หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การออกแบบเพิ่มเติมและดัดแปลงวงจรเดิมของระบบจอภาพ

การออกแบบเพิ่มเติมและดัดแปลงวงจรเดิมของระบบจอภาพเพื่อให้สามารถรับและส่งรหัสทั้งหมดทั้งภาษาไทยและอังกฤษที่กำหนดขึ้นใหม่ได้นั้น แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ 4 ขั้นตอนคือ การเพิ่มรหัสภาษาไทยเข้าในคีย์บอร์ด การเปลี่ยนความยาวข้อมูลในการรับส่งจาก 7 บิทเป็น 8 บิท การเพิ่มหน่วยความจำสำหรับบิทที่ 8 และการสร้างภาพตัวอักษรภาษาไทยบนจอภาพ

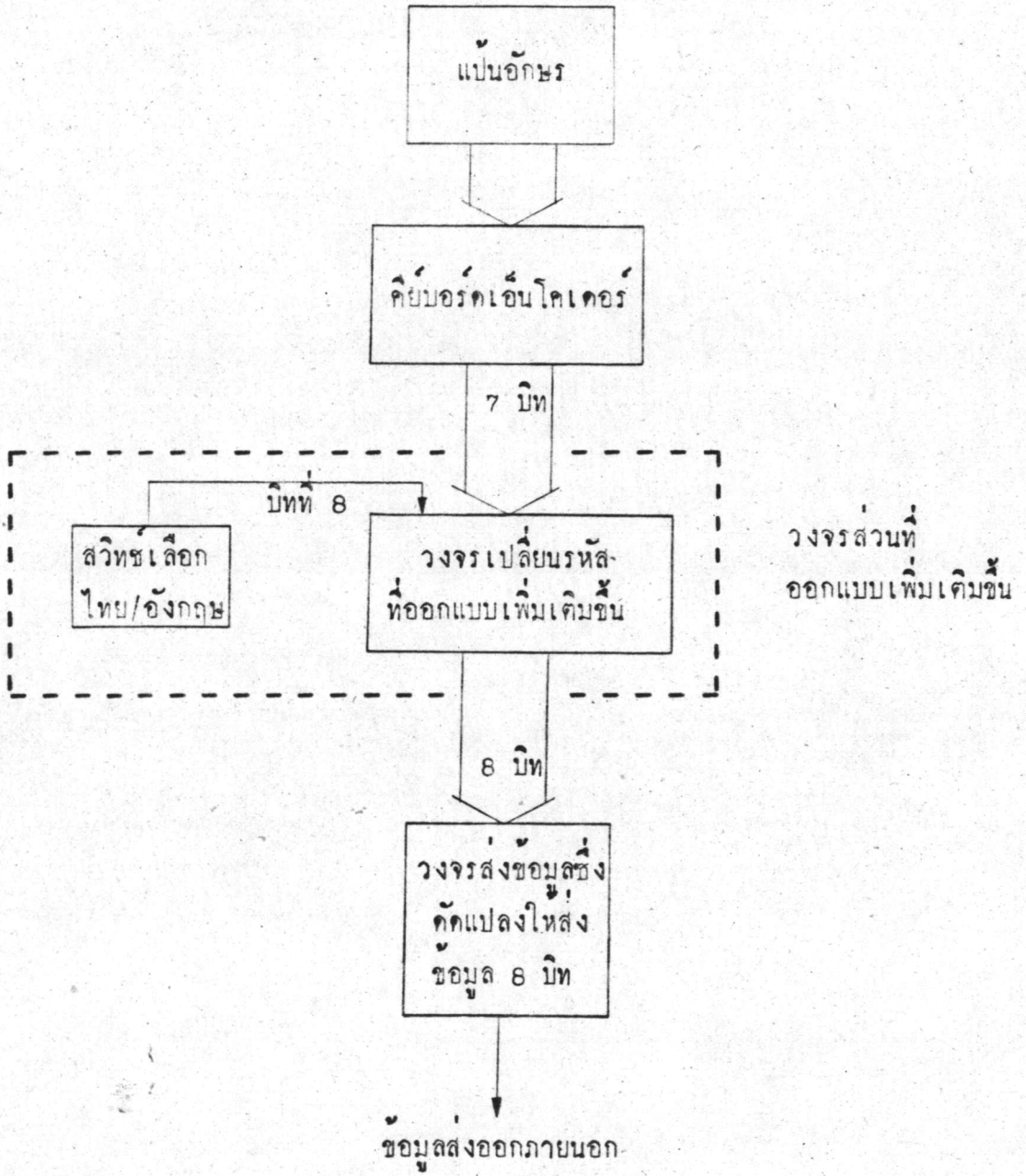
การเพิ่มภาษาไทยเข้าในคีย์บอร์ด

แป้นอักษรเดิมที่ใช้อยู่มี 3 ระดับ สำหรับกำเนิดรหัสควบคุม รหัสของภาษาอังกฤษและตัวอักษรพิเศษนั้น จะต้องเพิ่มขึ้นอีก 2 ระดับสำหรับภาษาไทยจากความแตกต่างในบิทที่ 8 ของรหัสเดิมกับรหัสภาษาไทย จึงเป็นการง่ายที่จะเลือกให้แป้นอักษรกำเนิดรหัสเดิมหรือรหัสภาษาไทยโดยเพียงแต่เพิ่มสวิทช์ขึ้นอีกสวิทช์หนึ่งบนแป้นอักษรเพื่อกำหนดระดับลอจิกของบิทที่ 8 ส่งไปยังวงจรรับส่งข้อมูล วิธีนี้จะทำให้สามารถกำเนิดรหัสเพิ่มขึ้นอีก 128 รหัสที่มีระดับลอจิกของบิทที่ 8 เป็น 1 แต่ตำแหน่งของแป้นอักษรภาษาไทยจะไม่ตรงรหัสของภาษาไทยที่กำเนิดขึ้น จึงต้องออกแบบวงจรเพื่อเปลี่ยนรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษในกรณีที่บิท 8 เป็นระดับลอจิก 1 ให้เป็นรหัสใหม่ที่ตรงกับแป้นอักษรภาษาไทย ผังการทำงานของคีย์บอร์ดใหม่เป็นดังรูปที่ 8

การออกแบบวงจรเปลี่ยนรหัส วงจรเปลี่ยนรหัสจะต้องสร้างรหัสใหม่ที่มี 8 บิทจากรหัสเก่าที่มี 8 บิท ภายในเวลา 17 ไมโครวินาที (ช่วงเวลาที่สัญญาณสโตรบ รอให้ข้อมูลสเตเบิล ดูรูปที่ 3) วิธีที่ง่ายที่สุด ในการสร้างความสัมพันธ์อันนี้ ก็คือใช้ร็อมที่มีแอ็ดเดรส 8 บิท และให้ข้อมูลออก 8 บิท ซึ่งมีดีเลย์ไทม์ (delay time) ไม่เกิน 17 ไมโครวินาที

รูปที่ 8

ผังการทำงานของคีย์บอร์ดใหม่



อย่างไรก็ตามการที่จะหารอมที่มีความสัมพันธ์ตามที่ต้องการนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง และต้องใช้เวลามาก จึงเลือกใช้อีพร็อม (EPROM - Erasable - Programmable Read Only Memory) แทน ซึ่งสามารถจะโปรแกรมได้เองภายในประเทศ อีพร็อมที่เหมาะสมที่จะใช้ในงานนี้ได้แก่เบอร์ 1702 เพราะมีขนาดความจุข้อมูล 256 × 8 ทำให้มีแอ็ดเดรส 8 บิท และข้อมูล 8 บิทดีเลย์ไทม์ (delay time)ไม่เกิน 1 ไมโครวินาที[11] นอกจากนี้ยังหาได้ง่าย ภายในประเทศอีกด้วย (ดูภาคผนวก ก สำหรับรายละเอียดของ 1702)

ในการใช้งานอีพร็อมเบอร์ 1702 จะต้องจ่ายแรงดันไฟฟ้า 2 ชุด คือ+5 โวลท์ และ -9 โวลท์ ในคีย์บอร์ดเดิม มีแรงดันจ่ายมาจากแหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด คือ + 5 และ-12 โวลท์ จึงต้องทำการปรับระดับแรงดัน จาก -12 โวลท์ ลงมาเป็น -9 โวลท์ โดยการใช้ซีเนอร์ ไดโอด ที่มีขีดกำหนดแรงดัน 9.1 โวลท์ เข้าช่วย ซึ่งคำนวณค่าความต้านทานที่จะต่อเพื่อจำกัดกระแสดังนี้

กระแสที่ 1702 ต้องการจากแหล่งจ่ายไฟ -9 โวลท์ ≃ 40 มิลลิแอมแปร์

แรงดันตกคร่อมความต้านทาน = 12 - 9.1 = 2.9 โวลท์

ค่าความต้านทานเมื่อไม่มีซีเนอร์ไดโอด = $\frac{2.9}{40} \times 1000$ = 72.5 โอห์ม

เลือกใช้ความต้านทานค่า 68 โอห์มเมื่อต่อร่วมกับซีเนอร์ไดโอด

กระแสที่จะไหลผ่านความต้านทาน 68 โอห์ม = $\frac{2.9}{68} \times 1000$ = 42.65 มิลลิแอมแปร์

ขนาดทนกำลังไฟฟ้าของความต้านทาน = $\frac{(2.9)^2}{68}$ = 0.12 วัตต์

เลือกความต้านทานที่ทนกำลังไฟฟ้า 0.5 วัตต์

และคำนวณขีดจำกัดกำลังของซีเนอร์ไดโอดดังนี้

กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอดเมื่อไม่ต่ออีพร็อม = 42.65 มิลลิแอมป์

