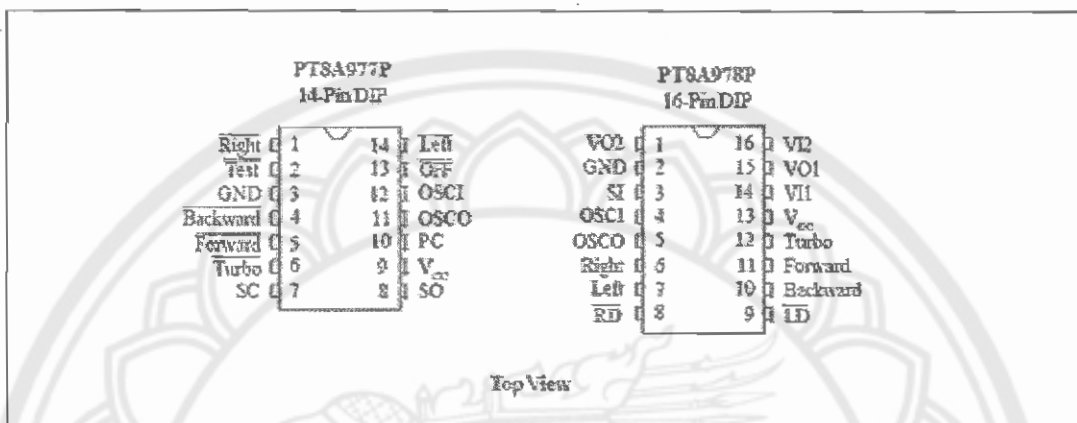


ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. คุณสมบัติของอุปกรณ์ภาคส่งและอุปกรณ์ภาครับ



รูปที่ 1. รูปร่างทางกายภาพของอุปกรณ์ภาคส่งและอุปกรณ์ภาครับ

ตารางที่ 1. คำอธิบายของอุปกรณ์ภาคส่ง

Pin Description of 977P

Pin No.	Pin Name	Description
1	Right	The rightward function will be selected, if this pin is connected to GND
2	Test	This pin is used for testing mode
3	GND	Negative power supply
4	Backward	The backward function will be selected, if this pin is connected to GND
5	Forward	The forward function will be selected, if this pin is connected to GND
6	Turbo	The turbo function will be selected, if this pin is connected to GND
7	SC	Output pin of the encoding signal with carrier frequency
8	SO	Output pin of the encoding signal without carrier frequency
9	V _{cc}	Positive power supply
10	PC	Power control output pin
11	OSCO	Oscillator output pin
12	OSCI	Oscillator input pin
13	OFF	This pin is used to shut down the external power supply
14	Left	The leftward function will be selected, if this pin is connected to GND

ตารางที่ 2. คำอธิบายของอุปกรณ์ภาครับ

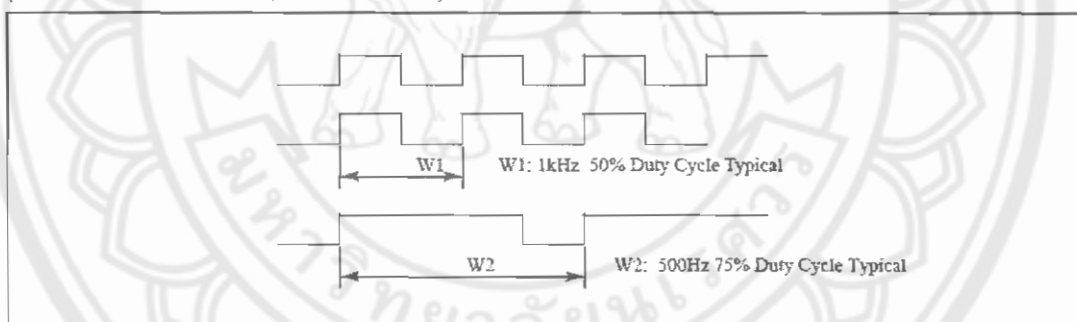
Pin Description of 978P

Pin No.	Pin Name	Description
1	VO2	Output pin for the amplifier 2
2	GND	Negative power supply
3	SI	Input pin of the encoding signal
4	OSCI	Oscillator input pin
5	OSCO	Oscillator output pin
6	Right	Rightward output pin
7	Left	Leftward output pin
8	$\overline{RD}$	Rightward function disable, if this pin is connected to GND
9	$\overline{LD}$	Leftward function disable, if this pin is connected to GND
10	Backward	Backward output pin
11	Forward	Forward output pin
12	Turbo	Turbo output pin
13	V_{cc}	Positive power supply
14	VI1	Input pin for the amplifier 1
15	VO1	Output pin for the amplifier 1
16	VI2	Input pin for the amplifier 2

