-val és szerkezeti elemeinek alkalmas rendszere révén képes némely - a gépjármű helyes irányítása szempontjából döntő fontosságú - külső ingert felfogni és ezek hatására, előre meghatározott program szerint, bizonyos vezetési funkciókat elvégezni - a gépjárművet vezető ember idegrendszerének állapotától, akaratától és akaratlagos cselekvésétől teljesen függetlenül.

Ezen dolgozatnak - a műszaki részletek vázlatos érintésével - csak az a célja, hogy bemutassa néhány forgalmi automata és automatikai rendszer alapelvét és szerkesztése során alkalmazásra kerülő matematikai, matematikai logikai és kibernetikai módszereket a teljességre való törekvés igénye nélkül.

I.

Számos külföldi, közlekedésautomatikai elgondolás teljes automatizálásra, tehát a gépjárművezető teljes kikapcsolására törekszik. Ezek mind gazdasági, mind pedig műszaki szempontból

tulságosan sokat kívánó rendszerek. Közülük a legismertebb [2] V.K. Zworykintól származik (1953). Az ő rendszerében - amely a gépjárműforgalom vezetők nélküli lebonyolítását lett volna hivatva megoldani - az uttest alatt van egy kábel hosszirányba lefektetve, amelyen alkalmasan megválasztott intenzitású és frekvenciájú váltóáram folyik. A kábel feletti nyomvonalon haladó gépjárművön, annak hossz tengelyétől jobbra és balra szimmetrikusan elhelyezett tekercsekben a kábel elektromágneses tere azonos nagyságú feszültséget indukál. Ha a gépjármű valamilyen oknál fogva letér a nyomvonalról, a két tekercs feszültség-egyensúlya megbomlik és ez a letérés iránya és nagysága szerinti hibajelket ad. Ez a hibajelket hat egy alkalmasan kiképzett szervorendszeren keresztül a kormány szerkezetre.



1. ábra

Zworykin modellkísérletei, valamint a Japán Közlekedési Minisztérium megfelelő osztálya által végzett terepkísérletek azt mutatták, hogy az elgondolás elvileg jó, azonban óppoly nehezen megoldható strukturális probléma a szervorendszer stabilitásának

kérdése, mint ahogy ez általános probléma az automatika egész területén.

Nehézséget okoz a Zworykin-rendszer realizálása, ugyanis a kábelfektetés az utak burkolatába nagy technikai és gazdasági akadályokba ütközik. Ezenfelül komplikált és költséges az a gépkocsira szerelt készülék, amelynek az a feladata, hogy ha a kábelben átfolyó áram csökken vagy esetleg éppen megszakad, akkor a nyomvonalon haladó gépkocsit a lehető legrövidebb idő alatt megállítsa. Mindezek kiküszöbölésére az RCA (Radio Corporation of America) "David Sarnoff" elnevezésű kutató intézete kidolgozott egy rendszert, amelyben a Zworykin-féle kábel szerepét az út mentén, bizonyos távközlőként elhelyezett, miniatűr rádióadó készülékek sorozata veszi át. Az egyes adókészülékek igen nagy (500 Mc körül) frekvencián működnek, így a vevőkészülék antennájának irányérzékenysége alapját képezheti a kormányzásba való automatikus beavatkozásnak. [2.]

Itt említhető meg a dolgozat szerzőjének egy régebbi, rész-automatizálási célt kitűző - modellkísérletek során kielégítő eredményt mutató - elgondolása, miszerint egy gépkocsi-oszlop minden egyes tagja ún. fototróp (fényérzékeny és fénykövető) automatával van felszerelve. Az első gépkocsit ember vezeti és minden gépkocsi hátsó oldalán, centrálisan, egy fényforrás van elhelyezve: ennek hatására egymást követik az oszlopba állított, vezető nélküli gépjárművek. A fényforrásnak alkalmasan megválasztott frekvenciájú fényt kell kibocsátania, úgy, hogy a természetes fénytől és annak intenzitás változásaitól a rendszer független maradjon. A rendszer csak állandó sebességű forgalom

lebonyolítására alkalmas, az oszlop indítása igen körülményes, megállítása a fényforrások kioltásával történik.

Ha tekintetbe vesszük, hogy a fentiekben vázolt megoldások - beleértve természetesen a Zworykintól származót is - csak az erre a célra épített vagy kijelölt és semmiféle más jármű által nem használható utak forgalmában képzelhetőek el, azonnal kitűnik, hogy reális alkalmazási területük csak egészen szűk lehet és számunkra az alapkérdést - a közlekedési balesetek megelőzését - illetően igen keveset jelentenek.

II.

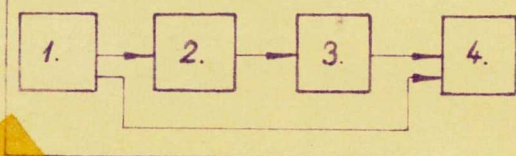
A bevezetésben érintettük azon forgalmi automaták alapelvét, amelyek szerkesztésével és fejlesztési munkáival részben a Magyar Tudományos Akadémia Matematikai Kutató Intézete Matematikai logika és alkalmazásai Osztály laboratóriumában, részben a József Attila Tudományegyetem Kibernetikai Laboratóriumában néhány éve foglalkozunk. Kutatási programunk első szakasza nem tűzi ki célul az embernek a gépjármű irányításából való teljes kikapcsolását: feladatunknak csak a szubjektív vezetési hibák gépi korrekcióját tekintettük. Ezen vizsgálataink elvi eredményeit vázoljuk a következőkben.

Az ember számára az irányításhoz szükséges információk legnagyobb részben vizuális ingerek révén jelentkeznek, az akusztikus ingerek szerepe másodrendű, de nem elhanyagolható. Természetesen ez a kódolási forma mesterséges receptorok számára nem célszerű, ezért bizonyos kód-transzformációra van szükség, aminek révén műszakilag könnyen megvalósítható lehetőség nyílik a

vezetéshez szükséges információk egy részének gépi uton való beszerzésére. Ez a kód-transzformáció a leglényegesebb kérdés a forgalmi automata kialakításában, annál is inkább, mivel az átkódolás módja határozza meg a gépjárművön kívül elhelyezett információ-adó készülékek bonyolultsági fokát és ezzel a gazdasági kihatásukat, általában a széleskörű gyakorlatba vétel lehetőségeit.

A helyes gépjárműirányításhoz szükséges információk kód-transzformációja kétségtelenül merőben új feladat. Amíg csak a forgalmi jelzések automatikus figyelembe vételéről van szó, nyilvánvalóan digitális automatikai problémával állunk szemben, hiszen a forgalmi jelzések diszkrét rendszert alkotnak. Így, más digitális automatikai problémák mintájára az a legkézenfekvőbb megoldás, hogy a lehetséges felveendő információkat impulzus-sorozattal kódoljuk. Az impulzus-kód (IK) rendszerű automaták tervezésénél ezt az utat követjük: minden egyes felveendő információhoz egyértelműen hozzárendelünk egy impulzus-sorozatot. Az impulzus-sorozat karakterét az ismétlődési frekvencia által meghatározott időszakaszokban az impulzus jelenlétének és hiányának megfelelően megválasztott kombinációja adja meg. Tehát az IK rendszerben a forgalmi jelzőtábla mellé egy miniatűr, mikrohullámu jelforrás kerül, amely állandóan a tábla jelzésének megfelelő impulzus-sorozatot adja. A gépjármű speciális vevője meghatározott távolságból "észleli" és érzékeli az impulzus-sorozatot, és működteti a megfelelő beavatkozó szervet.

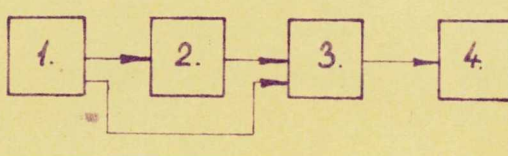
1. Impulzusgenerátor
2. Kódoló
3. Modulátor
4. URH-adó



2/a ábra

IK rendszerű jelforrás

1. Vevő
2. Szinkronjel leválasztó
3. Dekódoló
4. Szervomechanizmus



2/b ábra

IK rendszerű vevő

Az IK rendszer komoly hátránya, hogy a vevőben feltétlenül szükséges bizonyos memória-elemek alkalmazása, ezenkívül messzemenően gondoskodni kell mind a jelforrásként használt mikrohullámu adóban, mind a vevőben az ismétlődési-frekvencia nagymérvű stabilitásáról. Ezek minden kétséget kizáróan meglehetősen költségessé tennék az IK rendszerű automaták bevezetését.

Tekintettel arra, hogy a forgalmi jelzések száma nem nagy, lehetőség nyílik egy más típusú kód-transzformáció megalkotására: ez az ultrarövidhullámu elektromágneses rezgések megfelelő frekvencia-kódja. Ebben a frekvencia-kód (FK) rendszerben viszonylag egyszerűen megoldható az összes közlekedési jelzótábla és jelzőlámpa által szolgáltatott (tiltó, figyelmeztető, utasítást adó, stb.) információknak gépi uton való vétele és feldolgozása.

Ugyanekkor a jelenlegi gépkocsivezetési módszer mellett a vezető tudatában tárolt irányítási program egyes utasításait (lakott területen a sebesség korlátozása, követési távolság, közlekedési lámpa jelzéseinek figyelembevétele, fékezés az előtt haladó jármű féklámpáinak kigyulladásakor, hatósági közeg jelzésére

való kötelező megállás, stb) sem kell a gépjárműbe beépített készülékben tárolni, minthogy ezek is helyettesíthetők gépi uton vehető és feldolgozható külső jelekkel. Mindez a következőképpen valósítható meg. Minden gépi uton veendő információhoz kölcsönösen egyértelmű módon hozzárendelünk egy alkalmasan megválasztott frekvenciát. A kívánt helyre (pl. a közlekedési jelzőtáblák tartó oszlopaira, a jelzőlámpák tartószerkezetére, az intézkedő rendőr tárcsájára, stb.) a közlendő információnak megfelelő frekvencián működő, igen kis teljesítményű, miniatűr oszcillátort helyezünk el, amelynek hatótávolságát az elhelyezés szerinti, várható legnagyobb forgalmi sebességhez tartozó fékut határozza meg. A gépjárműben van elhelyezve egy speciális vevőkészülék, amely a forgalmi sebességtől függő időközönként "mintát vesz" a receptorát ért hatásokból, azaz kód-frekvenciákra hangolt rezgőköröit rendre megvizsgálja rezonancia szempontjából. A rezgőkörök sorrendkapcsolójával szinkron működő kimenetkapcsoló működteti a megfelelő elektromechanikus beavatkozó szervet, ha valamilyen rezgőkörön rezonanciás feszültség lép fel. A sorrendkapcsoló és kimenetkapcsoló szigorú szinkronizmusa, amely e megoldás esetén a gépjárműbe épített készülék memóriaegységét pótolja, biztosítja a kód-frekvenciák és az irányításba való gépi beavatkozás közötti megfelelőkezés kölcsönösen egyértelmű voltát, azaz azt, hogy mindig a jelforrás kód-frekvenciájának megfelelő mechanikai reakció jöjjön létre.

Egy példával illusztráljuk a rendszer működését. Legyen $I_1, I_2, \dots, I_n$ a szóba jöhető információk frekvenciakódolt alakja és $R_1, R_2, \dots, R_n$ a megfelelő mechanikai reakciók sorozata. Mint

már megjegyeztük, a hozzárendelés kölcsönösen egyértelmű a két sorozat között. Legyen pl. I_K a kötelező megállás (stop) jelzés frekvenciája. Ha a K -adik rezgőkörben a ciklikus "letapogatás" során rezonancia-feszültség lép fel, azaz a gépjármű a féktávolság határáig megközelítette a stop-jelzőtáblára elhelyezett oszcillátort, akkor ez a jel kiváltja az R_K reakciót, amely a gázelvonást, a tengelykapcsoló oldását és a fék működtetését jelentí gépi uton. I_K maradandó változást hoz létre a beavatkozó szervek működésében: a reakció addig tart, amíg a kívánt hatás be nem következik, azaz a gépjármű meg nem áll.

Kidolgoztuk az FK rendszer egy másik válfaját is; ebben minden jelforrás azonos ultrarövidhullámú frekvencián működik és ezt moduláljuk különböző, az átvienő forgalmi információkhoz rendelt hangfrekvenciákkal. Ebben az automatikai rendszerben a jelforrás kissé komplikáltabb lett, ugyanis hangfrekvenciás generátor beépítése is szükségessé vált. Ugyanakkor lényegesen egyszerűsítettük a gépjárműre elhelyezett vevőkészülék konstrukcióját. Elmaradnak a sorrend- és kimenetkapcsolók, szerepüket a különböző kódfrekvenciákra lehangolt rezgőkörök veszik át, amelyek kimenetén a beavatkozó szerv működését megindító jelfogók vannak.

Az alábbiakban bemutatjuk egy ilyen (kizárólag sebességkorlátozás-jellegű információk vételére és feldolgozására alkalmas) készülék szerkesztésének problémáit és működését.

A jelforrás és a vevőkészülék megszerkesztése nem jelentett különösebb nehézséget, mindössze arra kellett ügyelni, hogy az egyes sebességkorlátozás-jellegű információkhoz rendelt, mo-

duláló hangfrekvenciákat úgy kellett megválasztani, hogy felharmónikusaik az információ-átvitelben hibát ne okozzanak.

Kissé komplikáltabb feladat volt a beavatkozó szervek (fék, gáz) működtetését vezérlő egység áramköreinek a tervezése. Ennek az egységnek ugyanis - ha a gépkocsi egy jelforrás sugárzási terébe kerül - össze kell hasonlítani a kódfrekvencia által reprezentált V_K sebességkorlátot ("kell" érték) a gépkocsi v haladási sebességével ("van" érték). Ha $v > V_K$, akkor működésbe kell hoznia a fékszerkezetet és el kell vonnia a gázt, ha $v \leq V_K$, akkor nem kell semminek történnie. (Mint látható, a szabályozástechnika leggyakoribb eseteitől eltérően, itt helyesbitőjelnek csak a "van" értéknek a "kell" értéktől pozitív irányban való eltérése esetén kell létrejönnie.) Másrészt, ha $v > V_K$ és működésbe jött a fékszerkezet, akkor annak mindaddig működnie kell, amíg be nem következik a $v \leq V_K$ eset; ekkor a vezérlőegységnek meg kell szüntetnie a fékszerkezet működését (a gépkocsi tényleges sebessége elérte a sebességkorlátot, vagy az alá csökkent.)

A rezgőkörök kimenetén lévő jelfogók 1 bit-nyi információt adnak, a sebességmérő receptort is úgy kellett kialakítanunk, hogy meghatározott sebességtartományoknak $(0, 10n \pm 5 \text{ km/h}; n = 1, 2, \dots, 10)$ megfelelő csatornákon szintén 1 bit-nyi információt adjon. (Erre a célra egy közönséges, gépkocsikban alkalmazott tachométert használtunk fel: a skálát átlátszatlan lemezekkel felosztottuk az egyes sebességtartományoknak megfelelő skálarészekre és ezek mögött fotódiódákat helyeztünk el. A tachométer mutatójára erősített zászlócska az előről megvilágított

skálán csak legfeljebb két sebességtartományhoz tartozó nyíl-
lást zár el, így legfeljebb két fotórelé jön működésbe: a min-
denkori sebességérték a kijövő 11 csatornán (± 10 km/ó hibával)
digitális információ formájában áll rendelkezésre. A mutató a-
laphelyzetét ($v = 0$ km/ó) külön fotórelével érzékeljük.)

v				v_k
100	— K	K' —	100	
90	— J	J' —	90	
80	— I	I' —	80	
70	— H	H' —	70	
60	— G	G' —	60	
50	— F	F' —	50	
40	— E	E' —	40	
30	— D	D' —	30	
20	— C	C' —	20	
10	— B	B' —	10	
0	— A	A' —	0	

3. ábra

A vezérlőegység tervezésénél a szokásos utat követtük;
megfelelő jelöléseket alkalmazva[§], felírtuk a fékszerkezet be-
kapcsolásának feltételeit:

[§]Pl. J annak az ítéletnek logikai értéke, hogy a gépjármű
tényleges sebessége (± 10 km/ó hibával) 90 km/ó; H' pedig azé az
ítéleté, hogy az előírt felső sebességkorlát 70 km/ó.

$$\begin{aligned}
 &((A' \wedge (B \vee C \vee D \vee E \vee F \vee G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (B' \wedge (C \vee D \vee E \vee F \vee G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (C' \wedge (D \vee E \vee F \vee G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (D' \wedge (E \vee F \vee G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (E' \wedge (F \vee G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (F' \wedge (G \vee H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (G' \wedge (H \vee I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (H' \wedge (I \vee J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (I' \wedge (J \vee K \vee Z)) \vee \\
 &\vee (J' \wedge (K \vee Z)) \vee (K' \wedge Z)) \rightarrow X.
 \end{aligned}$$

Z -vel jelöltük annak az ítéletnek logikai értékét, hogy a gépjármű sebessége 100 km/ó felett van (a későbbiekből világos lesz, hogy ehhez nem kell külön érzékelő), X jelenti annak az ítéletnek a logikai értékét, hogy a fékszerkezetet bekapcsoló jelfogó meghuz.

A formula hosszának csökkentése érdekében rögtön műszaki megoldáshoz folyamodtunk, amely végülis a teljes megoldást szolgáltatta - anélkül, hogy elvégeztük volna a többi feltétel formalizálásának fáradságos munkáját.

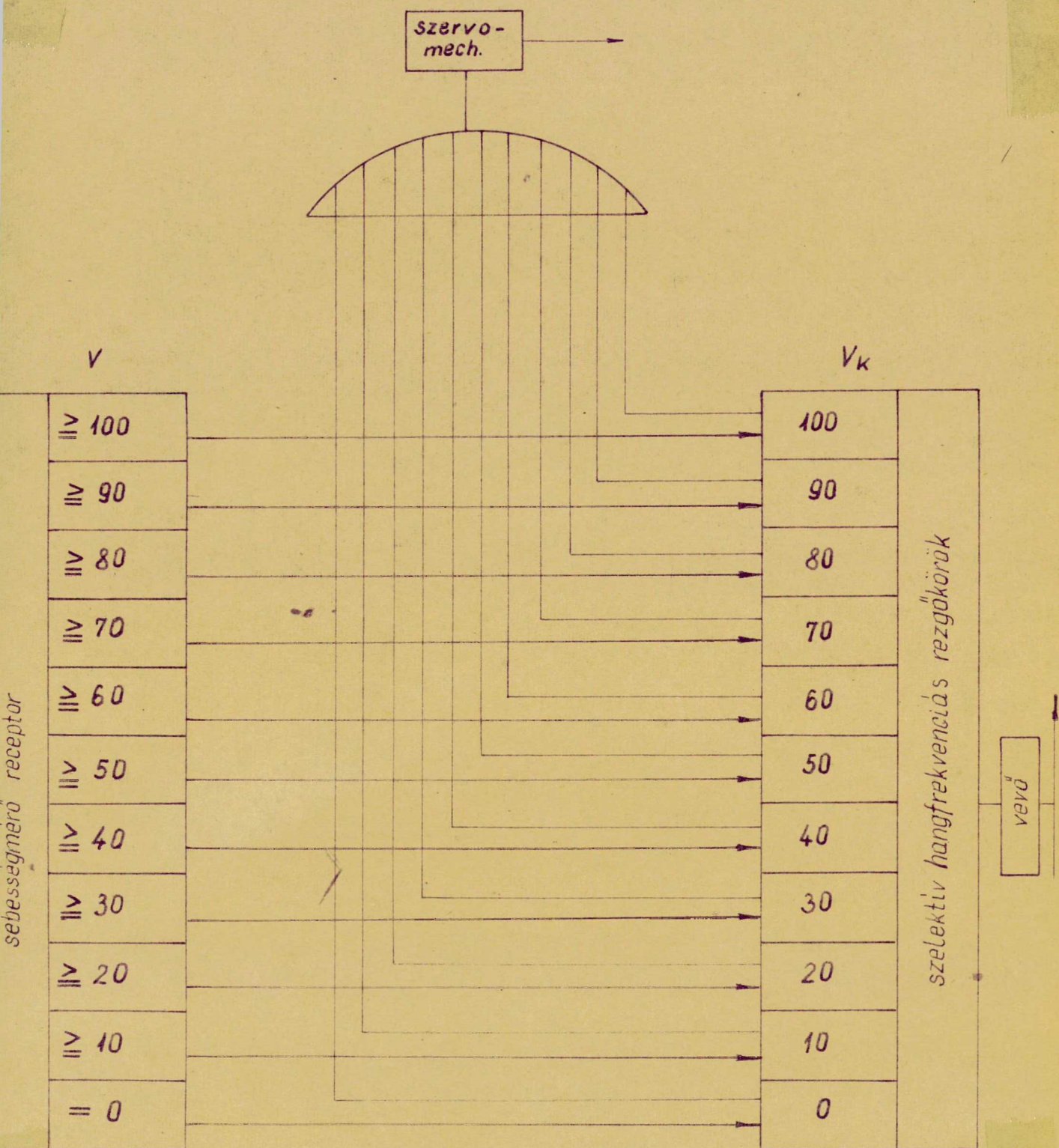
Megváltoztattuk az előbbiekben leírt sebességmérő-receptort a következőképpen: a tachométer mutatójára - zászlócska helyett - egy megfelelő nyílásszögű, körcikk-alaku lemezkét erősítettünk. Így 0 km/ó-tól a tachométer mutatta v sebességig az összes sebességtartományhoz tartozó fotórelék meghuznak. Előírtuk, hogy az egyes, v_k sebességkorlátot reprezentáló jelfogók

meghuzásának ne az legyen a feltétele, hogy a gépkocsi a megfelelő sebességkorlátozást előíró jelforrás sugárzási terébe kerüljön, hanem az, hogy ugyanakkor a $v > v_k$ feltétel is álljon. Ennek műszaki megvalósítása úgy történik, hogy a sebességmérő receptor jelfogói adják meg rendre a működési feltételt a szelektív körök kimenetén lévő jelfogóknak. Így a vezérlőegység érzékeny minden olyan v_k -ra, amelynél $v_k < v$, viszont érzéketlen minden olyan v_k -ra, amelynél $v_k \geq v$. A féket működtető szervomechanizmust a v_k értékeket reprezentáló jelfogók párhuzamosan kapcsolt zárótípusu munkaérintkezői vezérlik.

Észrevehető, hogy ezzel a szerkezeti megoldással a vezérlő egység már az összes működési követelményeknek eleget képes tenni. Ugyanis, ha egy adott utszakason, ahol v_k sebességkorlátozás van előírva, a biztonságos áthaladási sebességet $v < v_k - 10$ km/ó értékűnek szabjuk meg, akkor működésbe jön a fék, ha $v > v_k$ és mindaddig működik, amíg létrejön a $v \leq v_k - 10$ km/ó sebességállapot; ekkor a v_k vételére alkalmas jelfogó működési feltétele és ezzel a fékezés is megszűnik.

Ezek alapján a sebességkorlátozás-jellegű vezetési információk gépi vétele és feldolgozása feladatait megoldó, FK rendszerű automata blokkvázlata a következő, 4. ábrán látható.

