

129

F50

TK 56.311

KFKI-1977-54

SZABÓ PÁL

GAZDASÁGOSAN KIJELEZHETŐ 4-BED KÓDOK



1977 OKT 28

*Hungarian Academy of Sciences*

CENTRAL  
RESEARCH  
INSTITUTE FOR  
PHYSICS

BUDAPEST

2017

[Faint, illegible text within a rectangular border, possibly a table or list of items.]

[Faint, illegible text, possibly a signature or a set of instructions.]

[Faint, illegible text at the bottom of the page.]

## GAZDASÁGOSAN KIJELEZHETŐ 4-BED KÓDOK

Szabó Pál

Központi Fizikai Kutató Intézet

Mérés és Számítástechnikai Kutató Intézete, Budapest

Számítógép Főosztály

## KIVONAT

A négy bináris jegyű egylépéses decimális /4-BED/ kódoknak számlálódekádokban történő felhasználást nehezíti, hogy decimális kijelzésük általában speciális dekódolót igényel. Az alábbiakban bemutatjuk, hogy léteznek olyan 4-BED kódok, melyek kódszókészletei a binárisan súlyozott decimális kód szavaiból állnak, így az ugynevezett BCD-decimális dekódolók segítségével, azok kimeneti vezetékének puszta átjelölése útján, kijelvezhetők.

## АННОТАЦИЯ

Четырехзначные десятичные коды с единичным расстоянием /подобно коду Грея/ трудно использовать в счетных декадах, так как для их индикации в десятичной форме необходимо иметь специальный дешифратор. В данной работе излагаются такие четырехзначные десятичные коды с единичным расстоянием, у которых наборы разрядных слов состоят из слов десятичного кода с двоичным взвешиванием и таким образом с помощью т.н. двоично-десятичных дешифраторов они могут быть отображены путем изменения названий выходных линий дешифраторов.

## ABSTRACT

The use of Four-Bit Unit-Distance Decimal /4-BUDD/ codes in counter decades is generally hampered by the need of special decoders for their decimal read-out. It will be shown that there do exist 4-BUDD codes with codisets consisting of the code-words of the Binary Weighted Decimal code, so they can be read-out by the so-called BCD-Decimal decoders merely by changing the output-lead labelling of these decoders.

Négy bináris jegyű egy lépéses decimális /4-BED/ kódokkal [1-5] működő számlálódekádok felhasználásával, különösen kódléces vagy kódtárcsás átalakításokkal kapcsolatosan előnyösen alakíthatók ki egy lépéses, tehát aszinkron módszerrel is hazardmentesen dekódolható dekadikus számlálólánccok, ezek megvalósítása során azonban nehézséget jelent a dekad mindenkori állása többnyire megkövetelt decimális kijelezhetőségének egyszerű eszközökkel történő biztosítása. A 4-BED kódok között azonban található olyan kód-formák is, amelyeknél a decimális kijelzés - a szokásos tizhuzalos /one out of ten/ kódba történő átalakítás útján - a széles körben alkalmazott és pl. MSI áramkörökként is gyártott ún. BCD-decimális dekódolókkal /pl. SN 7442 A/ megvalósítható, azaz a kód-formák egy lépéses voltak mellett még annak a feltételnek is eleget tesznek, hogy kódszókészleteik éppen a binárisan sulyozott decimális kód szavait tartalmazzák.

A négy bináris jeggyel kifejezett 0-9 számok a 4-BED kódok vizsgálatánál is szokásosan alkalmazott Veitch-Karnaugh /VK/ diagrammon [6,7] ábrázolva az 1. ábrán vonalkázással megjelölt négyszögeket foglalják el.

	00	01	11	10
00	0	1	3	2
01	4	5	7	6
11	12	13	15	14
10	8	9	11	10

1. ábra

A jobb áttekinthetőség érdekében rajzoljuk át a fenti ábrát annak figyelembevételével, hogy a VK diagramm minden irányban összefüggőnek tekinthető. A legelső sort legfelülre és a jobb szélső oszlopot bal szélre rajzolva, az oszlopok és sorok jelöléseit, a vonalkázást, valamint a kód szempontjából tiltott négyszögek számozását elhagyva a 2. ábrát kapjuk.