กำลังสูญเสียในซีเนอร์ไดโอด ≃ $\frac{9.1 \times 42.65}{1000}$ = 0.38 วัตต์

เลือกขีดจำกัดกำลังของซีเนอร์ไดโอด 0.5 วัตต์

วงจรที่เพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงใหม่ของคีย์บอร์ด เพื่อทำให้รหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรตรงกับแป้นอักษรภาษาไทย และอังกฤษ เป็นไปตามรูปที่ 12

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่สมนัยกับแป้นอักษรและรหัสที่ส่งออกจากคีย์บอร์ดหาได้จากการวางตำแหน่งตัวอักษรของแป้นอักษรเดิมกับแป้นพิมพ์ดีดภาษาไทยซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ ดังนั้นข้อมูลที่จะโปรแกรมลงในอีพร็อมเปลี่ยนรหัสจะเป็นไปตามตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่าถ้าบิทที่ 8 เป็น 0 รหัสที่เข้ามากับออกไปจากอีพร็อมจะยังคงเป็นเช่นเดิมเสมอ และถึงแม้บิทที่ 8 เป็น 1 ถ้ารหัสที่เข้ามาเป็นรหัสควบคุม รหัสที่ออกมาก็ยังคงเป็นรหัสควบคุมเช่นเดิม โดยเปลี่ยนบิทที่ 8 ให้กลับเป็น 0 เพื่อให้ยังคงส่งรหัสควบคุมได้แม้จะตั้งสวิทช์ไว้ที่ตำแหน่งภาษาไทย

<u>การเปลี่ยนความยาวข้อมูลในการรับส่ง</u>

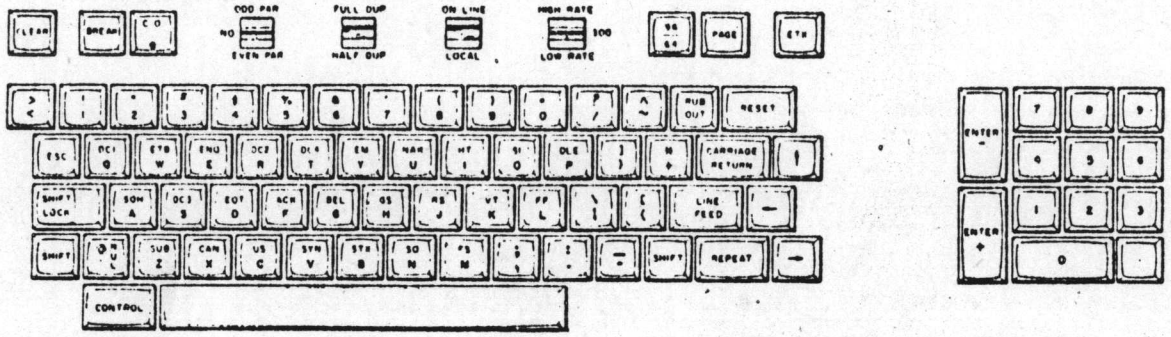
จากรหัสที่ได้กำหนดขึ้นใหม่ซึ่งมี 8 บิท ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงวงจรในส่วนรับส่งข้อมูล จากความยาวข้อมูล 7 บิท ให้เป็น 8 บิท วงจรในส่วนรับส่งข้อมูลที่จะทำการเปลี่ยนนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญซึ่งเป็น แอลเอสไอ ที่มีชื่อว่า ยูอาร์ต (ดูภาคผนวก ก. สำหรับรายละเอียดของยูอาร์ต) ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลชนิดซีเรียล แบบอซิงโครนัส ของบริษัท เวสเทอร์น ดิจิตัล (Western Digital) การเลือกความยาวข้อมูลในการรับส่งทำได้โดยกำหนดระดับลอจิกที่ขา 2 ขา ในจำนวน 40 ขาที่มีอยู่ ซึ่งสามารถเลือกความยาวข้อมูลได้ 4 แบบ คือ 5 บิท 6บิท 7บิท และ 8บิท (ดูตารางที่ 5).

วงจรเดิมได้ให้ระดับลอจิกของขา 37 เป็น +5 โวลท์ โดยการต่อผ่านความต้านทาน 1,000 โอห์ม สู่แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลท์ ส่วนขา 38 ต่ออยู่กับขา 35 ไปยังแอนด์เกทชนิด 2 อินพุท ซึ่งต่ออยู่กับสวิทช์เลือกพาริตีที่ส่วนแป้นอักษร การทำงานของวงจรเดิม(ดูรูปที่11) เป็นดังนี้

<u>เมื่อเลือกพาริตีคู่</u> แนนด์เกทขา 1 มีระดับลอจิกเป็น 0 ขา 2 มีระดับลอจิกเป็น 1 ได้เอาท์พุทที่ขา 3 เป็น 0 ขา 38 และ 35 จะกำหนดให้ยูอาร์ตรับส่งด้วยความยาว 7 บิท และมีพาริตีเป็นคู่ด้วยระดับลอจิก 1 ที่ขา 39

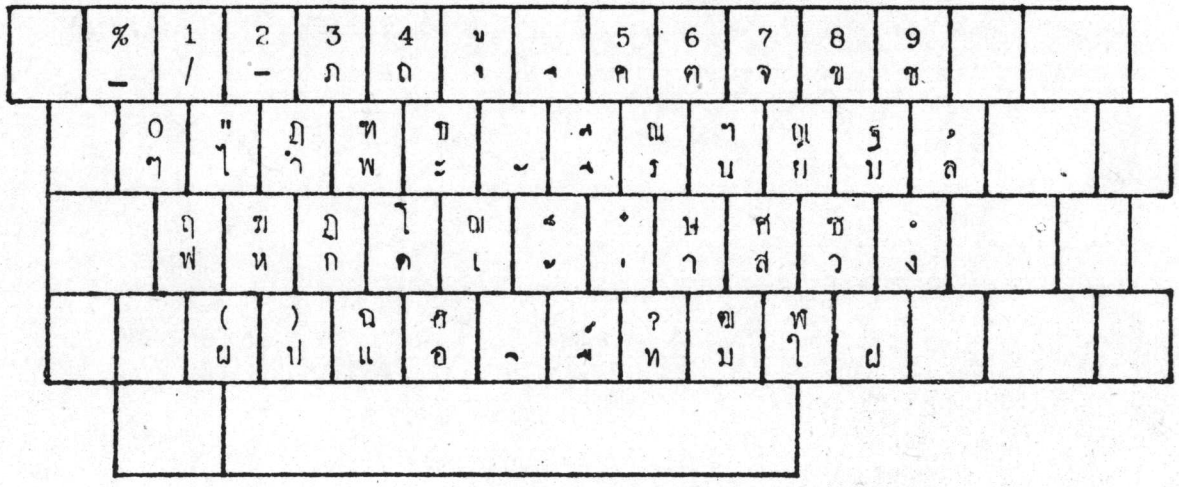
รูปที่ 9

แป้นอักษรภาษาอังกฤษเดิม



รูปที่ 10

แป้นอักษรภาษาไทยที่เพิ่มเติมเข้ากับแป้นเดิม



ตารางที่ 4

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอีพร็อม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
00	00	(C) @	NUL	15	15	(C) U OR →	NAK
01	01	(C) A	SOH	16	16	(C) V	SYN
02	02	(C) B	STX	17	17	(C) W	ETB
03	03	ETX	ETX	18	18	(C) X OR	
04	04	(C) D	EOT			CLEAR	CAN
05	05	(C) E	ENQ	19	19	(C) Y OR	
06	06	(C) F	ACK			RESET	EM
07	07	(C) G	BEL	1A	1A	(C) Z OR ↑	SUB
08	08	←	BS	1B	1B	ESC	ESC
09	09	(C) I	HT	1C	1C	(C) M OR	
0A	0A	LINE FEED	NL			ENTER-	FS
0B	0B	(C) K	VT	1D	1D	(C) H OR	
0C	0C	(C) L	FF			ENTER+	GS
0D	0D	CARR RETN	CR	1E	1E	(C) J	RS
0E	0E	(C) N	SO	1F	1F	(C) C	US
0F	0F	(C) O	SI	20	20		SPACE
10	10	(C) P	DLE	21	21	!	!
11	11	(C) Q	DC1	22	22	"	"
12	12	(C) R	DC2	23	23	#	#
13	13	(C) S	DC3	24	24	$	$
14	14	(C) T	DC4	25	25	%	%

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอิพร็อม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
26	26	&	&	3B	3B	;	;
27	27	'	'	3C	3C	<	<
28	28	(	(	3D	3D	=	=
29	29	)	)	3E	3E	>	>
2F	2F	*	*	3F	3F	?	?
2B	2B	+	+	40	40	@	@
2C	2C	,	,	41	41	(S) A	A
2D	2D	-	-	42	42	(S) B	B
2E	2E	.	.	43	43	(S) C	C
2F	2F	/	/	44	44	(S) D	D
30	30	0	0	45	45	(S) E	E
31	31	1	1	46	46	(S) F	F
32	32	2	2	47	47	(S) G	G
33	33	3	3	48	48	(S) H	H
34	34	4	4	49	49	(S) I	I
35	35	5	5	4A	4A	(S) J	J
36	36	6	6	4B	4B	(S) K	K
37	37	7	7	4C	4C	(S) L	L
38	38	8	8	4D	4D	(S) M	M
39	39	9	9	4E	4E	(S) N	N
3A	3A	:	:	4F	4F	(S) O	O