A készülékkel kapcsolatban még meg kell említenünk, hogy a felső sebesség határát azért választottuk 100 km/ó-nak, mert ez az alkalmazott sebességkorlátozások maximuma (pl. autópályák végén). A készüléknek, mint a dolgozat szerzőjének szolgálati találmánya szabadalmaztatásra való bejelentése előkészületben van.



4. ábra

III.

Az IK rendszerrel kapcsolatban - az említett nehézségek és a rendszer szembeötlő hátrányai miatt - nem végeztünk kísérleti munkát. Mindössze azt tisztáztuk, hogy a gyakorlat számára általában elegendő háromtagu impulzus-sorozat pl. a következő kódolási formában:

1 0 0	max. 90 km/óra
1 1 0	max. 70 km/óra
1 0 1	max. 60 km/óra (lakott terület)
0 1 0	max. 40 km/óra
0 0 1	max. 30 km/óra
0 1 1	max. 15 km/óra
1 1 1	stop

Természetesen ezekhez csatlakozik - jelentős amplitudó különbséggel - a szinkron-impulzus is. Mint látható, egy három bites szó és egy sebességérték kapcsolata teljesen önkényes. Ez itt megengedhető. Egyébként - ismervén az impulzusüzemű átviteltechnika problémáit - célszerűnek látszana az ún. (szinkronjel-hiba miatt) összetéveszthető szavakhoz (110 és 011, 100 és 001, stb.) egymáshoz közeli sebességértéket rendelni, hogy az információ-átvitel hibája a lehető legkevesebb bajt okozzon. Erre azonban itt nincs szükség, ugyanis minden egyes szavunk redundanciája tetemes, ha azt vesszük figyelembe, hogy a szó viszonylag nagy frekvenciával (kb. 5 kc) ismétlődik mindaddig, amíg a gépkocsi az effektor sugárzási terében halad. Márpedig az információ-átvitel zavarmentesítésének egyik, gyakran alkalmazott eszköze a redundancia, ennek pedig legegyszerűbb alakja

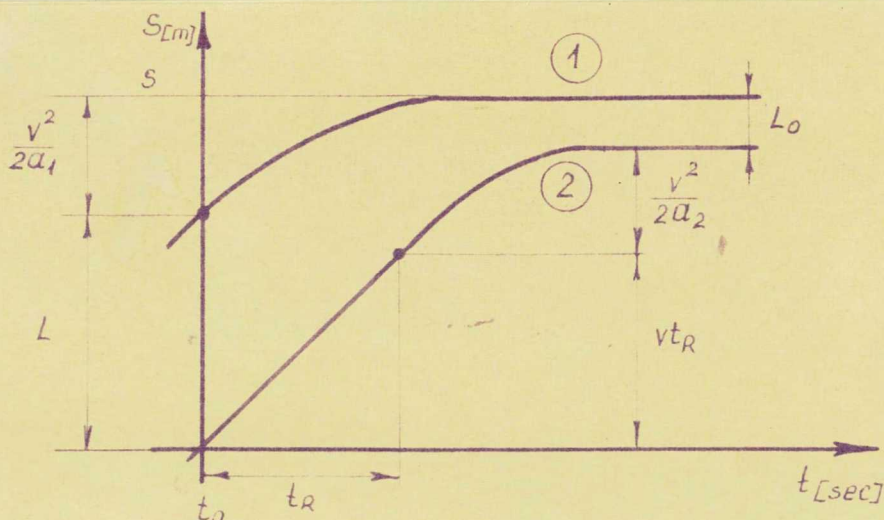
az ismétlés. A helyes információ-átvitel még ebben az önkényes kódolási formában is feltétlenül biztosított - kivéve a durva műszaki hibák, mint pl. a szinkronjel-generátor működésképtelensége esetét.

Az FK rendszert és annak továbbfejlesztett válfaját illetően nagyszámu kísérletet végeztünk; az előbbieken ismertetetten kívül több, különféle célokat szolgáló készüléket (készülékesoportot) fejlesztettünk ki. Ezek közül az egyik létrejöttének körülményei prognáns példát szolgáltatnak arra nézve, hogy bizonyos összefüggések világos matematikai megfogalmazása rendkívül inspiratív jellegű lehet a műszaki szakemberek számára. Erről szólunk röviden a következőkben.

Egy utsáv áteresztőképességének szokásos kifejezése [4.]

$$N = \frac{3600 \nu}{L} \quad (1)$$

ahol N az áthaladó gépjárművek száma (db/óra), ν a gépjárművek sebessége (m/sec), L pedig a követési távolság (m). Ez a forgalomkutatóban gyakran alkalmazott képlet impliciten magában hordoz olyan összefüggéseket, amelyek felismerése csak a megfelelő matematikai átfogalmazás eredményeként vált lehetővé.



5. ábra

Az ① gépkocsi halad elől; ezt követi a ② gépkocsi L távolságra. Tegyük fel, hogy mindkét gépkocsi egyenletesen halad ugyanazon v sebességgel. Az ① fékezni kezd a t_0 időpillanatban; ezt követően t_R (sec) reakcióidő múlva szintén fékezni kezd. Tegyük fel azt is, hogy mindkettő egyenletesen lassul mindaddig, amíg meg nem áll. Jelölje L_0 a már állóhelyzetbe került gépkocsik közötti távolságot. Az ábráról L közvetlenül felírható a következő alakban:

$$L = vt_R + \frac{v^2}{2a_2} + L_0 - \frac{v^2}{2a_1}, \quad (2)$$

ahol a_1 az ① gépkocsi lassulása (m/sec^2) és a_2 a ② gépkocsi lassulása (m/sec^2).

L fenti értéköt (1) -be beírva

$$N = \frac{3600 v}{L_0 + vt_R + \frac{v^2}{2} \left(\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} \right)} \quad (3)$$

Az a (m/sec^2) lassulással fékező gépjármű fékszerkezetének a függőleges pályához tartozó gázadás nélküli $a_{max} = \mu g$ elméletileg maximális gyorsulásra vonatkoztatott hatásfoka

$$\eta = \frac{a}{a_{max}}$$

(ahol μ a surlódási együttható, g a gravitációs gyorsulás).

Ebből

$$a = \eta \mu g$$

tehát

$$a_1 = \eta_1 \mu g \quad a_2 = \eta_2 \mu g$$

ahol η_1 az ①, η_2 a ② gépkocsi fékszerkezetének a hatásfoka.

Ezeket a (3) -ba helyettesítve

$$N = \frac{3600 v}{L_0 + vt_R + \frac{v^2}{2\mu g} \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_1 \eta_2}} = 3600 \frac{v}{L_0 + vt_R + v^2 c} \quad (4)$$

ahol a rövidség kedvéért legyen

$$c = \frac{1}{2\mu g} \frac{n_1 - n_2}{n_1 n_2}$$

v optimális értékének azt tekintjük, amely mellett az út áteresztőképessége maximális. Ennek meghatározására a $\frac{dN}{dv}$ differenciálhányadost kell 0-vá tennünk:

$$\frac{dN}{dv} = 3600 \frac{L_0 + vt_R + v^2c - v(t_R + 2vc)}{(L_0 + vt_R + v^2c)^2} = 3600 \frac{L_0 - v^2c}{(L_0 + vt_R + v^2c)^2} = 0, \quad (5)$$

ahonnan $L_0 - v^2c = 0. \quad (6)$

Ennek az egyenletnek csak akkor van valós megoldása, ha $c > 0$ vagyis ha $n_1 > n_2$. Ekkor

$$v_{opt} = \sqrt{\frac{L_0}{c}} = \sqrt{2\mu g L_0} \frac{n_1 n_2}{n_1 - n_2}. \quad (7)$$

Meg kell mutatnunk, hogy ez az érték valóban N maximumát szolgálja. Ez abból következik, hogy (5) folytán

$$\begin{aligned} \frac{d^2N}{dv^2} &= 3600 \frac{(-2vc)(L_0 + vt_R + v^2c)^2 - 2(L_0 - v^2c)(L_0 + vt_R + v^2c)(t_R + 2vc)}{(L_0 + vt_R + v^2c)^4} = \\ &= -7200 \frac{vc(L_0 + vt_R + v^2c) + (L_0 - v^2c)(t_R + 2vc)}{(L_0 + vt_R + v^2c)^3}, \end{aligned}$$

tehát $v = v_{opt}$ esetén (6) miatt, továbbá, minthogy feltevésünk folytán $c > 0$,

$$\frac{d^2N}{dv^2} = -7200 \frac{vc(L_0 + vt_R + v^2c)}{(L_0 + vt_R + v^2c)^3} = -7200 \frac{vc}{L_0 + vt_R + v^2c} < 0.$$

(7)-et (4)-be helyettesítve és figyelembe véve, hogy $v = v_{opt}$ esetén

(6) miatt $v^2c = L_0$ és így $\frac{L_0}{v} = vc$,

$$\begin{aligned} N_{max} &= 3600 \frac{v_{opt}}{L_0 + v_{opt}t_R + L_0} = 3600 \frac{v_{opt}}{2L_0 + v_{opt}t_R} = \\ &= \frac{3600}{\frac{2L_0}{v_{opt}} + t_R} = \frac{3600}{t_R + 2v_{opt}c} = \end{aligned}$$

$n_1 \leq n_2$ esetén (5) számlálója mindig pozitív, tehát $\frac{dN}{dv} > 0$, így N annál nagyobb, minél nagyobb a v , tehát nem beszélhetünk v optimális értékéről. Azonban a ② gépkocsi vezetője nem tudhatja, milyen az előtte haladó ① gépkocsi fékszerkezetének hatásfoka és ezért, biztonsági okokból, a számára kedvezőtlenebb $n_1 > n_2$ esetre kell számítani.

$$= \frac{3600}{t_R + 2c \sqrt{\frac{L_0}{c}}} = \frac{3600}{t_R + \sqrt{4L_0 c}} = \frac{3600}{t_R + \sqrt{\frac{2L_0}{\mu g} \frac{\eta_1 - \eta_2}{\eta_1 \eta_2}}} \quad (8)$$

A ② gépkocsi vezetőjének - biztonsági okokból - számára legkedvezőtlenebb esetet, vagyis azt kell feltételezni^e, hogy az ① gépkocsi fékszerkezetének hatásfoka maximális: $\eta_1 = 1$. Legyen a rövidség kedvéért $\eta_2 = \eta$ és helyettesítsük be (7) -be és (8) -ba az $L_0 = 5m$, $g = 10 \text{ m/sec}^2$ értékeket.

Igy azt kapjuk, hogy

$$\text{és } V_{opt} = 10 \sqrt{\mu \frac{\eta}{1-\eta}} = 10 \sqrt{\mu} \sqrt{\frac{\eta}{1-\eta}} \quad (9)$$

$$N_{max} = \frac{3600}{t_R + \sqrt{\frac{1}{\mu} \frac{1-\eta}{\eta}}} = \frac{3600}{t_R + \frac{1}{\sqrt{\mu}} \sqrt{\frac{1-\eta}{\eta}}} \quad (10)$$

(10) rendkívül érdekes eredmény, miszerint az utak áteresztőképessége a reakcióidő, a surlódási együttható és a fék-hatásfok függvénye.

A t_R értékét minden szerző (lásd [4]) 1 sec-nak tekinti, a szokásos η érték 0,75, μ maximális értéke (ideális esetben) 1. Ezek szerint (10) nevezőjében lévő összeg

$$t_R + p = 1 + p \quad \text{alaku, ahol} \quad 0 < p < 1.$$

Az egész világon igen széleskörű kutatás folyik az utak áteresztőképességének növelése, tehát lényegében ezen összeg értékének csökkentése érdekében.

Ez a munka - a reakció-idő fix értéke miatt - a p érték-csökkenésével, tehát η növelésével kapcsolatos és óriási műszaki nehézségeket rejt magában.

(10) adta azt az ötletet, hogy mi próbálkozzunk meg t_R - a szubjektív paraméter - eliminálásával gépi uton. Ha ez si-

kerül, akkor N értéke hatalmas mértékben megnövekszik. E munka során gondolatmenetünk a következő volt.

Legyen A az az esemény, hogy az ① gépkocsi fékez, ill. annak az ítéletnek a logikai értéke, amely azt mondja ki, hogy az A esemény bekövetkezett. Hasonlóan legyen B az az esemény, hogy a ② gépkocsi fékez, ill. annak az ítéletnek logikai értéke, amely azt mondja, hogy a B esemény bekövetkezett. Tulajdonképpen A is, B is a t időtől függő logikai függvény, mint-hogy a megfelelő ítélet bizonyos időpontokban igaz, más időpontokban hamis. Az A esemény bekövetkeztének maga után kell vonnia a B esemény bekövetkeztét: $A \rightarrow B$ -nek (ill. $\forall t (A(t) \rightarrow B(t))$ -nek) igaznak kell lennie. Valójában azonban B bekövetkeztének t_R késleltetése van:

$$\forall t (A(t) \rightarrow B(t + t_R))$$

igaz. Ezt a késleltetést kell megszüntetni, azaz A -nak és B -nek - lehetőség szerint - egyidőben kell bekövetkeznie.

Először úgy véltük, hogy ehhez előgséges az $A(t)$ logikai értékéről szóló 1 bit-nyi információnak FK rendszerű átvitele az ① gépkocsiról a ② gépkocsira és ezzel a kérdés megoldódott. Ez a vélemény arra épült, hogy a ② gépkocsi vezetője is - a féklámpák kigyulladásakor - egyetlen bit információval szerez tudomást arról, hogy ① gépkocsi fékez. Rövid idő alatt kiderült, hogy éppen ez a legnagyobb hibája a jelenlegi fékezést jelző rendszereknek (féklámpáknak), ugyanis az általuk szolgáltatott információ egységnyi és ez csak a fékezés megkezdésének hírét hordozza; semmiféle további, a fékezés intenzitását illető - rendkívül lényeges - információt nem ad. Ennek következtében a ② gépjármű vezetője L csökkenését mérlegelve kénytelen B inten-

zítását úgy beállítani (ill. ezt megkísérelni), hogy ez megfeleljen A intenzitásának; nehogy bekövetkezzék az $L < 0$ eset: a karambol. (Megjegyezzük, hogy ugyanez okból 1966 első felében az American Motors háromszínű féklámpával látta el kísérleti kocsiját. Fékezésnél a szokásos piros féklámpa gyullad ki; ha a vezető leveszi lábát a fékpedálról, a sárga féklámpa ég, ha pedig gyorsít, a zöld hátsólámpa ad jelet. Mint látni fogjuk, ez sem oldja meg az alapproblémát.)

Itt tehát tudományódszertani szempontból az a helyzet, ami más jelenségek kibernetikai tárgyalása során is gyakran előfordul: hogy t.i. a jelenségek logikai (vagyis pusztán logikai változók ill. logikai függvények segítségével történő) leírása csak első közelítésnek tekinthető, amennyiben elhanyagolja, figyelmen kívül hagyja a jelenség mennyiségi oldalát. A jobb, a valóság teljesebb leírására törekvő közelítésnek éppen ezt a mennyiségi oldalt kell figyelembe vennie. Csak amíg a legtöbb esetben a jelenség logikai modellje elméleti absztrakció, tulzott leegyszerűsítés eredménye, addig itt a gyakorlatba is áttért ez a leegyszerűsítés, amennyiben az ① gépjármű féklámpája csak a fékezés megkezdéséről (tehát az A logikai érték igazzá válásáról) ad információt. A ② gépjármű vezetője a logikai modellnek ezt (a logikai modellek természetében rejlő) hibáját korrigálja azáltal, hogy L csökkenéséről a fékezés intenzitására következtet. A t_R reakció-időnek a fékező tevékenység automatizálásával való csökkentése tehát csak úgy sikerülhet, ha a ② gépjármű vezetőjének ezen, a "második közelítésre áttérő", "kvantitatív modellképző" tevékenységének automatizálására is törekszünk.

Évégett további, a fékezésre vonatkozó kvantitatív jelle-
gű információk létrehozására és (célszerűen ugyancsak FK rend-
szerű) továbbítására van szükség.

A ② gépjármű vezetője korrigáló tevékenységének pontos
szimulálása, tehát L csökkenése mérvének gépi érzékelése és
feldolgozása (pl. távolságmérő radarral) nem megoldhatatlan, de
műszakilag komplikált feladat. Ezért információforrásul az A és
 B események intenzitását kvantitatíven kifejező a_1 és a_2 lassu-
lásokat mérő műszereket választottuk. (Az ötletet ehhez természe-
tesen szintén a jelenség fenti matematikai tárgyalása, nevezé-
tesen az a tény adta, hogy L és N (2) ill. (3) kifejezésében
ezek a gyorsulások szerepelnek.) Az a_1 és a_2 természetesen már
nem logikai, hanem numerikus értékek, ill. minthogy a valóság-
ban (pl. az utviszonyok folytán) az időtől is függenek, nem lo-
gikai, hanem $a_1(t)$ és $a_2(t)$ matematikai függvények. Kellő pontossá-
gu továbbításukra természetesen már nem elegendő 1 bit.

Ezek után már szinte önként adódik az általunk "automata
fók"-nek elnevezett készülék roppant egyszerű logikai sémája:

$$B \leftrightarrow (A \wedge a_1 < a_2).$$

A logikai sémát (működési feltételt) realizáló készülék
kifejlesztésénél a következő volt az alapelképzelésünk.

Legyen elhelyezve az ① gépkocsin egy ultrarövidhullámu
jelforrás, amelynek tükarakterisztikájú adóantennája a gépkocsi
hátsó részén foglal helyet. A jelforrás alapfrekvenciáját modu-
láljuk egy jól meghatározott hangfrekvenciával. A követő, ②
gépkocsin az ① gépkocsi jelforrása jeleinek vételére kiképzett
vevőkészülék van elhelyezve, ennek vevő-antennája - amely azin-
tén tükarakterisztikájú - a ② gépkocsi orr-részére van felsze-

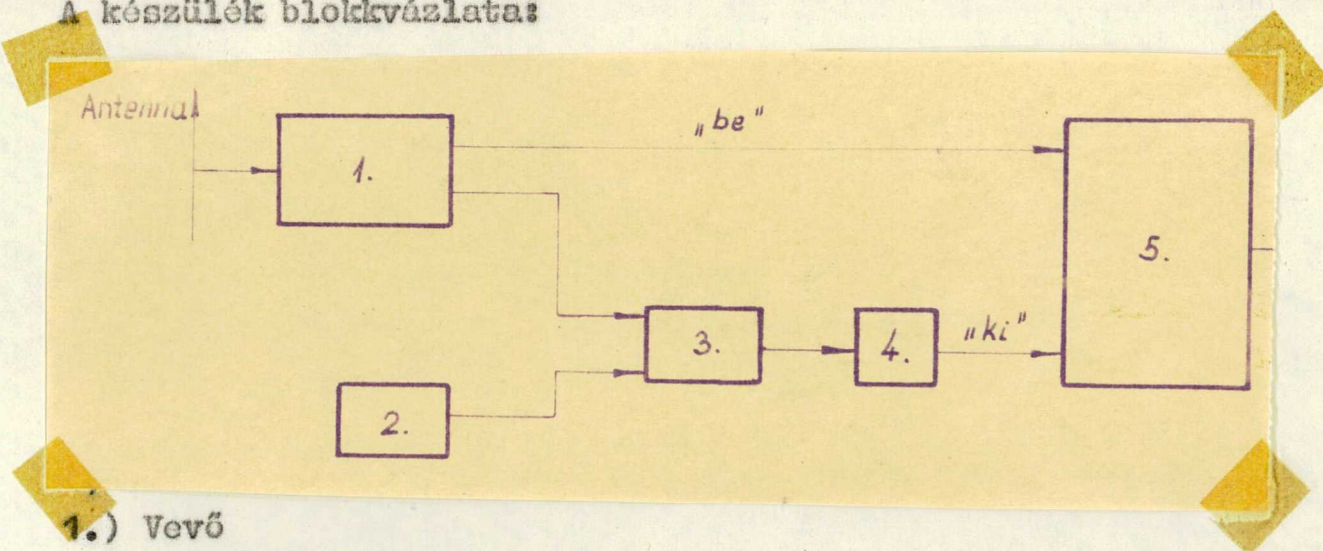
relve. Ha a jelforrás - amelynek hatósugarát 100 m körüli értékben szabtuk meg - tápfeszültségét a gépjármű fékpedálja kapcsolja a működtetés első szakaszában, akkor a fékezés megkezdése hírét hordozó 1 bit-nyi információ átvitele már biztosított. Ezután a lassulást illető információk kódolási formájával kapcsolatban kell döntést hozni. Vitathatatlan a digitális kódolás előnye a pontosságot illetően az analóg eljárással szemben, azonban azt szem előtt tartva, hogy egy gépkocsira szerelt, esetleg a későbbiekben nagy tömegben gyártásra kerülő készülékről van szó, amelynek nemcsak megbízhatónak, hanem egyszerűnek és olcsónak is kell lennie, az analóg kódolási forma mellett kellett döntenünk. Tennünk kellett ezt azért, mert a fékezés alkalmával a fékerő növekedése és ezzel a lassulás az időnek folytonos függvénye; ennek elektromos modellje könnyen előállítható pl. feszültségváltozás alakjában. Ez a feszültségváltozás könnyen felhasználható pl. a jelforrás modulációs mélységének befolyásolására. A vevőkészülék kimenetén - ha a jelforrás^t a követő gépkocsi 100 méternyire megközelítette és az ① gépkocsi fékez - megjelenik egy alapszint (5 V) feszültségérték (ez az 1 bit-nyi információ a fékezés megkezdéséről), majd a lassulással arányos feszültségnövekedés. Ugyanis a jelforrás modulációs mélységének növelése a vevőben a demodulált hangfrekvenciás feszültség növekedését eredményezi. Ezt egyenirányítva egy alapszintre ültetett egyenfeszültség-növekedést nyerünk. A követő, ② gépkocsin így már rendelkezésre áll - analóg-jel formájában - az összes, az ① gépkocsi lassulási állapotát jellemző információ.

Ezen információ feldolgozása többféleképpen történhet; a különböző megoldások közül az egyik, talán a legegyszerűbb, mint

majd látható lesz, műszakilag a legkönnyebben realizálható kerül a továbbiakban ismertetésre.

A vevő kimenetén megjelenő alapszint hatására egy szervomechanizmuson keresztül jöjjön működésbe a ② gépkocsi fékszerkezete. Mérjük a ② gépkocsi lassulását és az ezen lassulás analóg feszültségjelét, valamint a vevő kimenetén az alapjelre ültetett jelet egy un. differenciál-erősítő kimeneteire visszük. (Ennek az erősítő típusnak az a tulajdonsága, hogy a kimenetén a két bemenőjel különbségével arányos jel jelenik meg.) Egy áramkör figyeli a különbségi jelet: ha az eltűnik, (az ① és ② gépkocsinak a lassulása megegyezik) akkor kikapcsolja a fékszerkezetet működtető szervomechanizmust.

