

## KOMBINACINĖ LOGIKA IR JOS ELEMENTAI

- DARBO TIKSLAS**
1. Išnagrinėti paprastų loginių elementų parametrus, logines funkcijas ir jų būsenų lenteles.
  2. Išmokti analizuoti ir konstruoti logines grandines, sudarytas iš didesnio loginių elementų skaičiaus.

### UŽDUOTYS RUOŠIANTIS DARBUI:

#### 1. PARUOŠTI ATSAKYMUSĮ ŠIUOS KLAUSIMUS:

##### 1. Kas yra Boole algebra ir kokiais dydžiais ji operuoja?

Bulio algebra yra matematinė sistema, sudaryta iš elementų rinkinio B ir dviejų binarinių operacijų - loginės sudėties ir loginės daugybos. Šios operacijos yra apibrėžtos rinkiniui B ir patenkina šias aksiomas:

1.  $\oplus$  ir  $\otimes$  komutatyvumo
2.  $\oplus$  ir  $\otimes$  distributyvumo
3. Kiekvienai operacijai rinkinyje B egzistuoja elementai, 0 ir 1, kurie turi savybes  $0 \oplus x = x$  ir  $1 \otimes x = x$  bet kuriam elementui rinkiny B.
4. Kiekvienam B elementui x egzistuoja komplementarus elementas x' toks, kad  $x \oplus x' = 1$  ir  $x \otimes x' = 0$

##### 2. Kokios yra pagrindinės Boole algebros operacijos?

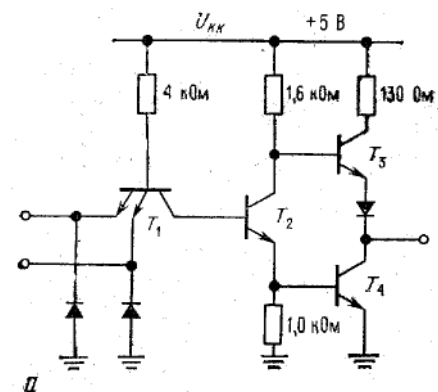
Loginė sudėtis, loginė daugyba ir loginis neigimas.

##### 3. Kaip užrašom Boole algebros operacijos?

Operacija	Žymėjimas					
Pagrindinės						
Loginė sudėtis (konjunkcija)	ARBA	OR	&	$\oplus$	$\cup$	$\vee$
Log. daugyba (disjuncija)	IR	AND		$\otimes$	$\cap$	$\wedge$
Loginis neigimas	NE	NOT			$\neg$	
Papildomos						
Griežtasis ARBA		XOR				
Ekvivalentiškumas			$\equiv$			

##### 4. Kokiomis grandinėmis realizuojamos Boole algebros operacijos?



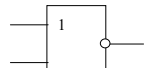
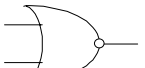

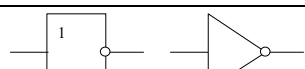
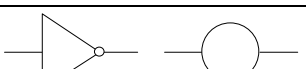
Jos realizuojamos naudojant logines schemas. Gana universali ir dažnai naudojama yra IR-NE schema. Čia pavaizduota jos realizacija TTL šeimoje. Dar yra RTL ir KMOP šeimos, apie kurias plačiau 7 punkte.



1 pav. TTL NAND elemento schema

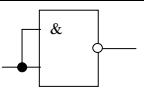
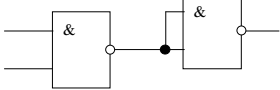
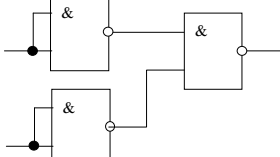
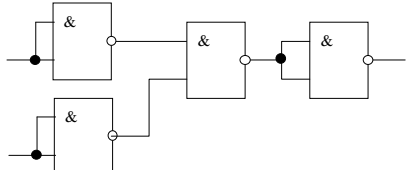
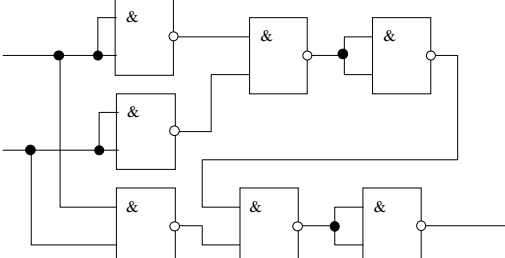
## 5. Kaip žymimi loginiai elementai ir jų išvadai schemose?