2. การเข้ารหัสข้อมูล

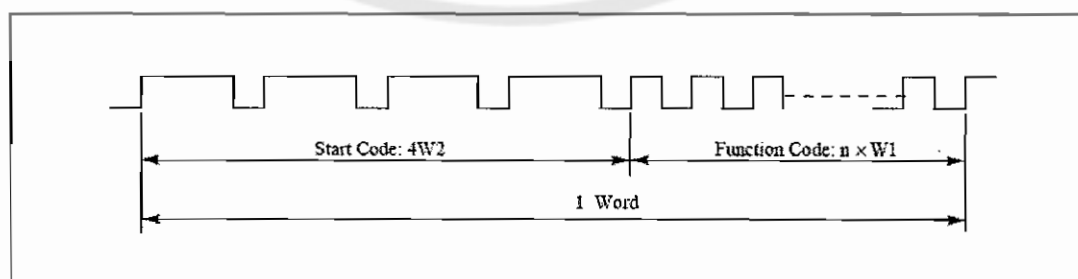
Code Format

(W1 is used for function codes, W2 for start codes)



รูปที่ 2. วิธีการคำนวณรหัสของลูกคลื่นพัลส์

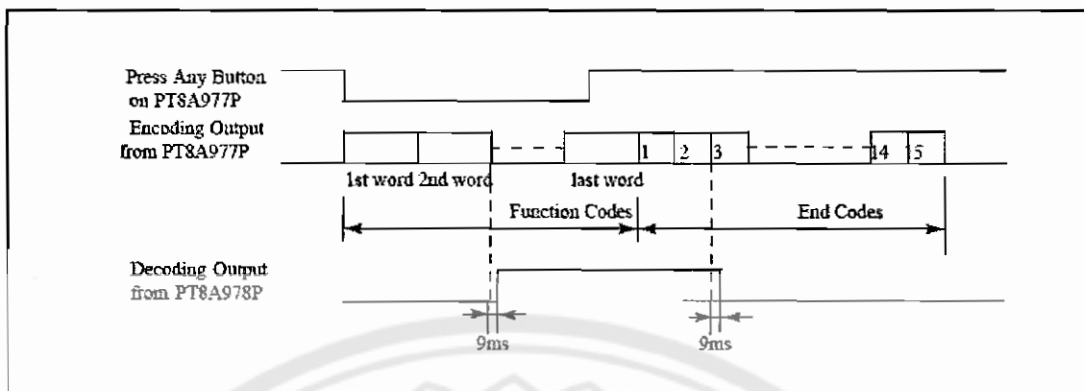
Word Format



รูปที่ 3. วิธีการคำนวณรหัสคำสั่ง 1 คำสั่ง

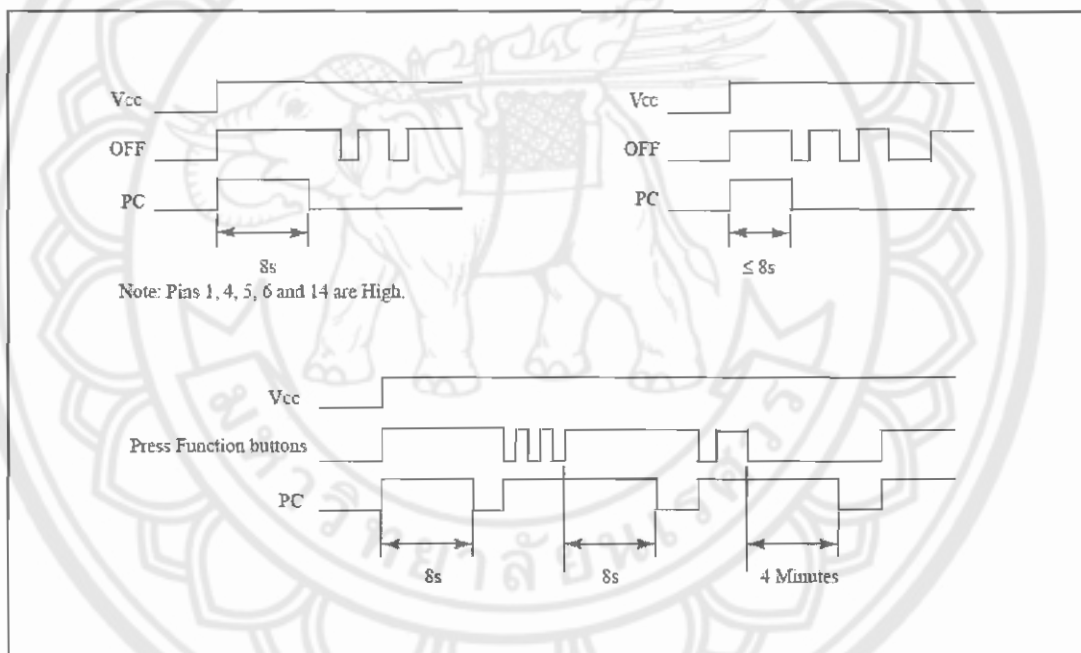
Encoding and Decoding Timing

W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1, W2, W2, W2, W2, (n)xW1,



รูปที่ 4. วิธีการคำนวณรหัสคำสั่งของภาคส่งและภาครับ

PC Output Timing of 977P



รูปที่ 5. การคำนวณหาค่าทางเวลา

ตารางที่ 3. คำสั่งจากการเข้ารหัส

Number of Function Codes (n) W1	Decoding Results
4	End Code
10	Forward (Pulse)
16	Forward (High level)
22	Turbo
28	Forward (High level) & Left
34	Forward (High level) & Right
40	Backward
46	Backward & Right
52	Backward & Left
58	Left
64	Right