A készülék blokkvázlata:

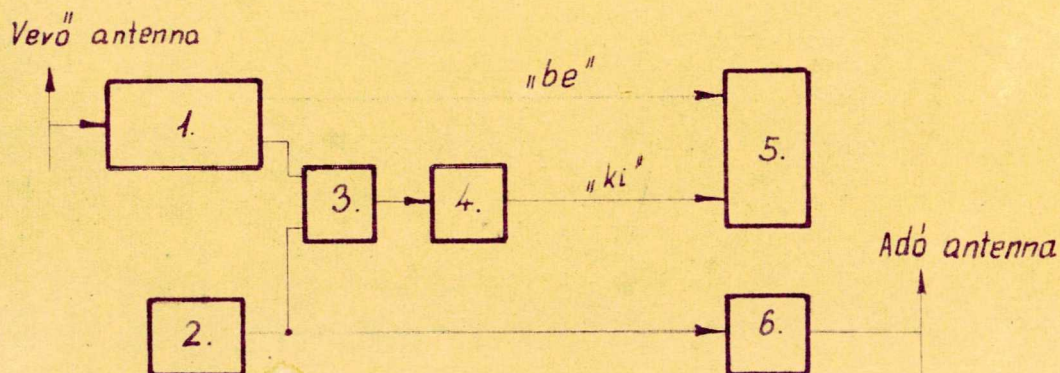


- 1.) Vevő
- 2.) Gyorsulásmérő
- 3.) Differenciál-erősítő
- 4.) Figyelő áramkör
- 5.) Féket működtető szervomechanizmus.

A készülékkel kapcsolatban a következőket kell megemlítenünk. A lassulások mérésére és az analóg jelképzésre egy higany-nyal töltött tubus végére erősített szénmikrofont alkalmaztunk.

A tubust a gépkocsi hossz tengelyével párhuzamosan erősítjük fel úgy, hogy a széncella a menetirány szerint elől legyen. Így a széncellán átfolyó áram - gyakorlatilag - csak a gépkocsi lassulásakor változik. Nem kellett külön vizsgálat tárgyává tenni azt, hogy ez a változás milyen az idő függvényében, elegendő volt azt konstatálnunk, hogy a lassulással folytonosan, szigorúan növekszik a széncella árama. Ugyanis az összes paraméterét tekintve, azonos széncella működik a követő gépkocsiban is, így az összehasonlítás történhet az egyes cellák jelfeszültség-idő függvénye részletesebb ismerete nélkül.

Tekintettel arra, hogy a forgalomban tipikusan a ② gépkocsinak is lehet követője és ennek szintén, a készüléket úgy alakítottuk ki, hogy a vett fékezési információt a fentismertetett módon feldolgozza és egyidejűleg az esetleges követő gépkocsi számára továbbítja. Így a teljes blokkvázlat:



- 1.) Vevő
- 2.) Gyorsulásmérő
- 3.) Differenciál-erősítő
- 4.) Figyelő áramkör
- 5.) Féket működtető szervomechanizmus
- 6.) Jelforrás.

Az automata fék megszerkesztésére - mint láttuk - egy tapasztalati összefüggés világos matematikai megfogalmazása adta az ötletet. Ugyanez mutatta meg a követendő utat is. Feltehető a kérdés, hogy ez a készülék mit jelent a gyakorlat számára? Nos, a válasz csak az lehet, hogy jelenleg hazánkban az utak telítettsége még nem olyan mérvű, ami indokolná a széleskörű bevezetést, de ilyen és ehhez hasonló berendezések néhány év múlva nélkülözhetetlenek lesznek az autóközlekedés balesetmentes megszervezésében.

IV.

A bevezetőben kifejtettük, hogy a közlekedési balesetek száma növekedésének legmélyebb okait az emberi idegrendszer teljesítőképességének korlátozottságában látjuk. Ismert tény az, hogy a kipihent vezető általában nyugodtan és jól oldja meg a komplikált és gyorsan változó forgalmi szituációk által rárótt feladatokat. Viszont ahogyan növekszik az effektív vezetéssel eltöltött idő, úgy lassan elindul az a folyamat, amely a jó vezetési képesség jellemző paramétereinek negatív tendenciájú megváltozását hozza magával: egyre inkább kezd fellépni a fáradtság. Igen nagy szükség lenne annak megállapítására, hogy mikor érkezett el az a kritikus időpont, amikor a további terhelés (gépjármű továbbvezetése) már rendellenes tudatműködést eredményezhet. Vizsgálatainkat ilyen irányban is kiterjesztettük és célul tűztük ki egy olyan berendezés kifejlesztését, amelynek segítségével jó közelítéssel megállapítható, hogy egy adott utazás folyamán mikor következik be a kritikus időpont. E vizsgálatainkról és a kifejlesztett készülékről szólunk a továbbiakban.

A gépjárművezető utazása folyamán különböző forgalmi szituációkba kerül, ezek mindegyike számára egy megoldandó feladatot jelent. E feladatok megoldása különböző mértékű pszichikai és fizikai (komplex) terhelést ró a vezetőre. A vezető fáradását ez a terhelés-sorozat okozza. Ha tudnánk mérni a vezető komplex terhelését minden egyes feladat megoldása közben, akkor a mért értékek összege már felhasználható lenne a kifáradás időpontja meghatározásához.

Eleinte úgy véltük, hogy a gépjárművezető komplex terhelésének mérését a következőképpen oldhatjuk meg. Mindenekelőtt felírjuk valamely formalizált nyelven a gépjárművezetés algoritmusát, az elindulástól az utat befejező megállásig, minden eshetőségre gondolva. Erre a célra kiválóan alkalmas a Ljapunov-féle operátor-módszer. [5] E módszer, ill. a megfelelő formalizált nyelv alkalmazása esetén az algoritmus felírásához lényegében kétféle, általában összetett jelet (un. operátort) elegendő használnunk:

a.) un. fizikai operátorokat, amelyek a gépjárművezető valamely mechanikai vezetési tevékenységét (gázadás, kormányozgatás, fékezés, stb.) reprezentálják; ezek a Ljapunov-féle operátor-módszer legismertebb, számológép-programozásméleti alkalmazásában [6] használt aritmetikai (értékadó) operátoroknak felelnek meg.

b.) un. logikai operátorokat, amelyek a gépjárművezető valamely döntési tevékenységét reprezentálják, vagyis annak megállapítását, vajon teljesül-e valamely, a gépjárművezetés egy résztevékenysége szempontjából lényeges feltétel vagy nem

(pl. van-e előtte valamilyen forgalmi jelzőtábla, az előtte haladó gépjárművet megelőzheti-e, nincs-e előzési akadály, stb.) és attól függően, hogy teljesül-e vagy nem, mely további (fizikai tevékenységet vagy újabb döntést kívánó) operátorral kell folytatnia a vezetést. Ezek a programozáselméleti alkalmazásban is használt logikai (feltételes ugró) operátoroknak felelnek meg.

Ezen kívül még egy harmadik fajta jelet, ún. címkét is tartalmaz a gépjárművezetői algoritmus felírása a Ljapunov-féle operátor-módszer alapján. A címkék egyes operátoroknak, pontosabban azoknak az algoritmus felírásában egy-egy konkrét előfordulásának megjelölésére szolgálnak avégett, hogy a logikai operátorok meghatározhassák, hogy a megfelelő feltétel teljesülése ill. nem teljesülése (azaz a megfelelő, a logikai operátorban szereplő logikai formula igaz vagy hamis volta) esetén melyik operátor előfordulásával kell folytatni az algoritmust. Eszerint egy logikai operátor egy logikai formulán kívül két címkét is tartalmazhat; az egyik arra az operátorra utal, amellyel akkor kell folytatni az algoritmust, ha a kérdéses logikai formula igaz, a másik arra az operátorra, amellyel akkor kell folytatni az algoritmust, ha ez a logikai formula hamis. (Az egyik vagy a másik címke el is maradhat, ekkor a megfelelő esetben az algoritmust a logikai operátort a felírásban közvetlenül követő operátorral kell folytatni.)

A Ljapunov-féle operátor-módszer alkalmazásában szereplő többi fajta operátor visszavezethető e két fajtára; azok alkalmazása csak a felírás rövidítését szolgálja. Ezek közül a gép-

járművezetési algoritmus felírása esetén elsősorban az ún. ciklus-operátorok jöhetnek számításba, amelyek a gépjárművezető többször (esetleg bizonyos paraméterek különböző értékei mellett) ismétlődő tevékenységére utalnak, mégpedig, a programozásméleti alkalmazásoktól eltérően, nemcsak diszkrét, hanem folytonos paraméterekkel is.

Példaként bemutatjuk az előzés algoritmusának felírását a Ljapunov-féle operátor-módszer segítségével (l. [7]):

$$p \uparrow I_b L_b q \uparrow \{G^+\}^s G^+ I_j L_j G^- I_o \downarrow I_j G^- B L_j I_o \downarrow \dots,$$

ahol $t = t_0$

p az a logikai feltétel, amely azt fejezi ki, hogy a W_0 -al jelölt saját gépjárművemmel módomban van egy előttem haladó W_1 jármű megelőzéséhez szükséges előkészítő lépéseket megtenni, tehát^{III}

$$p = \exists W_1 (x(W_1) > x(W_0) \wedge v(W_1) > 0 \wedge v_{\max}(W_0) > v(W_1) \wedge x(W_1) > x(W_0) + 3b(v(W_0)))$$

itt

$x(W)$ a W jármű távolsága az ut kezdőpontjától,

$v(W)$ a W jármű sebessége,

$v_{\max}(W)$ a W jármű maximális sebessége,

$b(v)$ a fékut v sebességnél,

I_b a baloldali irányjelzés operátora,

L_b a balra történő kormányzás operátora (valójában ez maga is egy komplikált operátor; addig kell a W_0 gépjárművet

^{III} p azt fejezi ki, hogy van az uton saját W_0 gépjárművem előtt, W_0 -al egyirányban haladó olyan W_1 jármű, hogy W_0 maximális sebessége nagyobb W_1 sebességénél, és W_1 távolsága W_0 -tól nagyobb, mint a W_0 sebességéhez tartozó fékut háromszorososa.

balra kormányozni, amíg a vezető számára az ut mindkét forgalmi sávja láthatóvá válik - a kormányzott kereknek a gépjármű hossztengeleyével bezárt szöge ez esetben függ a sebességtől - és ekkor ismét egyenes irányban kell a kormány szerkezetet állítani),

4. az a logikai feltétel, amely azt fejezi ki, hogy az előzésnek nincs akadálya, tehát^{III}

^{III} A megelőzendő W_1 jármű előtt, ugyanazon irányban haladó valamennyi W_2 járműre nézve ($v(W_2) > 0$) azt mondja ki a feltétel, hogy W_1 -től való távolsága nagyobb, mint a maximális $v_{\max}(W_0)$ előzési sebességhez tartozó fékut háromszorosa, abban az esetben pedig, ha W_2 sebessége kisebb, mint 15 km/óra, mint a fékut hatszorosa, tehát az előzés után biztonságosan be lehet sorolni W_2 mögé. A szembejövő W' járművekre nézve ($v(W') < 0$) pedig azt mondja ki a feltétel, hogy a (maximális sebességgel való) elő-

zéshez szükséges $\frac{x(W_1) - x(W_0)}{v_{\max}(W_0) - v(W_1)}$ idő alatt a $v(W_1) \frac{x(W_1) - x(W_0)}{v_{\max}(W_0) - v(W_1)}$

utat megtevő W_1 jármű nem kerül közelebb az ugyanezen idő alatt

az ellenkező irányban $v(W') \frac{x(W_1) - x(W_0)}{v_{\max}(W_0) - v(W_1)}$ utat megtevő W' jármű-

höz, mint a maximális előzési sebességhez tartozó fékut háromszorosa.

$$\begin{aligned}
 q_1 = & \exists W_1 [x(W_1) > x(W_0) \wedge v(W_1) > 0 \wedge v_{\max}(W_0) > v(W_1) \wedge \\
 & \wedge \forall W_2 ((x(W_2) > x(W_1) \wedge v(W_2) > 0) \rightarrow \\
 & \rightarrow (x(W_2) > x(W_1) + 3b(v_{\max}(W_0)) \wedge \\
 & \wedge (v(W_2) < 15 \text{ km/h} \rightarrow x(W_2) > x(W_1) + 6b(v_{\max}(W_0)))) \wedge \\
 & \wedge \forall W' ((x(W') > x(W_0) \wedge v(W') < 0) \rightarrow \\
 & \rightarrow (x(W_1) + v(W_1) \frac{x(W_1) - x(W_0)}{v_{\max}(W_0) - v(W_1)} < \\
 & < x(W') - v(W') \frac{x(W_1) - x(W_0)}{v_{\max}(W_0) - v(W_1)} + 3b(v_{\max}(W_0)))) \wedge \dots],
 \end{aligned}$$

ahol . . . helyére azt a logikai feltételt kell írni, amely azt fejezi ki, hogy nincs további akadálya sem az előzésnek (pl. előzési tilalom);

t_0 az előzés kezdetének időpontja,

s az a logikai feltétel, amely azt fejezi ki, hogy az előzés megtörtént, úgy, hogy elkezdhetem az előzésből való visszatérést a megelőzőtt W_1 járművek sebességcsökkentésre való kényszerítése nélkül, tehát

$$x(W_0) > x(W_1) + b(v(W_1)),$$

G^+ a gázadással történő gyorsítás operátora,

I_j a jobboldali irányjelzés operátora,

L_j a jobbra történő kormányzás operátora,

G^- a gázelvétellel történő lassítás operátora,

I_0 az alaphelyzetű irányjelzés operátora,

B a fékezés operátora,

$\downarrow$...visszatérés a főprogramhoz (a szokásos utazási módra).

A gépjárművezetés teljes algoritmusának ilyen felírása után munkafiziológiai és munkapszichológiai kísérletekkel és méréssel meg kellett volna állapítani, hogy az algoritmus felírásában szereplő egyes operátorok végrehajtása mekkora komplex terhelést jelent a gépjárművezető szervezete számára. Az összterhelést természetesen nem egyszerűen az algoritmus felírásában szereplő operátorokhoz tartozó terhelések összege adja, hiszen ez az összeg független lenne az utazás körülményeitől (pl. az előttünk haladó, vagy a szembejövő gépjárművek számától), holott az összterhelés nyilván nagymértékben függ tőlük. Hanem az összegzést minden egyes konkrét utazás esetén csak azokra az operátorokra kell kiterjeszteni, amelyek ténylegesen végrehajtásra kerülnek. (A logikai operátorok hatása éppen az, hogy a megfelelő feltétel teljesülése ill. nem teljesülése esetén egyes operátorokat át kell ugorni.)

A gyakorlatban azonban ennek a tervnek végrehajtása súlyos akadályokba ütközik. Már az előzés részalgoritmusának - az előbbieken bemutatott - felírása útján meggyőződhattünk arról, hogy a teljes vezetési algoritmus olyan bonyolult, hogy ily módon való felírása gyakorlatilag megoldhatatlan. Másrészt azért sem lett volna reális a fenti terv, mert az egyes operátorok végrehajtásával járó terhelés pontos mérése gyakorlatilag szintén keresztülvihetetlen. Ugyanis egy-egy operátor végrehajtása az "alapzajhoz" képest aránylag kis terhelést jelent. Bár a tervet el kellett vetnünk, teljes átgondolása mégsem volt hasztalan: feltárta a gépjárművezetői tevékenység legmélyebb részleteit is és a kitűzött cél eléréséhez újabb ötleteket adott.

A Ljapunov-féle operátor-módszernek a gépjárművezetés algoritmusára felírására való alkalmazása közben adódott az a sejtésünk, hogy az algoritmusban az alapproblémát illetően a fizikai operátorok szerepe a döntő, a logikai operátorok szerepe elhanyagolható a következő értelemben. A gépjárművezető menetközbeni tudatműködése mechanikai reakciók sorozatában hat a jármű egyes irányító szerveire. A gépjármű irányítása szempontjából fontos és lényeges pszichikai folyamatoknak mindig megfelel a gépjármű irányító szervének egy bizonyos állapota illetve állapotváltozása, amelyek a mechanikai reakciók következményeként állnak be. Nagyszámu kísérlet alapján kialakult az a meggyőződésünk, hogy nincs olyan, a vezető számára lényeges pszichikai terhelést jelentő logikai operátor, amellyel kapcsolatban ne jelentkezne - előzményként vagy következményként - egy, a gépjármű irányító szervei állapotában bekövetkezett változás, azaz egy vagy több fizikai operátor - általában egyidejű - működése. Az előbb felírt példa - az előzés - esetében a logikai döntés (előzhet-e, vagy sem) előzménye a balirányú irányjelzés és a gépjármű balirányú kormányzása mindaddig, amíg a szemközti forgalmi sáv és az előzendő gépjármű előtti utrészlet beláthatóvá válik, majd ekkor a kormánysszerkezet egyenesirányú haladásra való állítása. Ekkor következik a döntés; ha az előzés feltételei adottak, akkor a következmény a gyorsítás, az irányjelző alaphelyzetbe való állítása, majd jobbra való működtetése, a kormányozás jobbra mindaddig, amíg a gépjármű a menetirány szerinti jobboldali forgalmi sávra kerül, ezután a kormánysszerkezet egyenesirányba való állítása és az irányjelző alaphelyzetbe hozatala, a gyorsítás megszüntetése.

Ha előzési akadály van, akkor a következmény a sebesség csökkentése (fékezés vagy gázelvétel útján), az irányjelzőnek az alaphelyzeten keresztül jobbirányú működésbe hozatala, majd a jobbirányú kormányzás mindaddig, amíg a gépjármű visszakerül a menetirány szerinti jobboldali forgalmi sávra, majd ezután a kormány szerkezet egyenesirányba, az irányjelző alaphelyzetbe való hozatala. A sebességet addig kell csökkenteni, amíg az megegyezik az előzendő gépjármű sebességével.

Ha sorra vesszük a lehetséges forgalmi szituációkat, akkor teljesen hasonló következtetéseket vonhatunk le azok esetében is. Ezek alapján a fizikai operátorokat tettük alapos vizsgálat tárgyává. Kiderült, hogy a gépjárművezető tevékenysége három részből tevődik össze:

- 1.) Egyenesirányú haladás
- 2.) Gyorsítás, ill. lassítás
- 3.) Irányváltoztatás

(mindezek bizonyos sebességállapotban). Bármilyen forgalmi szituáció által adott feladat megoldásához szükséges tevékenység ezekből ill. ezek egyidejű, bizonyos kombinációiból áll. Nincs olyan résztvékenység, amely ezekre ne lenne visszavezethető. (Kivéve az irányjelző működtetését, ez azonban elhanyagolható ill. az irányváltozás, majd utána az egyenesvonalú haladásra való visszatérés előírás szerű részének tekinthető.) Jól látható, hogy mindhárom rész jellemző paraméterei könnyen mérhető mennyiségek:

v sebesség, a gyorsulás és α kormányzóög.

Kézenfekvőnek tűnik annak lehetősége, hogy ezekkel a paraméterekkel ill. ezek kvantált értékeivel írjuk le az egyes, a for-

galom által a vezetőre rótt feladatok megoldását, sőt a megoldásnak a vezetőre gyakorolt terhelő hatását is. Az ezzel kapcsolatos gondolatmenet a következő:

Mindhárom mennyiség jól definiálható tartományban változhat:

$$v = 0 - 100 \text{ km/ó}$$

$$a = +2 - -7 \text{ m/sec}^2$$

$$\alpha = 0 \pm 35^\circ$$

(átlagos kivitelű és teljesítményű gépkocsit alapulvéve).

Osszuk fel ezeket a tartományokat a következőképpen:

tekintsük a sebességet 10 km/órás léptékben, a gyorsulást $\pm 1 \text{ m/sec}^2$ léptékben és a kormánysszöveget a 0° - 5° tartományban 1° -ként, a 5° - 35° tartományban 5° -ként. Így három halmazt nyerünk:

$$\{010, 020, 030, 040, 050, 060, 070, 080, 090, 100\},$$

$$\{+2, +1, 0, -1, -2, -3, -4, -5, -6, -7\} \text{ és}$$

$$\{00, 01, 02, 03, 04, 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35\}$$

Tekintsük ezen halmazok Descartes-szorzatát (az M-3 elektronikus számológép kapcsolatos lapiratai a dolgozathoz mellékelve), a szorzat elemei egy-egy vezetői tevékenységet reprezentálnak. Jelöljük ezeket a következőképpen

$$S_1, S_2, \dots, S_{1200}$$

Egy adott, megtett ut során legyen ezek bekövetkezésének száma

$$N_1, N_2, \dots, N_{1200}$$

Végezzünk az ut végén munkafiziológiai fáradtságmérést, ennek eredménye legyen M.

Feltételezhető, hogy az $S_1, S_2, \dots, S_{1200}$ tevékenységek mindegyike, minden egyes alkalommal, amikor végrehajtására sor kerül, egy-egy, a tevékenységtől függő mennyiséggel járul hozzá

a gépjárművezető kifáradásához, vagyis, hogy M az $N_1, N_2, \dots, N_{100}$ változók lineáris függvényeként adható meg, azaz

$$M = p_1 N_1 + p_2 N_2 + \dots + p_{1200} N_{1200} \quad (1)$$

ahol $p_1, p_2, \dots, p_{1200}$ állandó értékek. Ezen állandók (súlyok) értékeit határozzuk meg empirikusan, a következő módon:

Az egyes kísérleti utakkal kapcsolatos mérések eredményei
 legyenek

[illegible]

A p_j állandók ($j=1, 2, \dots, 1200$) meghatározására a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazzuk. Vagyis olyan p_j értékeket keresünk, hogy minden i -re ($i=1, 2, \dots, m$) a lehető legkisebb átlagos eltéréssel helyes eredményt adjon az (1) képletbe való helyettesítés. Megköveteljük tehát, hogy az

$$\sum_{j=1}^{1200} N_j^i p_j \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

összegek eredő eltérése M_i -től a lehető legkisebb legyen, azaz a

$$\sum_{i=1}^m (M^i - \sum_{j=1}^{1200} N_j^i p_j)^2 \quad (2)$$

függvény értéke minimális legyen.

Abhoz, hogy (2) értéke minimális legyen, szükséges, hogy a p_k szerinti parciális differenciálhányadosok értéke ($k=1, 2, \dots, 1200$) nulla legyen:

$$-2 \sum_{i=1}^m (M^i - \sum_{j=1}^{1200} N_j^i p_j) N_k^i = 0. \quad (3)$$

(3) egy lineáris egyenletrendszert ad a p_k -kra:

$$\sum_{j=1}^{1200} p_j \left(\sum_{i=1}^m N_k^i N_j^i \right) = \sum_{i=1}^m M^i N_k^i \quad (k=1, 2, \dots, 1200)$$

Ebből az egyes tevékenységekre vonatkozó "súlyok" meghatározhatók.

A megoldásnál problémát jelent az egyenletek és az ismeretlenek nagy száma. Problemátikus magának az N_i ($i = 1, 2, \dots, 1200$) értékeknek mérése, ugyanis a mérőkészülékek 1200 db három-be-menetű kapuáramkört és ugyanennyi számlálójelfogót kell tartalmaznia (8. ábra).

