

光電實驗(六)

光傳輸器與光接收器的基本電路

(一) 實驗目的：

1. 了解電晶體共射極放大電路的基本特性
2. 學習如何把 PD 及光電晶體當作光開關用

(二) 實驗原理：

下圖為共射極放大器的電路圖特性曲線，不同的放大器有不同的特性曲線。再來我們要繪製電晶體的直流負載線。畫負載線的步驟如下

- (1) 直流負載線係用以表示一個電路中的輸出電流與輸出電壓的關係。在共射極放大器中為

$$V_{CE} + I_C R_L = V_{CC}$$

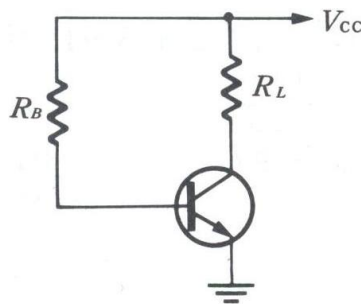
由於一個電路中之 V_{CC} 及 R_L 皆為固定值，只有 I_C 與 V_{CE} 為變數，故此方程式為二元一次的直線方程式。

- (2) 令 $V_{CE} = 0$ ，則 $I_C = V_{CC} / R_L$ (第一點)

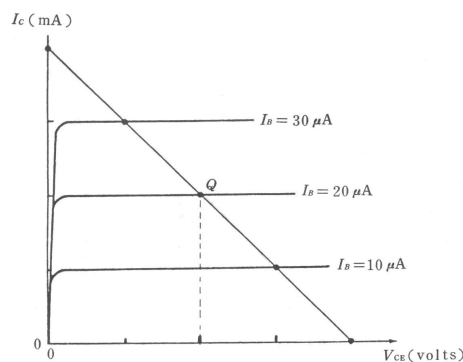
令 $I_C = 0$ ，則 $V_{CE} = V_{CC}$ (第二點)

- (3) 將上述兩點畫在特性曲線上，並且連接這兩點就可以畫出負載線(DC load line)。

- (4) 從電路中找出 I_B 值。然後找出對應於此 I_B 值的特性曲線，這條特性曲線與直流負載線之交點稱為”工作點”(quiescent operating point)，一般稱為 Q 點。