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอิพรอม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
50	50	(S) P	P	65	65	E	E
51	51	(S) Q	Q	66	66	F	F
52	52	(S) R	R	67	67	G	G
53	53	(S) S	S	68	68	H	H
54	54	(S) T	T	69	69	I	I
55	55	(S) U	U	6A	6A	J	J
56	56	(S) V	V	6B	6B	K	K
57	57	(S) W	W	6C	6C	L	L
58	58	(S) X	X	6D	6D	M	M
59	59	(S) Y	Y	6E	6E	N	N
5A	5A	(S) Z	Z	6F	6F	O	O
5B	5B	[	[	70	70	P	P
5C	5C	\	\	71	71	Q	Q
5D	5D	]	]	72	72	R	R
5E	5E	^	^	73	73	S	S
5F	5F	_	_	74	74	T	T
60	60	`	`	75	75	U	U
61	61	A	A	76	76	V	V
62	62	B	B	77	77	W	W
63	63	C	C	78	78	X	X
64	64	D	D	79	79	Y	Y

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอิพร็อม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
7A	7A	Z	z	8F	0F	(C) O	SI
7B	7B	{	{	90	10	(C) P	DLE
7C	7C	|	|	91	11	(C) Q	DC1
7D	7D	}	}	92	12	(C) R	DC2
7E	7E	~	~	93	13	(C) S	DC3
7F	7F	RUB OUT	DEL	94	14	(C) T	DC4
80	00	(C) @	NUL	95	15	(C) U OR →	NAK
81	01	(C) A	SOH	96	16	(C) V	SYN
82	02	(C) B	STX	97	17	(C) W	ETB
83	03	ETX	ETX	98	18	(C) X OR CLEAR	CAN
84	04	(C) D	EOT	99	19	(C) Y OR RESET	EM
85	05	(C) E	ENQ	9A	1A	(C) Z OR ↑	SUB
86	06	(C) F	ACK	9B	1B	ESC	ESC
87	07	(C) G	BEL	9C	1C	(C) M OR ENTER-	FS
88	08	←	BS	9D	1D	(C) H OR ENTER+	GS
89	09	(C) I	HT	9E	1E	(C) J	RS
8A	0A	LINE FEED	NL	9F	1F	(C) C	US
8B	0B	(C) K	VT				
8C	0C	(C) L	FF				
8D	0D	CARR RETN	CR				
8E	0E	(C) N	SO				

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอิพรอม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
A0	20		SPACE	B5	B5	5	ถ
A1	25	!	%	B6	D8	6	่
A2	31	"	1	B7	D6	7	ั
A3	32	#	2	B8	A3	8	ค
A4	33	$	3	B9	B4	9	ต
A5	34	%	4	BA	CB	:	์
A6	D9	&	ๆ	BB	B1	;	ผ
A7	D6	'	ั	BC	3C	<	<
A8	35	(	5	BD	37	=	7
A9	36	)	6	BE	3E	>	>
AA	2C	*	,	BF	38	?	8
AB	C4	+	ส	C0	40	@	@
AC	C0	,	ม	C1	C3	(S) A	ฤ
AD	BC	-	ฝ	C2	D4	(S) B	ิ
AE	DD	.	ุ	C3	A8	(S) C	ฉ
AF	A1	/	ฃ	C4	AE	(S) D	ฎ
B0	A7	0	จ	C5	AD	(S) E	ฏ
B1	5F	1	_	C6	DC	(S) F	โ
B2	2F	2	/	C7	AB	(S) G	ฬ
B3	2D	3	-	C8	E4	(S) H	็
B4	BF	4	ภ	C9	B2	(S) I	ฬ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็คเครสที่จะโปรแกรมเข้าอิพรอม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก	รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
CA	E3	(S) J	่	DF	BC	_	ฝ
CB	C8	(S) K	ษ	E0	40	`	๏
CC	C7	(S) L	ศ	E1	BE	A	ฟ
CD	3F	(S) M	?	E2	D4	B	ิ
CE	E5	(S) N	์	E3	DB	C	แ
CF	CF	(S) O	ๆ	E4	A0	D	ก
D0	AC	(S) P	ญ	E5	D3	E	ำ
D1	30	(S) Q	๐	E6	B3	F	ด
D2	B0	(S) R	ฑ	E7	DA	G	เ
D3	A5	(S) S	ฬ	E8	E1	H	้
D4	B7	(S) T	ธ	E9	C2	I	ร
D5	E2	(S) U	็	EA	E0	J	่
D6	CD	(S) V	ฮ	EB	D2	K	า
D7	22	(S) W	"	EC	C9	L	ส
D8	29	(S) X	)	ED	B6	M	ท
D9	D1	(S) Y	ุ	EE	D7	N	ี
DA	28	(S) Z	(	EF	B8	O	น
DB	2E	[	.	EF	B8	O	น
DC	AA	\	ซ	F0	C1	P	ย
DD	AF	]	ฐ	F1	CE	Q	ๆ
DE	39	^	9	F2	BD	R	พ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ความสัมพันธ์ระหว่างรหัสที่กำเนิดจากแป้นอักษรภาษาอังกฤษ
และแป้นอักษรภาษาไทย ตามแอ็ดเดรสที่จะโปรแกรมเข้าอีพรอม

รหัสจากแป้นอักษร	รหัสส่งออก	แป้นอักษรภาษาอังกฤษ	ชื่อรหัสส่งออก
F3	CA	S	ห
F4	D0	T	ะ
F5	D5	U	็
F6	CC	V	อ
F7	DE	W	ไ
F8	BA	X	ป
F9	D1	Y	ั
FA	BB	Z	ผ
FB	A6	{	ง
FC	C6	|	ว
FD	B9	}	บ
FE	A9	~	ช
FF	7F	RUB OUT	DEL

ตารางที่ 5

การโปรแกรมยูอาร์ตโดยกำหนดระดับลอจิกที่ขาต่าง ๆ

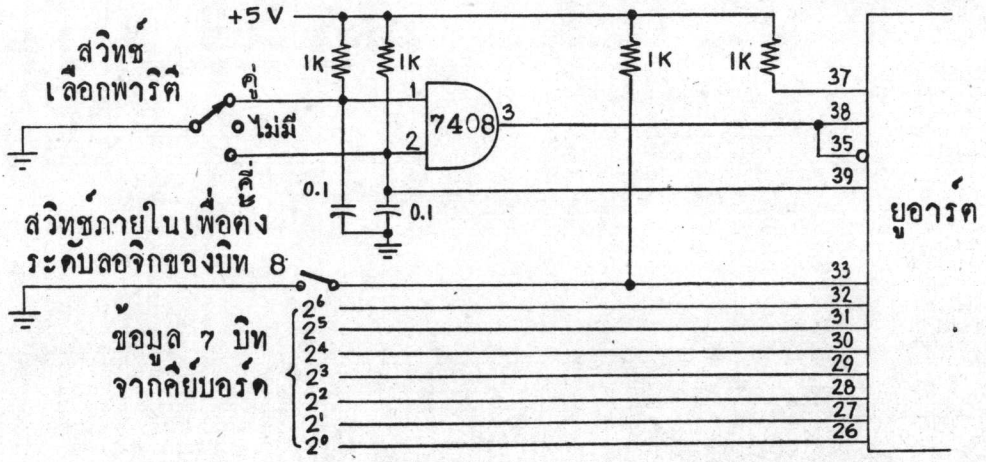
ระดับลอจิก		ความยาวข้อมูล (บิท)
ขา 37	ขา 38	
0	0	5
0	1	6
1	0	7
1	1	8

ระดับลอจิก ขา 35	พาริตี
0	มี
1	ไม่มี

ระดับลอจิก ขา 39	พาริตี
0	คู่
1	คี่

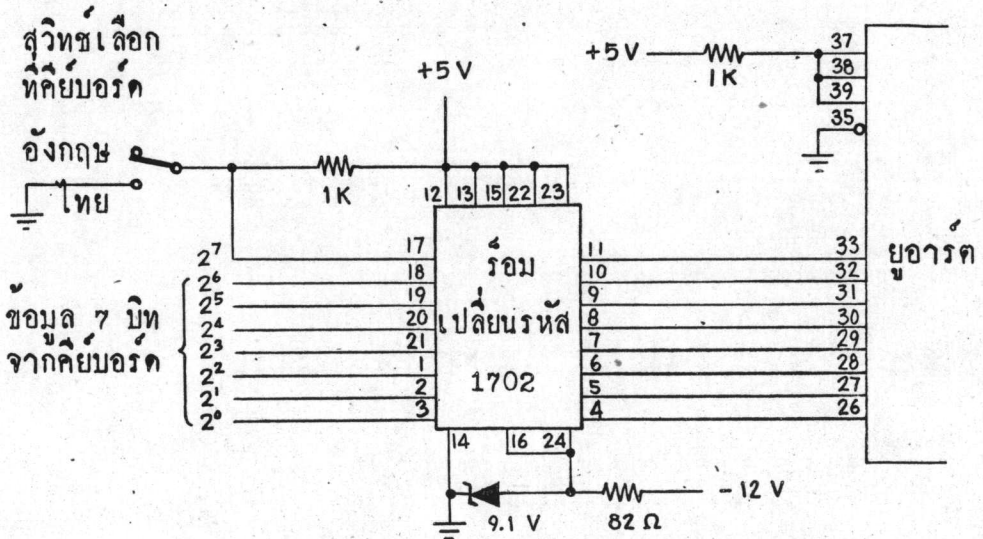
รูปที่ 11

วงจรเดิมของการโปรแกรมยูอาร์ต



รูปที่ 12

วงจรที่ออกแบบเพิ่มเติมและดัดแปลงใหม่ของยูอาร์ตและวงจรเปลี่ยนรหัส



เมื่อเลือกพาริตีคี่ แนนด์เกทขา 1 มีระดับลอจิกเป็น 1 ขา 2 มีระดับลอจิกเป็น 0 ได้เอาท์พุทที่ขา 3 เป็น 0 ขา 38 และ 35 จะกำหนดให้ยูอาร์ตรับส่งด้วยความยาว 7 บิท และมีพาริตีเป็นคี่ด้วยระดับลอจิก 0 ที่ขา 39