Vannak azonban olyan vezetői tevékenységek is az 1200 között, amelyek normális utazás során nem fordulnak elő. (pl. $(\alpha_{35} \wedge a_{-7} \wedge v_{100})$ triviális katasztrófa). A kísérleti utakon az ezekhez tartozó N_i értékek tehát nullák lesznek, azaz p_i értéke tetszőleges lehet. Ezeket pl. nullának választva törölhetjük az ismeretlenek közül, így a változók számának csökkentésével az egyenletrendszert - digitális elektronikus számológép felhasználásával - gyakorlatilag is megoldhatóvá tesszük.

Várható, hogy bizonyos p_k értékek közel egyenlők lesznek, mivel a megfelelő tevékenységek azonos megterhelést jelentenek a gépjárművezető részére. A kiszámított p_k értékek alapján tehát a tevékenységeket osztályokba sorolhatjuk. Legyenek ezek

$$Q_1, Q_2, \dots, Q_r \quad (r < 1200).$$

Egy adott ut megtétele folyamán az egyes osztályok elemeinek előfordulási száma legyen

$$N_1, N_2, \dots, N_r$$

és az egyes osztályokhoz rendelt súlyok az előző számítás alapján

$$p_1, p_2, \dots, p_r.$$

Ekkor az adott ut megtétele után jelentkező fáradtságot kifejezhetjük az

$$M = \sum_{i=1}^r p_i N_i$$

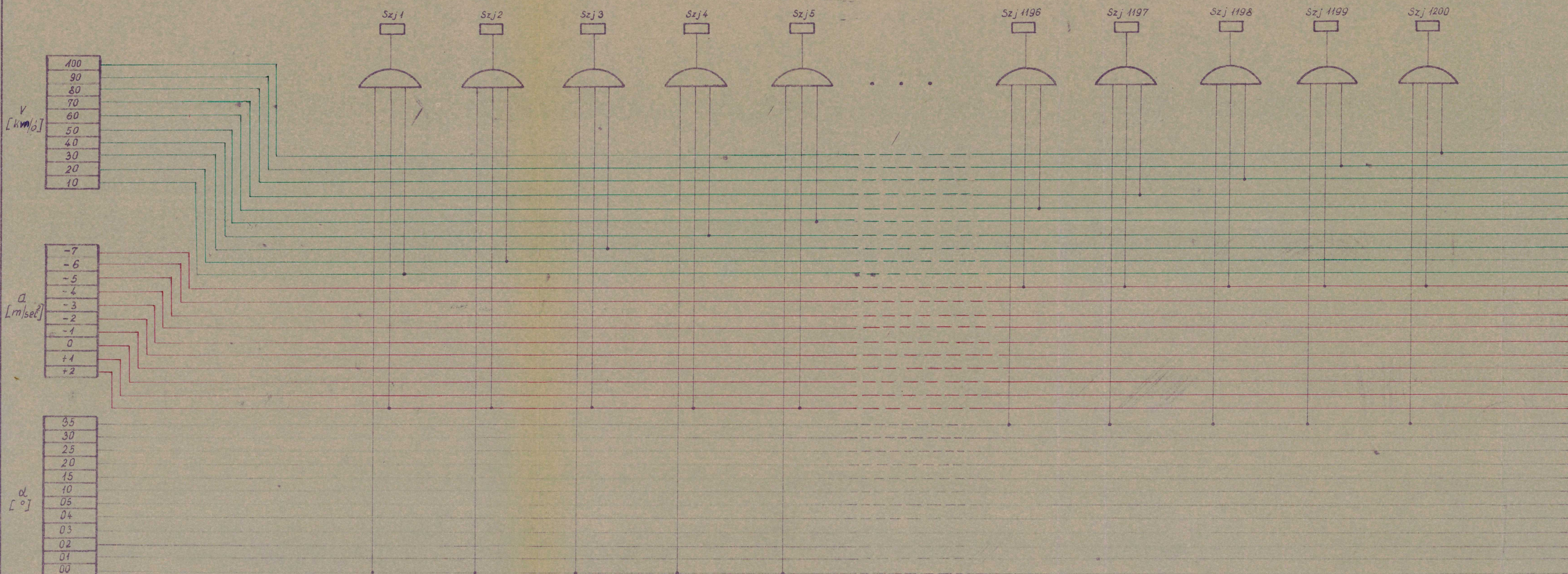
összefüggés segítségével.

Említettük a fenti méréssel kapcsolatos nehézségeket. Bár megszerkesztettük az Q_i ($i = 1, 2, \dots, 1200$) mérésre szolgáló készülék áramköreit (8. ábra) a gyakorlati megvalósításra nem kerülhetett sor a szükséges számlálójelfogók nagy száma miatt (házánkban ugyanis nem gyártanak nagy számlálási sebességű és nullázható számlálójelfogókat). Ha sikerülne is a készülék felépítése, még mindig problematikus maradna az egyenletrendszer gépi megoldása, minthogy a birtokunkban lévő M-3 elektronikus számológép memóriakapacitása - a feladat nagyságához viszonyítva - rendkívül csekély.

Mindezek ellenére úgy döntöttünk, hogy kísérletet teszünk egy, a fenti gondolatmenetet nagyvonalakban követő és gyakorlatilag megvalósítható készülék megszerkesztésére.

Először is átvizsgáltuk a Descartes-szorzat elemeinek halmazát és az elemeket három osztályba soroltuk. Képeztük az un. reális elemek osztályát; ebbe azokat az elemeket soroltuk, amelyek által reprezentált tevékenység minden normális utazás során előfordulhat. Az un. irreális elemek osztályába azokat soroltuk, amelyek normális körülmények között nem fordulnak elő ill. előfordulási valószínűségük igen kicsi. Az un. indifferens elemek képezik a harmadik osztályt, amelyek - megítélésünk szerint - nem jelentenek különösebb terhelést a gépjárművezetőre nézve. (Talán felesleges hangsúlyoznunk, hogy az elemeknek az egyes osztályokba való besorolása szubjektív megítélés alapján történt. Természetesen e munkához felhasználtuk egyrészt a Descartes-szorzat elemeinek szimmetriáit, másrészt a közlekedési rendőrség által rendelkezésre bocsájtott, nagyszámú baleseti jegyzőkönyv ada-

-41/a-



8. ábra

taít, valamint a dolgozat szerzőjének sokéves vezetői gyakorlatait és a külön e célból megtett kísérleti utak tapasztalatait is.)

Ezekután már csak a reális elemek halmazát vizsgáltuk tovább. Tekintetbe véve műszaki lehetőségeinket, a halmaz-elemeket 15 un. súlyosztályba (Q_i ($i = 1, 2, \dots, 15$)) soroltuk úgy, hogy a

Q_1 osztályba kerültek azok az elemek, amelyek által reprezentált tevékenység - megítélésünk szerint - a legkisebb, a Q_{15} osztályba pedig azok, amelyek a legnagyobb megterhelést jelentik a gépjárművezető számára. (Az előzőekben megállapított, a fáradtság pontos méréséhez szükséges súlyosztályok számának ilyen, nagyságrendekkel történő csökkentése - még a műszaki szempontok hangsúlyozása mellett is - feltétlenül önkényes, azonban a kitűzött cél, a tájékozódás-jellegű adatfelvétel elérésére mégis alkalmasnak látszik. Egyrészt azért, mert tapasztalataink szerint igen sok elem kb. azonos terhelést jelent, másrészt azért, mert a jelenlegi munkafiziológiai fáradtságmérési eljárások sem adnak sok különböző, az egészen kis eltéréseket is jól kimutató számértékeket, hanem csak bizonyos kifáradtsági állapotot jellemző sávokat.) Így egy adott ut megtétele után a gépjárművezető elfáradásának mértékét a

$$\sum_{i=1}^{15} p_i N_i$$

összeggel próbáljuk összefüggésbe hozni, ahol p_i a Q_i súlyosztályhoz tartozó tevékenységeknek megfelelő (megközelítőleg egyenlőnek feltételezett) súly, N_i pedig az adott ut megtétele során szükséges azon tevékenységek száma, amelyek a Q_i súlyosztályhoz tartoznak.

A továbbiakban megadjuk az egyes osztályok elemeit, úgy, hogy az egyes elemekben szereplő paraméter-értékeket konjunkciós tagoknak tekintve, azonnal a Q_i ($i = 1, 2, \dots, 15$) osztályba tartozó

elemek előfordulásait számláló jelfogók működési feltételét írjuk fel; végül pedig bemutatjuk az ezen feltételeknek eleget tevő áramköröket. (A működési feltételekben S_{j_i} ($i=1, 2, \dots, 15$) annak az ítéletnek a logikai értéke, hogy a Q_i osztályhoz tartozó számláló jelfogó működtető feszültséget kap.)

(Gépeléstechnikai okokból a működési feltételek felírásánál α helyett γ jelölést alkalmaztunk.)

Q₁:

$$((x_{00} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee (x_{01} \wedge a_0 \wedge v_{040})) \rightarrow S_{j1}$$

Q₂:

$$((x_{00} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (x_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (x_{01} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (x_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (x_{02} \wedge a_0 \wedge v_{040})) \rightarrow S_{j2}$$

Q₃:

$$\begin{aligned} & ((x_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee (x_{00} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (x_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (x_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (x_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee (x_{01} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (x_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (x_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (x_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (x_{04} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (x_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (x_{03} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (x_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{020})) \rightarrow S_{j3} \end{aligned}$$

Q₄:

$$\begin{aligned} & ((x_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee (x_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (x_{00} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (x_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (x_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (x_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (x_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (x_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (x_{01} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (x_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (x_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (x_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (x_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (x_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (x_{02} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (x_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (x_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (x_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (x_{03} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (x_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (x_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee \\ & \vee (x_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee (x_{04} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee (x_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee \\ & \vee (x_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{030}) \vee (x_{05} \wedge a_0 \wedge v_{030})) \rightarrow S_{j4} \end{aligned}$$

Q₅:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (r_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee (r_{00} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (r_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (r_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee (r_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (r_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (r_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{020}) \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{010})) \rightarrow S_j5
 \end{aligned}$$

Q₆:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee (r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \vee (r_{02} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (r_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee (r_{04} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (r_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{010}) \vee (r_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee (r_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{020}) \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_0 \wedge v_{010}) \rightarrow \text{Sj}_6
 \end{aligned}$$

Q7:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee (r_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (r_{00} \wedge a_0 \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee (r_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee (r_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (r_{01} \wedge a_0 \wedge v_{100}) \vee (r_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{020}) \vee (r_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{020}) \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{010}) \vee (r_{20} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee (r_{20} \wedge a_{+1} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_0 \wedge v_{020}) \vee (r_{25} \wedge a_0 \wedge v_{010})) \rightarrow S_{j7}
 \end{aligned}$$

Q₈:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee (r_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_0 \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee (r_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{030}) \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{020}) \vee (r_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{020}) \vee (r_{20} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_{+1} \wedge v_{020}) \vee (r_{20} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \vee (r_{20} \wedge a_{-1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{25} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee (r_{25} \wedge a_{+1} \wedge v_{010}) \vee (r_{25} \wedge a_0 \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{30} \wedge a_0 \wedge v_{010})) \longrightarrow S_{j8}
 \end{aligned}$$

$Q_9:$

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee (r_{00} \wedge a_{-1} \wedge v_{100}) \vee (r_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{01} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-1} \wedge v_{100}) \vee (r_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{02} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \vee (x_{03} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee (x_{03} \wedge a_0 \wedge v_{100}) \vee (x_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (x_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee (x_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (x_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (x_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee (x_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee (x_{04} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (x_{04} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee (x_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (x_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (x_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee (x_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (x_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (x_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee (x_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (x_{05} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (x_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (x_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (x_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (x_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (x_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (x_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (x_{10} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (x_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (x_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (x_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (x_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (x_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (x_{15} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (x_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (x_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (x_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (x_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{020}) \vee (x_{20} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (x_{20} \wedge a_{+1} \wedge v_{030}) \vee (x_{20} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee (x_{20} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (x_{25} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee (x_{25} \wedge a_{+1} \wedge v_{020}) \vee (x_{25} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (x_{25} \wedge a_{-1} \wedge v_{020}) \vee (x_{30} \wedge a_{+2} \wedge v_{010}) \vee (x_{30} \wedge a_{+1} \wedge v_{010}) \vee \\
 & \vee (x_{30} \wedge a_0 \wedge v_{020}) \vee (x_{35} \wedge a_0 \wedge v_{010}) \rightarrow S_{19}
 \end{aligned}$$

9.0:

$$\begin{aligned}
 & ((x_{00} \wedge a_{-2} \wedge v_{100}) \vee (x_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee (x_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (x_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (x_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee (x_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (x_{01} \wedge a_{-2} \wedge v_{100}) \vee (x_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee (x_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-1} \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{03} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{04} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_0 \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_{+1} \wedge v_{090}) \vee (r_{05} \wedge a_0 \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (r_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{20} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{25} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (r_{25} \wedge a_{+4} \wedge v_{030}) \vee (r_{25} \wedge a_0 \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{25} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee (r_{30} \wedge a_{+2} \wedge v_{020}) \vee (r_{30} \wedge a_{+1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{30} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \vee (r_{30} \wedge a_{-1} \wedge v_{020}) \vee \\
 & \vee (r_{35} \wedge a_0 \wedge v_{010}) \rightarrow S_{j10}
 \end{aligned}$$



Q₁₁:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{-3} \wedge v_{100}) \vee (r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee (r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{01} \wedge a_{-3} \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{02} \wedge a_{-2} \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_{-1} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{+2} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-6} \wedge v_{030}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee (r_{10} \wedge a_{+1} \wedge v_{080}) \vee (r_{10} \wedge a_0 \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee (r_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{15} \wedge a_{+2} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{+1} \wedge v_{060}) \vee (r_{15} \wedge a_0 \wedge v_{070}) \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee (r_{20} \wedge a_{+2} \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{+1} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_0 \wedge v_{060}) \vee (r_{20} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee (r_{25} \wedge a_{+2} \wedge v_{040}) \vee (r_{25} \wedge a_{+1} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{25} \wedge a_0 \wedge v_{050}) \vee (r_{25} \wedge a_{-1} \wedge v_{040}) \vee (r_{25} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vee (r_{30} \wedge a_{+2} \wedge v_{030}) \vee (r_{30} \wedge a_{+4} \wedge v_{030}) \vee (r_{30} \wedge a_{-1} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (r_{35} \wedge a_0 \wedge v_{030}) \rightarrow S_{j11} \end{aligned}$$

$Q_{12}:$

$$\begin{aligned} & ((r_{00} \wedge a_{-4} \wedge v_{100}) \vee (r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{090}) \vee (r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{080}) \vee \\ & \vee (r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{01} \wedge a_{-4} \wedge v_{100}) \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{090}) \vee \\ & \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{080}) \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{02} \wedge a_{-3} \wedge v_{100}) \vee \\ & \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{03} \wedge a_{-2} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee \\ & \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-1} \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee \\ & \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{04} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-1} \wedge v_{090}) \vee \\ & \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{05} \wedge a_{-7} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{+2} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-1} \wedge v_{080}) \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{10} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{10} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{-6} \wedge v_{030}) \vee (r_{15} \wedge a_{-1} \wedge v_{070}) \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (r_{15} \wedge a_{-6} \wedge v_{030}) \vee (r_{20} \wedge a_{-1} \wedge v_{060}) \vee (r_{20} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee \\ & \vee (r_{20} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \vee (r_{25} \wedge a_{-1} \wedge v_{050}) \vee \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vee (r_{25} \wedge a_{-2} \wedge v_{040}) \vee (r_{25} \wedge a_{-3} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (r_{30} \wedge a_{-2} \wedge v_{030}) \rightarrow S_{j12} \end{aligned}$$

Q₁₃:

$$\begin{aligned} & ((r_{00} \wedge a_{-5} \wedge v_{100}) \vee (r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{090}) \vee (r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{080}) \vee \\ & \vee (r_{01} \wedge a_{-5} \wedge v_{100}) \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{080}) \vee \\ & \vee (r_{02} \wedge a_{-4} \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{080}) \vee \\ & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-3} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee \\ & \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{04} \wedge a_{-2} \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee \\ & \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee (r_{04} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\ & \vee (r_{05} \wedge a_{-2} \wedge v_{090}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{05} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{-2} \wedge v_{080}) \vee (r_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{10} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{10} \wedge a_{-7} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (r_{15} \wedge a_{-2} \wedge v_{070}) \vee (r_{15} \wedge a_{-3} \wedge v_{070}) \vee (r_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{15} \wedge a_{-5} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{-2} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{20} \wedge a_{-3} \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{-5} \wedge v_{030}) \vee \\ & \vee (r_{25} \wedge a_{-2} \wedge v_{050}) \vee (r_{25} \wedge a_{-3} \wedge v_{040}) \vee \\ & \vee (r_{25} \wedge a_{-4} \wedge v_{030}) \rightarrow S_{j13} \end{aligned}$$

Q₁₄:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{-6} \wedge v_{100}) \vee (r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{090}) \vee (r_{01} \wedge a_{-6} \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-5} \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-4} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{080}) \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-3} \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-3} \wedge v_{090}) \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{05} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-3} \wedge v_{080}) \vee (r_{10} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee \\
 & \vee (r_{10} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{10} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee (r_{15} \wedge a_{-4} \wedge v_{070}) \vee \\
 & \vee (r_{15} \wedge a_{-5} \wedge v_{060}) \vee (r_{15} \wedge a_{-6} \wedge v_{050}) \vee (r_{15} \wedge a_{-7} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_{-3} \wedge v_{060}) \vee (r_{20} \wedge a_{-4} \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{-5} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{20} \wedge a_{-6} \wedge v_{030}) \vee (r_{25} \wedge a_{-4} \wedge v_{040}) \vee \\
 & \vee (r_{25} \wedge a_{-5} \wedge v_{030})) \rightarrow S_{j14}
 \end{aligned}$$

Q₁₅:

$$\begin{aligned}
 & ((r_{00} \wedge a_{-7} \wedge v_{100}) \vee (r_{01} \wedge a_{-7} \wedge v_{100}) \vee (r_{02} \wedge a_{-6} \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{090}) \vee (r_{02} \wedge a_{-7} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-5} \wedge v_{100}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{090}) \vee (r_{03} \wedge a_{-6} \wedge v_{100}) \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{080}) \vee \\
 & \vee (r_{03} \wedge a_{-7} \wedge v_{090}) \vee (r_{04} \wedge a_{-4} \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{090}) \vee \\
 & \vee (r_{04} \wedge a_{-6} \wedge v_{100}) \vee (r_{04} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{04} \wedge a_{-7} \wedge v_{080}) \vee
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \vee (r_{05} \wedge a_{-4} \wedge v_{090}) \vee (r_{05} \wedge a_{-5} \wedge v_{080}) \vee (r_{05} \wedge a_{-6} \wedge v_{070}) \vee \\ & \vee (r_{05} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{05} \wedge a_{-7} \wedge v_{070}) \vee (r_{10} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\ & \vee (r_{10} \wedge a_{-7} \wedge v_{060}) \vee (r_{15} \wedge a_{-5} \wedge v_{070}) \vee (r_{15} \wedge a_{-6} \wedge v_{060}) \vee \\ & \vee (r_{15} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee (r_{20} \wedge a_{-6} \wedge v_{040}) \vee (r_{20} \wedge a_{-7} \wedge v_{050}) \vee \\ & \vee (r_{25} \wedge a_{-6} \wedge v_{030}) \rightarrow S_{j15} \end{aligned}$$

Az osztályozási munkát az elektronikus számológép lapira-
tain végeztük el (lásd melléklet): piros színű áthúzás jelöli
az irreális, kék színű az indifferens elemeket. A reális elemek
előtt az osztályok sorszáma van feltüntetve. A működési felté-
telek felírásánál kínálkoznék, hogy ezeket a Boole-féle algebra
azonos átalakításainak (pl. kiemeléseknek) segítségével optimá-
lis alakra hozzuk. Feltétlenül így kellene eljárunk, ha a szám-
láló jelfogók működtető áramköreit magunk építenénk meg, alap-
elemekből kiindulva. Minthogy azonban a három feltételes "és"
(kapu) áramköröket hazánkban sorozatban gyártják, így a kísér-
leti készülék felépítésénél ezek felhasználását tartjuk a leg-
gazdaságosabb és leggyorsabb megoldásnak. Ehhez pedig az szüksé-
ges, hogy a működési feltételeket azonos átalakítások nélkül, a
felírt alakban használjuk. (A megfelelő áramköri rajzoknak - azok
igen nagy terjedelme miatt - csak egy részét, a Q_1, Q_2, Q_3 és Q_4
osztályokra vonatkozókat mutattuk be, l. 8/a ábra.)