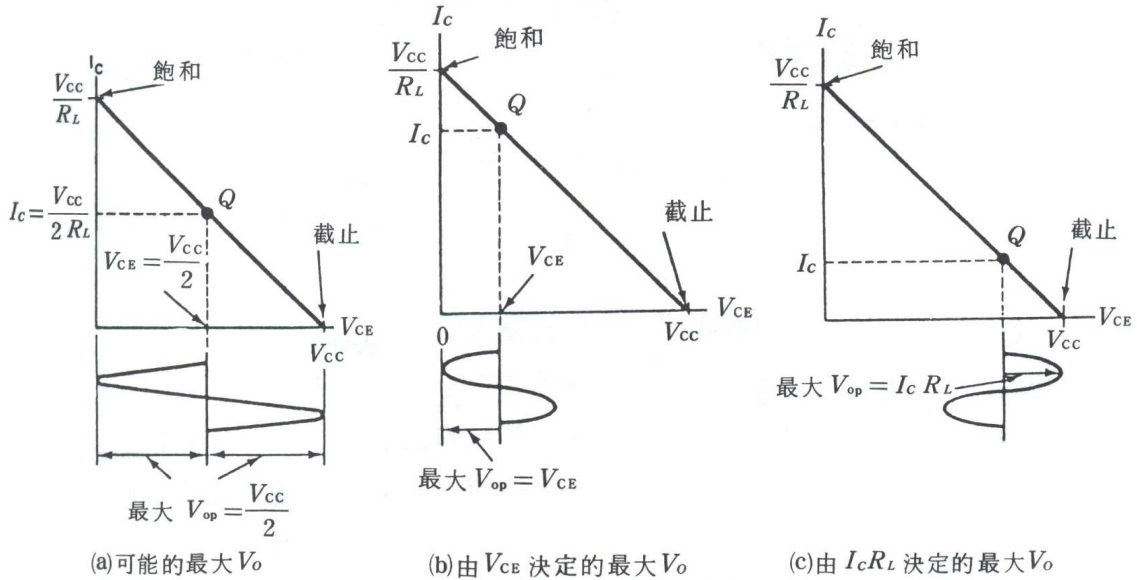


圖一 共射極放大器的電路圖



圖二 共射極放大器的特性曲線與負載線

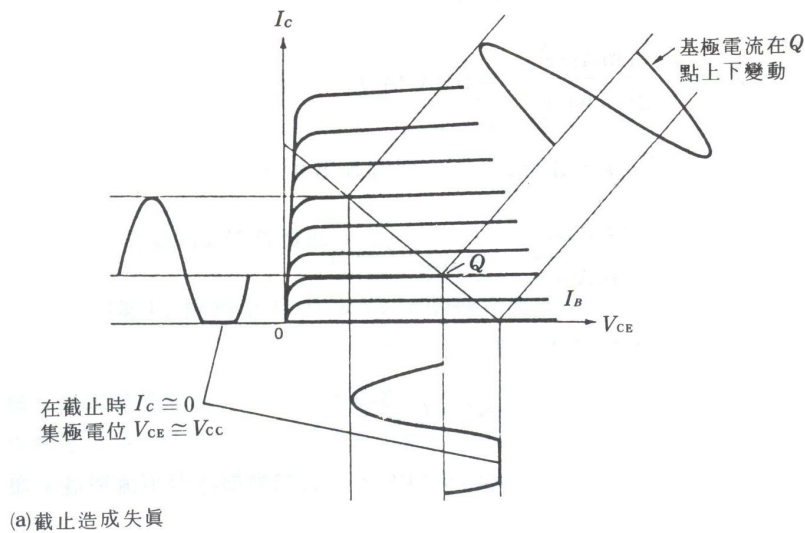
在設計上 Q 點是視輸入訊號強度 i_B 的大小而定，如下圖

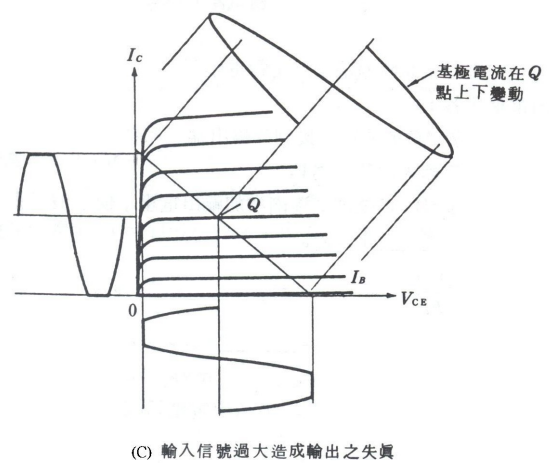
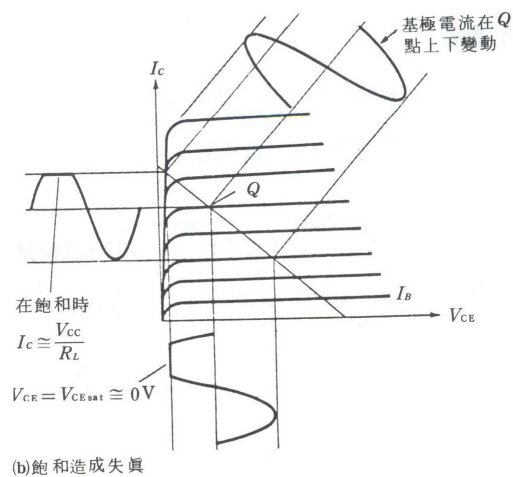


圖五 工作點決定最大輸出電壓

由這些圖可知

- (1) 當輸入訊號較強時 Q 點必須定在負載線的正中央(即 $V_{CE} = V_{CC} / 2$)。
- (2) 若輸入訊號較微弱時，則 Q 點可定在較偏上方或較偏下方。
- (3) 若 Q 點不設計在負載線正中央，則當輸入訊號較強時，輸出波形會失真也就是波峰或波谷會被削平。