A 2. ábrán látható diagramm négyszögein történő minden olyan végighaladás, amelynek során minden számozott négyszöget pontosan egyszer érintünk, számozatlan négyszögre nem haladunk rá és az egyik négyszögről a másikra történő áthaladás - beleértve az utolsó és az elsőnek választott négyszög

	8	9	
2	0	1	3
6	4	5	7

2. ábra

közötti tizedik áthaladást is - csak két négyszög közös oldalán át történik, egy-egy olyan kódszókészletet határoz meg, amely a bevezetőben említett feltételt teljesíti. /A kódszókészletek szavai a négyszögekbe írt számoknak bináris súlyozás szerinti megfelelői./

A 2 ábrán látható diagrammot a négyszögeken történő végighaladás szempontjából vizsgálva megállapítható, hogy az egyes számozott négyszögek három csoportba sorolhatók: a többi számozott négyszög valamelyikével két, három vagy négy oldal mentén érintkezőkre. A két oldal mentén érintkező négyszögek a rajtuk történő áthaladást egyértelműen megszabják, a három-, illetve négy oldal mentén érintkezők elvileg két, illetve három választást engednek meg. A két oldal mentén érintkező 8 és 9 számozású négyszögek a 0-8-9-1 utat /a haladás irányára való tekintet nélkül/ megszabják: ezt a szakaszt minden teljes végighaladásnak tartalmaznia kell. Az 1-es négyszögből - bár az négy oldal mentén érintkező - a 0 lefoglalása következtében már csak kétféle haladhatunk: a 3 vagy az 5 négyszögre. Ötödik négyszöggként a 3-ast választva a három oldal mentén történő érintkezésnek megfelelően két újabb választási lehetőség adódik: a 7-es vagy a 2-es négyszög /mivel a VK diagramm minden irányban összefüggő/. Bármelyiket választjuk is ki, a végighaladási feltételek teljesítése esetén további választási lehetőség nincs.

A megfontolásokat a 0-8-9-1-5 kezdetű végighaladásra megismételve újabb két uthoz, összesen négy különböző végighaladási lehetőséghez jutunk:

0-8-9-1-3-7-5-4-6-2 /-0/

0-8-9-1-3-2-6-7-5-4 /-0/

0-8-9-1-5-4-6-7-3-2 /-0/

0-8-9-1-5-7-3-2-6-4 /-0/

Ezek az alábbi négy 4-BED kódszókészletet határozzák meg. /3. ábra a., b., c., d.; a bináris 1-esek a jobb megkülönböztethetőség céljából L-el vannak jelölve./

	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	L	0	0	0	8	1	L	0	0	0	8	1	L	0	0	0	8	1	L	0	0	0	8
2	L	0	0	L	9	2	L	0	0	L	9	2	L	0	0	L	9	2	L	0	0	L	9
3	0	0	0	L	1	3	0	0	0	L	1	3	0	0	0	L	1	3	0	0	0	L	1
4	0	0	L	L	3	4	0	0	L	L	3	4	0	L	O	L	5	4	O	L	O	L	5
5	0	L	L	L	7	5	0	O	L	O	2	5	0	L	O	O	4	5	0	L	L	L	7
6	0	L	O	L	5	6	0	L	L	O	6	6	0	L	L	O	6	6	0	O	L	L	3
7	0	L	O	O	4	7	0	L	L	L	7	7	0	L	L	L	7	7	0	O	L	O	2
8	0	L	L	O	6	8	0	L	O	L	5	8	0	O	L	L	3	8	0	L	L	O	6
9	0	O	L	O	2	9	0	L	O	O	4	9	0	O	L	O	2	9	0	L	O	O	4

3. ábra

Az ábrákon az első oszlop az egyes kódszavakhoz rendelt decimális számjegyeket tartalmazza. Az A-B-C-D-vel jelölt 2-5 oszlopok az egyes sorokban elhelyezkedő kódszavak bináris jegyeit ábrázolják /amik a megvalósításokban a bistabil elemek állapotainak felelnek meg/, míg a 6. oszlop az egyes kódszavak bináris súlyozás szerinti számértékeit tartalmazza. A négy kód további vizsgálatához meghatározzuk, hogy melyik kódtípushoz tartoznak.