ตารางที่ 4. คุณสมบัติทางไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรภาคส่ง

DC Electrical Characteristics of 977P

Parameters	Description	Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
V _{CC}	Operating Voltage		2.5	4.0	5.0	V
I _{CC}	Supply Current	Output unloaded			100	uA
I _{SB}	Stand-by Current	OFF State			5	uA
V _{IL}	Input Low Voltage	Guaranteed Logic LOW level			0.5	V
V _{IH}	Input High Voltage	Guaranteed Logic HIGH level	3.5			V
I _{IL}	Input Low Current	Pin 1, 4, 5, 6, 12, 13, 14 V _{IL} = 0V, ON state			30	uA
I _{IH}	Input High Current	Pin 1, 4, 5, 6, 12, 13, 14 V _{IH} = 4V, ON state			10	uA
I _{OL}	Output Low Current	V _{OUT} = 0.5 V	150			uA
I _{OH}	Output High Current	Pin 7, 8, 10 V _{OUT} = 3.5 V	1.0			mA
		Pin 11 V _{OUT} = 3.5 V	200		800	uA

Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C. V_{CC} = 4V

ตารางที่ 5. คุณสมบัติทางไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรภาครับ

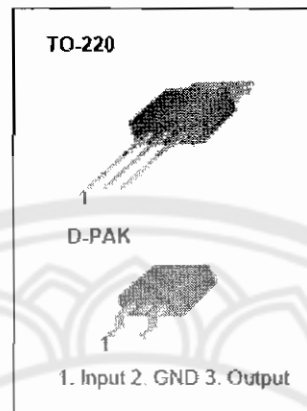
DC Electrical Characteristics of 978P

Parameters	Description	Test Condition	Min.	Type	Max.	Units
V _{CC}	Operating Voltage		2.5	4.0	5.0	V
I _{CC}	Supply Current	Output unloaded			1	mA
I _{SB}	Stand-by Current	OFF State			10	uA
V _{IL}	Input Low Voltage	Guaranteed Logic LOW level			0.5	V
V _{IH}	Input High Voltage	Guaranteed Logic HIGH level	3.5			V
I _{IL}	Input Low Current	Pin 3, 4, 8, 9, 14, 16 V _{IL} = 0V, ON state			60	uA
I _{IH}	Input High Current	Pin 3, 4, 8, 9, 14, 16 V _{IH} = 4V, ON state			10	uA
I _{OL}	Output Low Current	Pin 1, 5, 15 V _{OUT} = 0.5 V	200		850	uA
		Pin 6, 7, 10, 11, 12 V _{OUT} = 0.5 V	2			mA
I _{OH}	Output High Current	Pin 1, 5, 15 V _{OUT} = 3.5 V	200		850	uA
		Pin 6, 7, 10, 11, 12 V _{OUT} = 3.5 V	500			uA