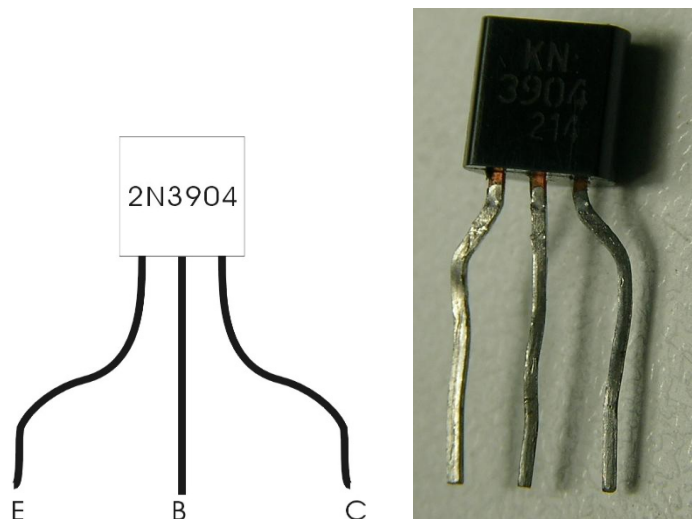




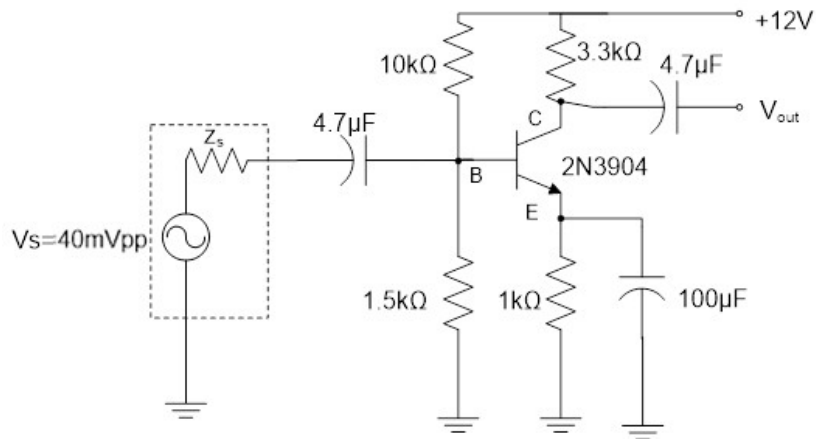
圖六 訊號失真的示意圖

(三) 實驗步驟：

(1) 接一個典型的放大電路圖，直接由示波器讀取訊號的放大倍率。訊號產生器的訊號輸入由 1KHz 至 1MHz。示波器接 V_{out} 和接地端，直接用訊號產生器來比較出訊號的放大倍率。



圖七 電晶體針腳示意圖



圖八

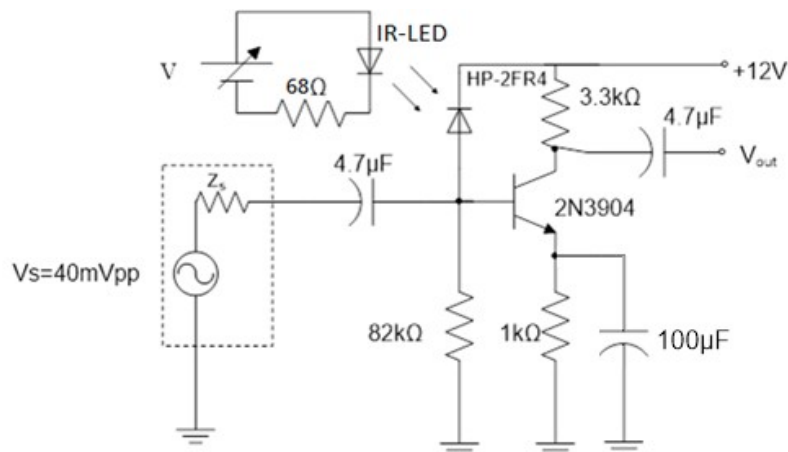
$V_s = 40\text{mVpp}$

	Vout(V)	放大倍率(Vout / Vs)
1KHz		
10KHz		
100KHz		
500KHz		
1MHz		

(2)

我們把實驗一裡的光二極體拿來當作光開關用(注意其適配電阻為 $83\text{k}\Omega$)，用不同強度的光入射看光強度與放大倍率的關係。一樣的，這個步驟也要避免外在的光影響你的實驗結果。