Ismeretes [2,3], hogy a 4-BED kódok tíz különböző típusba sorolhatók és az egyes kódtípusok minimális bináris viszonyszámaik  $B_{\min}$  négyese segítségével egyértelműen jellemezhetők [5]. A  $B_{\min}$  viszonyszámokat a 3. ábrán található kódokra az utóbb említett közleményben foglaltaknak megfelelően felírva a

$$3a: \frac{2}{8} \frac{4}{6} \frac{2+2}{2+4} \frac{5}{5}$$

$$3b: \frac{2}{8} \frac{4}{6} \frac{4}{6} \frac{2+3}{2+3}$$

$$3c: \frac{2}{8} \frac{4}{6} \frac{4}{6} \frac{2+3}{2+3}$$

$$3d: \frac{2}{8} \frac{2+2}{2+4} \frac{4}{6} \frac{5}{5}$$

kifejezéseket kapjuk.

Megjegyzendő, hogy a  $B_{\min}$  viszonyszámok felírása a hivatkozott közleményben alkalmazotthoz képest finomítható: megkönnyíti a kódtípus azonosítását, ha a  $B_{\min}$ -kat rendezzük, pl. az összeget tartalmazót előre írjuk, a többiek pedig balról-jobbra növekvő érték szerinti sorrendben írjuk fel. Ennek figyelembevételével az alábbi viszonyszám-négyesek adódnak:

$$3a: \quad [B_{\min}] = \left[ \frac{2+2}{2+4}, \frac{2}{8}, \frac{4}{6}, \frac{5}{5} \right]$$

$$3b: \quad [B_{\min}] = \left[ \frac{2+3}{2+3}, \frac{2}{8}, \frac{4}{6}, \frac{4}{6} \right]$$

$$3c: \quad [B_{\min}] = \left[ \frac{2+3}{2+3}, \frac{2}{8}, \frac{4}{6}, \frac{4}{6} \right]$$

$$3d: \quad [B_{\min}] = \left[ \frac{2+2}{2+4}, \frac{2}{8}, \frac{4}{6}, \frac{5}{5} \right]$$

A 3a és 3d valamint a 3b és 3c ábrák kódjainak  $[B_{\min}]$  kifejezései páronként megegyeznek, ezek tehát páronként azonos kódtypushoz tartoznak. A  $B_{\min}$  kifejezéseket az [5] közlemény I. táblázatában szereplőkkel /3. oszlop/ összehasonlítva megállapítható, hogy a 3a és 3d ábrák kódjai a hivatkozott közleményben 2 számmal jelölt kódtypushoz, míg a 3b és 3c ábrák kódjai a 16 számmal jelölt kódtypushoz tartoznak. A táblázatból láthatóan mindkét kódtypus rendelkezik 9-es komplementálásra alkalmas kód-formákkal, ezen kívül a 2 számmal jelölt kódtypus egyik formája a 3-többletes Gray-kód.

A komplementálási tulajdonságok vizsgálatához állítsuk elő a szóbanforgó két kódtypusnak a feltételként szabott kódszókészlettel rendelkező, de 9-es komplementálható formáit. A 3. ábra bármelyik kódjára a [4] közleményben definiált átalakítások közül a  $[2,ABCD,1]$  transzformációt alkalmazva /vagyis a kódok kezdő szavait két sorral lejjebb kijelölve/ 9-es komplementálásra alkalmas kódokat kapunk. A 3a és 3b ábrák szerinti kódok egy-egy egyszerűen komplementálható formája a 4a és 4b ábrákon látható.