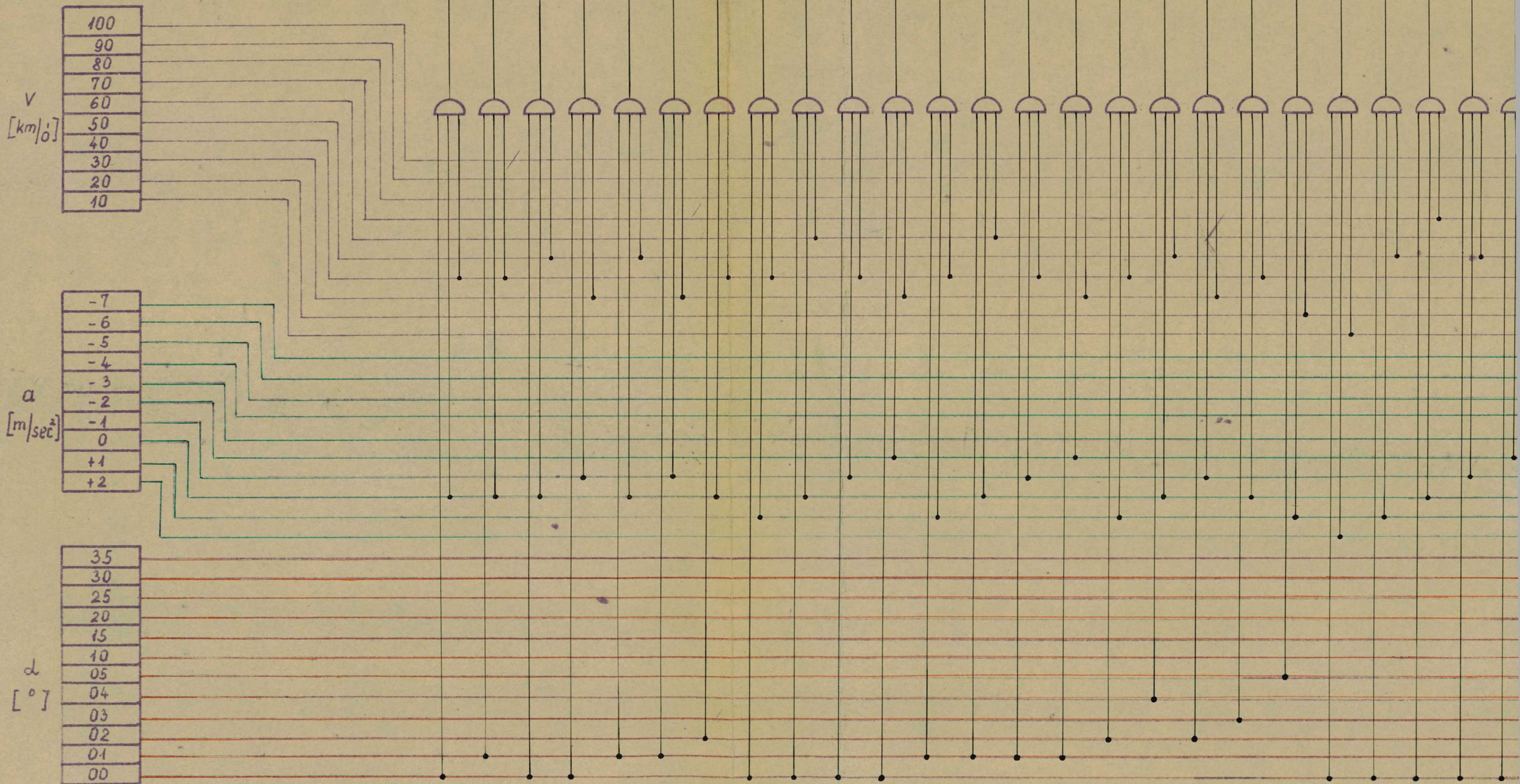
Az előbbiekben vázolt mérőkészülék építése jelenleg folya-
matban van a Kibernetikai Laboratóriumban. Kidolgoztuk azt a ki-
sérleti metodikát is, amelynek alkalmazásával megpróbáljuk a
 $\sum_{i=1}^{15} p_i N_i$ összeg és a gépjárművezető kifáradtsági foka közötti
összefüggést feltárni. Eszerint nagyszámu kísérleti utat teszünk
meg a Kibernetikai Laboratóriumnak, a fenti mérőkészülékkel el-

-54/a-

Sj₁

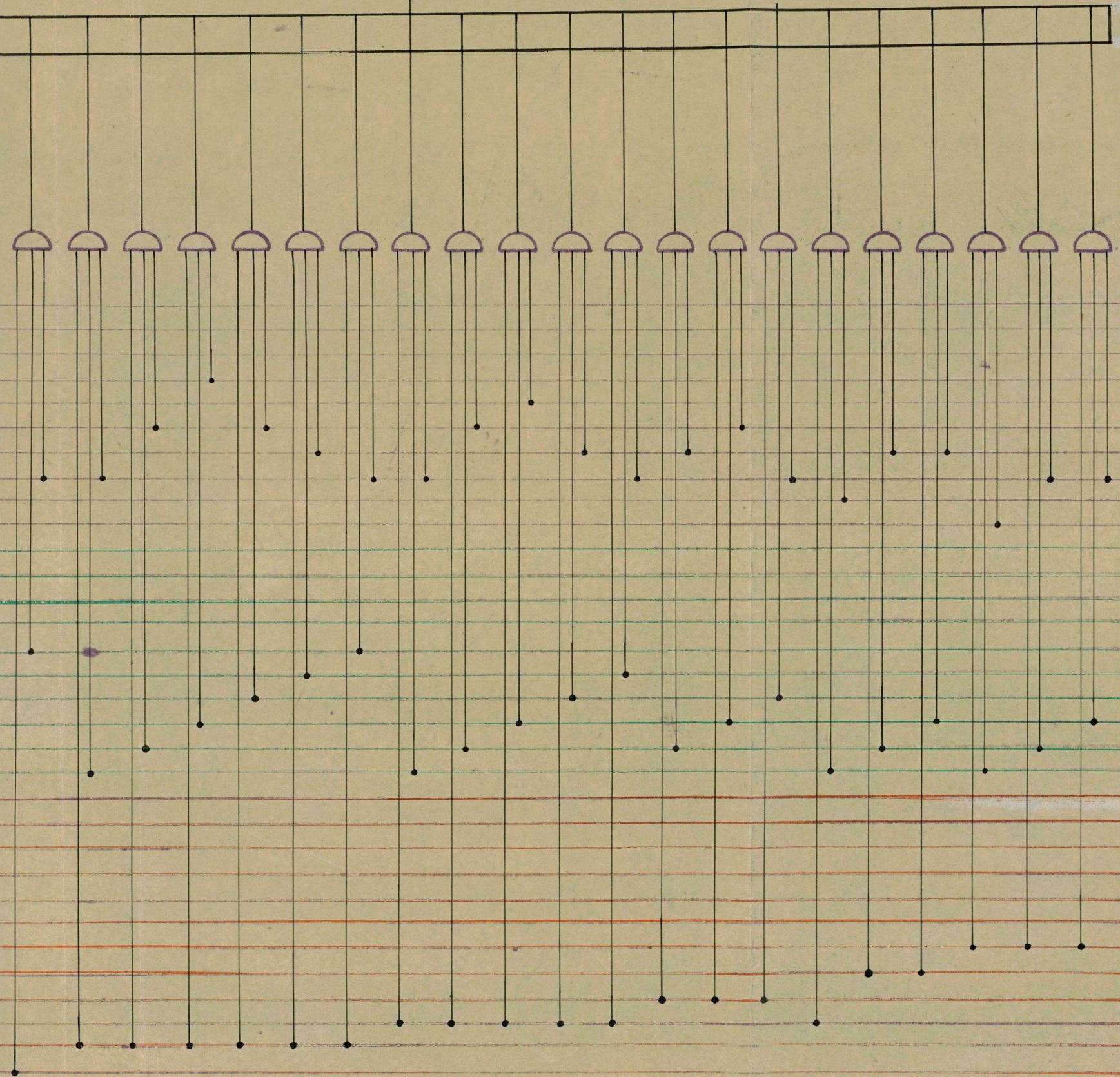
Sj₂

Sj₃



8/a. abra

Sj_4



látott gépkocsijával úgy, hogy az ut kezdő és végpontja az Orvostudományi Egyetem Élettani Intézete bejárata előtt lesz kitűzve és a gépjárművezetőt az Élettani Intézet egy - e téma kutatásában a Kibernetikai Laboratóriummal együttműködő - fiziológus csoportja az ut megkezdése előtt és befejezése után munkafiziológiai fáradtságnérésnek fogja alávetni. Igyekezzünk gondoskodni arról, hogy a kísérleti ut megkezdésére mindig teljesen kipihent gépjárművezető jelenjen meg; minthogy azonban ez nem biztosítható, ezért szükséges a "kezdeti fáradtság" lemérése is. A kísérleti berendezés teljes felépítését és a mérés-sorozat elvégzését az 1967 évre irányoztuk elő.

A mérés-sorozat alapján a 38-41 oldalakon vázolt módon a legkisebb négyzetek módszerével meghatározzuk a p_i súlyokat. Ezek várhatólag függenek majd a gépkocsivezető temperamentumától, bár lehetséges, hogy csak elhanyagolható mértékben. Majd meg fogunk építeni egy olyan mérőkészüléket, amely egyenesen a gépkocsivezető fáradtságának mértékét megközelítő

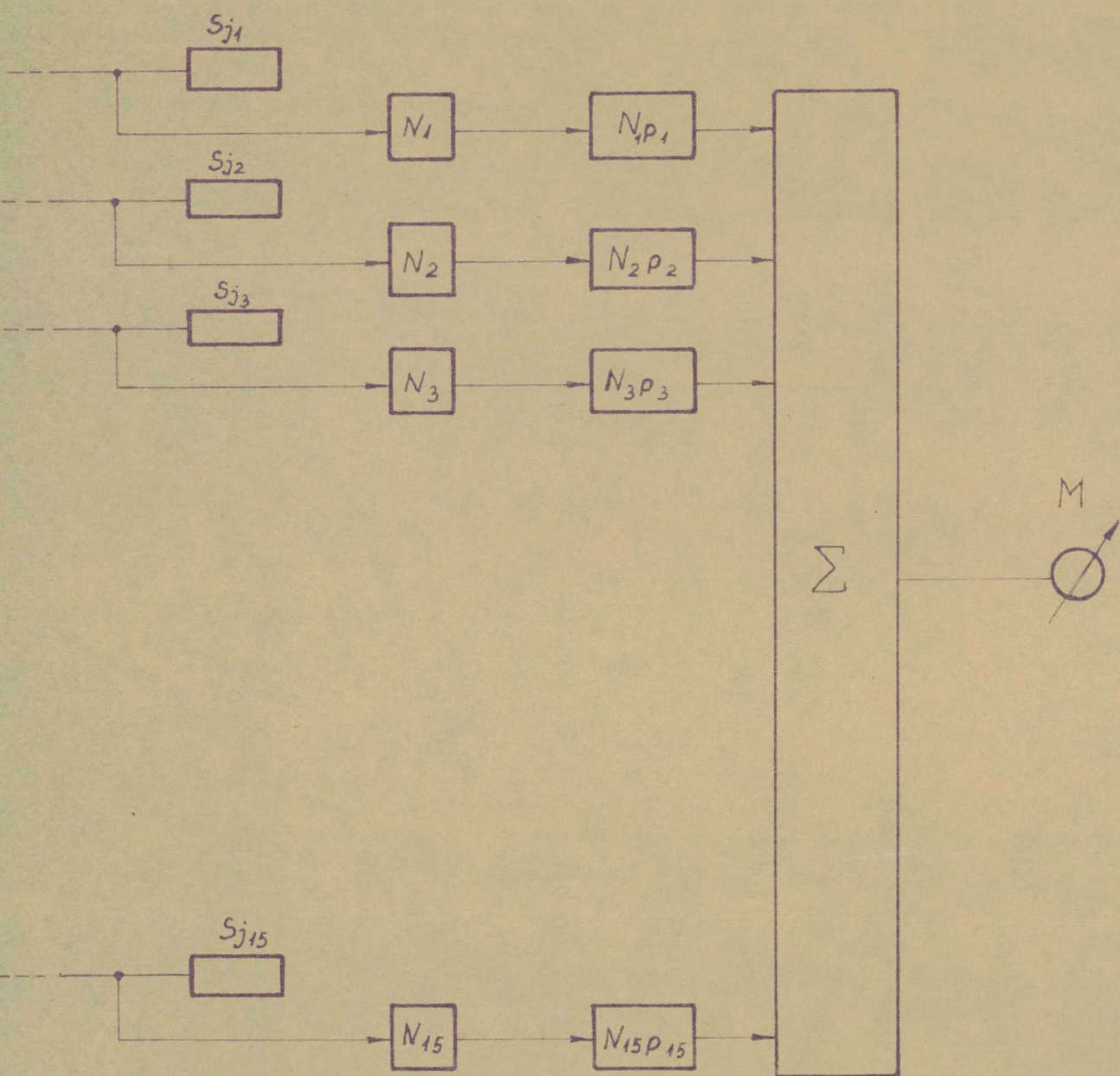
$$M = \sum_{i=1}^{15} p_i N_i$$

menyiséget határozza meg, ahol p_i ($i = 1, 2, \dots, 15$) az előzőleg kiszámított p_i súlyok. Bár az előbbieken vázolt berendezés N_i ($i = 1, 2, \dots, 15$) értékeit digitális alakban adja, mégis ezek analóg átalakítása és feldolgozása látszik célszerűnek. Ennek okai közül elegendő egyrészt csak azt említeni, hogy nagy pontosságról - a dolog természetéből eredően - nem lehet szó, másrészt azt, hogy egy, a gépjárműre elhelyezett és nagyszámban alkalmazott készülék szerkesztését tűztük ki célul, így annak egyszerűnek és viszonylag alacsony áron előállíthatónak kell lennie; ezt a célt pedig az analógiás módszer alkalmazása teszi elérhetővé.

N_i ($i = 1, 2, \dots, 15$) digitális értékeinek konvertálása analóg információkká ún. léptetett helipotokkal történik. Ezek volta- képen hosszú, spirál-pályás potencióméterek, amelyeket egy elek- tromágneses mechanizmus forgat el a telefon-technikában alkal- mazott Marker-gépekhez hasonlóan. Az 1 bit-nyi információnak megfelelő bemenőjel hatására a potencióméter fotókeféje ez el- lenállás-pályán továbbmozdul. Ha a számláló jelfogó működtető feszültségével azt a léptető-mechanizmust is vezéreljük, így a számláló jelfogón megjelenő digitális adat (N_i) a potencióméter fotókeféje és egyik végpontja között már analóg (elektromos el- lenállás) formában áll rendelkezésre. A léptetett helipotot feszültségosztónak felhasználva az információk feldolgozását kis analógiás célgéppel végezzük, amelyben elektromos feszült- ség az analóg jel A $p_i N_i$ szorzatot és ezek összegét ún. műveleti erősítőkkel állítjuk elő. Az összegző erősítő kimenetén lévő mérőműszeren olvasható le M értéke. A készülék blokksémáját a 8/b. ábra mutatja be.

Feltétlenül meg kell említenünk azokat a lehetőségeket, a- melyeket ez a készülék a gyakorlat számára jelenthet. Utalnunk kell itt arra, hogy a nemzetközi tehergépjármű-forgalom az utóbbi években ugrásszerűen növekedett és szerepe állandóan növekszik. Ez érthető, hiszen a termékeknek az előállítási helyről a fo- gyasztóig történő közvetlen és gyors szállítása az esetek legna- gyobb részében kizárólag tehergépjárművekkel célszerű és gazda- ságos.

Egyidejűleg egyre nagyobb számban fordul elő baleset az Intercamion Service tehergépkocsijaival. Ennek okát kutatva arra a megállapításra jutottunk, hogy helytelen az a gyakorlat, hogy



a tehergépkocsin szolgálatot teljesítő két gépkocsivezető hat óránként váltja egymást; a belesetek legnagyobb részének épp ez az oka. Ugyanis egyáltalában nem biztos az, hogy hat óra elteltével azonos a kifáradás mértéke mindkét gépkocsivezetőnél. Lehetséges, hogy a terhelő forgalmi szituációk száma az egyik esetben már 4 utazási óra elteltével olyan nagyra nőtt, hogy az ennek következtében kialakult elfáradási állapot veszélyesebb, mint a másik állapota a teljes hat óra elteltével. Éppen ezért - az illetékes szakemberek véleménye szerint - igen nagy jelentőségű lehet a mi készülékeinknek ezen a területen történő alkalmazása; vagyis ekkor a váltás időpontját - ésszerű határokon belül - a mérőműszer kimenetén jelentkező, a kritikus állapot bekövetkeztét jelző számérték elérése határozza meg.

Hasonló a probléma a távolsági autobusjáratok megtervezésekor is. Minden tényezőt (utminőség, megálló helyek száma, menetidő, stb.) igyekeznek számításba venni, azonban a gépjárművezető elfáradásának mértékét így nem tudják megállapítani, ennél fogva ez a szempont nem érvényesül sem az uthossz, sem pedig a menetidő meghatározásánál. Valószínűleg ez a tény ad alapot annak a megfigyelésnek, miszerint a távolsági forgalmat lebonyolító autbuszokkal általában a célváros bizonyos környezetében történik baleset. Ha alkalmazni fogják az előbb ismertetett mérőkészüléket, meghatározhatók lesznek a járat azon pontjai, ahol pihent gépkocsivezető beállítása szükséges az ut folytatásához és így megelőzhetők a gépjárművezető kifáradásából eredő balesetek.

A gépjárművezető kifáradása mérvének meghatározására szolgáló - e fejezetben leírt - készülék a dolgozat szerzőjének szolgálati találmánya; bejelentése előkészületben van.

V.

Az un. automata fék megszerkesztése során terelődött a figyelmünk a gépjárművezető fékezési tevékenységére. Az automata fék - feltéve, ha⁹⁴ minden gépjármű fel van ilyen berendezéssel szerelve - e tevékenységnek csak egy speciális részét (azt, amikor van egy elől haladó gépjármű és annak fékezése miatt ugyanezt kell tenni) automatizálja. Minden más esetben a gépjármű fékberendezésének műszaki állapota, az uttest minősége mellett ismét a gépjárművezető szubjektív tulajdonságai játszanak szerepet.

Azt már említettük, hogy a reakció-idő erősen függ a gépjárművezető idegrendszerének állapotától és azonos terhelési időszakban személyenként más és más lehet. Egy szubjektív tulajdonságot azonban megfigyelhetünk, amely teljesen független a gépjárművezető pszichikai karakterétől és idegrendszerének állapotától, nevezetesen azt, hogy veszélyhelyzetben az általa kifejtendő legnagyobb láberővel fékez. Nyilvánvalóan egy un. komplex szituációs reflexről van szó, ami a gépjárművezetőnél a gépjárművezetés tanulása, majd a vezetési rutin megszerzése során egy feltételes reflex-sorozat ismétlődése (sok veszélyhelyzet átélése és fékezéssel való megoldása) nyomán alakul ki.

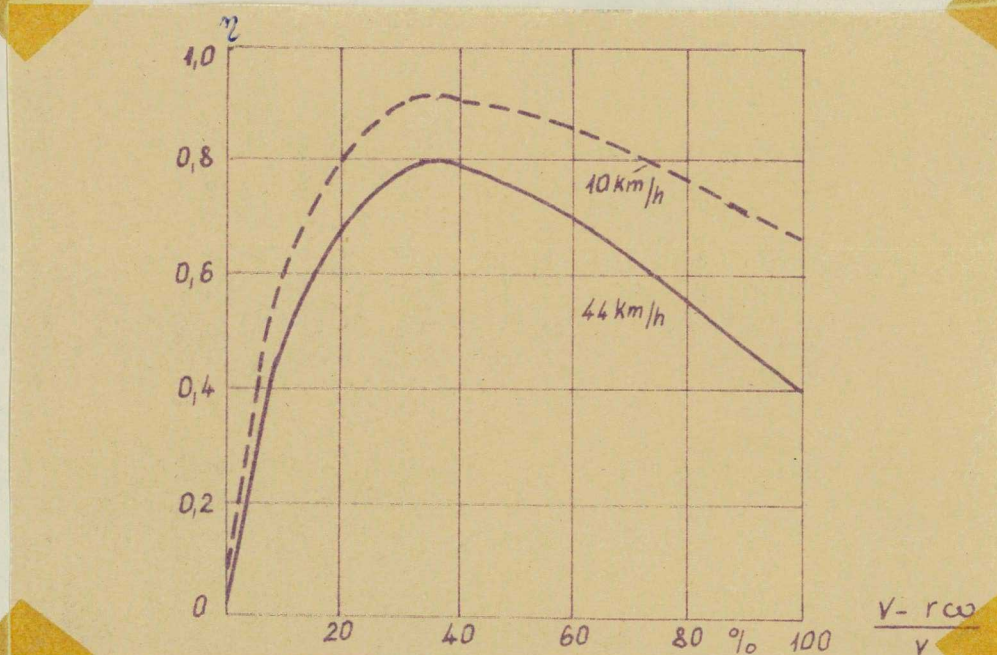
A lehető legnagyobb láberővel történő fékezés - az általunk áttanulmányozott kb. ezer baleseti jegyzőkönyv adatai alapján - az egyik legsúlyosabb baleseti forrásnak tekinthető és éppen ezért tettünk kísérletet arra nézve, hogy kibernetikai módszerek alkalmazásával küszöböljük ki ezt a baleseti forrást. Erről szövelünk röviden a következőkben.

Ismert tény az, hogy a gépjármű gumiabroncsai és az utfelület között fékezéskor $\frac{v - r\omega}{v}$ csuszás (szlip) jön létre, ahol v a gépkocsi sebessége, r a kerék sugara, ω pedig a kerék szögsebessége. Míg a szabadon futó (tehát motorerővel nem meghajtott és nem fékezett) gépjármű gumiabroncsai és az utfelület között - kis elhanyagolással - a szlip 0 % (t.i. ekkor $r\omega = v$), a teljes láberővel fékezett (blokkolt) gumiabroncsok és az utfelület között a szlip 1, vagyis 100 % (t.i. ekkor $\omega = 0$). Mint már az előzőekben említettük, a gépjármű fékszerkezetének hatásfoka

$$\eta = \frac{a}{a_{\max}}$$

(ahol $a_{\max} = \mu g$, μ a surlódási együttható, g a gravitációs gyorsulás).

Tekintsük η változását a szlip függvényében (nedves uton mérve) [8.] :



Látható, hogy maximum a 30 és 40 %-os szlip között van, és - különösen nedves uton - a szlip százalékos értékének növekedése a fékezési hatásfok rohamos csökkenését eredményezi. Ez a csökkenés a minimumát a 100 %-os szlipnél, azaz a teljes láberővel

történő fékezéskor éri el; ugyanekkor megszűnik az ún. oldalvezető erő és a gépkocsi megperdüléséhez elegendő az utfelület igen kicsiny egyenetlensége. Ez szolgál annak magyarázatául, hogy a teljes láberővel történő fékezés miért súlyos baleseti forrás.

Feltehető a kérdés, hogy elkerülhető lenne-e a balesetek egy része, ha a gépjárművezetők kiképzése folyamán tudatosítanánk a fenti összefüggést?

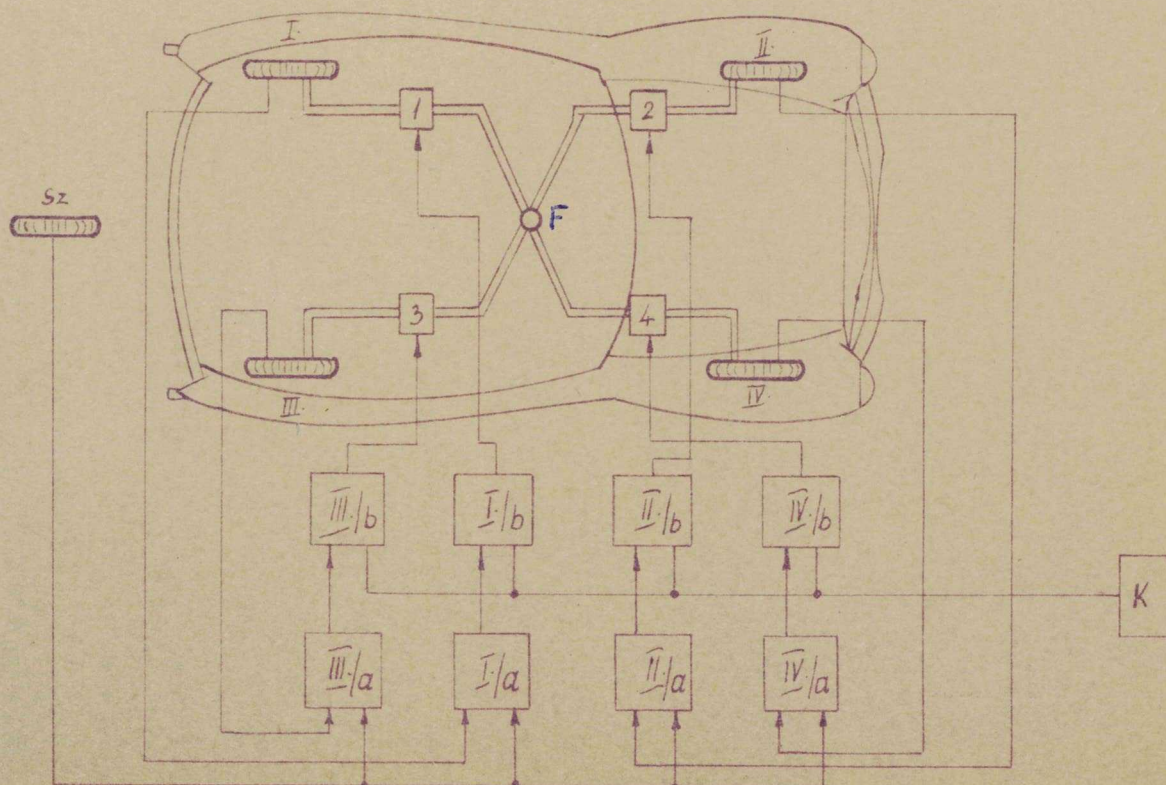
A válasz egyértelműen nemleges, ugyanis történtek ilyen próbálkozások és ezek eredménytelenek voltak. Ugyancsak eredménytelen volt a dolgozat szerzőjének önmagán végzett többszáz, kapcsolatos kísérlete: veszélyhelyzetben nincs idő a mérlegelésre, az esetek 95 %-ában teljes láberővel fékezünk - minden igyekeztünk ellenére. Ez természetes is, hiszen az embernek nincsen olyan receptora, amelynek segítségével érzékelni tudná η változásait és annak maximumát a szlip függvényében. Ha tehát a maximális hatásfokkal történő fékezésre törekszünk, akkor először is egy mesterséges receptort kell létrehoznunk, amellyel érzékelni, ill. mérni tudjuk a fékezett gépjármű gumiabroncsai és az utfelület között fellépő szlip-hatást ill. annak mérvét. Önmagában egy ilyen receptor - még ha olyan kiképzésű is, hogy pl. a maximális η -hoz tartozó, kb. 35 %-os szlipnél ad 1 bit-nyi információt - használatatlan lenne, ugyanis ennek az információnak a feldolgozása és ennek alapján a beavatkozás (a fékerő növelésének megszüntetése) a gépjárművezető által, veszélyhelyzetben elképzelhetetlen. Lépünk tovább és dolgozzuk fel gépi úton a receptor által adott információt és ugyanilyen módon avatkozunk be a fékezésbe; ezzel megjelölt körvonalakban annak a berendezésnek az elve, amelynek "maximális hatásfoku fékberendezés" elnevezést adtunk és amelyet részleteiben az alábbiakban mutatunk be.