Įvairiose šalyse jie žymimi skirtingai:

Operacija	Europoje	Amerikoje
NAND		
NOR		
XOR		
NOT		

## 6. Kaip vieno tipo loginiais elementais realizuoti įvairias logines funkcijas?

Kaip pavyzdį galima pateikti įvairių funkcijų realizavimą elementu NAND:

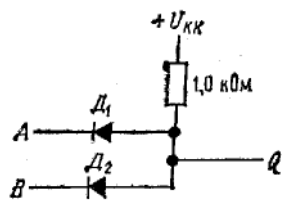
Funkcija	Realizacija
NOT	
AND	
OR	
NOR	
XOR	

## 7. Kokios yra pagrindinės integrinių logikos elementų technologijos?

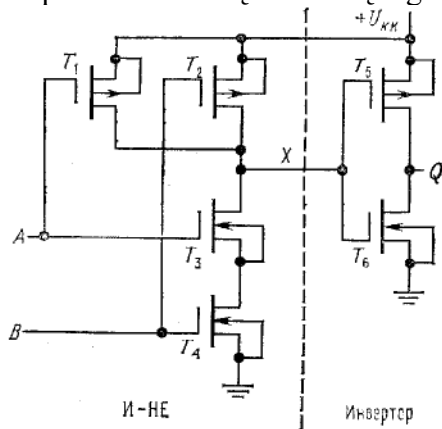
Seniau (ir dabar kai kuriais atvejais) buvo naudojama diskretinių elementų logika (2 pav.).

Apie 1960 metus paplito rezistorinė-tranzistorinė logika (RTL) (3 pav.)

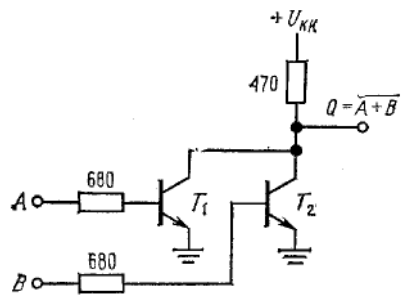
Dar vėliau atsirado tranzistorinė-tranzistorinė logika (TTL) (1 pav.), komplementarinė MOP (metalas-oksidas-puslaidininkis) logika (KMOP) (4 pav.) ir emiterių-jungimo logika (ESL) (5 pav.). Toliau tobulinama TTL serija, yra variantas su Šotkio sandūromis - TTLŠ.



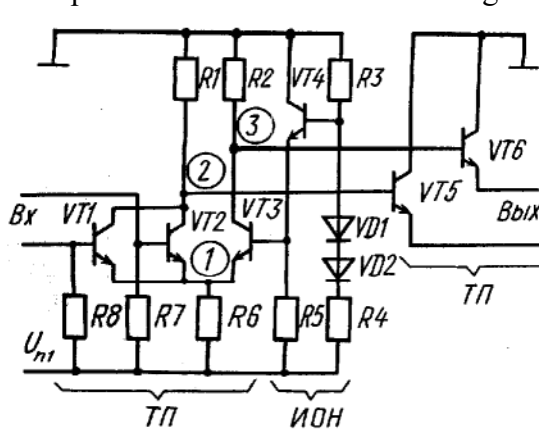
2 pav. Diskretinių elementų logika



4 pav. Komplementarinė MOP logika



3 pav. Rezistorinė-tranzistorinė logika



5 pav. EKL logika

8. Kodėl pagrindiniai parametrai charakterizuoja loginius elementus ir kaip jie priklauso nuo technologijos?
9. Kokiais standartiniais loginiais lygiais operuoja skirtingų tipų loginiai elementai?