เมื่อเลือกไม่มีพาริตี แนนด์เกทขา 1 และ 2 จะมีระดับลอจิกเป็น 1 ได้ระดับลอจิกที่เอาท์พุทขา 3 เป็น 1 ขา 38 และ 35 จะกำหนดให้ยูอาร์ตรับส่งด้วยความยาว 8 บิท และไม่มีพาริตี ระดับลอจิกที่ขา 39 ไม่มีผลควบคุมส่วนระดับลอจิกที่ขา 33 จะเป็นตัวกำหนดค่าของบิทที่ 8 ซึ่งเลือกได้จากการเปิดหรือปิดสวิทช์

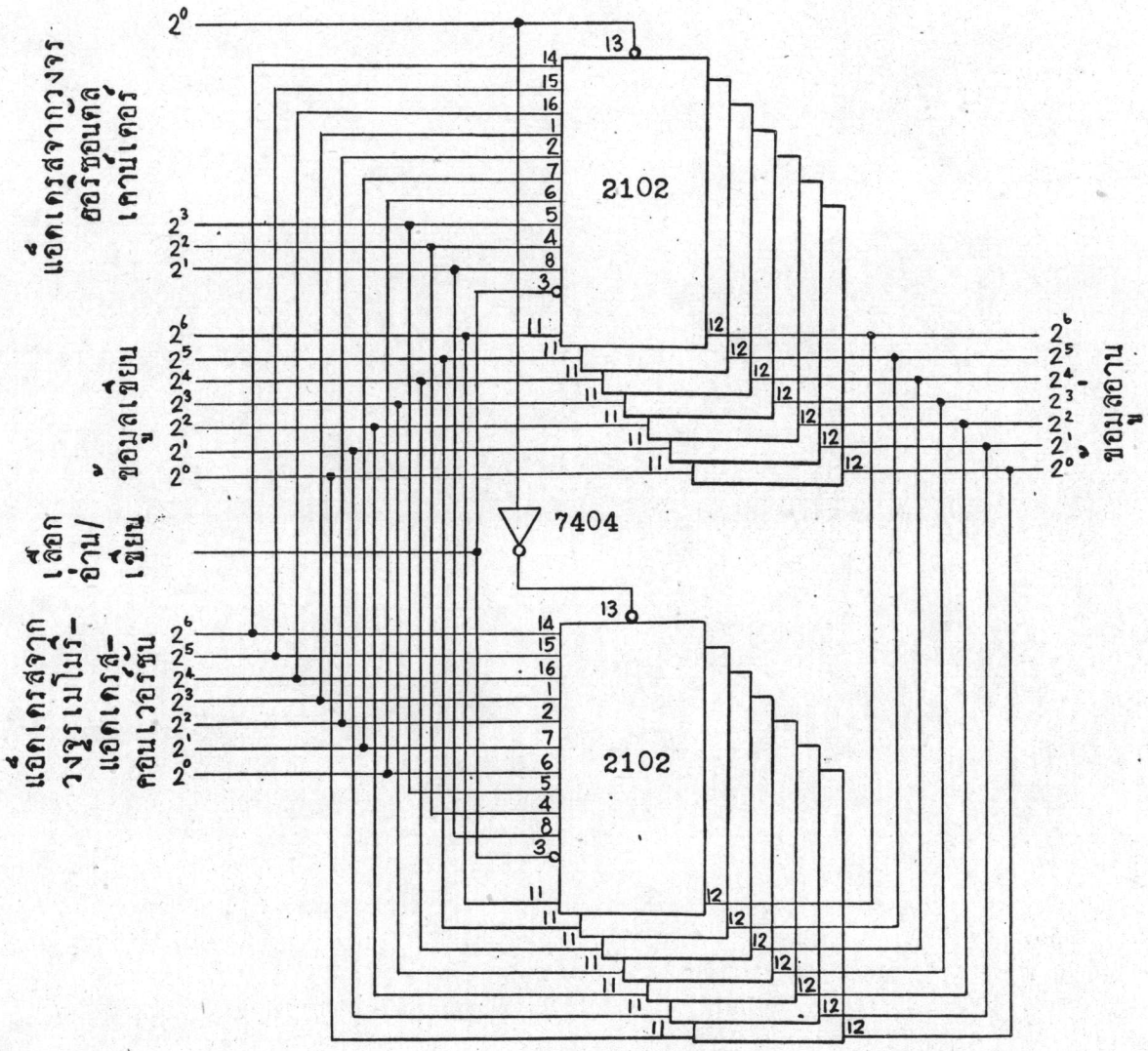
การเปลี่ยนวงจรใหม่เพื่อให้รับส่งด้วยความยาวข้อมูล 8 บิท ทำได้โดยกำหนดระดับลอจิก ของขา 35, 38 และ 39 เสียใหม่ ดังรูปที่ 12 โดยถือว่าระบบจอภาพจะรับส่งข้อมูลกับซีแอลเอ โดยมีพาริตี เป็นคู่เสมอตามซอฟแวร์ของโปรแกรมควบคุมการทำงาน จากวงจรจะเห็นว่าระดับลอจิกที่ขา 38 และ 39 เป็น 1 เสมอ ทำให้ ความยาวข้อมูลในการรับส่งเป็น 8 บิท และพาริตีเป็นคู่ ส่วนระดับลอจิกที่ขา 35 กำหนดให้เป็น 0 จึงมีพาริตีเสมอ สำหรับขา 33 นั้นต่อเข้ากับวงจรเปลี่ยนรหัสซึ่งเพิ่มเติมขึ้น ทำให้มีระดับลอจิกเป็น 0 สำหรับข้อมูลภาษาอังกฤษ และระดับลอจิกเป็น 1 สำหรับภาษาไทย (ดูข้อมูลภายในของร็อมเปลี่ยนรหัสในตารางที่ 4 ประกอบ)

การเพิ่มหน่วยความจำสำหรับบิทที่ 8

เมื่อมีการใช้ข้อมูล 8 บิท หน่วยความจำภายในส่วนจอภาพจะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลของบิทที่ 8 หน่วยความจำเดิมสามารถเก็บข้อมูล 7 บิทได้ 2048 ตัวอักษร แต่ใช้จริงเพียง 1920 แอ็ดเดรส เท่ากับจำนวนตัวอักษรทั้งหมดที่จะแสดงได้บนจอภาพ แร็มที่ใช้เป็นหน่วยความจำเป็น ของบริษัทอินเทล (Intel) เบอร์ 2102A -4 ซึ่งเป็นสแตติคแร็ม (Static RAM) ขนาด 1024x1 บิท ความเร็ว 450 นาโนวินาที[11](รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ก) จำนวน 14 ตัว รับข้อมูลมาจากฮอริซอนตัลเคาน์เตอร์ 4 บิท และรับข้อมูลจากวงจรเมมโมรีแอ็ดเดรสคอนเวอชัน อีก 7 บิท โดยแบ่งหน่วยความจำ ออกเป็น 2 แบ็งค์(Bank) แบ็งค์ละ 7 ตัว (ดูรูปที่ 13 ประกอบ) แบ็งค์แรกจะเป็นข้อมูลสำหรับตัว

รูปที่ 13

วงจรของหน่วยความจำในระบบจอภาพ



อักษรบนจอภาพ ตำแหน่งที่เป็นเลขคู่ (0, 2, 4,....) อีกแบ็งค์หนึ่งเป็นข้อมูลสำหรับตัวอักษรเลขคี่ (1, 3, 5,....) ซึ่งใช้สัญญาณบิท 2^0 ที่ได้จากฮอริซอนตัลเคาน์เตอร์มาเป็นชิปซีแล็กท์ (chip select) สัญญาณแอ็ดเดรสของทุกๆ ชิปต่อร่วมกันหมด สัญญาณข้อมูลเข้าออกของชิปต่อบิทเดียวกันร่วมกัน โดยสัญญาณข้อมูลเข้าหน่วยความจำรับมาจากข้อมูลออกของยูอาร์ท จำนวน 7 บิท หรือ ข้อมูลจากคีย์บอร์ด ซึ่งเลือกที่มัลติเพล็กเซอร์ชิป[12] เบอร์ 74157

สัญญาณที่ได้จากหน่วยความจำแต่ละบิท จะส่งเข้าแล็ทช์ (latch) ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 74175 ใช้จำข้อมูลชั่วคราวเป็นเวลา 616.6 นาโนวินาทีขณะที่ป้อนให้วงจรคาแร็กเตอร์-เจเนอเรเตอร์ ทั้งนี้เพื่อหน่วงเวลารอจนกว่าจะได้ข้อมูลออกมาจาก คาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ชิป