Note: Over the Operating Rating, 0°C ≤ T_A ≤ 70°C. V_{CC} = 4V

ภาคผนวก ข

1. คุณสมบัติของไอซี 7805



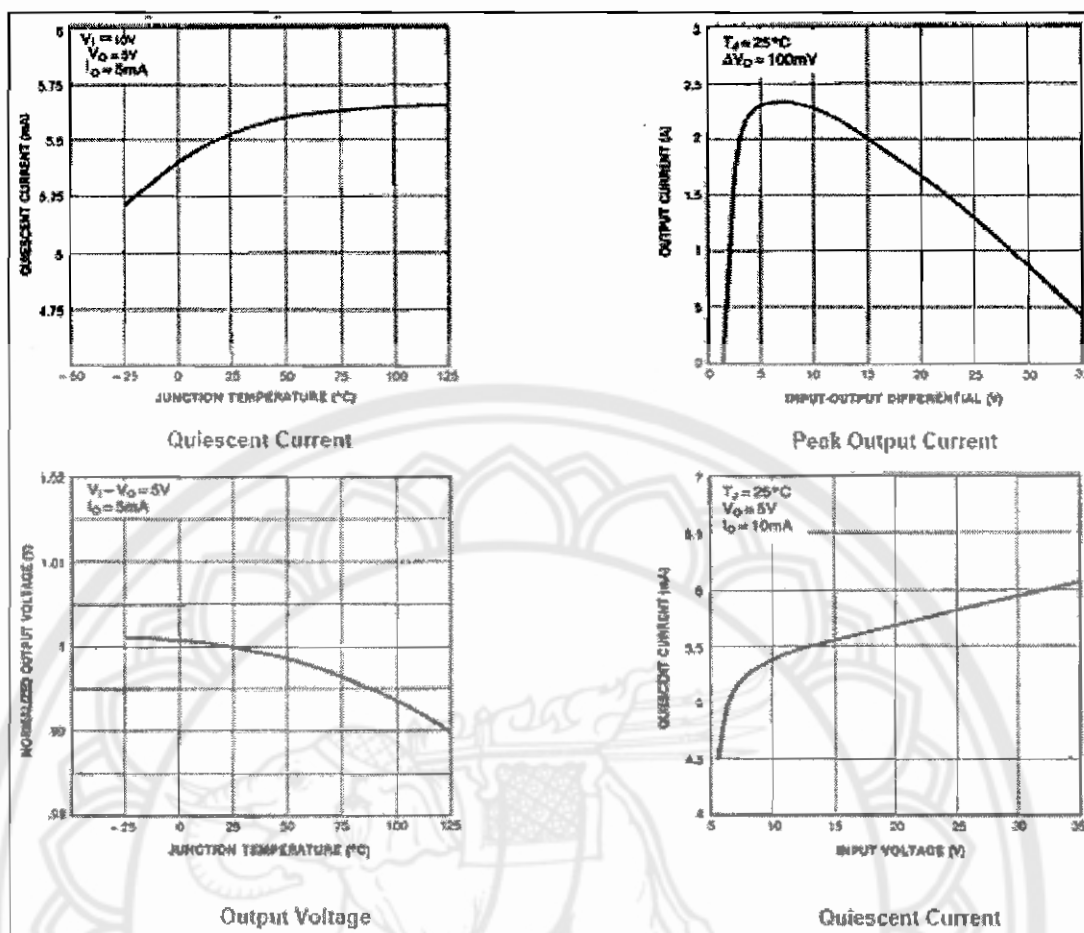
รูปที่ 1. โครงสร้างทางกายภาพของไอซี 7805

ตารางที่ 1. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี 7805

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^\circ\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V
		$5.0\text{mA} \leq I_O \leq 1.0\text{A}, P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 7\text{V to } 20\text{V}$	4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$V_O = 7\text{V to } 25\text{V}$		100	mV
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$		50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^\circ\text{C}$	$I_O = 5.0\text{mA to } 1.5\text{A}$		100	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$		50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^\circ\text{C}$	-	5.0	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{A}$	-	0.03	0.5	mA
		$V_I = 7\text{V to } 25\text{V}$	-	0.3	1.3	
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/ $^\circ\text{C}$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}, T_A = +25^\circ\text{C}$	-	42	-	$\mu\text{V}/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120\text{Hz}$ $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62	73	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1\text{A}, T_J = +25^\circ\text{C}$	-	2	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1\text{kHz}$	-	15	-	$\text{m}\Omega$
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}, T_A = +25^\circ\text{C}$	-	230	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^\circ\text{C}$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.



รูปที่ 2. ค่ากระแสและแรงดันของไอซี 7805

2. คุณสมบัติของไอซี 74148

ตารางที่ 2. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี 74148

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
VCC	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

ตารางที่ 3. คุณสมบัติทางไฟฟ้ากระแสตรงของไอซี 74148

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V_{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V_{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V_{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}, I_{IN} = -18 \text{ mA}$
V_{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}, I_{OH} = \text{MAX}, V_{IN} = V_{IH}$ or V_{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V_{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	$I_{OL} = 4.0 \text{ mA}$
		74	0.35	0.5	V	$I_{OL} = 8.0 \text{ mA}$
I_{IH}	Input HIGH Current All Others Input 0 (LS748) Inputs 1-7 (LS148) Inputs 1-7 (LS748)			20 40 40 60	μA	$V_{CC} = \text{MAX}, V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
	All Others Input 0 (LS748) Inputs 1-7 (LS148) Inputs 1-7 (LS748)			0.1 0.2 0.2 0.3	mA	
I_{IL}	Input LOW Current All Others Input 0 (LS748) Inputs 1-7 (LS148) Inputs 1-7 (LS748)			-0.4 -0.8 -0.8 -1.2	mA	$V_{CC} = \text{MAX}, V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
I_{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
I_{OCH}	Power Supply Current Output HIGH			17	mA	$V_{CC} = \text{MAX}, \text{All Inputs} = 4.5 \text{ V}$
I_{OCL}	Output LOW			20	mA	$V_{CC} = \text{MAX}, \text{Inputs 7 \& E1} = \text{GND}$ All Other Inputs = 4.5 V

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, not for more than 1 second.