Serija	$I_{in}^0$	$I_{in}^1$	$U_{is}^0, V$	$U_{is}^1, V$	$I_{is\ max}$	$t_{užl.}$	$U_{mait.}, V$
TTL	-1.5mA	-0.04mA	0.4	2.4	20mA	15-20ns	5
KMOP	<0.1μA		0.95	13.5	0.25mA	200ns	9-15
ESL	0.5μA	200μA	-1.63	-0.98		3ns	-5.2

# 10. Ką vaizduoja loginio elemento perjungimo charakteristika? Kas sąlygoja jos lūžio taškus?

Perjungimo charakteristika vaizduoja, kaip priklauso loginio elemento išėjimo įtampa nuo įėjimo įtampos. Ji turi du lūžio taškus - išėjimo įtampa staigiai pradeda kristi nuo 1 link 0 ir nusistovinti nulinę reikšmę.

# 11. Ką parodo loginio elemento įėjimo ir išėjimo (apkrovos) charakteristikos?

Įėjimo charakteristika parodo elemento naudojamos srovės priklausomybę nuo įėjimo įtampos. Išėjimo charakteristika yra išėjimo įtampos priklausomybė nuo apkrovos srovės.

## 2. ATLIKTI ŠIAS UŽDUOTIS:

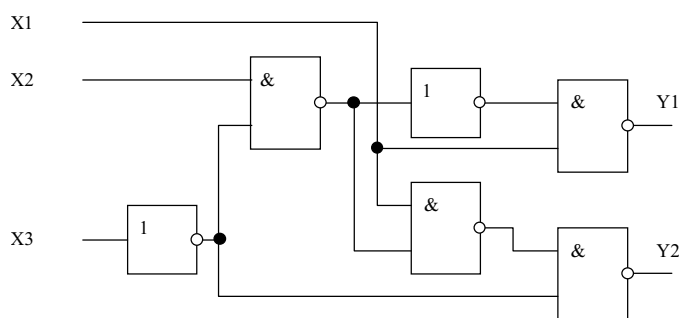
### 1. Realizuoti 1 lentelėje nurodyt logines funkcijas duotoms dvejetainių skaičių poroms.

1 skaičius	00010011	10110110	01110111	01100110	11100011
2 skaičius	10111001	11010111	00110011	01000001	00110001
OR	10111011	11110111	01110111	01100111	11110011
AND	00010001	10010110	00110011	01000000	00100001
XOR	10101010	01100001	01000100	00100111	11010010
NOR	01000100	00001000	10001000	10011000	00001100
NAND	11101110	01101001	11001100	10111111	11011110

### 2. Nubrėžti loginių elementų, realizuojančių 1 lentelėje nurodytas logines funkcijas, schemas

Jos jau nubraižytos I.7 punkte.

### 3. Sudaryti šios schemos būsenų lentelę, užrašyti jos loginę funkciją.

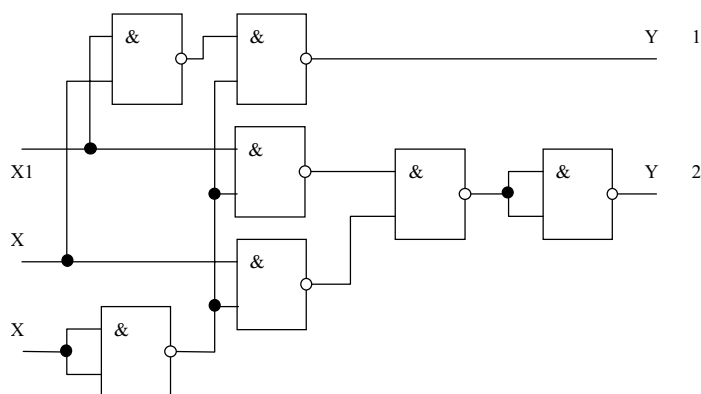


X1	X2	X3	Y1	Y2
0	0	0	1	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

$$Y1 = \overline{\overline{\overline{X3 \cdot X2}}} \cdot X1 = \overline{\overline{X3 \cdot X2}} \cdot X1 = \overline{X3} + X2 + X1$$

$$Y2 = \overline{\overline{\overline{X3 \cdot X2 \cdot X1 \cdot \overline{X3}}}} = X3 + X1 \cdot X3 + X1 \cdot \overline{X2}$$

### 4. Suprojektuoti grandinę, sudarytą iš Šeferio elementų ir vaizduojančią šią loginę funkciją: $Y1 = X1 \cdot X2 + X3$ ; $Y2 = \overline{X1} + \overline{X2} + X3$ . Sudaryti jos būsenų lentelę.