A szlip mérésére az egyébként is ismert utánfutó mérőkerekkel eljárást használjuk fel. Ennek az a lényege, hogy merev mechanikai kapcsolattal a gépjárműre erősítünk egy gumiabronccsal ellátott kereket, amely sem meghajtván, sem fékezve nincsen: szabadon fut. A mérőkerék sugara legyen megegyező a fékezett kerek sugarával, ebben az esetben, ha mérjük a fékezett és az utánfutó kerek szögsebességét, úgy a fékezéskor ezek különbsége adja a szlip nagyságát.

A gyakorlatban ezt a különbséget a következőképpen észleljük: minden fékezett és a szabadonfutó (ötödik) keréken koncentrikusan elhelyezünk egy-egy oldalfogazású vasgyűrűt. Ezek mindegyikével szemben áll rögzítve egy alkalmas kiképzésű vasmagos tekercs (hasonló a mágnesdob memóriákban alkalmazott olvasófejhez). A kerek forgása közben az oldalfogazású gyűrűk ezekben a vasmagos tekercsekben - megközelítőleg szinuszos - váltófeszültséget indukálnak, amelynek frekvenciája arányos az adott kerék szögsebességével. A négy fékezett kerék frekvenciáját összehasonlítjuk a szabadonfutó kerék frekvenciájával és négy különbségi jelet kapunk, amelyek nem feltétlenül egyeznek meg a különböző lassulási állapotokban, ugyanis nem biztosítható a teljesen azonos fékerő a négy keréken és nem garantálható a teljesen azonos tapadási viszony a négy kerék és az utfelület között. (Éppen emiatt szoktak a gépjárművek teljes fékezésben - különösen nedves úton - oldalirányban is megcsuszni és megperdülni, majd felborulni!)

A szokásos szlip-mérési eljárással megállapítható az a különbségi frekvencia, amely a maximális η -hoz tartozó szlipnek felel meg. Alakítsuk át a különbségi frekvenciákat feszültségjellé és így határozzuk meg azt a feszültséget, amely a maximális

η -hoz tartozó szlip-értékhez tartozik. Ez lesz az ún. korlát-feszültség-érték, amelyet egy fix áramforrásból történő leosztással is előállítunk. A továbbiakban négy figyelőáramkör segítségével összehasonlítjuk a fix áramforrás által szolgáltatott korlátfeszültséget a négy fékezett kerékről jövő feszültséggel úgy, hogy a négy kimenő csatornán akkor kapunk 1 bit-nyi jelet, ha a megfelelő feszültség-szint-különbség zérus. Iktassunk be mind a négy fékezett kerék fékszerkezetéhez vezető olaj- (vagy lég-) vezetékbe egy-egy, elektromágnissal működtetett szelepet és ezeket a szelepeket fogjuk - rendre - a figyelőáramkörök kimenetén jelentkező jellel vezérelni, azaz, ha egy fékezett kerék és az utfelület között a szlip eléri a maximális η -hoz tartozó értéket, akkor az annak a keréknek a fékszerkezetét működtető olaj- (vagy lég-) vezetékbe iktatott elektromágneses szelep zár és zárva tart mindaddig, amíg jel van a kimenőcsatornán. Tekintsük a készülék blokkvázlatát:



I, II, III, IV. négy fékezett kerék

Sz szabadonfutó kerék

I/a, II/a, III/a, IV/a frekvenciakülönbség-képző és diszkriminátor

I/b, II/b, III/b, IV/b figyelő áramkörök

1, 2, 3, 4 elektromágneses szelepek

K Korlát feszültség-forrás

F főfékhenger

Az előzőekben leírtak és a fenti blokkvázlat alapján - úgy véljük - könnyű figyelemmel kísérni a készülék működését: az F főfékhengerben a fékpedál megnyomásakor a dugattyu elmozdul és növeli az egyes kerekek fékszerkezetében lévő kerékfékhengerekben az olaj nyomását. Ez a nyomásnövekedés elmozdítja a kerékfékhengerek dugattyuit, ez utóbbiak szorítják az ún. fékpofákat a kerekre szerelt fékdobok belső felületére: így jön létre a fékező hatás. A főfékhengerben uralkodó nyomás további növelése egyre nagyobb szlipet eredményez. A készülék a szelepek lezárása révén megakadályozza a kerékfékhengerekben a nyomásnak egy olyan érték felé való emelkedését, amely a maximális η -hoz tartozónál nagyobb szlipet, tehát a fékezési hatásfok csökkenését eredményezné. Így - bár a gépjárművezető teljes láberővel fékez - a maximális fékezési hatásfok gépi uton biztosítva van. Ha a fékerőt a gépjárművezető annyira csökkentí, hogy a szlip a maximális η -hoz tartozó érték alá esik, akkor a szelepek ismét kinyitnak és utat adnak az ismételt fékerőnövekedésnek - természetesen a megszabott határig.

A készülékkel kapcsolatban a következőket szeretnénk meggyeozni.

A konkrét áramkörök tervezése és az egész készülék kísérleti példányának szerkesztése folyamatban van a Kibernetikai Laboratóriumban. Az 1967 évben felépülő kísérleti példánnyal végzett vizsgálat eredményeként azt várjuk, hogy a megcsuszás és ráfutás következtében előálló balesetek nagy része megelőzhető lesz a készülék alkalmazásával. E reményeinket erősen alátámasztja az a tény, hogy az Angliában kikísérletezett és ma már széleskörben alkalmazott, "Maxaret" elnevezésű készülék [9], amely a 100 %-os szlip létrejöttét akadályozza meg (teljes lábörövel való fékezés esetén 90-95 % között oszcillálva) gépi uton - tehát egyszerű "blokkolásgátló" - nagysikerű szabadalom. Ez a készülék teljesen mechanikus kivitelű, ennél fogva meglehetősen költséges és - mint az előzőekből világosan kitűnik - korántsem biztosít maximális hatásfoku fékezést.

A széleskörű gyakorlatbavételnek - eddigi tájékozódásaink szerint - kétségek nélkül az "ötödik", a mérési célokat szolgáló, szabadonfutó kerék lehet az egyetlen akadálya. A gépkocsigyárak nem szívesen térnek el a megszokott műszaki megoldásoktól, ritkán vállalkoznak olyan újítások bevezetésére, amelyek a kialakult, általános esztétikai szempontokat meghökkenítő módon érintik. Márpedig az "ötödik" kerék ilyen lenne. Éppen ezért a további tövékenységünknek ezzel kapcsolatban két irányt jelöltünk ki: egyrészt a kísérleti példány működési és a sorozatgyártás gazdasági paramétereit úgy kialakítani, hogy ezek kényszerítő erejűek legyenek a bevezetést és ezzel az "ötödik" kerék alkalmazását illetően; másrészt további kutatásokat folytatunk az irányban, hogy hogyan lehetne a szabadonfutó kerék nélkül mérni a szlipet. A közeli jövő fogja eldönteni, hogy melyik irányban és milyen eredményt fogunk elérni.

Az ezen fejezetben röviden ismertetett berendezés a dolgozat szerzője és munkatársai (Sára Attila és Dr. Vida Emil) szolgálati találmánya; bejelentése előkészületben.

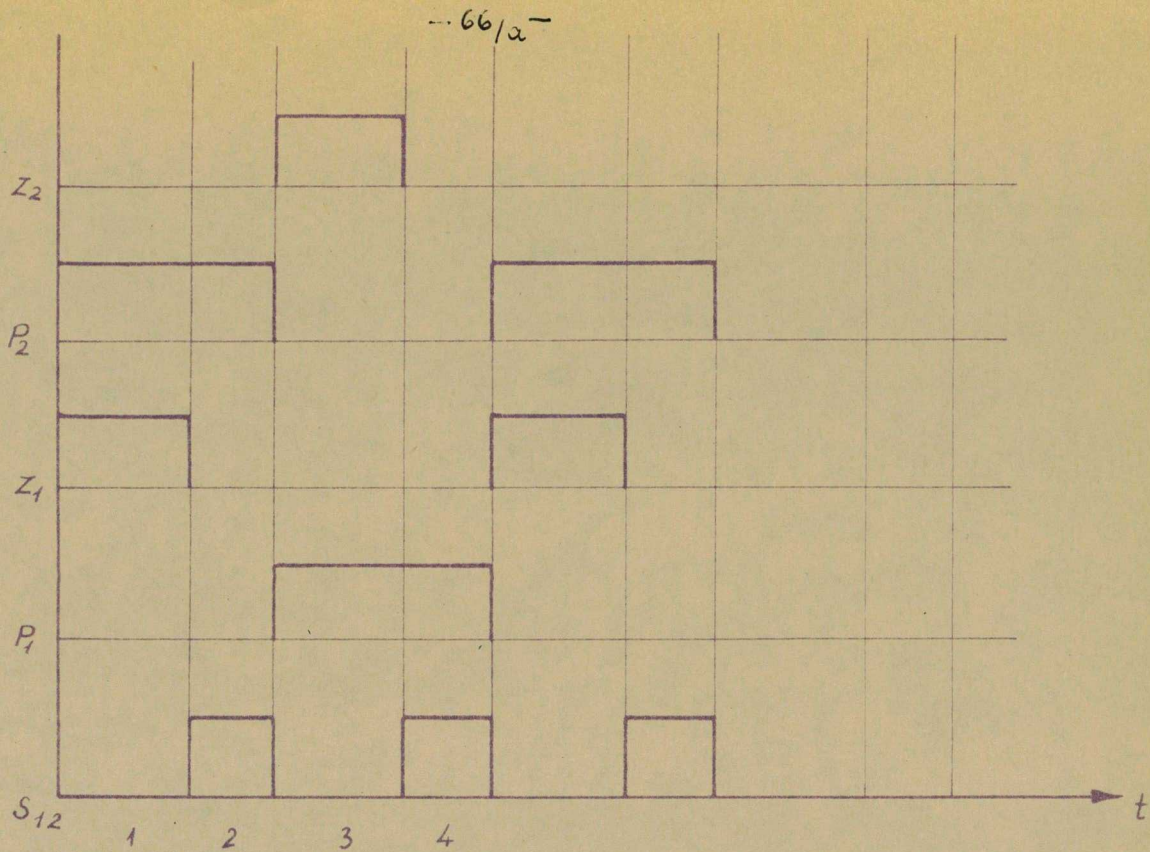
Függelék

Hosszu időn keresztül a közlekedés szakemberei a kibernetikai, matematikai és matematikai logikai módszereknek a közlekedés problémáira történő alkalmazásán csupán az elektronikus számológépeknek a szállítási feladatok megoldása optimalizálásában való felhasználását értették. Dolgozatunkban igyekeztünk rávilágítani, hogy az említett módszerek alkalmazási területe a közlekedésben sokkal szélesebbkörű. Az utóbbi időben a hazai szakemberek előtt is kezdett világossá válni az ezzel kapcsolatos koncepciónk és annak helyessége. Ennek pozitív következménye az lett, hogy az eredeti - e dolgozat bevezető részében vázolt - kutatási programunkon felül, az e program megvalósítása során velünk kapcsolatba lépett közlekedési szakemberektől kapott problémákkal is foglalkoztunk. Így kerül egy időre érdeklődésünk középpontjába a közúti forgalomirányítás automatizálásának problematikája. Részben a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium, részben a Belügyminisztérium megbízásából több, speciális feltételeknek eleget tevő, forgalomirányító berendezést fejlesztettünk ki az elmúlt évek során. Ezek közül az egyiknek szerkesztési munkáját mutatjuk be.

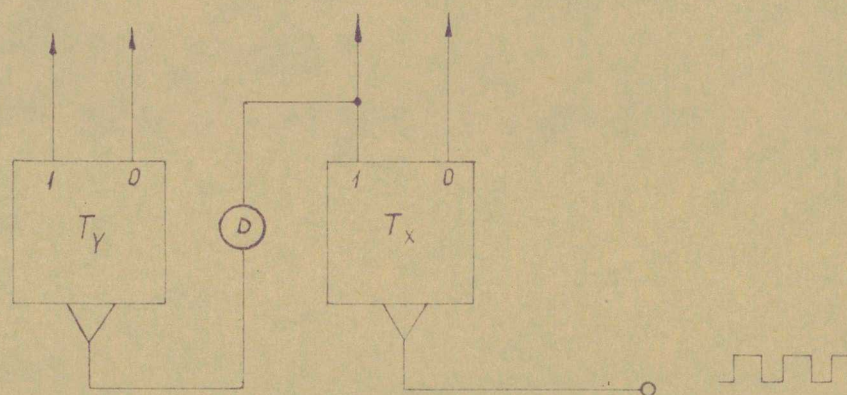
Közismert a közlekedési hatóságoknak azon törekvése, hogy a nagyvárosok közúti forgalmának irányításából fokozatosan kapcsolódják ki az ember. Ezt egyrészt az indokolja, hogy mind a

karjelzéssel, mind pedig a kézi vezérlésű lámpákkal történő forgalomirányítás nagyszámu közeg alkalmazását teszi szükséges-
sé és nagyon igénybe veszi az ezt a feladatot ellátókat, más-
részt szubjektumok közreműködésével lehetetlen megoldani a kö-
zelfekvő forgalmi csomópontok irányításának koordinálását (zöld-
hullám). Ennek megfelelően hazánkban is megindultak a kapcsola-
tos ipari vizsgálatok és ezek eredményeként ma már sok helyen
működnek hazai gyártmányu forgalomirányító automaták részben ön-
álló, részben koordinált üzemben. Vannak azonban a nagyvárosok
forgalma lebonyolításában olyan helyzetek, olyan csomópontok
(pl. utlezárások, terelőutak, stb.), ahol nem lehet vagy nem gaz-
daságos forgalomirányító automatát alkalmazni és csak az emberi
irányítás jöhet számításba. A közlekedési hatóságok tapasztala-
tai szerint viszont éppen ezek a forgalmi helyzetek jelentenek
a legnagyobb és közvetlen veszélyt magára az irányító közegre
nézve (pl. igen szűk csomópontokban nagy az elsodrási vagy elgá-
zolási veszély). Ezért merül fel egy hordozható, vezetékes össze-
kötötés nélkül távvezérelhető, forgalomirányító berendezés kifej-
lesztésének gondolata és igénye. Ezt a készüléket szerkesztettük
meg a következő módon.

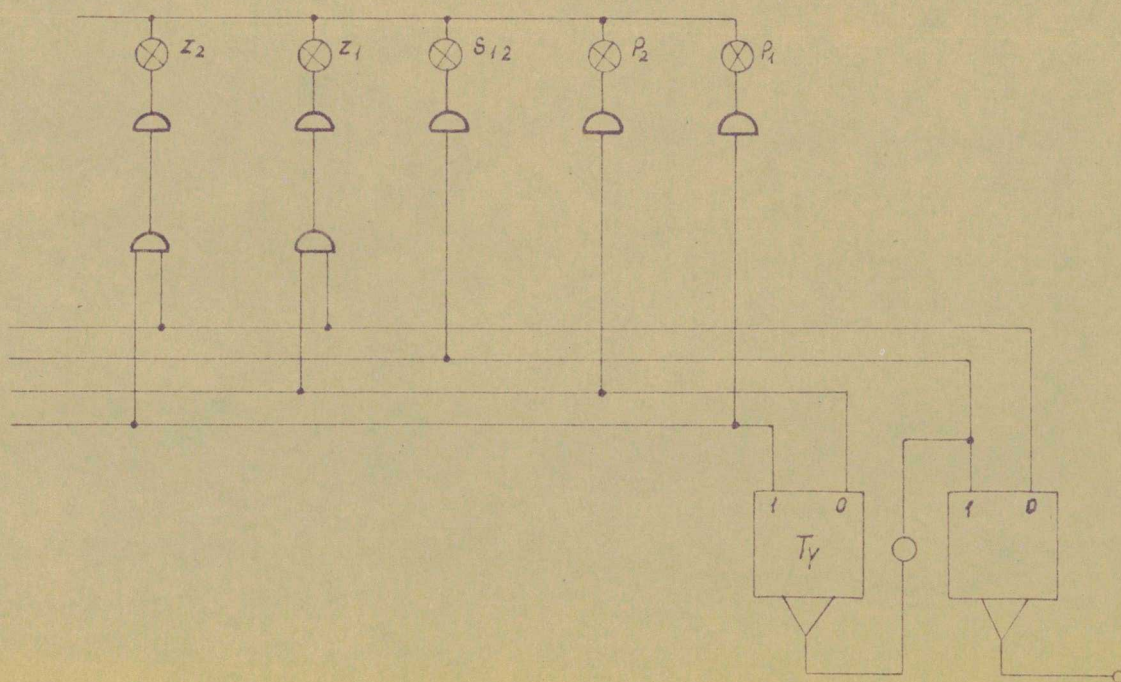
Egy olyan utkereszteződés forgalmát irányító jelzőlámpa
kapcsoló szerkezete, amelyben mind a jobbra kisíví, mind pedig
a balra nagyíví kanyarodás meg van engedve (A üzemmód), roppant
egyszerű. A különböző irányban fekvő és különböző színű lámpák
működésének idődiagrammját a 9. ábra tartalmazza. Látható, hogy
a teljes működési ciklus négy ütemből áll. Az elektronikus vezér-
lőszervezet ezt a négy ütemet két bistabil¹⁶ multivibrátorból álló
számlálólánccal állítja elő (10. ábra). A lánc tagjainak a beme-
netre kerülő, időben egymás után következő impulzusok hatására



9. ábra



10. ábra



11. ábra

kialakult kimenőszintjeire a 9. ábra alapján felírt, bekapcsolási feltételeket realizáló logikai áramkörök csatlakoznak a következők szerint:

$$P_1 = (\bar{X} \wedge Y) \vee (X \wedge Y) = Y,$$

$$P_2 = (\bar{X} \wedge \bar{Y}) \vee (X \wedge \bar{Y}) = \bar{Y},$$

$$S_{12} = (X \wedge \bar{Y}) \vee (X \wedge Y) = X,$$

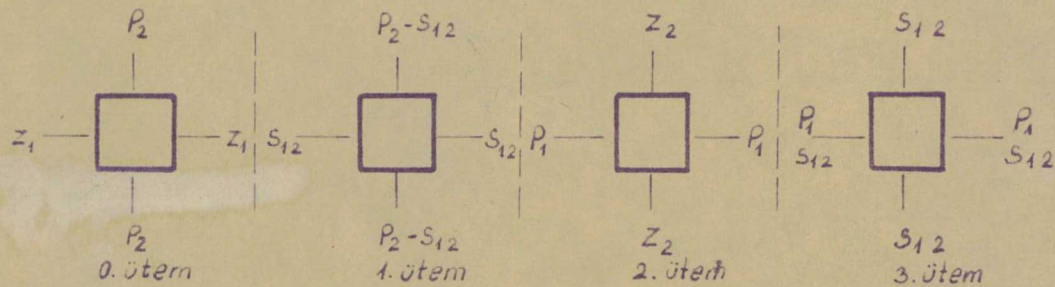
$$Z_1 = \bar{X} \wedge \bar{Y},$$

$$Z_2 = \bar{X} \wedge Y,$$

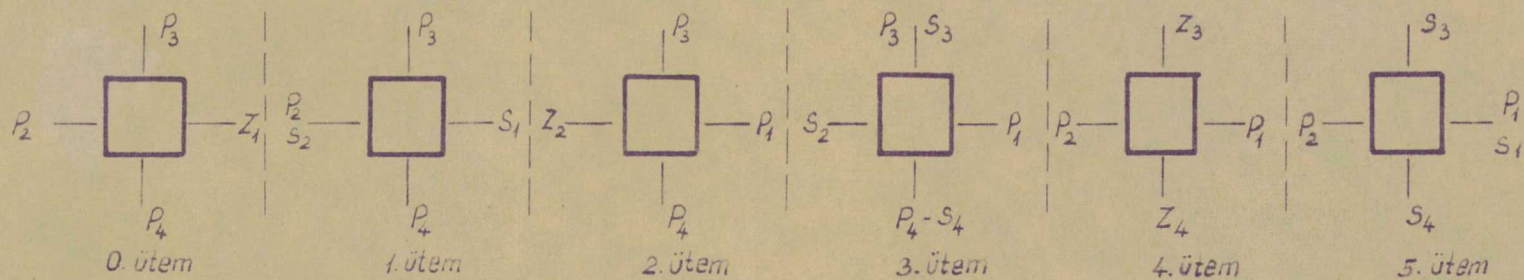
ahol P_1 és Z_1 az egyik irányban, P_2 és Z_2 a másik irányban fekvő piros ill. zöld, S_{12} pedig a mindkétirányú sárga színű lámpa kigyulladására vonatkozó ítélet logikai értéke, továbbá X ill. Y a T_X ill. T_Y multivibrátor "egy" állapotát kifejező ítélet logikai értéke. A teljes logikai rajz a 11. ábrán látható. (A rajzon a kétbemenetű kapuk a Sheffer-féle műveletet valósítják meg; az egybemenetűek nagyteljesítményű inverterek.)