3. คุณสมบัติของไอซี 74155

ตารางที่ 4. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี 74155

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V_{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V_{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
V_{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I_{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	0		70	$^{\circ}\text{C}$

ตารางที่ 5. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอซี 74155 (ต่อ)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 4)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_I = -18 \text{ mA}$			-1.6	V
V_{OH}	HIGH Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_{OH} = \text{MAX}$ $V_{IL} = \text{MAX}, V_{IF} = \text{MIN}$	2.7	3.4		V
V_{OL}	LOW Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{MIN}, I_{OL} = \text{MAX}$ $V_{IL} = \text{MAX}, V_{IF} = \text{MIN}$ $I_{OL} = 4 \text{ mA}, V_{CC} = \text{MIN}$		0.35	0.5	V
				0.25	0.4	
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 7 \text{ V}$			0.1	mA
I_{IH}	HIGH Level Input Current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 2.7 \text{ V}$			20	μA
I_{IL}	LOW Level Input Current	$V_{CC} = \text{MAX}, V_I = 0.4 \text{ V}$			-0.35	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	$V_{CC} = \text{MAX}$ (Note 5)	-20		-100	mA
I_{OC}	Supply Current	$V_{CC} = \text{MAX}$ (Note 6)		6.1	10	mA

4. คุณสมบัติของไดโอด 1N4148 / 1N4448 (Switching Diode)

ตารางที่ 6. คุณสมบัติทางความร้อนของไดโอด 1N4148 / 1N4448

Thermal Characteristics

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Value	Unit
Thermal resistance junction to ambient air	$l = 4 \text{ mm}$, $T_L = \text{constant}$	R_{thJA}	350	K/W
Junction temperature		T_j	175	$^{\circ}\text{C}$
Storage temperature range		T_{stg}	- 65 to + 150	$^{\circ}\text{C}$

ตารางที่ 7. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไดโอด 1N4148 / 1N4448

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Part	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Forward voltage	$I_F = 5 \text{ mA}$	1N4448-TR	V_F	0.62		0.72	V
	$I_F = 10 \text{ mA}$	1N4148-TR	V_F			1	V
	$I_F = 100 \text{ mA}$	1N4448-TR	V_F			1	V
Reverse current	$V_R = 20 \text{ V}$		I_R			25	nA
	$V_R = 20 \text{ V}$, $T_j = 150^{\circ}\text{C}$		I_R			50	μA
	$V_R = 75 \text{ V}$		I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100 \mu\text{A}$, $t_p/T = 0.01$, $t_p = 0.9 \text{ ms}$		$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0$, $f = 1 \text{ MHz}$, $V_{HF} = 50 \text{ mV}$		C_D			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$		η_r	45			%
Reverse recovery time	$I_F = I_R = 10 \text{ mA}$, $I_R = 1 \text{ mA}$		t_{rr}			9	ns
	$I_F = 10 \text{ mA}$, $V_R = 6 \text{ V}$, $I_R = 0.1 \times I_R$, $R_L = 100 \Omega$		t_{rr}			4	ns

5. คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ 2SC1815

ตารางที่ 8. คุณสมบัติทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ 2SC1815

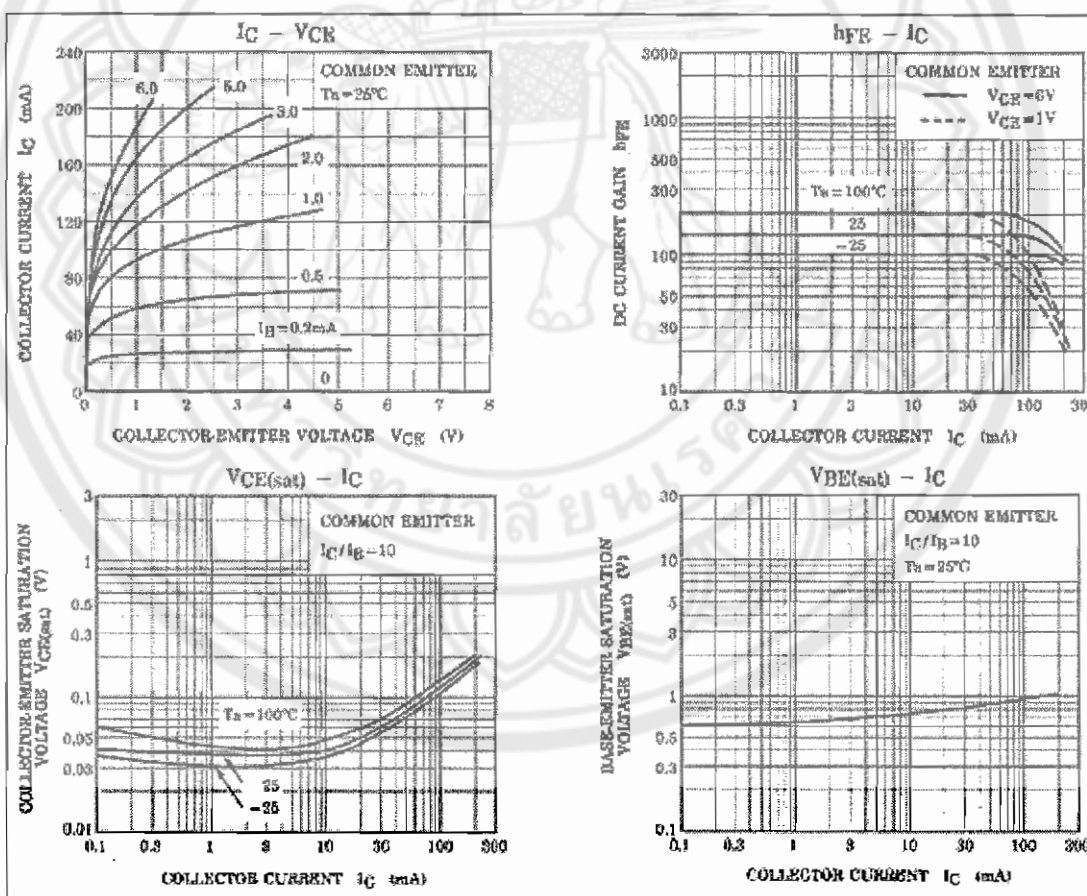
CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	60	V
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	50	V
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	5	V
Collector Current	I_C	150	mA
Base Current	I_B	50	mA
Collector Power Dissipation	P_C	400	mW
Junction Temperature	T_j	125	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-55~125	$^{\circ}\text{C}$