X1	X2	X3	Y1	Y2
0	0	0	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

$$Y1 = X1 \cdot X2 + X3 = \overline{\overline{\overline{X1 \cdot X2}}} + X3 = \overline{\overline{X1 \cdot X2}} \cdot \overline{\overline{X3}}$$

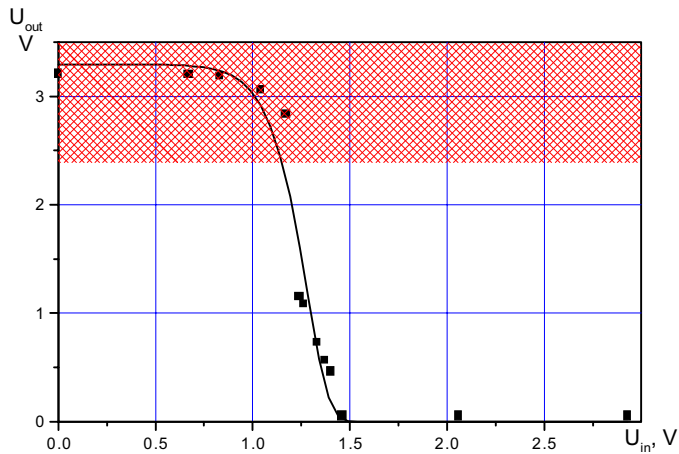
$$Y2 = \overline{X1} + \overline{X2} + X3 = \overline{\overline{\overline{X1 \cdot X2}}} + X3 = \overline{\overline{X1 \cdot X2}} \cdot \overline{\overline{X3}} + X3 = \overline{\overline{X1 \cdot X2}} \cdot \overline{\overline{X3}} + X3$$

### 3. DARBO EIGA:

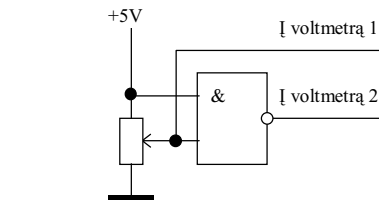
#### 1. Gauti loginio elemento (Šeferio elemento) perjungimo charakteristiką.

Sujungiu schemą pavaizduotą 6 pav.:

Potenciometru keisdamas įėjimo įtampą nuo 0 iki 5V, matuoju išėjimo įtampą. Matavimų rezultatai matyti 1 lentelėje ir 7 pav.



7 pav. Perjungimo charakteristika



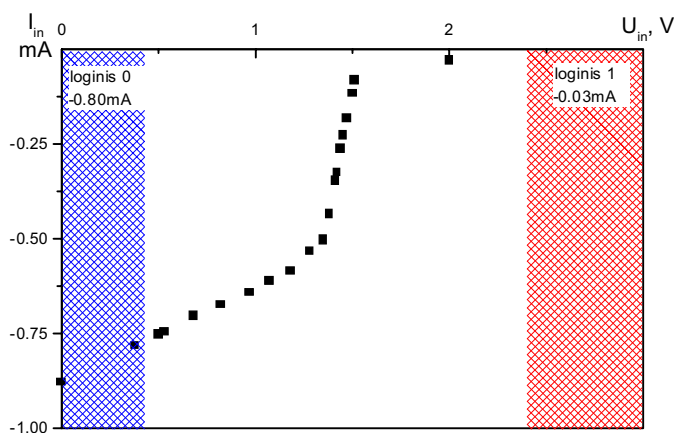
6 pav. Perjungimo charakteristikos matavimo schema

1 lentelė. Perjungimo charakteristikos matavimų rezultatai

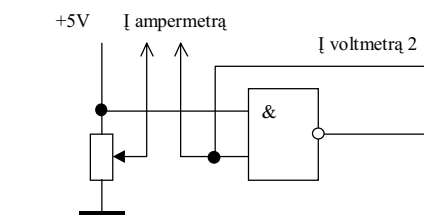
$U_{in}, V$	$U_{out}, V$
2.93	0.053
2.06	0.053
1.46	0.053
1.4	0.462
1.37	0.563
1.33	0.733
1.26	1.087
1.24	1.157
1.17	2.842
1.04	3.063
0.83	3.193
0.67	3.202
0	3.21

#### 2. Gauti loginio elemento įėjimo charakteristiką

Matavimus atlieku pagal 7 pav. pavaizduotą schemą: Deja, ji sujungta blogai, nes voltmetrą reikėjo jungti prie potenciometro išvado prieš ampermetrą. Potenciometru keisdamas įėjimo įtampą nuo 0 iki 5V, matuoju įėjimo srovę ir įtampą. Jų tarpusavio priklausomybė pavaizduota 2 lentelėje ir 8 pav.