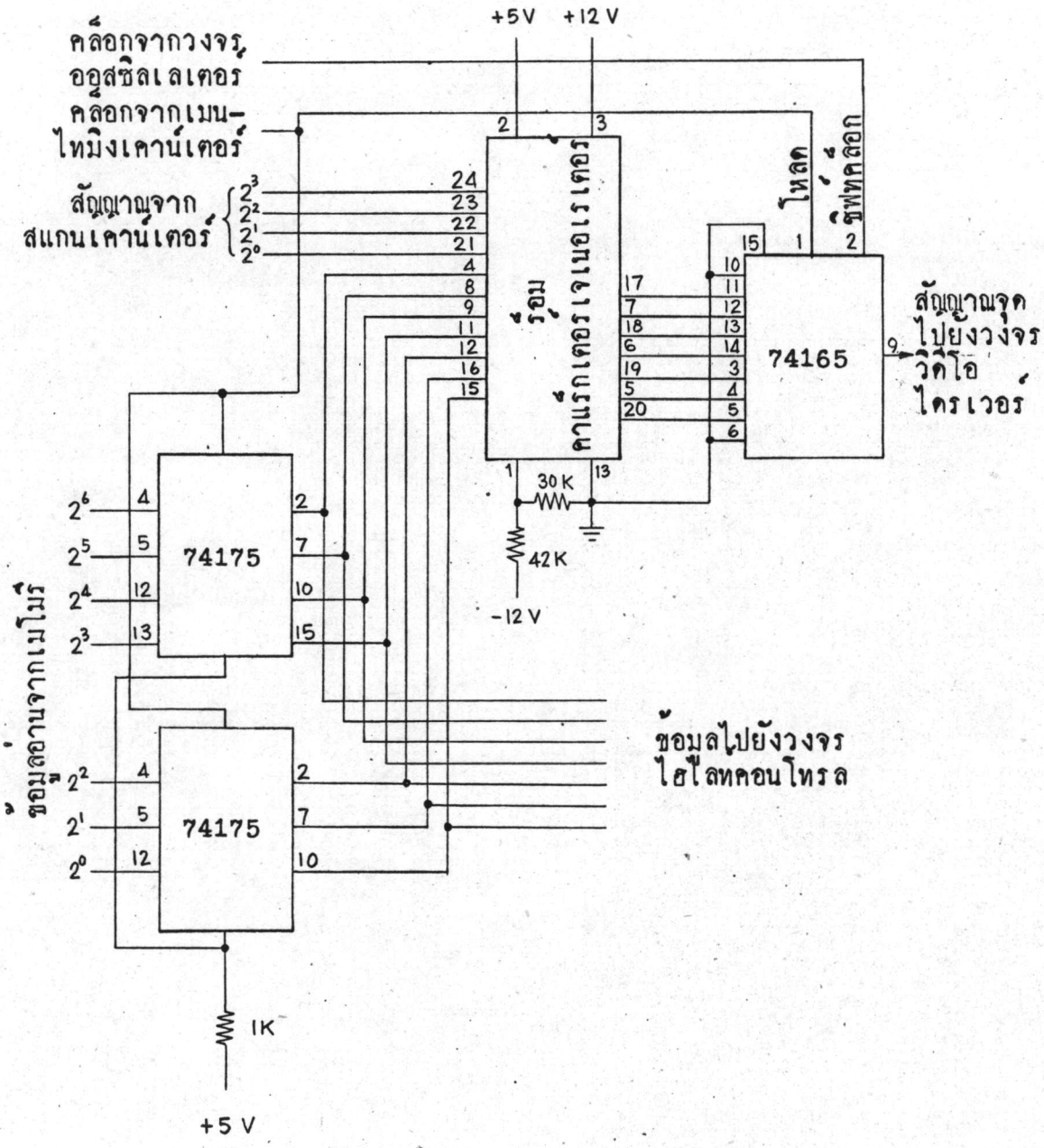
วงจรของหน่วยความจำที่เพิ่มเติมขึ้นนั้นใช้วิธีเลียนแบบของเดิมที่มีอยู่ กล่าวคือใช้แร็มเบอร์ 2102 -4 ซึ่งหาได้ในประเทศไทยจำนวน 2 ตัวต่อสัญญาณออกเข้ากับไอซี เบอร์ 74175 ซึ่งเพิ่มเติมขึ้น ข้อมูลที่ใช้เขียนลงหน่วยความจำก็นำมาจากบิทที่ 8 ซึ่งมาจากยูอาร์ทหรือคีย์บอร์ด โดยเลือกจากมัลติเพล็กเซอร์ เบอร์ 74157 ที่เพิ่มเติมขึ้น เช่นเดียวกัน ข้อมูลออกบิทที่ 8 ส่งไปให้วงจรคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ที่ออกแบบขึ้นใหม่ สายสัญญาณข้อมูลและชิปซีเล็กท์ต่อร่วมกับของหน่วยความจำเดิม ซึ่งยังคงทำได้โดยไม่ต้องผ่านบัฟเฟอร์ เพราะแฟนเอาท์ของวงจรก่อนหน้านี้ยังไม่เกิน 10 ยูนิตโหลด (unit load)

<u>การสร้างภาพตัวอักษรภาษาไทยบนจอภาพ</u>

วงจรเดิมที่ใช้ในการกำเนิดภาพตัวอักษรแสดงไว้ในรูปที่ 14 ข้อมูล 7 บิท จากหน่วยความจำจะถูกอ่านออกมาเก็บไว้ในแล็ทช์ 7 บิท ซึ่งข้อมูลจากแล็ทช์จะป้อนเข้าโดยตรงสู่ร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ ในส่วนที่เป็นแอ็ดเดรสซึ่งมีอยู่ 11 สาย ส่วนที่เหลืออีก 4 สาย จะมาจากวงจรสแกนเคาน์เตอร์ ซึ่งจะนับจาก 0 ถึง 9 เพื่อระบุลำดับที่ของเส้นที่กวาดบนจอสำหรับ 1 บรรทัดของตัวอักษรจากนั้น ข้อมูลที่เป็นจุดของตัวอักษร 7 จุด จะป้อนเข้าชิฟท์รีจิสเตอร์ 9 บิท เพื่อสร้างภาพ 1 เส้น ของตัวอักษร 1 ตัว ส่งไปวงจรวิดีโอไดรเวอร์ต่อไป

รูปที่ 14

วงจรเดิมของคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์



ร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ ที่ใช้อยู่เดิมเป็นชนิด 2048 แอ็ดเดรส แต่ละแอ็ดเดรสให้ข้อมูล 7 บิท[5] ซึ่งมีแอ็ดเดรสที่ใช้งานจริงเพียง 1280 แอ็ดเดรส (รหัสใช้งาน 128 รหัสๆ ละ 10 เส้นกวาด)

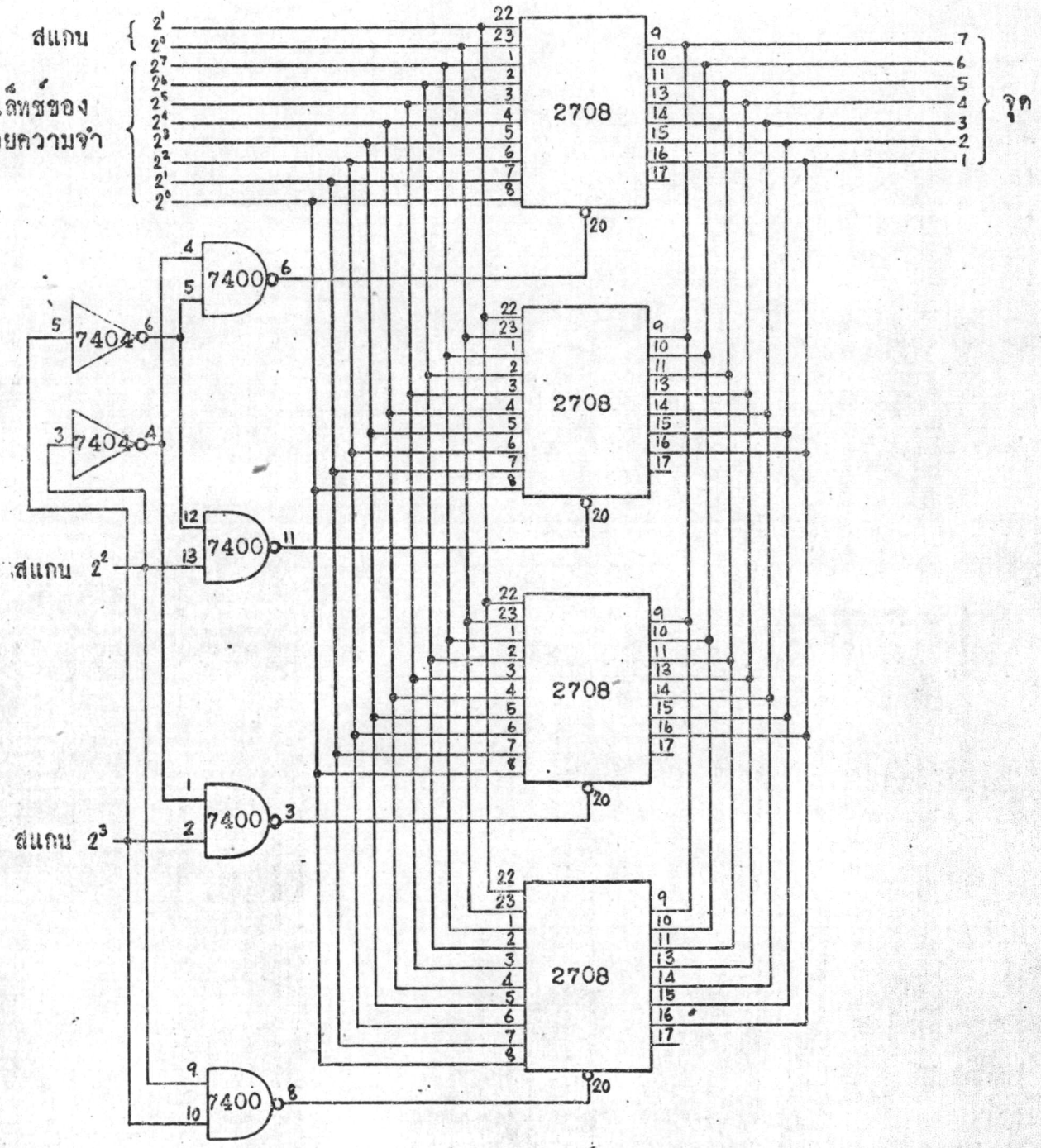
เมื่อต้องการเพิ่มรหัสภาษาไทยอีก 70 รหัส จะต้องการแอ็ดเดรสเพิ่มอีก 700 แอ็ดเดรส โดยที่แอ็ดเดรสลายน์เพิ่มขึ้นอีก 1 เส้น ซึ่งเป็นของบิทที่ 8 ดังนั้น ร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ ทั้งหมดสำหรับภาษาไทยและอังกฤษจะต้องมีแอ็ดเดรสลายน์ทั้งสิ้น 12 เส้น โดยแยกเป็น 8 เส้น สำหรับข้อมูลจากหน่วยความจำ 8 บิท และ 4 เส้น จากวงจรสแกนเคาน์เตอร์ และให้ข้อมูลออก 7 บิท สำหรับจุดตามแนวนอนของตัวอักษร 1 ตัวจำนวน 1 เส้นกวาด เช่นเดิม หมายความว่า ร็อมที่ใช้จะต้องมีแอ็ดเดรสทั้งหมด 4096 แอ็ดเดรส(2^{12}) โดยมีแอ็ดเดรสที่ใช้งานเพียง 1980 แอ็ดเดรสเท่านั้น