ตารางที่ 9. คุณลักษณะทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ 2SC1815 (ต่อ)

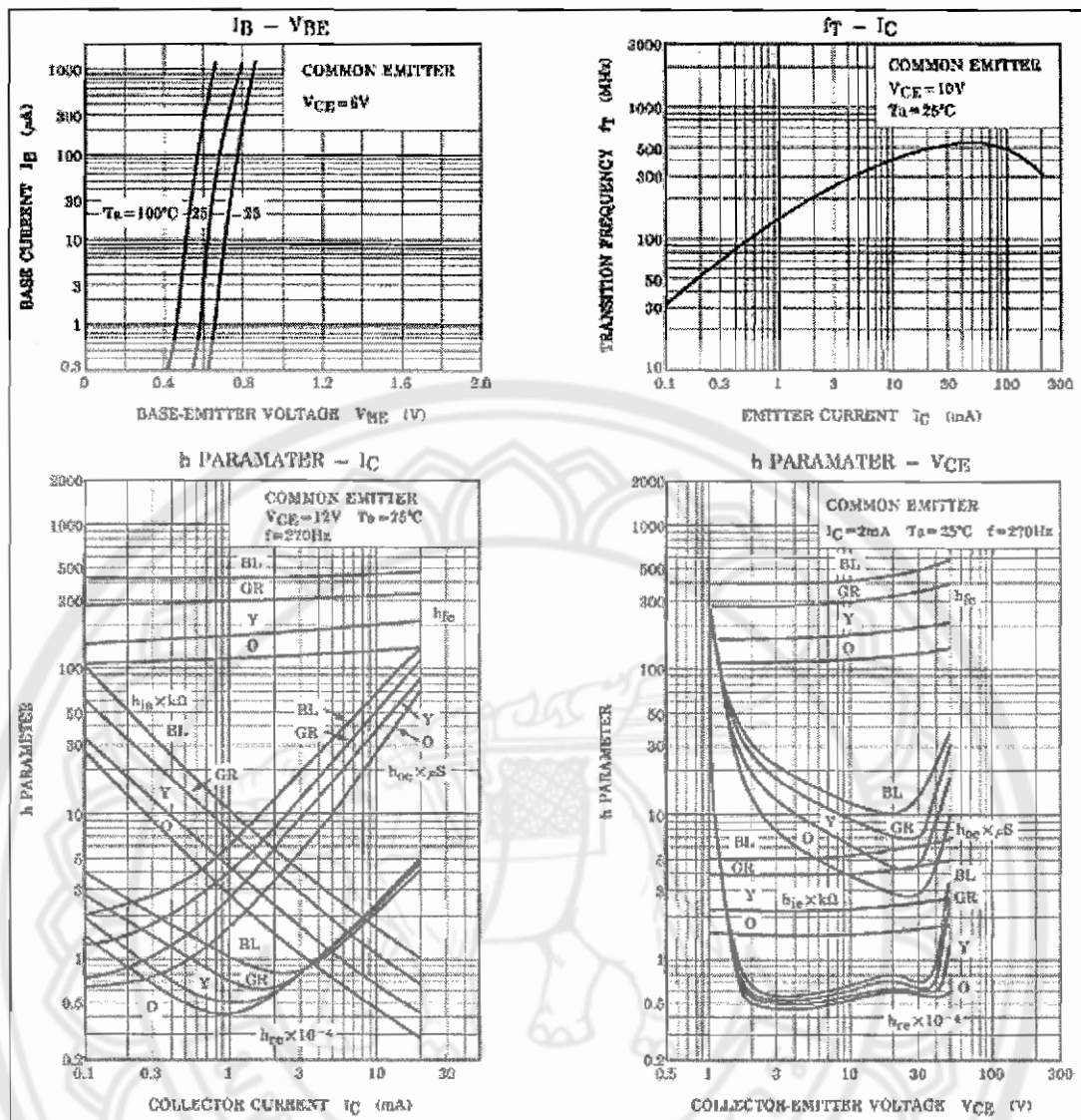
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	$V_{CE} = 60\text{V}, I_B = 0$	—	—	0.1	μA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$	—	—	0.1	μA
DC Current Gain	$h_{FE(1)}$ (Note)	$V_{CE} = 6\text{V}, I_C = 2\text{mA}$	70	—	700	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 6\text{V}, I_C = 150\text{mA}$	25	100	—	
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 10\text{mA}$	—	0.1	0.25	V
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 10\text{mA}$	—	—	1.0	V
Transition Frequency	f_T	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 1\text{mA}$	80	—	—	MHz
Collector Output Capacitance	C_{ob}	$V_{CE} = 10\text{V}, I_B = 0, f = 1\text{MHz}$	—	2.0	3.5	pF
Base Intrinsic Resistance	$r_{bb'}$	$V_{CE} = 10\text{V}, I_B = -1\text{mA}$ $f = 30\text{MHz}$	—	50	—	Ω
Noise Figure	NF	$V_{CE} = 6\text{V}, I_C = 0.1\text{mA}$ $f = 1\text{kHz}, R_G = 10\text{k}\Omega$	—	1.0	10	dB