8 pav. Įėjimo charakteristika



7 pav. Įėjimo charakteristikos matavimo schema

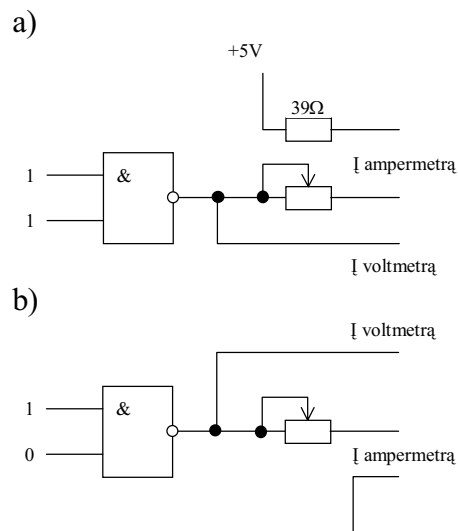
2 lentelė. Įėjimo charakteristikos matavimų rezultatai

$U_{in}, V$	$I_{in}, mA$
1.28	-0.533
1.18	-0.584
1.07	-0.611
0.97	-0.64
0.82	-0.673
0.68	-0.703
0.53	-0.745
0.5	-0.75
0.38	-0.781
0	-0.876

### 3. Gauti loginio elemento apkrovos charakteristiką

Apkrovos charakteristiką matuoju esant išėjime loginiam 0 ir 1. Matavimo schema pavaizduota 9 pav., matavimų duomenys 3 lentelėje, grafikai - 10 pav.

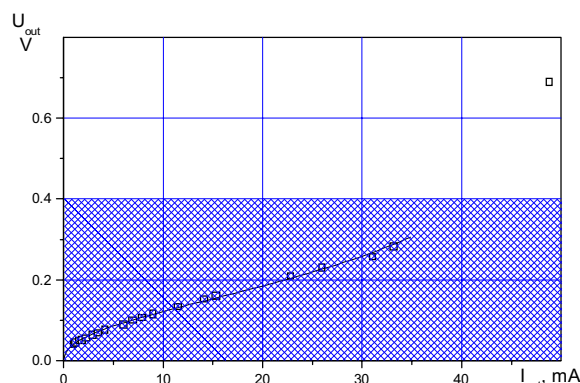
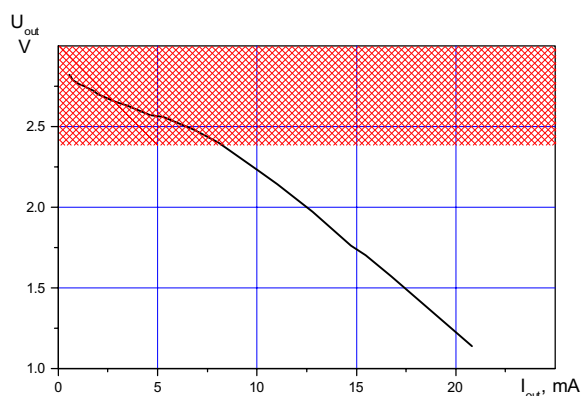
Išėjime 0		Išėjime 1	
$U_{out}, V$	$I_{out}, mA$	$U_{out}, V$	$I_{out}, mA$
0.041	1.01	2.82	0.563
0.042	1.13	2.81	0.613
0.044	1.21	2.79	0.727
0.049	1.63	2.78	0.822
0.051	1.85	2.76	1.077
0.056	2.27	2.75	1.325
0.063	2.9	2.74	1.421
0.069	3.45	2.72	1.776
0.076	4.17	2.7	1.98
0.09	6.01	2.67	2.55
0.1	6.93	2.65	2.95
0.107	7.85	2.63	3.46
0.115	8.96	2.61	3.83
0.133	11.53	2.57	4.61
0.151	14.13	2.56	5.3
0.16	15.34	2.48	6.83
0.209	22.82	2.4	8.05
0.23	25.92	2.22	10.13
0.258	31.03	2.14	11.02
0.282	33.22	1.97	12.8
0.689	48.8	1.76	14.72
		1.7	15.46
		1.57	16.77
		1.14	20.82



9 pav. Iėjimo charakteristikos matavimo schema,

a) kai išėjime 0

b) kai išėjime 1



10 pav. Išėjimo charakteristikos: kairėje - kai išėjime 1, dešinėje - kai išėjime 0.