	A	B	C	D	
0	L	O	O	L	9
1	O	O	O	L	1
2	O	O	L	L	3
3	O	L	L	L	7
4	O	L	O	L	5
5	O	L	O	O	4
6	O	L	L	O	6
7	O	O	L	O	2
8	O	O	O	O	0
9	L	O	O	O	8

a.

	A	B	C	D	
0	L	O	O	L	9
1	O	O	O	L	1
2	O	O	L	L	3
3	O	O	L	O	2
4	O	L	L	O	6
5	O	L	L	L	7
6	O	L	O	L	5
7	O	L	O	O	4
8	O	O	O	O	0
9	L	O	O	O	8

b.

4. ábra

A 4a ábra kódszavainak 9-es komplementerét egyszerűen a D oszlopban található bit /röviden: D-bit/ komplementálásával nyerjük; az ilyen egyszerű komplementálhatóság számlálódekádokban történő alkalmazás során jelentős elő-



nyökkel járhat. A 4.b ábra kódszavainak komplementálásához a B és C bitek felcserélése és a D bit komplementálása szükséges. /A 3c és 3d ábrák kódjainak vizsgálata hasonló eredményre vezet; e kódok a 3b, ill. 3a ábrák kódjaiból a B és C oszlopok felcserélése útján előállíthatók./

Az előzőekben említettük, hogy az a kódtípus, amelyhez a 3a és 4a ábrák kódjai tartoznak, a három többletes Gray-kódot is tartalmazza. Ez a 3a ábrán feltüntetett kód esetében a  $[2, \overline{DABC}, 1]$ , a 4a ábra szerinti kód esetében pedig a  $[0, \overline{DABC}, 9]$  transzformáció alkalmazásával igazolható. Ebből következik, hogy a három többletes Gray-kód átkódolása a szokásos u.n. BCD-decimális dekódolókkal is megvalósítható kizárólag a dekódoló négy bemenő és tíz kimenő pontjának átjelölésével abban az esetben, ha a Gray-kódban adott jelforrás inverz kimenetei is rendelkezésre állnak. Ellenkező esetben két inverter alkalmazása is szükségessé válik.

A 3-4 ábrák szerinti kód-formák az u.n. BCD-decimális dekódolókkal inverterek alkalmazása nélkül is dekódolhatók. Ilyenkor az ábrák jobb szélső oszlopa a dekódoló kimenő vezetékének eredeti számozását, a bal szélső oszlop az új számozást mutatja.