Note : h_{FE} Classification 0 : 70~140 Y : 120~240 GR : 200~400 BL : 350~700



รูปที่ 3. ค่ากระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ 2SC1815



รูปที่ 4. ค่ากระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ 2SC1815 (ต่อ)

6. คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ 2SA1015

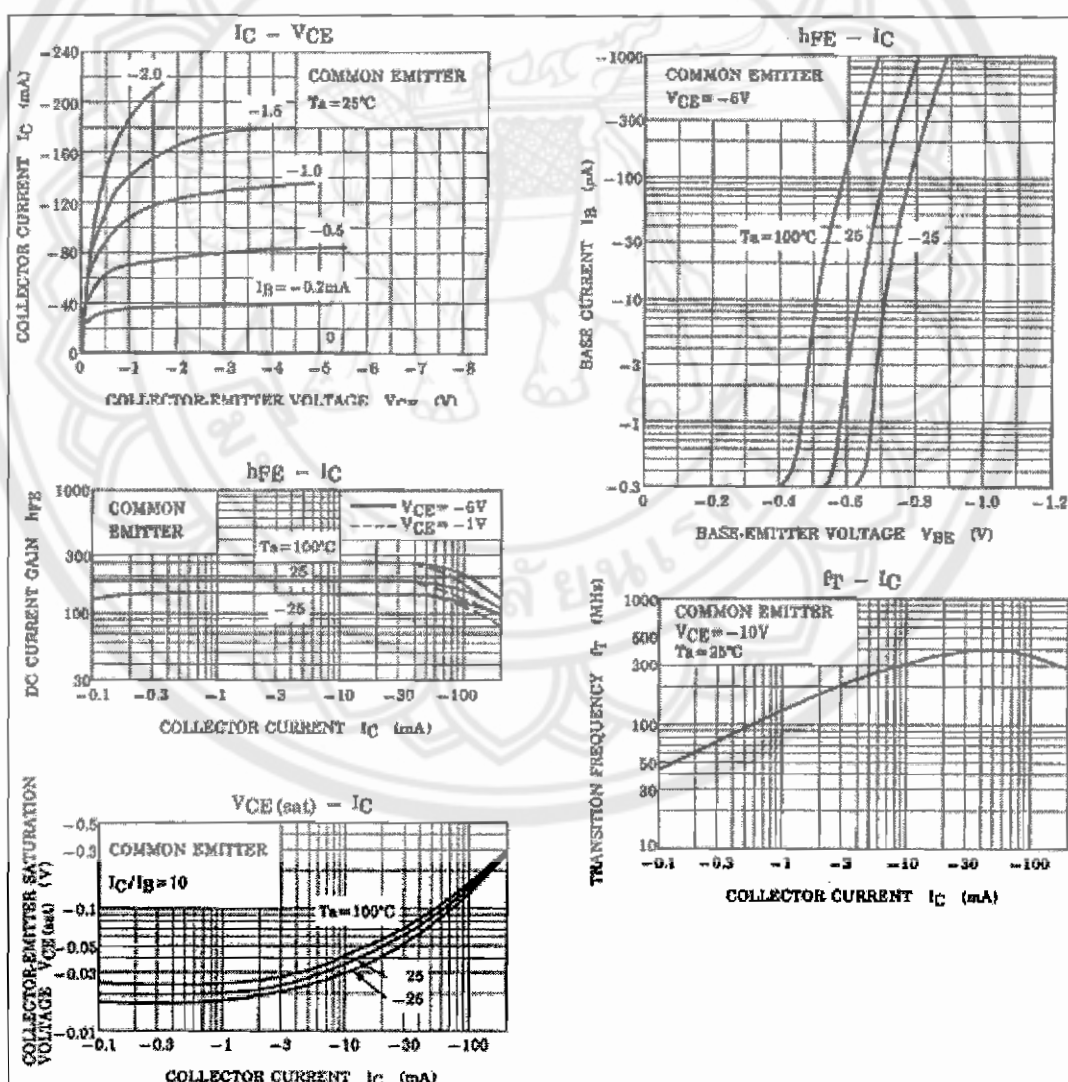
ตารางที่ 10. อัตราสูงสุดของค่าทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ 2SA1015