<u>การออกแบบวงจรคาแรกเตอร์เจเนอเรเตอร์ภาษาไทย-อังกฤษ</u> จากจำนวนแอ็ดเดรสลายน์ทั้งหมดที่มีอยู่สามารถออกแบบวงจรคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ได้ง่ายๆ โดยใช้ร็อมกำเนิดตัวอักษรที่มีขนาด 4096X7 ซึ่งหาไม่ได้ในประเทศไทย ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการโปรแกรมร็อม จึงเลือกใช้อีพร็อม ขนาด 1024X8 ซึ่งได้แก่เบอร์ 2708 ของอินเทล[11] มีความเร็ว 450 นาโนวินาที ซึ่งน้อยกว่าขีดจำกัด 616.6 นาโนวินาที โดยออกแบบวงจรเพื่อเลือกแอ็ดเดรสลายน์ 2 เส้น มาดีโคด ด้วยเกทออกเป็นสัญญาณ ชิปซีเล็กท์ 4 สัญญาณสำหรับอีพร็อมแต่ละตัว ซึ่งถ้าเราเลือกแอ็ดเดรสลายน์ 2 เส้น เป็นสัญญาณสแกนเคาน์เตอร์ 2^2 และ 2^3 จะได้วงจรดังรูปที่ 15 อย่างไรก็ตามหากจะพิจารณาสัญญาณสแกนเคาน์เตอร์ 2^2 และ 2^3 แล้ว จะเห็นว่าคอมบิเนชันของสัญญาณ 2 สัญญาณนี้มีเพียง 3 กรณีเท่านั้น (ดูตารางที่ 6) เพราะการนับของวงจรสแกนเคาน์เตอร์นับจาก 0 ถึง 9 ดังนั้นจึงสามารถลดอีพร็อมตัวล่างสุดลงได้ วงจรที่ใช้จริงจึงเป็นตามรูปที่ 16 ซึ่งใช้อีพร็อมเพียง 3 ตัว

อีพร็อม 3 ตัวที่ใช้จะมีแอ็ดเดรสได้ถึง 3072 แอ็ดเดรส เมื่อดูตามตารางที่ 6 จะเห็นว่าอีพร็อมตัวที่ 3 ใช้งานเพียงครึ่งเดียว ทำให้เป็นไปได้ที่จะลดขนาดของอีพร็อมตัวที่ 3 ลงเหลือ 512 แอ็ดเดรส แต่ต้องมีความเร็วเท่ากัน เนื่องจากอีพร็อมขนาดนี้ไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย และเพื่อความสะดวกในการโปรแกรมจึงยังคงต้องใช้เบอร์ 2708 ตามเดิม

รูปที่ 15

วงจรของคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ก่อนการลด



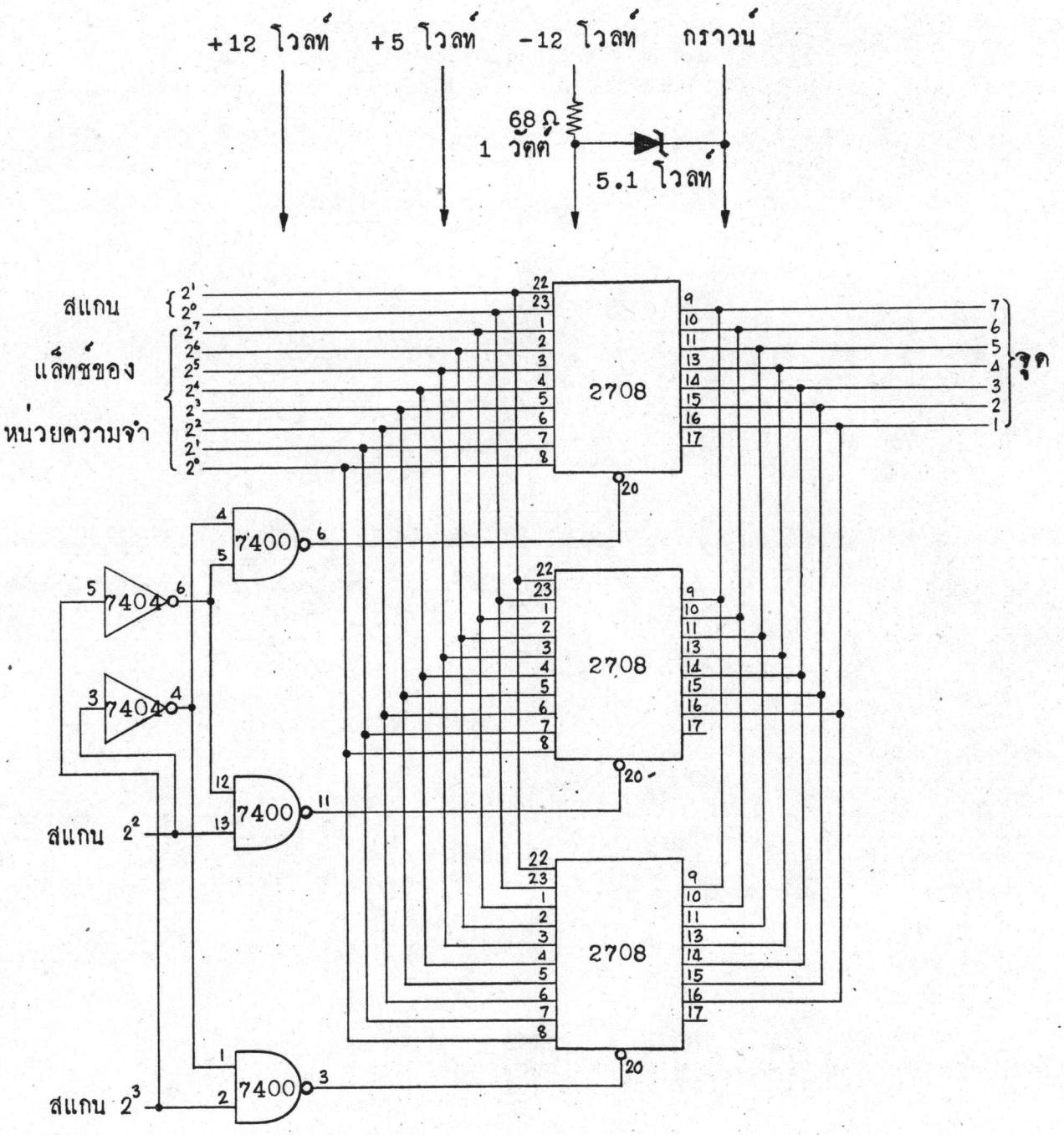
ตารางที่ 6

คอมบิเนชันของสัญญาณจากวงจรสแกนเคาน์เตอร์

นับ	สแกนเคาน์เตอร์				
	2^3	2^2	2^1	2^0	
0	0	0	0	0	อิพร็อม ตัวที่ 1
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	อิพร็อม ตัวที่ 2
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	อิพร็อม ตัวที่ 3
9	1	0	0	1	
รีเซ็ท ▷					
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	

รูปที่ 16

วงจรสมบูรณ์ของคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ที่ออกแบบขึ้นใหม่



จากจำนวนแอ็ดเดรสที่ใช้จริง 1980 แอ็ดเดรส ก็เป็นไปได้ที่จะลดอีพร็อมลงเหลือเพียง 2048 แอ็ดเดรส แต่เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องในแอ็ดเดรสที่ใช้งานทำให้การดีโคดแอ็ดเดรสใหม่ เพื่อให้แอ็ดเดรสในร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ต่อเนื่องนั้น ทำไม่ได้ถ้าใช้เกทธรรมดาจำนวนน้อย ดังนั้นการลดอีพร็อมที่เป็นคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ลงเหลือเพียง 2 ตัว จะต้องเพิ่มเกทขึ้นอีกจำนวนมากซึ่งจะดึงกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟมากเกินไป หรือถ้าหันมาใช้ร็อมเข้าทำหน้าที่ดีโคดแอ็ดเดรสแทนก็จะมีจำนวนชิปเท่ากันและทำให้ไทมิงของวงจรเสียไปได้

เนื่องจากอีพร็อมเบอร์ 2716 ต้องการแรงดัน 3 ค่าคือ +5, -5 และ +12 โวลท์ ซึ่งไม่มีแรงดัน -5 โวลท์จากแหล่งจ่ายไฟ จะมีแต่แรงดัน -12 โวลท์ จึงต้องออกแบบวงจรลดแรงดัน ซึ่งทำแบบง่ายๆ โดยใช้ซีเนอร์ไดโอดกับความต้านทาน คำนวณได้ดังนี้