Kaip matyti, maksimali srovė, kuriai esant išėjime vis dar loginis vienetas  $I_{out}^1 = 8mA$ .

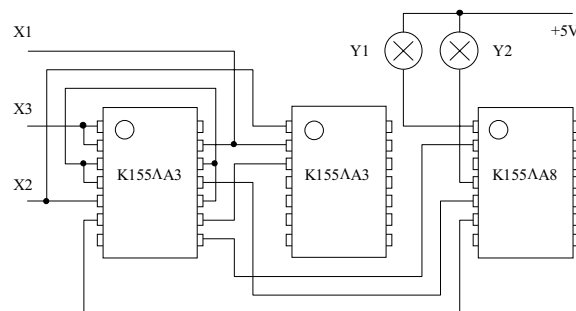
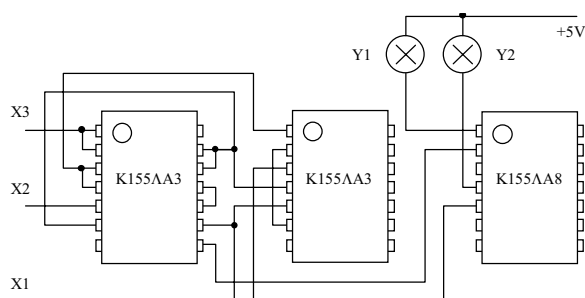
Analogiškai loginiam nuliui  $I_{out}^0 = 40mA$ .

Išsišakojimo koeficientai atitinkamai lygūs  $K^1 = \frac{I_{out}^1}{0.03mA} = 266$ , o  $K^0 = \frac{I_{out}^0}{0.80mA} = 50$ . Iš tiesų

$K^1$  turėtų būti daug didesnis, nes  $I_{in}^1$  yra mažiau už  $0.03mA$ , kurią aš gavau matuodamas voltmetro įėjimu tekančią srovę ; -)

#### 4. Sujungti makete 2.3 ir 2.4 užduotyse išnagrinėtas schemas ir patikrinti teisingumo lenteles.

Sujungiu tokias schemas. Čia mikroschema K155AA8 ir lemputės atlieka indikatoriaus vaidmenį.



Sunku patikėti, bet teisingumo lentelės pasitvirtina.

#### IŠVADOS

Ekspimento metu išmatuota Šeferio elemento įėjimo charakteristika tokia, kokios ir reikėjo tikėtis. Kintant įėjimo įtampai nuo loginio 1 link 0, tranzistorius atsidaro ir pradeda tekėti srovė iš elemento įėjimo. Todėl TTL elementai, kai į juos paduodamas loginis 0, reikalauja vos ne 1mA srovės nuvedimo.

Perjungimo charakteristika turi staigų lūžį, pereinant iš 0 į 1 (ir atvirkščiai). Viskas gerai.

Išėjimo charakteristikos parodė, kad prie elemento išėjimo teoriškai galima pajungti daug įėjimų (po 260 ir 50 atitinkamai 1 ir 0), bet žinynai rekomenduoja neviršyti 10, nes skirtingų elementų parametrai gali skirtis ir reikalinga didelė atsarga.

Taip pat laboratorinio darbo metu įsitikinta, kad iš loginių elementų sukonstruotos grandinės teisingumo lentelė nesiskiria nuo sudarytosios remiantis matematinės logikos dėsniais.

#### LITERATŪRA

1. П.Хоровиц, У.Хилл. Искусство схемотехники т.1. Москва, "Мир", 1986.
2. М.И.Богданович и др. Цифровые интегральные микросхемы. Минск, "Беларусь", 1991.

© Liutauras Storasta 1997