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Collector-base voltage	V_{CB0}	-60	V
Collector-emitter voltage	V_{CE0}	-50	V
Emitter-base voltage	V_{EB0}	-5	V
Collector current	I_C	-150	mA
Base current	I_B	-60	mA
Collector power dissipation	P_C	400	mW
Junction temperature	T_J	125	°C
Storage temperature range	T_{stg}	-55-125	°C

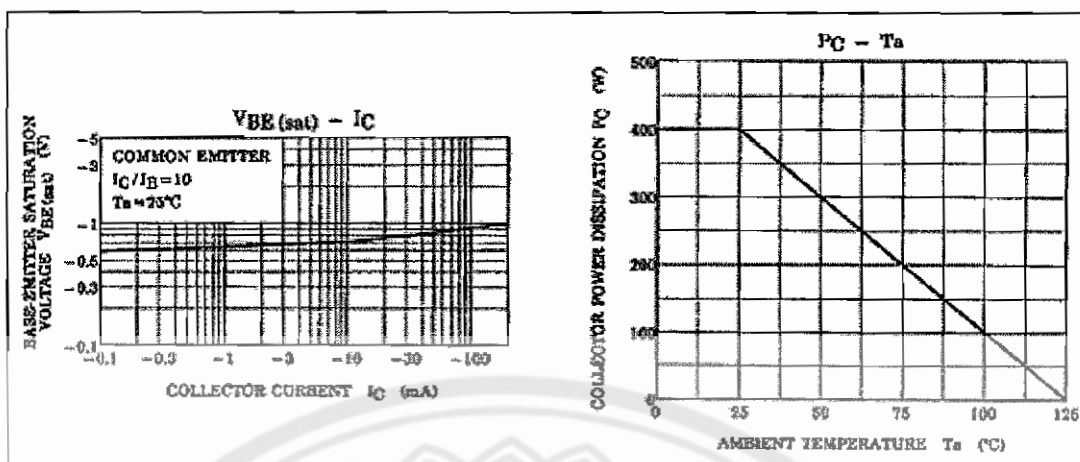
ตารางที่ 11. คุณลักษณะทางไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ 2SA1015

Characteristics	Symbol	Test Condition	Min	Typ.	Max	Unit
Collector cut-off current	I_{CEO}	$V_{CE} = -50 \text{ V}, I_E = 0$	—	—	-0.1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB} = -5 \text{ V}, I_C = 0$	—	—	-0.1	μA
DC current gain	$h_{FE(1)}$ (Note)	$V_{CE} = -6 \text{ V}, I_C = -2 \text{ mA}$	70	—	400	
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = -6 \text{ V}, I_C = -150 \text{ mA}$	25	80	—	
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = -100 \text{ mA}, I_E = -10 \text{ mA}$	—	-0.1	-0.3	V
Base-emitter saturation voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = -100 \text{ mA}, I_E = -10 \text{ mA}$	—	—	-1.1	V
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = -10 \text{ V}, I_C = -1 \text{ mA}$	80	—	—	MHz
Collector output capacitance	C_{ob}	$V_{CB} = -10 \text{ V}, I_E = 0, f = 1 \text{ MHz}$	—	4	7	pF
Base intrinsic resistance	$r_{bb'}$	$V_{CE} = -10 \text{ V}, I_E = 1 \text{ mA}, f = 30 \text{ MHz}$	—	30	—	Ω
Noise figure	NF	$V_{CE} = -6 \text{ V}, I_C = -0.1 \text{ mA}, R_G = 10 \text{ k}\Omega, f = 1 \text{ kHz}$	—	1.0	10	dB

Note: $h_{FE(1)}$ classification O: 70~140, Y: 120~240, GR: 200~400



รูปที่ 5. ค่ากระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ 2SA1015



รูปที่ 6. ค่ากระแสและแรงดันของทรานซิสเตอร์ 2SA1015 (ต่อ)

7. คุณลักษณะของอุปกรณ์กำเนิดความถี่ (Crystal Oscillator)

ตารางที่ 12. คุณสมบัติของอุปกรณ์กำเนิดความถี่

Crystal Specifications	Min	Typical	Max	Comment
Nominal Frequency (MHz)		14.31818		
Oscillation Mode		Fundamental		
Holder Type		HC-49, HC-50		Not Important
Pin to Pin Capacitance (C_0 in pF)		7	10	Depends on Holder Type
Operating Temperature ($^\circ\text{C}$)	-10	30	70	Application Dependent
Frequency Tolerance		$\pm 30\text{PPM}$		Application Dependent
Load Capacitance (C_{eq} in pF)	12.5	17	20	Affects Frequency Tolerance
Drive Level (P in μW)	0.5	1	2*	Calc. Value by (4)
Motion Resistance (R_s in Ω)	25	30	50	Affects Drive Level

* Drive level must be higher than the calculated power dissipation of the crystal as given by (4).