ซีเนอร์ไดโอด มีแรงดันซีเนอร์ 5.1 โวลท์

กระแสที่อีพร็อมเบอร์ 2708 ต้องการจากแรงดัน 5 โวลท์ = 30 มิลลิแอมแปร์

กระแสสูงสุดของแรงดัน -5 โวลท์ ที่ต้องจ่าย = 30×3 มิลลิแอมแปร์

= 90 มิลลิแอมแปร์

แรงดันตกคร่อมความต้านทานที่ใช้ลดแรงดัน = 12-5.1 =6.9 โวลท์

ค่าความต้านทาน $= \frac{6.9}{90} \times 1000 = 76.67$ โอห์ม

เลือกใช้ความต้านทาน 68 โอห์ม

กระแสไหลผ่านความต้านทาน $= \frac{6.9}{68} \times 1000 = 101.47$ มิลลิแอมแปร์

กำลังสูญเสียในความต้านทาน $= \frac{(6.9)^2}{68} = 0.7$ วัตต์

ใช้ความต้านทานขนาด 68 โอห์ม 1 วัตต์

หาขนาดการทนกำลังของซีเนอร์ไดโอด

เมื่อไม่ต่ออีพร็อม กระแสไหลผ่านซีเนอร์ไดโอด = 101.47 มิลลิแอมแปร์

กำลังสูญเสียในซีเนอร์ไดโอด $= 9.1 \times 101.47 = 0.923$ วัตต์

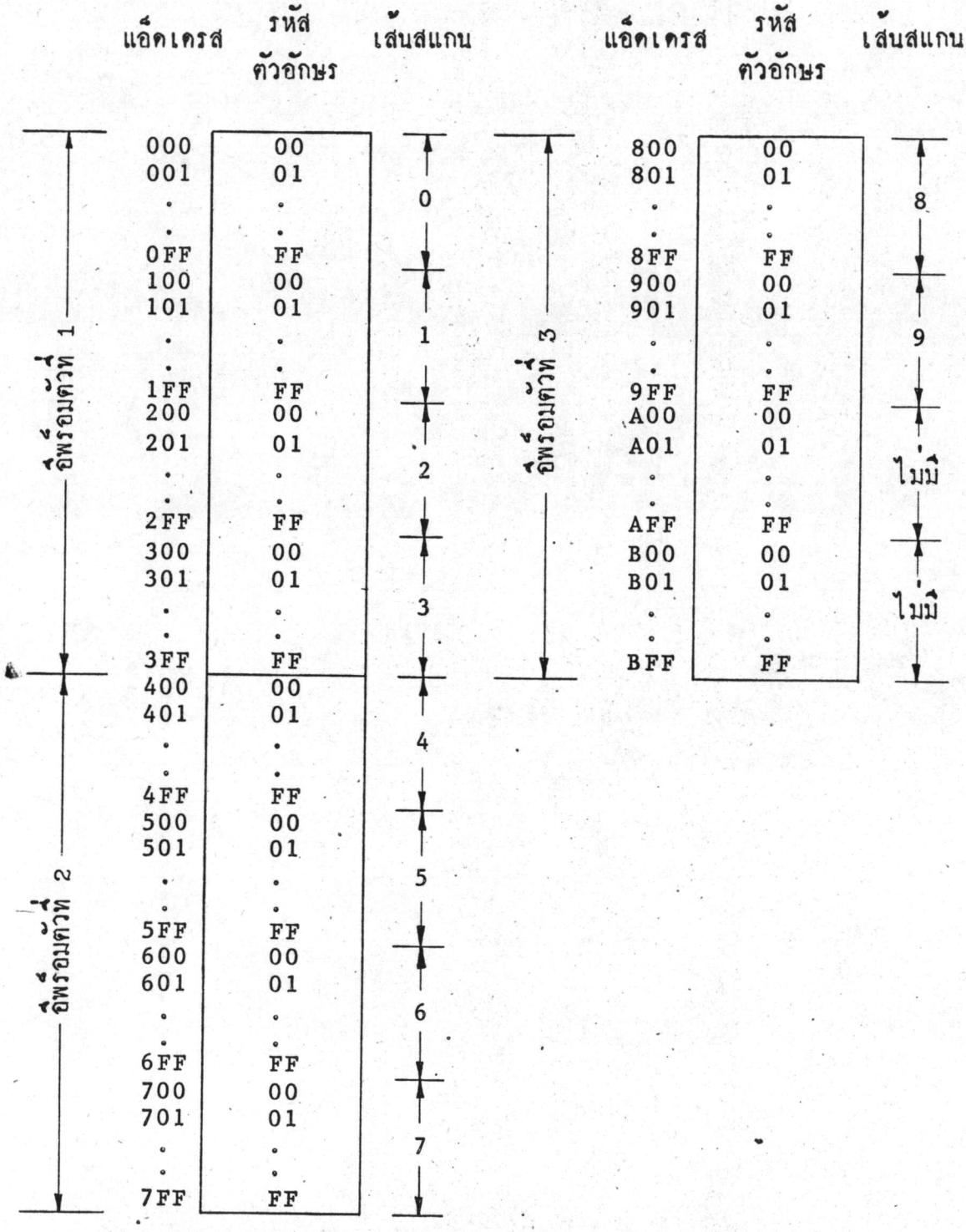
เลือกใช้ซีเนอร์ไดโอดขนาด 1 วัตต์

การเปลี่ยนจุดของตัวอักษรที่ออกแบบไว้ให้เป็นข้อมูลบรรจุลงในอีพร็อม จากวงจรที่ออกแบบไว้ในรูปที่ 16 สามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างภาพที่จะแสดงบนจอกับแอ็ดเดรสของอีพร็อมคาแรกเตอร์เจเนอเรเตอร์ ได้ตามรูปที่ 17 อีพร็อมแต่ละตัว มีแอ็ดเดรสลายน์อยู่ 10 เส้น และชิปเอเนเบิล แอ็ดเดรสลายน์ 2^0 ถึง 2^7 รับข้อมูล จากหน่วยความจำซึ่งก็คือรหัสตัวอักษร $(00)_{16}$ ถึง $(FF)_{16}$ แอ็ดเดรสลายน์ 2^8 และ 2^9 รับข้อมูลจากสัญญาณสแกน 2 บิทล่างคือ 2^0 และ 2^1 ซึ่งเป็นคอมบิเนชันของเส้นสแกน 4 เส้น และชิปเอเนเบิลเป็นตัวกำหนดว่าเป็นเส้นสแกน 4 เส้นชุดใดใน 3 ชุด ดังนั้นข้อมูลในอีพร็อมแต่ละตัวจะเรียงตามลำดับจากเส้นสแกน 0 ของรหัส $(00)_{16}$ ถึง $(FF)_{16}$ แล้วเปลี่ยนเป็นเส้นสแกน 1 ของรหัส$(00)_{16}$ ถึง $(FF)_{16}$ จนครบเส้นสแกน 3 ของรหัส $(FF)_{16}$ ก็หมดข้อมูลในอีพร็อมตัวแรก เริ่มใหม่ที่อีพร็อมตัวที่ 2 เป็นเส้นสแกน 4 ของรหัส $(00)_{16}$ สิ้นสุดลงที่เส้นสแกนที่ 7 ของรหัส $(FF)_{16}$ เป็นอันสิ้นสุดข้อมูลในอีพร็อมตัวที่ 2 สำหรับอีพร็อมตัวที่ 3 จะเริ่มต้นที่เส้นสแกน 8 ของรหัส $(00)_{16}$ จนถึงรหัส $(FF)_{16}$ เส้นสแกน 9 เป็นต้นไปจะไม่มีข้อมูลจนถึงเส้นสแกน 11 โดยที่เส้นสแกนที่ 9 จะสามารถมีข้อมูลได้ แต่ภาพที่แสดงบนจอจะทับกับเส้นเคอร์เซอร์ และเส้นสแกน 10 กับ 11 ไม่มีโอกาสได้ใช้

ข้อมูลที่ได้จากอีพร็อมส่งไปแสดงบนจอภาพจะเป็นข้อมูลแบบพาราลแลล 7 บิท ซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นข้อมูลแบบซีเรียล โดยบิท 2^6 เป็นบิทแรกและบิท 2^0 เป็นบิทสุดท้าย ดังนั้นบิท 2^7 ในอีพร็อมจะไม่มีการใช้งาน ดังนั้นการเปลี่ยนลักษณะจุดที่ออกแบบไว้เป็นตัวอักษรให้เป็นข้อมูลเพื่อโปรแกรมลงอีพร็อมกำเนิดตัวอักษร จึงทำได้ตามตารางที่ 7.