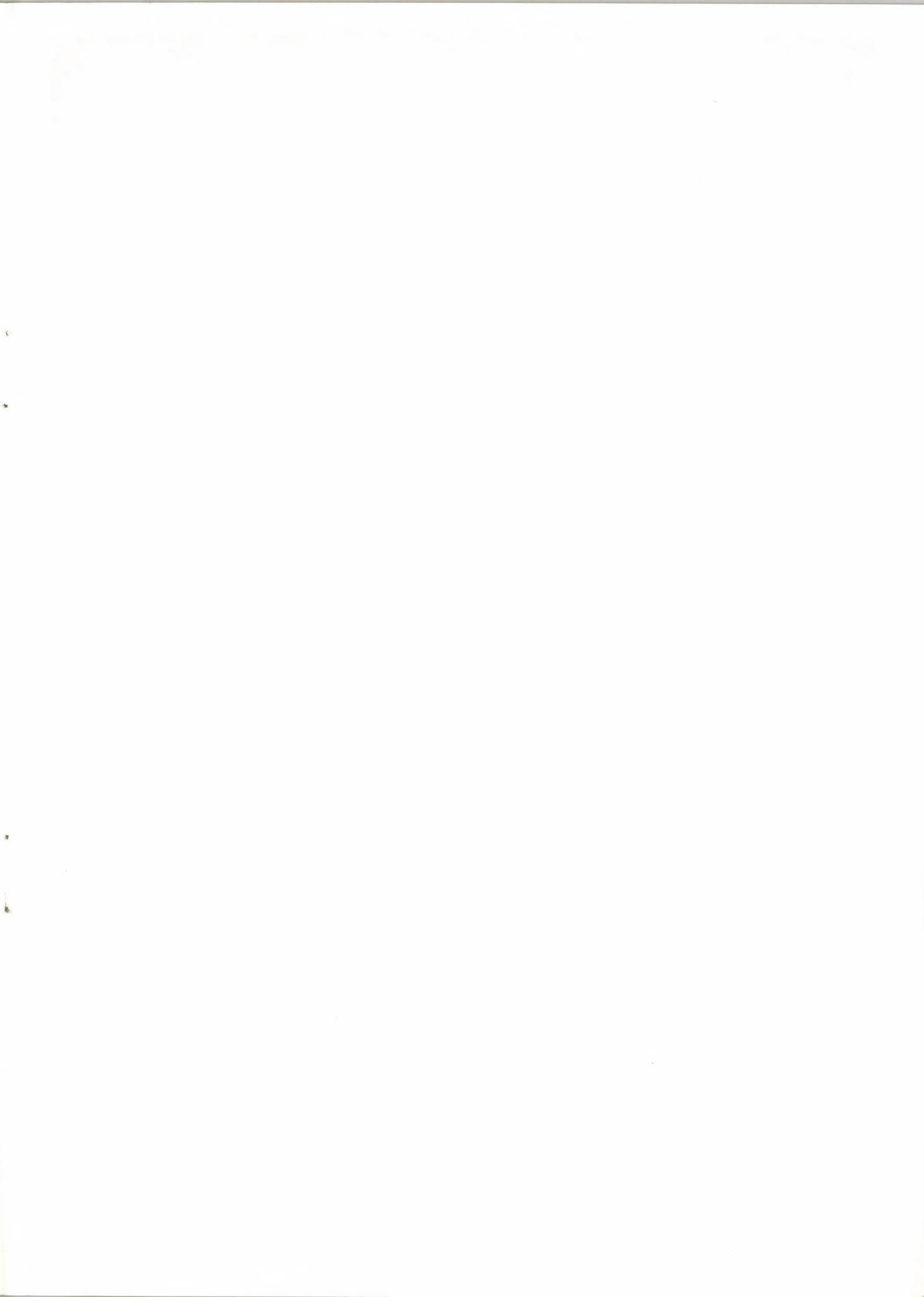
A binárisan súlyozott decimális kód szavaiból összesen  $10!$  számú egyaránt gazdaságosan kijelezhető decimális kód alakítható ki, ezekből azonban mindössze 80 darab egylépéses /a 3a, 3b, 3c és 3d ábrák kódjainak 20-20 formája, amelyek a kezdő szó tizféle és a végighaladási irány kétféle kijelölése útján állíthatók elő/. A gazdaságosan kijelezhető 4-BED kódoknak pedig összesen 16 db 9-es komplementálható formája van: a 3 ábra minden egyes kódja 4-4 transzformációval  $[5]$  4-4 különböző 9-es komplementálható formába vihető át.

Egylépéses dekadikus számlálóláncok megvalósításának egy célszerű módja reflektált decimális kódban  $[8]$  számláló láncnak egylépéses dekadokból történő kialakítása. Ilyen láncban a dekadok a kód által megszabott sorrendben előbb 0-9-ig előre számlálnak, majd hátrafelé 9-0-ig. Ezen utóbbi szakaszban a közönséges decimális kódban történő kijelzéshez a dekadok 9-es komplementer állásának kijelzését kell elvégezni. Ha a dekadok egyszerűen komplementálhatók, /amint láttuk pl. a D bit komplementálása útján/, a kijelző áramkör az általános esethez képest jelentősen egyszerűsíthető.