A készülék távirányítása úgy történik, hogy a csomópont forgalmát biztos és védett helyről figyelő közeg FK rendszerű jeladóval van ellátva, amelynek továbbléptetési, 1 bit-nyi információját a készülékbe beépített vevő kimenete a számlálólánc bemenő pontjára táplálja. Minden egyes, a jeladó által szolgáltatott impulzus hatására a sorrendben következő szín-kép áll elő. (12. ábra).

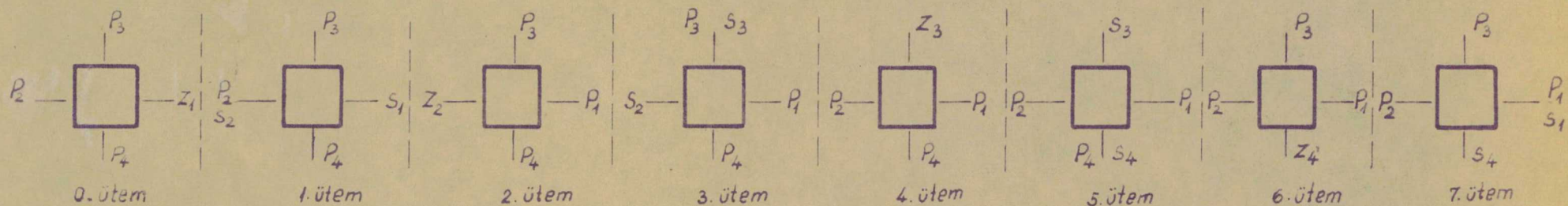
Tekintettel arra, hogy a gyakorlatban nem mindig közönséges utkereszteződésben kell ideiglenesen a forgalmat irányítani, az előbbi készüléket úgy kell kibővíteni, hogy a többi, esetlegesen előforduló irányítási feladatok ellátására alkalmas üzem-



12. ábra



13. ábra

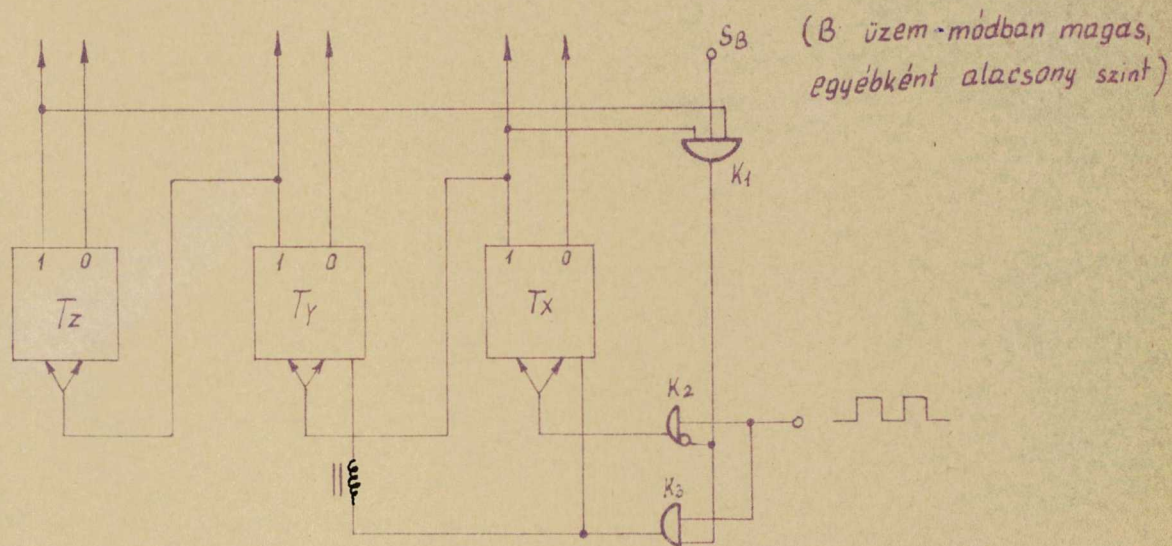


14. ábra

-67/a-

módot is képes legyen produkálni. Ezek a következők: az egyik keresztező utvonalon mindkét irányban balra nagyívű kanyarodás biztosítása szükséges (B üzemmód), mindkét keresztező utvonalon mindkét irányban balra nagyívű kanyarodás biztosítása szükséges (C üzemmód). A B üzemmód szín-kép ciklusát a 13., a C üzemmód szín-kép ciklusát a 14. ábra mutatja be.

Mint az ábráról látható, a B üzemmód ciklusa hat, a C üzemmódé pedig nyolc ütemből áll. Ennek megfelelően a számlálólánc bistabil multivibrátorainak a számát háromra kell növelnünk, továbbá alkalmaznunk kell egy un. választókapcsolót, amelynek segítségével a kívánt üzemmód beállítható. Gondoskodnunk kell arról, hogy a számlálólánc a B üzemmódban 6 lépés, a C üzemmódban pedig 8 lépés után kerüljön ismét alaphelyzetbe. Ezt a 15. ábrán látható kapcsolással valósítjuk meg:



15. ábra

Mint látható a K_1 "és" kapu csak a B üzemmódban működik (egyébként le van tiltva); kimenőjelet akkor ad, ha a számlálólánc a 6. ütemben (101) áll. (A 8. ütemben (111) is adna kimenő-

jelet, de, mint látni fogjuk, eddig az ütemig nem jut el, mert a 6. ütem után a 0. ütembe megy át.) K_1 kimenőjelének hatására a K_2 "és-nem" kapu nem engedi át a továbbléptető impulzust, K_3 viszont nullázza mind a három bistabil multivibrátort. (T_Y és T_Z nullázása megfelelő - T_Y -é kisebb, T_Z -é nagyobb - mértékben késleltetve kell, hogy történjen. Így lehet ugyanis elkerülni azt a hibás működést, amely abban áll, miszerint T_X nullázása a már egyébként "nulla" állapotban álló T_Y -t "egy" állapotba billenti. Valóban, a 15. ábrán látható, III szimbolummal jelölt késleltető elem alkalmazása esetén a 6. lépés után érkező léptető impulzus először T_X -et nullázza, miáltal T_Y az "egy" állapotba jut; majd ugyanez az impulzus T_Y -t nullázza, miáltal T_Z a "0" állapotba jut.

Arra, hogy az A üzemmódban - hasonló eszközökkel - a 4. lépés után nullázzuk a számlálóláncot, nincs szükség; ehelyett elég, ha a választókapcsoló A állásban lekapcsolja T_Z kimenőszintjét a jelzőlámpák logikai áramköréről.

Az egyes üzemmódokban a különböző színű és irányú lámpák bekapcsolásának feltételeit közvetlenül a 13. és 14. ábráról írjuk fel (az A üzemmódban lásd előbb), elvégezve a lehetséges egyszerűsítő azonos átalakításokat. (Itt Z természetesen a T_Z multivibrátor "egy" állapotát kifejező ítélet logikai értéke.) A teljes kapcsolási rajzot a 16. ábra mutatja be a szokásos "és" ($\wedge$) és "vagy" ($\vee$) logikai áramkörök alkalmazásával.

B üzemmód

$$\begin{aligned} P_1 &= (\bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = \\ &= (Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{Y} \wedge Z), \end{aligned}$$

$$P_2 = (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = \bar{Y},$$

$$P_3 = P_4 = (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) = \bar{Z},$$

$$S_1 = (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = X \wedge \bar{Y},$$

$$S_2 = (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) = X \wedge \bar{Z},$$

$$S_3 = S_4 = (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = X \wedge ((Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{Y} \wedge Z)),$$

$$Z_1 = \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}$$

$$Z_2 = \bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}$$

$$Z_3 = Z_4 = \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z$$

C üzem mód

$$P_1 = (\bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee$$

$$\vee (\bar{X} \wedge Y \wedge Z) \vee (X \wedge Y \wedge Z) = Y \vee Z,$$

$$P_2 = (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee$$

$$\vee (\bar{X} \wedge Y \wedge Z) \vee (X \wedge Y \wedge Z) = \bar{Y} \vee Z,$$

$$P_3 = (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge Y \wedge Z) \vee (X \wedge Y \wedge Z) = Y \vee \bar{Z},$$

$$P_4 = (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = \bar{Y} \vee \bar{Z},$$

$$S_1 = (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge Z) = X \wedge ((\bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (Y \wedge Z))$$

$$S_2 = (X \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) = X \wedge \bar{Z},$$

$$S_3 = (X \wedge Y \wedge \bar{Z}) \vee (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) = X \wedge ((Y \wedge \bar{Z}) \vee (\bar{Y} \wedge Z)),$$

$$S_4 = (X \wedge \bar{Y} \wedge Z) \vee (X \wedge Y \wedge Z) = X \wedge Z,$$

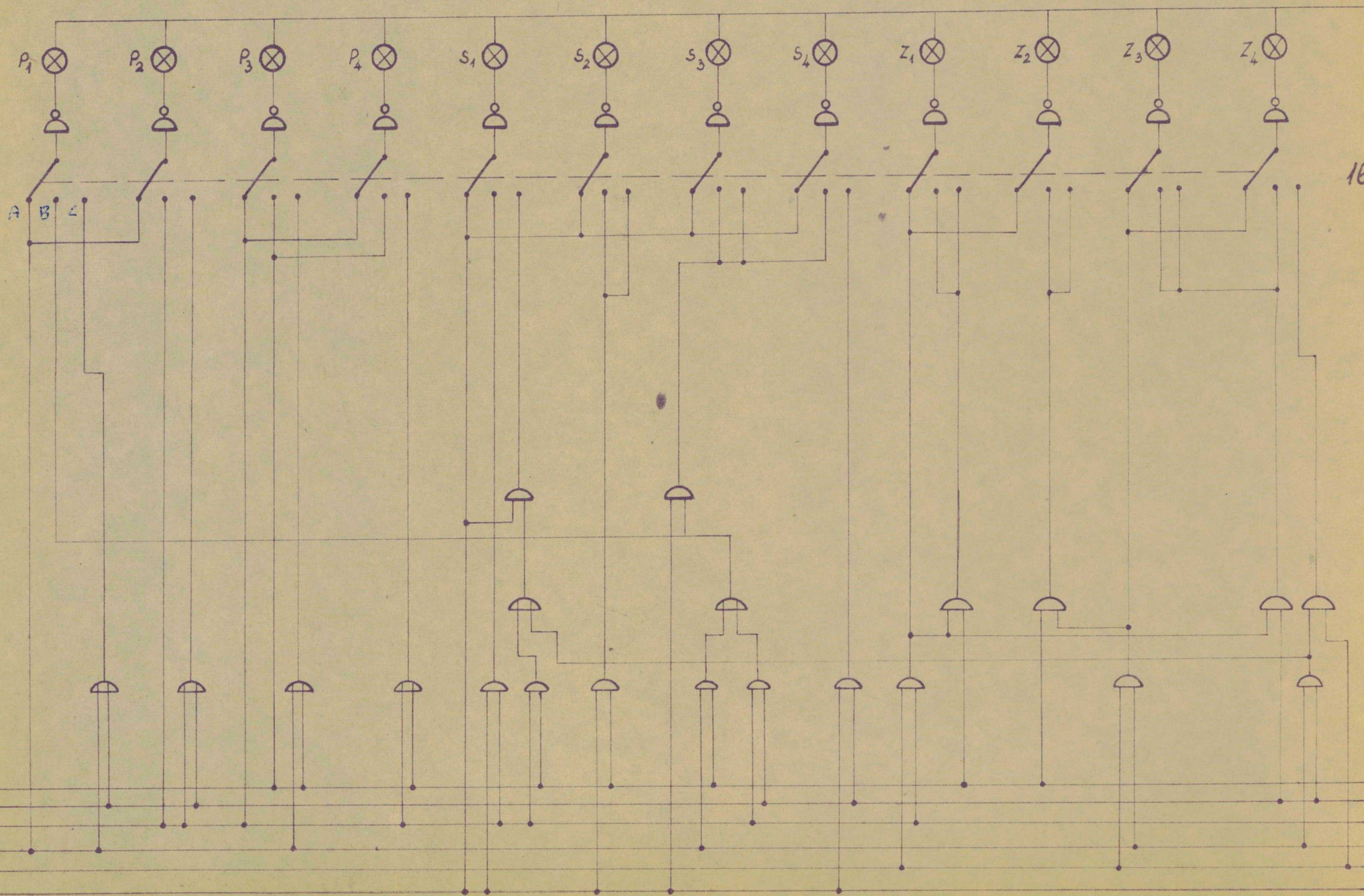
$$Z_1 = \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge \bar{Z},$$

$$Z_2 = \bar{X} \wedge Y \wedge \bar{Z},$$

$$Z_3 = \bar{X} \wedge \bar{Y} \wedge Z,$$

$$Z_4 = \bar{X} \wedge Y \wedge Z.$$

("A" szemmődben $\underbrace{P_1 = P_2}_{P_1} ; \underbrace{P_3 = P_4}_{P_2} ; \underbrace{Z_1 = Z_2}_{Z_1} ; \underbrace{Z_3 = Z_4}_{Z_2})$



16. ábra

- 72 -

Irodalomjegyzék.

- 1.) Viski - Ternai: Közúti közlekedési balesetek elbírálása.
(Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1963)
- 2.) H.Zemanek: Információelmélet.
(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1956)
- 3.) Vida E.: Gépjárműfékek üzemének és számításának néhány problémája.
(Egyetemi doktori dolgozat, 1965)
- 4.) Bussien: Automobil Technisches Handbuch.
(Technischer Verlag Herbert Cran, Berlin, 1953)
- 5.) A.A.Ljapunov: O nyekotorüh obscsih voproszah kibernetiki.
(Problemü kibernetiki 1. 1958. Moszkva)
- 6.) A.A.Ljapunov: O logicseszkih szhemah programm.
(Problemü kibernetiki 1. 1958. Moszkva)
- 7.) Muszka D.: Die Sicherheit des Kraftfahrzeugverkehrs und die Automatik.
(*"Mathematische und Physikalisch - Technische Probleme der Kybernetik"* (Előadásgyűjtemény) Akademie - Verlag, Berlin, 1963)
- 8.) Guido Müller: Bremsspur, Bremsweg und Geschwindigkeit.
(Technischer Überwachungs - Verein Bayern e.V. 1966)
- 9.) Terplán S.: Gépjárművek fékberendezései.
(GTE Műszaki kiadványsorozat, 1960)

10.) F.H.Reza: Bevezetés az információelméletbe.

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966)

11.) H.J.Fischer: Radartechnik.

(Fachbuchverlag, Leipzig, 1956)

12.) B.Ja.Kogan: Analóg számológépek és alkalmazásuk önműködő szabályozások vizsgálatára.

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962)

13.) B.Sz.Szotszkov: Irányítástechnikai jeladók és relék.

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965)



1 alfa = 00	a = +2	v = 010
2 alfa = 00	a = +2	v = 020
3 alfa = 00	a = +2	v = 030
4 alfa = 00	a = +2	v = 040
5 alfa = 00	a = +2	v = 050
6 alfa = 00	a = +2	v = 060
7 alfa = 00	a = +2	v = 070
8 alfa = 00	a = +2	v = 080
9 alfa = 00	a = +2	v = 090
10 alfa = 00	a = +2	v = 100
11 alfa = 00	a = +1	v = 010
12 alfa = 00	a = +1	v = 020
13 alfa = 00	a = +1	v = 030
14 alfa = 00	a = +1	v = 040
15 alfa = 00	a = +1	v = 050
16 alfa = 00	a = +1	v = 060
17 alfa = 00	a = +1	v = 070
18 alfa = 00	a = +1	v = 080
19 alfa = 00	a = +1	v = 090
20 alfa = 00	a = +1	v = 100
21 alfa = 00	a = 0	v = 010
22 alfa = 00	a = 0	v = 020
23 alfa = 00	a = 0	v = 030
24 alfa = 00	a = 0	v = 040
25 alfa = 00	a = 0	v = 050
26 alfa = 00	a = 0	v = 060
27 alfa = 00	a = 0	v = 070
28 alfa = 00	a = 0	v = 080
29 alfa = 00	a = 0	v = 090
30 alfa = 00	a = 0	v = 100
31 alfa = 00	a = -1	v = 010
32 alfa = 00	a = -1	v = 020
33 alfa = 00	a = -1	v = 030
34 alfa = 00	a = -1	v = 040
35 alfa = 00	a = -1	v = 050
36 alfa = 00	a = -1	v = 060
37 alfa = 00	a = -1	v = 070
38 alfa = 00	a = -1	v = 080
39 alfa = 00	a = -1	v = 090
40 alfa = 00	a = -1	v = 100
41 alfa = 00	a = -2	v = 010
42 alfa = 00	a = -2	v = 020
43 alfa = 00	a = -2	v = 030
44 alfa = 00	a = -2	v = 040
45 alfa = 00	a = -2	v = 050
46 alfa = 00	a = -2	v = 060
47 alfa = 00	a = -2	v = 070
48 alfa = 00	a = -2	v = 080
49 alfa = 00	a = -2	v = 090
50 alfa = 00	a = -2	v = 100
51 alfa = 00	a = -3	v = 010
52 alfa = 00	a = -3	v = 020
53 alfa = 00	a = -3	v = 030
54 alfa = 00	a = -3	v = 040
55 alfa = 00	a = -3	v = 050
56 alfa = 00	a = -3	v = 060
57 alfa = 00	a = -3	v = 070
58 alfa = 00	a = -3	v = 080
59 alfa = 00	a = -3	v = 090
60 alfa = 00	a = -3	v = 100
61 alfa = 00	a = -4	v = 010
62 alfa = 00	a = -4	v = 020
63 alfa = 00	a = -4	v = 030
64 alfa = 00	a = -4	v = 040
65 alfa = 00	a = -4	v = 050
66 alfa = 00	a = -4	v = 060
67 alfa = 00	a = -4	v = 070
68 alfa = 00	a = -4	v = 080
69 alfa = 00	a = -4	v = 090
70 alfa = 00	a = -4	v = 100
71 alfa = 00	a = -5	v = 010
72 alfa = 00	a = -5	v = 020
73 alfa = 00	a = -5	v = 030
74 alfa = 00	a = -5	v = 040
75 alfa = 00	a = -5	v = 050
76 alfa = 00	a = -5	v = 060
77 alfa = 00	a = -5	v = 070
78 alfa = 00	a = -5	v = 080
79 alfa = 00	a = -5	v = 090
80 alfa = 00	a = -5	v = 100
81 alfa = 00	a = -6	v = 010
82 alfa = 00	a = -6	v = 020
83 alfa = 00	a = -6	v = 030
84 alfa = 00	a = -6	v = 040
85 alfa = 00	a = -6	v = 050
86 alfa = 00	a = -6	v = 060
87 alfa = 00	a = -6	v = 070
88 alfa = 00	a = -6	v = 080
89 alfa = 00	a = -6	v = 090
90 alfa = 00	a = -6	v = 100
91 alfa = 00	a = -7	v = 010
92 alfa = 00	a = -7	v = 020
93 alfa = 00	a = -7	v = 030
94 alfa = 00	a = -7	v = 040
95 alfa = 00	a = -7	v = 050
96 alfa = 00	a = -7	v = 060
97 alfa = 00	a = -7	v = 070
98 alfa = 00	a = -7	v = 080
99 alfa = 00	a = -7	v = 090
100 alfa = 00	a = -7	v = 100

1 alfa = 01	a = +2	v = 010
2 alfa = 01	a = +2	v = 020
3 alfa = 01	a = +2	v = 030
4 alfa = 01	a = +2	v = 040
5 alfa = 01	a = +2	v = 050
6 alfa = 01	a = +2	v = 060
7 alfa = 01	a = +2	v = 070
8 alfa = 01	a = +2	v = 080
9 alfa = 01	a = +2	v = 090
10 alfa = 01	a = +2	v = 100
11 alfa = 01	a = +1	v = 010
12 alfa = 01	a = +1	v = 020
13 alfa = 01	a = +1	v = 030
14 alfa = 01	a = +1	v = 040
15 alfa = 01	a = +1	v = 050
16 alfa = 01	a = +1	v = 060
17 alfa = 01	a = +1	v = 070
18 alfa = 01	a = +1	v = 080
19 alfa = 01	a = +1	v = 090
20 alfa = 01	a = +1	v = 100
21 alfa = 01	a = 0	v = 010
22 alfa = 01	a = 0	v = 020
23 alfa = 01	a = 0	v = 030
24 alfa = 01	a = 0	v = 040
25 alfa = 01	a = 0	v = 050
26 alfa = 01	a = 0	v = 060
27 alfa = 01	a = 0	v = 070
28 alfa = 01	a = 0	v = 080
29 alfa = 01	a = 0	v = 090
30 alfa = 01	a = 0	v = 100
31 alfa = 01	a = -1	v = 010
32 alfa = 01	a = -1	v = 020
33 alfa = 01	a = -1	v = 030
34 alfa = 01	a = -1	v = 040
35 alfa = 01	a = -1	v = 050
36 alfa = 01	a = -1	v = 060
37 alfa = 01	a = -1	v = 070
38 alfa = 01	a = -1	v = 080
39 alfa = 01	a = -1	v = 090
40 alfa = 01	a = -1	v = 100
41 alfa = 01	a = -2	v = 010
42 alfa = 01	a = -2	v = 020
43 alfa = 01	a = -2	v = 030
44 alfa = 01	a = -2	v = 040
45 alfa = 01	a = -2	v = 050
46 alfa = 01	a = -2	v = 060
47 alfa = 01	a = -2	v = 070
48 alfa = 01	a = -2	v = 080
49 alfa = 01	a = -2	v = 090
50 alfa = 01	a = -2	v = 100
51 alfa = 01	a = -3	v = 010
52 alfa = 01	a = -3	v = 020
53 alfa = 01	a = -3	v = 030
54 alfa = 01	a = -3	v = 040
55 alfa = 01	a = -3	v = 050
56 alfa = 01	a = -3	v = 060
57 alfa = 01	a = -3	v = 070
58 alfa = 01	a = -3	v = 080
59 alfa = 01	a = -3	v = 090
60 alfa = 01	a = -3	v = 100
61 alfa = 01	a = -4	v = 010
62 alfa = 01	a = -4	v = 020
63 alfa = 01	a = -4	v = 030
64 alfa = 01	a = -4	v = 040
65 alfa = 01	a = -4	v = 050
66 alfa = 01	a = -4	v = 060
67 alfa = 01	a = -4	v = 070
68 alfa = 01	a = -4	v = 080
69 alfa = 01	a = -4	v = 090
70 alfa = 01	a = -4	v = 100
71 alfa = 01	a = -5	v = 010
72 alfa = 01	a = -5	v = 020
73 alfa = 01	a = -5	v = 030
74 alfa = 01	a = -5	v = 040
75 alfa = 01	a = -5	v = 050
76 alfa = 01	a = -5	v = 060
77 alfa = 01	a = -5	v = 070
78 alfa = 01	a = -5	v = 080
79 alfa = 01	a = -5	v = 090
80 alfa = 01	a = -5	v = 100
81 alfa = 01	a = -6	v = 010
82 alfa = 01	a = -6	v = 020
83 alfa = 01	a = -6	v = 030
84 alfa = 01	a = -6	v = 040
85 alfa = 01	a = -6	v = 050
86 alfa = 01	a = -6	v = 060
87 alfa = 01	a = -6	v = 070
88 alfa = 01	a = -6	v = 080
89 alfa = 01	a = -6	v = 090
90 alfa = 01	a = -6	v = 100
91 alfa = 01	a = -7	v = 010
92 alfa = 01	a = -7	v = 020
93 alfa = 01	a = -7	v = 030
94 alfa = 01	a = -7	v = 040
95 alfa = 01	a = -7	v = 050
96 alfa = 01	a = -7	v = 060
97 alfa = 01	a = -7	v = 070
98 alfa = 01	a = -7	v = 080
99 alfa = 01	a = -7	v = 090
100 alfa = 01	a = -7	v = 100