รูปที่ 17

เมโมรีแม็บของอีพร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์ใหม่



ตารางที่ 7

ข้อมูลในอีพร็อมคาแรกเตอร์เจเนอเรเตอร์

อีพร็อมตัวที่ 1

แอ็ดเดรส	ข้อมูล															
0000	48	20	20	70	70	70	30	60	60	48	48	50	78	30	20	20
0010	70	70	70	70	70	48	20	70	30	70	30	70	78	38	70	48
0020	00	00	12	00	00	00	00	30	00	00	00	00	00	00	00	00
0030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0050	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0060	06	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0070	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0080	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0090	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00A0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	02	00	00	00	00	00
00B0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00	02	00	02	00
00C0	00	00	00	00	00	00	00	02	00	02	00	04	00	02	00	00
00D0	00	00	00	20	00	00	00	00	00	00	00	00	3F	38	44	00
00E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0100	68	50	50	40	40	40	48	50	50	48	68	50	40	48	50	50
0110	28	28	28	28	28	68	50	40	40	40	40	40	40	40	48	48
0120	00	08	24	22	08	71	18	30	01	40	08	00	00	00	00	01
0130	1C	08	1C	3E	06	3E	0E	3E	1C	1C	00	00	04	00	10	1C
0140	3E	1C	7E	1E	7C	7F	7F	1E	41	7F	0F	44	40	41	41	1C
0150	7E	1C	7E	3E	7F	41	41	41	41	41	7F	07	40	70	08	00
0160	06	00	40	00	01	00	1C	00	40	08	02	20	08	00	00	00
0170	00	00	00	00	10	00	00	00	00	00	00	03	08	60	30	3E
0180	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0190	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01A0	3C	14	54	3C	24	52	08	3C	38	14	54	79	79	3C	3C	3E
01B0	56	29	72	3C	24	3C	2C	3E	24	22	22	22	22	22	22	3C
01C0	12	22	3E	3C	3C	3C	4C	3C	22	3C	22	2A	3C	3C	00	00
01D0	00	00	1C	56	00	00	00	00	06	1A	10	44	40	44	2C	1C
01E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อมูลในอีพร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์

แอ็ดเดรส	ข้อมูล															
0200	58	40	40	40	40	40	48	50	52	78	58	50	40	40	40	40
0210	28	28	28	2A	29	58	40	4E	40	40	4E	40	42	42	4A	4A
0220	00	08	48	22	1E	52	24	40	02	20	49	08	00	00	00	02
0230	22	18	22	02	0A	20	10	02	22	22	18	18	08	00	08	22
0240	41	22	41	21	42	40	40	21	41	08	02	48	40	63	61	22
0250	41	22	41	41	08	41	41	41	22	22	02	04	20	10	14	00
0260	01	00	40	00	01	00	22	00	40	00	00	20	08	00	00	00
0270	00	00	00	00	10	00	00	00	00	00	00	04	08	10	49	3E
0280	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0290	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
02A0	42	2C	6C	42	5A	72	0C	42	44	2C	6C	25	25	42	42	40
02B0	7A	55	2A	42	5A	42	72	40	64	62	62	62	62	62	62	42
02C0	32	62	40	42	42	42	42	4A	62	4A	65	67	42	7A	14	32
02D0	32	00	22	29	00	00	00	00	06	1A	10	44	3C	34	14	22
02E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
02F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0300	48	20	20	60	67	66	78	60	65	48	48	57	6F	48	26	24
0310	2C	2A	2A	2D	2B	48	20	65	40	60	25	66	05	5D	75	4D
0320	00	08	00	7F	20	74	24	00	04	10	2A	08	00	00	00	04
0330	22	08	02	04	12	20	20	02	22	22	18	18	10	3E	04	04
0340	4D	41	41	40	41	40	40	40	41	08	02	50	40	55	51	41
0350	41	41	41	40	08	41	41	41	14	14	04	04	10	10	22	00
0360	00	1D	5C	3C	1D	3C	20	1C	5C	08	02	24	08	76	5C	3C
0370	5C	1D	5C	3E	7C	21	41	49	22	21	3E	04	08	10	06	3E
0380	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0390	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
03A0	22	0C	4C	42	42	52	04	02	04	0C	4C	45	45	22	22	3C
03B0	52	45	4A	42	42	22	62	3C	64	62	62	62	62	6A	6A	22
03C0	32	42	3C	22	02	22	02	42	6A	02	66	62	02	02	36	26
03D0	1C	00	02	01	00	00	00	00	02	0A	10	44	04	04	04	02
03E0	00	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
03F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อมูลในอีพร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์

อีพร็อมตัวที่ 2

แอ็ดเดรส	ข้อมูล															
0000	49	19	19	49	42	49	49	54	54	5F	4C	22	48	36	19	14
0010	2C	2A	2D	29	2D	49	15	45	49	51	15	49	44	4C	54	4C
0020	00	08	00	22	1C	08	18	00	04	10	1C	3E	00	3E	00	08
0030	22	08	1C	0C	22	3C	3C	04	1C	1E	00	00	20	00	02	08
0040	52	7F	7E	40	41	78	78	40	7F	08	02	60	40	49	49	41
0050	7E	41	7E	3E	08	41	41	49	08	08	08	04	08	10	00	00
0060	00	23	62	42	23	42	78	23	62	08	02	28	08	49	62	42
0070	62	23	62	40	10	21	41	49	14	12	04	08	00	08	00	3E
0080	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0090	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00A0	22	14	14	5A	5A	12	44	12	24	14	14	45	45	22	22	02
00B0	12	55	4A	5A	5A	22	22	12	24	22	22	42	42	2A	2A	22
00C0	12	32	02	22	3A	22	02	5A	2F	3A	2A	2A	62	62	2A	1A
00D0	00	00	02	01	00	00	00	00	02	06	10	44	04	04	04	02
00E0	00	00	00	00	0E	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0100	09	59	56	46	42	49	4A	54	52	04	04	22	48	05	59	54
0110	74	72	71	72	79	0A	55	46	3D	5D	56	48	42	4A	4A	32
0120	00	08	00	7F	02	17	25	00	04	10	2A	08	00	00	00	10
0130	22	08	20	02	3F	02	22	08	22	02	00	00	10	3E	04	08
0140	4C	41	41	40	41	40	40	47	41	08	42	50	40	41	45	41
0150	40	45	44	01	08	41	22	55	14	08	10	04	04	10	00	00
0160	00	23	42	40	21	7E	20	23	42	08	02	30	08	49	42	42
0170	62	23	40	3C	10	21	22	49	08	0C	08	04	08	10	00	3E
0180	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0190	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01A0	22	14	14	6A	6A	32	24	1A	6E	14	14	4F	45	62	62	0E
01B0	22	67	4F	52	52	32	22	12	2E	22	22	5A	5A	2A	2A	62
01C0	3A	42	02	22	46	62	02	6A	22	46	32	2A	62	62	22	02
01D0	32	09	02	01	38	3A	32	35	00	00	18	66	06	06	06	02
01E0	02	19	15	02	10	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อมูลในอีพร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์

แอ็ดเดรส	ข้อมูล															
0200	99	2F	26	76	72	79	0C	64	61	04	04	02	0C	06	29	24
0210	04	02	02	01	1F	0C	22	75	0B	75	25	78	01	31	01	01
0220	00	00	00	22	3C	25	42	00	02	20	49	08	18	00	18	20
0230	22	08	20	22	02	22	22	08	22	04	18	18	08	00	08	00
0240	41	41	41	21	42	40	40	21	41	08	42	48	40	41	43	22
0250	40	22	42	41	08	41	14	63	22	08	20	04	02	10	00	00
0260	00	23	62	40	23	40	20	1D	42	08	02	28	08	49	42	42
0270	5C	1D	40	02	12	23	14	49	14	08	10	04	08	10	00	3E
0280	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0290	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
02A0	22	14	14	42	42	5A	14	06	36	14	14	6D	67	22	02	02
02B0	22	4D	6B	62	62	32	22	12	35	22	22	5A	5A	36	36	62
02C0	56	42	0E	32	62	62	0E	42	22	62	22	36	42	42	32	02
02D0	1C	15	02	01	44	46	4D	4D	00	00	18	66	06	06	06	02
02E0	02	05	2B	07	15	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
02F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0300	09	09	09	09	02	0B	0A	04	05	04	04	02	08	05	09	04
0310	04	02	04	05	01	0A	02	05	09	11	05	09	05	05	05	05
0320	00	08	00	22	08	47	3D	00	01	40	08	00	18	00	18	40
0330	1C	1C	3E	1C	02	1C	1C	08	1C	38	18	18	04	00	10	08
0340	3E	41	7E	1E	7C	7F	40	1E	41	7F	3C	44	7E	41	41	1C
0350	40	1D	41	3E	08	3E	08	41	41	08	7F	07	01	70	00	00
0360	00	1D	5C	3E	1D	3C	20	01	42	08	02	24	08	49	42	3C
0370	40	01	40	7C	0C	1D	08	36	22	10	3E	03	08	60	00	3E
0380	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0390	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
03A0	22	0C	0C	42	42	36	0C	02	24	0C	0C	45	40	0E	36	36
03B0	22	4D	4A	42	42	12	22	1C	22	3E	3E	24	24	22	22	22
03C0	22	7E	06	12	22	22	0C	42	3E	22	22	22	3C	3C	02	02
03D0	00	0E	02	01	7E	7E	7E	7E	00	00	08	22	02	02	02	02
03E0	02	1E	22	02	0A	06	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
03F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อมูลในอีพร็อมคาแร็กเตอร์เจเนอเรเตอร์

อีพร็อมตัวที่ 3

แอ็ดเดรส	ข้อมูล															
0000	06	09	09	09	02	07	09	07	02	04	07	02	08	05	06	04
0010	07	02	07	02	01	09	02	0E	09	11	0E	06	02	02	02	02
0020	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	20	00	00	00
0030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	20	00	00	00	00
0040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0050	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	7F
0060	00	00	00	00	00	00	00	3E	00	00	38	00	00	00	00	00
0070	40	01	00	00	00	00	00	00	00	20	00	00	00	00	00	00
0080	06	09	09	09	02	07	09	07	02	04	07	02	08	05	06	04
0090	00	04	00	00	00	00	00	00	00	00	0E	06	02	02	02	02
00A0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	07	32	4A	4A
00B0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00C0	00	00	00	02	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	02	00
00D0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	02
00E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0100	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0110	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0120	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0130	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0140	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0150	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0160	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0170	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0180	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0190	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01A0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01B0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01C0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01D0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
01F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00