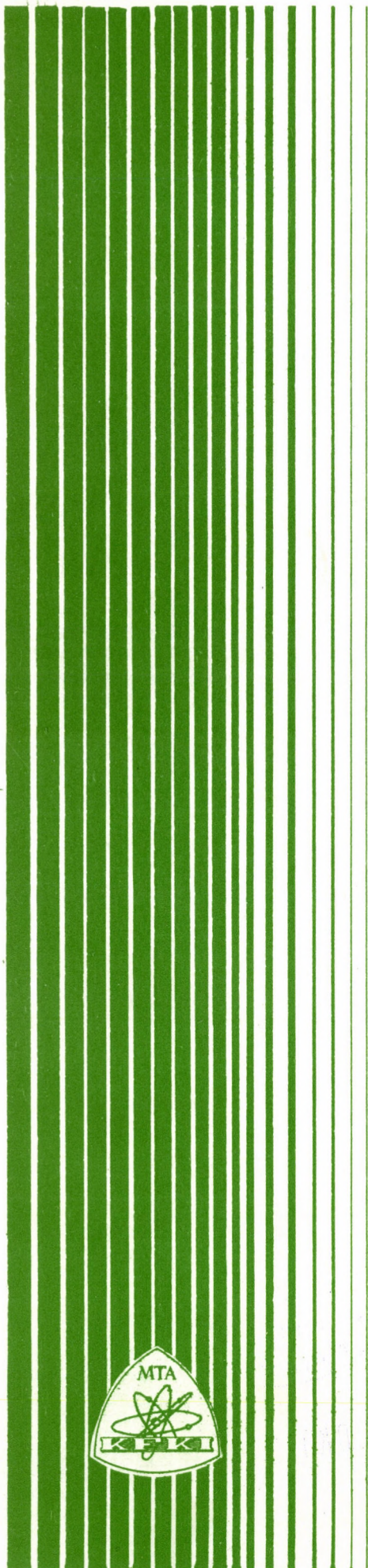
A fenti eredmények felhasználásával egylépéses láncba kapcsolható, hazardmentesen dekódolható előre-hátra számláló dekadok SSI áramkörökből is felépíthetők, különösen gazdaságos lehet azonban ilyen dekadoknak MSI áramkörös megvalósítása. Ez esetben a szokványos u.n. BCD-decimális dekódoló alkalmazhatósága révén kevés áramköri tokot tartalmazó, binárisan is egylépéses számlálók alakíthatók ki.

Irodalom

- [1] Tompkins, H.E.: Unit-Distance Binary-Decimal Codes for Two-Track Commutation, IRE Transactions on Electronic Computers. EC-5, 139 /1956/
- [2] Tompkins, H.E.: Unit-Distance Binary Codes, Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania; Report No. 58-09, /1957/
- [3] Gilbert, E.N.: Gray Codes and Paths on the n-Cube, Bell System Technical Journal. 37, 815-826 /1958/
- [4] Szabó P.: Egyszerű módszer négy bináris jegyű egylépéses decimális kódok számának meghatározására, KFKI Közlemények, 15, 3-9 /1967/
- [5] Szabó, P.: Some Properties of 4-Bit Unit-Distance Decimal Codes, Acta Technica Acad. Sci. Hung., 62, 305-316 /1968/
- [6] Veitch, E.: A Chart Method for Simplifying Truth Functions, Proc. Assoc. for Computing Machinery. Pittsburgh, Pa. Meeting, 127-133 /2-3 May 1952/.
- [7] Karnaugh, M.: The Map Method for Synthesis of Combinational Logical Circuits, Commun. and Electronics, 72, 593-599 /1953/.
- [8] Flores, I.: Reflected Number Systems, IRE Transactions on Electronic Computers. EC-5, 79-82 /1956/.



62.438



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet  
Felelős kiadó: Sándory Mihály igazgató  
Szakmai lektor: Koch József  
Példányszám: 170 Törzsszám: 77-689  
Készült a KFKI sokszorosító üzemében  
Budapest, 1977. augusztus hó