alfa = 02	a = +2	v = 010
alfa = 02	a = +2	v = 020
1 alfa = 02	a = +2	v = 030
2 alfa = 02	a = +2	v = 040
3 alfa = 02	a = +2	v = 050
4 alfa = 02	a = +2	v = 060
5 alfa = 02	a = +2	v = 070
6 alfa = 02	a = +2	v = 080
7 alfa = 02	a = +2	v = 090
8 alfa = 02	a = +2	v = 100
9 alfa = 02	a = +2	v = 010
10 alfa = 02	a = +2	v = 020
11 alfa = 02	a = +1	v = 030
12 alfa = 02	a = +1	v = 040
13 alfa = 02	a = +1	v = 050
14 alfa = 02	a = +1	v = 060
15 alfa = 02	a = +1	v = 070
16 alfa = 02	a = +1	v = 080
17 alfa = 02	a = +1	v = 090
18 alfa = 02	a = +1	v = 100
19 alfa = 02	a = 0	v = 010
20 alfa = 02	a = 0	v = 020
21 alfa = 02	a = 0	v = 030
22 alfa = 02	a = 0	v = 040
23 alfa = 02	a = 0	v = 050
24 alfa = 02	a = 0	v = 060
25 alfa = 02	a = 0	v = 070
26 alfa = 02	a = 0	v = 080
27 alfa = 02	a = 0	v = 090
28 alfa = 02	a = 0	v = 100
29 alfa = 02	a = -1	v = 010
30 alfa = 02	a = -1	v = 020
31 alfa = 02	a = -1	v = 030
32 alfa = 02	a = -1	v = 040
33 alfa = 02	a = -1	v = 050
34 alfa = 02	a = -1	v = 060
35 alfa = 02	a = -1	v = 070
36 alfa = 02	a = -1	v = 080
37 alfa = 02	a = -1	v = 090
38 alfa = 02	a = -1	v = 100
39 alfa = 02	a = -2	v = 010
40 alfa = 02	a = -2	v = 020
41 alfa = 02	a = -2	v = 030
42 alfa = 02	a = -2	v = 040
43 alfa = 02	a = -2	v = 050
44 alfa = 02	a = -2	v = 060
45 alfa = 02	a = -2	v = 070
46 alfa = 02	a = -2	v = 080
47 alfa = 02	a = -2	v = 090
48 alfa = 02	a = -2	v = 100
49 alfa = 02	a = -3	v = 010
50 alfa = 02	a = -3	v = 020
51 alfa = 02	a = -3	v = 030
52 alfa = 02	a = -3	v = 040
53 alfa = 02	a = -3	v = 050
54 alfa = 02	a = -3	v = 060
55 alfa = 02	a = -3	v = 070
56 alfa = 02	a = -3	v = 080
57 alfa = 02	a = -3	v = 090
58 alfa = 02	a = -3	v = 100
59 alfa = 02	a = -4	v = 010
60 alfa = 02	a = -4	v = 020
61 alfa = 02	a = -4	v = 030
62 alfa = 02	a = -4	v = 040
63 alfa = 02	a = -4	v = 050
64 alfa = 02	a = -4	v = 060
65 alfa = 02	a = -4	v = 070
66 alfa = 02	a = -4	v = 080
67 alfa = 02	a = -4	v = 090
68 alfa = 02	a = -4	v = 100
69 alfa = 02	a = -5	v = 010
70 alfa = 02	a = -5	v = 020
71 alfa = 02	a = -5	v = 030
72 alfa = 02	a = -5	v = 040
73 alfa = 02	a = -5	v = 050
74 alfa = 02	a = -5	v = 060
75 alfa = 02	a = -5	v = 070
76 alfa = 02	a = -5	v = 080
77 alfa = 02	a = -5	v = 090
78 alfa = 02	a = -5	v = 100
79 alfa = 02	a = -6	v = 010
80 alfa = 02	a = -6	v = 020
81 alfa = 02	a = -6	v = 030
82 alfa = 02	a = -6	v = 040
83 alfa = 02	a = -6	v = 050
84 alfa = 02	a = -6	v = 060
85 alfa = 02	a = -6	v = 070
86 alfa = 02	a = -6	v = 080
87 alfa = 02	a = -6	v = 090
88 alfa = 02	a = -6	v = 100
89 alfa = 02	a = -7	v = 010
90 alfa = 02	a = -7	v = 020
91 alfa = 02	a = -7	v = 030
92 alfa = 02	a = -7	v = 040
93 alfa = 02	a = -7	v = 050
94 alfa = 02	a = -7	v = 060
95 alfa = 02	a = -7	v = 070
96 alfa = 02	a = -7	v = 080
97 alfa = 02	a = -7	v = 090
98 alfa = 02	a = -7	v = 100

6	alfa = 10	a = +2	v = 010
7	alfa = 10	a = +2	v = 020
8	alfa = 10	a = +2	v = 030
9	alfa = 10	a = +2	v = 040
10	alfa = 10	a = +2	v = 050
11	alfa = 10	a = +2	v = 060
12	alfa = 10	a = +2	v = 070
	alfa = 10	a = +2	v = 080
	alfa = 10	a = +2	v = 090
	alfa = 10	a = +2	v = 100
	alfa = 10	a = +1	v = 010
5	alfa = 10	a = +1	v = 020
6	alfa = 10	a = +1	v = 030
7	alfa = 10	a = +1	v = 040
8	alfa = 10	a = +1	v = 050
9	alfa = 10	a = +1	v = 060
10	alfa = 10	a = +1	v = 070
11	alfa = 10	a = +1	v = 080
	alfa = 10	a = +1	v = 090
	alfa = 10	a = +1	v = 100
	alfa = 10	a = 0	v = 010
5	alfa = 10	a = 0	v = 020
6	alfa = 10	a = 0	v = 030
7	alfa = 10	a = 0	v = 040
8	alfa = 10	a = 0	v = 050
9	alfa = 10	a = 0	v = 060
10	alfa = 10	a = 0	v = 070
11	alfa = 10	a = 0	v = 080
	alfa = 10	a = 0	v = 090
	alfa = 10	a = 0	v = 100
5	alfa = 10	a = -1	v = 010
6	alfa = 10	a = -1	v = 020
7	alfa = 10	a = -1	v = 030
8	alfa = 10	a = -1	v = 040
9	alfa = 10	a = -1	v = 050
10	alfa = 10	a = -1	v = 060
11	alfa = 10	a = -1	v = 070
12	alfa = 10	a = -1	v = 080
	alfa = 10	a = -1	v = 090
	alfa = 10	a = -1	v = 100
6	alfa = 10	a = -2	v = 010
7	alfa = 10	a = -2	v = 020
8	alfa = 10	a = -2	v = 030
9	alfa = 10	a = -2	v = 040
10	alfa = 10	a = -2	v = 050
11	alfa = 10	a = -2	v = 060
12	alfa = 10	a = -2	v = 070
13	alfa = 10	a = -2	v = 080
	alfa = 10	a = -2	v = 090
	alfa = 10	a = -2	v = 100
	alfa = 10	a = -3	v = 010
	alfa = 10	a = -3	v = 020
9	alfa = 10	a = -3	v = 030
10	alfa = 10	a = -3	v = 040
11	alfa = 10	a = -3	v = 050
12	alfa = 10	a = -3	v = 060
13	alfa = 10	a = -3	v = 070
14	alfa = 10	a = -3	v = 080
	alfa = 10	a = -3	v = 090
	alfa = 10	a = -3	v = 100
	alfa = 10	a = -4	v = 010
	alfa = 10	a = -4	v = 020
10	alfa = 10	a = -4	v = 030
11	alfa = 10	a = -4	v = 040
12	alfa = 10	a = -4	v = 050
13	alfa = 10	a = -4	v = 060
14	alfa = 10	a = -4	v = 070
	alfa = 10	a = -4	v = 080
	alfa = 10	a = -4	v = 090
	alfa = 10	a = -4	v = 100
	alfa = 10	a = -5	v = 010
	alfa = 10	a = -5	v = 020
11	alfa = 10	a = -5	v = 030
12	alfa = 10	a = -5	v = 040
13	alfa = 10	a = -5	v = 050
14	alfa = 10	a = -5	v = 060
	alfa = 10	a = -5	v = 070
	alfa = 10	a = -5	v = 080
	alfa = 10	a = -5	v = 090
	alfa = 10	a = -5	v = 100
	alfa = 10	a = -6	v = 010
	alfa = 10	a = -6	v = 020
12	alfa = 10	a = -6	v = 030
13	alfa = 10	a = -6	v = 040
14	alfa = 10	a = -6	v = 050
	alfa = 10	a = -6	v = 060
	alfa = 10	a = -6	v = 070
	alfa = 10	a = -6	v = 080
	alfa = 10	a = -6	v = 090
	alfa = 10	a = -6	v = 100
	alfa = 10	a = -7	v = 010
	alfa = 10	a = -7	v = 020
15	alfa = 10	a = -7	v = 030
14	alfa = 10	a = -7	v = 040
15	alfa = 10	a = -7	v = 050
15	alfa = 10	a = -7	v = 060
	alfa = 10	a = -7	v = 070
	alfa = 10	a = -7	v = 080
	alfa = 10	a = -7	v = 090
	alfa = 10	a = -7	v = 100

7	alfa = 20	a = +2	v = 010
8	alfa = 20	a = +2	v = 020
9	alfa = 20	a = +2	v = 030
10	alfa = 20	a = +2	v = 040
11	alfa = 20	a = +2	v = 050
	alfa = 20	a = +2	v = 060
	alfa = 20	a = +2	v = 070
	alfa = 20	a = +2	v = 080
	alfa = 20	a = +2	v = 090
	alfa = 20	a = +2	v = 100
7	alfa = 20	a = +1	v = 010
8	alfa = 20	a = +1	v = 020
9	alfa = 20	a = +1	v = 030
10	alfa = 20	a = +1	v = 040
11	alfa = 20	a = +1	v = 050
	alfa = 20	a = +1	v = 060
	alfa = 20	a = +1	v = 070
	alfa = 20	a = +1	v = 080
	alfa = 20	a = +1	v = 090
	alfa = 20	a = +1	v = 100
6	alfa = 20	a = 0	v = 010
7	alfa = 20	a = 0	v = 020
8	alfa = 20	a = 0	v = 030
9	alfa = 20	a = 0	v = 040
10	alfa = 20	a = 0	v = 050
11	alfa = 20	a = 0	v = 060
	alfa = 20	a = 0	v = 070
	alfa = 20	a = 0	v = 080
	alfa = 20	a = 0	v = 090
	alfa = 20	a = 0	v = 100
	alfa = 20	a = -1	v = 010
8	alfa = 20	a = -1	v = 020
9	alfa = 20	a = -1	v = 030
10	alfa = 20	a = -1	v = 040
11	alfa = 20	a = -1	v = 050
12	alfa = 20	a = -1	v = 060
	alfa = 20	a = -1	v = 070
	alfa = 20	a = -1	v = 080
	alfa = 20	a = -1	v = 090
	alfa = 20	a = -1	v = 100
	alfa = 20	a = -2	v = 010
	alfa = 20	a = -2	v = 020
10	alfa = 20	a = -2	v = 030
11	alfa = 20	a = -2	v = 040
12	alfa = 20	a = -2	v = 050
13	alfa = 20	a = -2	v = 060
	alfa = 20	a = -2	v = 070
	alfa = 20	a = -2	v = 080
	alfa = 20	a = -2	v = 090
	alfa = 20	a = -2	v = 100
	alfa = 20	a = -3	v = 010
	alfa = 20	a = -3	v = 020
11	alfa = 20	a = -3	v = 030
12	alfa = 20	a = -3	v = 040
13	alfa = 20	a = -3	v = 050
14	alfa = 20	a = -3	v = 060
	alfa = 20	a = -3	v = 070
	alfa = 20	a = -3	v = 080
	alfa = 20	a = -3	v = 090
	alfa = 20	a = -3	v = 100
	alfa = 20	a = -4	v = 010
	alfa = 20	a = -4	v = 020
12	alfa = 20	a = -4	v = 030
13	alfa = 20	a = -4	v = 040
14	alfa = 20	a = -4	v = 050
	alfa = 20	a = -4	v = 060
	alfa = 20	a = -4	v = 070
	alfa = 20	a = -4	v = 080
	alfa = 20	a = -4	v = 090
	alfa = 20	a = -4	v = 100
	alfa = 20	a = -5	v = 010
	alfa = 20	a = -5	v = 020
13	alfa = 20	a = -5	v = 030
14	alfa = 20	a = -5	v = 040
	alfa = 20	a = -5	v = 050
	alfa = 20	a = -5	v = 060
	alfa = 20	a = -5	v = 070
	alfa = 20	a = -5	v = 080
	alfa = 20	a = -5	v = 090
	alfa = 20	a = -5	v = 100
	alfa = 20	a = -6	v = 010
	alfa = 20	a = -6	v = 020
14	alfa = 20	a = -6	v = 030
15	alfa = 20	a = -6	v = 040
	alfa = 20	a = -6	v = 050
	alfa = 20	a = -6	v = 060
	alfa = 20	a = -6	v = 070
	alfa = 20	a = -6	v = 080
	alfa = 20	a = -6	v = 090
	alfa = 20	a = -6	v = 100
	alfa = 20	a = -7	v = 010
	alfa = 20	a = -7	v = 020
15	alfa = 20	a = -7	v = 030
	alfa = 20	a = -7	v = 040
	alfa = 20	a = -7	v = 050
	alfa = 20	a = -7	v = 060
	alfa = 20	a = -7	v = 070
	alfa = 20	a = -7	v = 080
	alfa = 20	a = -7	v = 090
	alfa = 20	a = -7	v = 100

8	alfa = 25	a = +2	v = 010
9	alfa = 25	a = +2	v = 020
10	alfa = 25	a = +2	v = 030
11	alfa = 25	a = +2	v = 040
	alfa = 25	a = +2	v = 050
	alfa = 25	a = +2	v = 060
	alfa = 25	a = +2	v = 070
	alfa = 25	a = +2	v = 080
	alfa = 25	a = +2	v = 090
	alfa = 25	a = +2	v = 100
8	alfa = 25	a = +1	v = 010
9	alfa = 25	a = +1	v = 020
10	alfa = 25	a = +1	v = 030
11	alfa = 25	a = +1	v = 040
	alfa = 25	a = +1	v = 050
	alfa = 25	a = +1	v = 060
	alfa = 25	a = +1	v = 070
	alfa = 25	a = +1	v = 080
	alfa = 25	a = +1	v = 090
	alfa = 25	a = +1	v = 100
1	alfa = 25	a = 0	v = 010
8	alfa = 25	a = 0	v = 020
9	alfa = 25	a = 0	v = 030
10	alfa = 25	a = 0	v = 040
11	alfa = 25	a = 0	v = 050
	alfa = 25	a = 0	v = 060
	alfa = 25	a = 0	v = 070
	alfa = 25	a = 0	v = 080
	alfa = 25	a = 0	v = 090
	alfa = 25	a = 0	v = 100
	alfa = 25	a = -1	v = 010
9	alfa = 25	a = -1	v = 020
10	alfa = 25	a = -1	v = 030
11	alfa = 25	a = -1	v = 040
12	alfa = 25	a = -1	v = 050
	alfa = 25	a = -1	v = 060
	alfa = 25	a = -1	v = 070
	alfa = 25	a = -1	v = 080
	alfa = 25	a = -1	v = 090
	alfa = 25	a = -1	v = 100
	alfa = 25	a = -2	v = 010
	alfa = 25	a = -2	v = 020
11	alfa = 25	a = -2	v = 030
12	alfa = 25	a = -2	v = 040
13	alfa = 25	a = -2	v = 050
	alfa = 25	a = -2	v = 060
	alfa = 25	a = -2	v = 070
	alfa = 25	a = -2	v = 080
	alfa = 25	a = -2	v = 090
	alfa = 25	a = -2	v = 100
	alfa = 25	a = -3	v = 010
	alfa = 25	a = -3	v = 020
12	alfa = 25	a = -3	v = 030
13	alfa = 25	a = -3	v = 040
	alfa = 25	a = -3	v = 050
	alfa = 25	a = -3	v = 060
	alfa = 25	a = -3	v = 070
	alfa = 25	a = -3	v = 080
	alfa = 25	a = -3	v = 090
	alfa = 25	a = -3	v = 100
	alfa = 25	a = -4	v = 010
	alfa = 25	a = -4	v = 020
13	alfa = 25	a = -4	v = 030
14	alfa = 25	a = -4	v = 040
	alfa = 25	a = -4	v = 050
	alfa = 25	a = -4	v = 060
	alfa = 25	a = -4	v = 070
	alfa = 25	a = -4	v = 080
	alfa = 25	a = -4	v = 090
	alfa = 25	a = -4	v = 100
	alfa = 25	a = -5	v = 010
	alfa = 25	a = -5	v = 020
14	alfa = 25	a = -5	v = 030
	alfa = 25	a = -5	v = 040
	alfa = 25	a = -5	v = 050
	alfa = 25	a = -5	v = 060
	alfa = 25	a = -5	v = 070
	alfa = 25	a = -5	v = 080
	alfa = 25	a = -5	v = 090
	alfa = 25	a = -5	v = 100
	alfa = 25	a = -6	v = 010
	alfa = 25	a = -6	v = 020
15	alfa = 25	a = -6	v = 030
	alfa = 25	a = -6	v = 040
	alfa = 25	a = -6	v = 050
	alfa = 25	a = -6	v = 060
	alfa = 25	a = -6	v = 070
	alfa = 25	a = -6	v = 080
	alfa = 25	a = -6	v = 090
	alfa = 25	a = -6	v = 100
	alfa = 25	a = -7	v = 010
	alfa = 25	a = -7	v = 020
	alfa = 25	a = -7	v = 030
	alfa = 25	a = -7	v = 040
	alfa = 25	a = -7	v = 050
	alfa = 25	a = -7	v = 060
	alfa = 25	a = -7	v = 070
	alfa = 25	a = -7	v = 080
	alfa = 25	a = -7	v = 090
	alfa = 25	a = -7	v = 100

9	alfa = 30	a = +2	v = 010
10	alfa = 30	a = +2	v = 020
11	alfa = 30	a = +2	v = 030
	alfa = 30	a = +2	v = 040
	alfa = 30	a = +2	v = 050
	alfa = 30	a = +2	v = 060
	alfa = 30	a = +2	v = 070
	alfa = 30	a = +2	v = 080
	alfa = 30	a = +2	v = 090
	alfa = 30	a = +2	v = 100
9	alfa = 30	a = +1	v = 010
10	alfa = 30	a = +1	v = 020
11	alfa = 30	a = +1	v = 030
	alfa = 30	a = +1	v = 040
	alfa = 30	a = +1	v = 050
	alfa = 30	a = +1	v = 060
	alfa = 30	a = +1	v = 070
	alfa = 30	a = +1	v = 080
	alfa = 30	a = +1	v = 090
	alfa = 30	a = +1	v = 100
8	alfa = 30	a = 0	v = 010
9	alfa = 30	a = 0	v = 020
10	alfa = 30	a = 0	v = 030
	alfa = 30	a = 0	v = 040
	alfa = 30	a = 0	v = 050
	alfa = 30	a = 0	v = 060
	alfa = 30	a = 0	v = 070
	alfa = 30	a = 0	v = 080
	alfa = 30	a = 0	v = 090
	alfa = 30	a = 0	v = 100
	alfa = 30	a = -1	v = 010
10	alfa = 30	a = -1	v = 020
11	alfa = 30	a = -1	v = 030
	alfa = 30	a = -1	v = 040
	alfa = 30	a = -1	v = 050
	alfa = 30	a = -1	v = 060
	alfa = 30	a = -1	v = 070
	alfa = 30	a = -1	v = 080
	alfa = 30	a = -1	v = 090
	alfa = 30	a = -1	v = 100
	alfa = 30	a = -2	v = 010
	alfa = 30	a = -2	v = 020
12	alfa = 30	a = -2	v = 030
	alfa = 30	a = -2	v = 040
	alfa = 30	a = -2	v = 050
	alfa = 30	a = -2	v = 060
	alfa = 30	a = -2	v = 070
	alfa = 30	a = -2	v = 080
	alfa = 30	a = -2	v = 090
	alfa = 30	a = -2	v = 100
	alfa = 30	a = -3	v = 010
	alfa = 30	a = -3	v = 020
	alfa = 30	a = -3	v = 030
	alfa = 30	a = -3	v = 040
	alfa = 30	a = -3	v = 050
	alfa = 30	a = -3	v = 060
	alfa = 30	a = -3	v = 070
	alfa = 30	a = -3	v = 080
	alfa = 30	a = -3	v = 090
	alfa = 30	a = -3	v = 100
	alfa = 30	a = -4	v = 010
	alfa = 30	a = -4	v = 020
	alfa = 30	a = -4	v = 030
	alfa = 30	a = -4	v = 040
	alfa = 30	a = -4	v = 050
	alfa = 30	a = -4	v = 060
	alfa = 30	a = -4	v = 070
	alfa = 30	a = -4	v = 080
	alfa = 30	a = -4	v = 090
	alfa = 30	a = -4	v = 100
	alfa = 30	a = -5	v = 010
	alfa = 30	a = -5	v = 020
	alfa = 30	a = -5	v = 030
	alfa = 30	a = -5	v = 040
	alfa = 30	a = -5	v = 050
	alfa = 30	a = -5	v = 060
	alfa = 30	a = -5	v = 070
	alfa = 30	a = -5	v = 080
	alfa = 30	a = -5	v = 090
	alfa = 30	a = -5	v = 100
	alfa = 30	a = -6	v = 010
	alfa = 30	a = -6	v = 020
	alfa = 30	a = -6	v = 030
	alfa = 30	a = -6	v = 040
	alfa = 30	a = -6	v = 050
	alfa = 30	a = -6	v = 060
	alfa = 30	a = -6	v = 070
	alfa = 30	a = -6	v = 080
	alfa = 30	a = -6	v = 090
	alfa = 30	a = -6	v = 100
	alfa = 30	a = -7	v = 010
	alfa = 30	a = -7	v = 020
	alfa = 30	a = -7	v = 030
	alfa = 30	a = -7	v = 040
	alfa = 30	a = -7	v = 050
	alfa = 30	a = -7	v = 060
	alfa = 30	a = -7	v = 070
	alfa = 30	a = -7	v = 080
	alfa = 30	a = -7	v = 090
	alfa = 30	a = -7	v = 100