(HP-2FR4 為有透鏡者。)訊號頻率選在 10KHz。



圖九

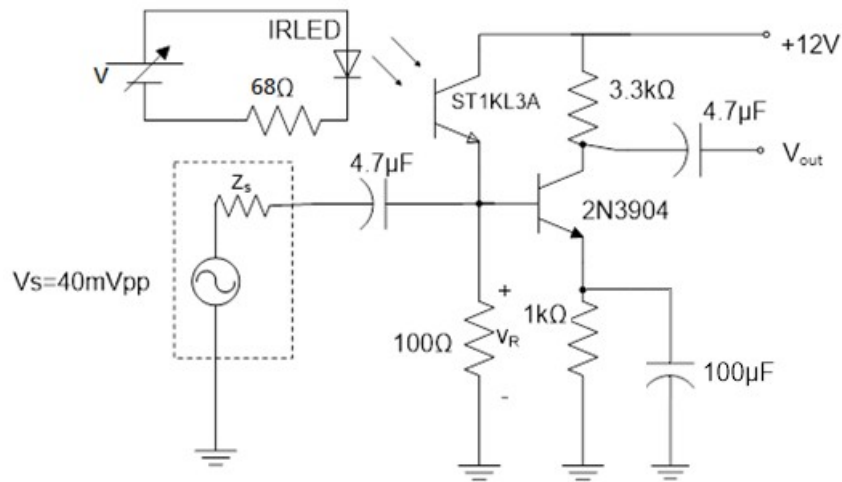
IRLED 輸入電壓 V	5.0V	4.5V	4.0V	3.5V	3.0V
Vout					
放大倍率(Vout / Vs)					

(3)

同步驟(2)只是把光二極體換成光電晶體(注意其適配電阻為 $100\ \Omega$)。看放大倍率與入射光強度的關係。並且找出 V_R 與放大倍率的關係。電晶體為鐵殼短腳，針腳與鐵殼導通的為 C。頻率選在 10KHz 左右。



圖十 ST1KL3A



圖十一

V	5.0V	4.5V	4.0V	3.5V	3.0V
V_R					
V_{out}					
放大倍率(V_{out}/V_s)					

相關補充

欲應用電晶體裝配電路或設計電路，一定要對電晶體之規格有所了解才行。在此說明有關電晶體的規格，讀者們務必利用做完實驗的時間研讀。

1. 最大額定值

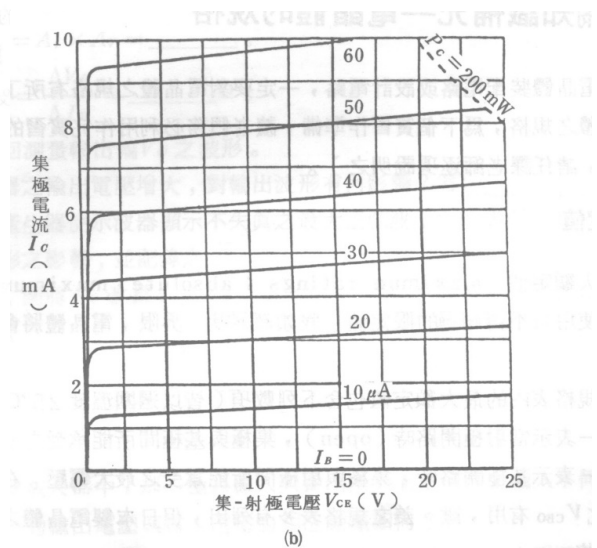
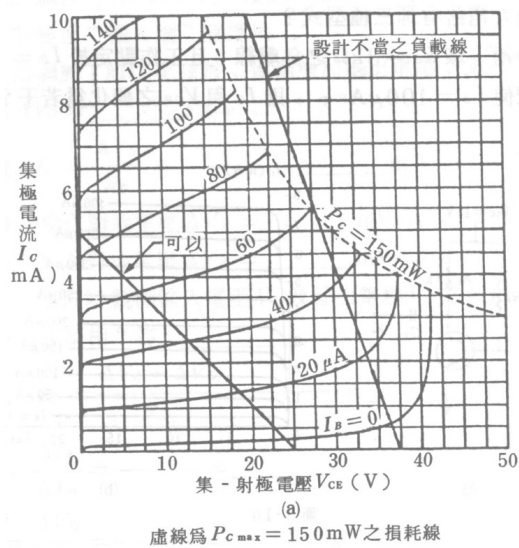
所謂最大額定值(maximum ratings ; absolute – maximum values)，就是電晶體在使用時不得超過的限定值。假如超過此一界限，電晶體就會受損而無法正常工作。

電晶體規格表內的最大額定值包含下列數項(皆已周圍溫度 25°C 為準)

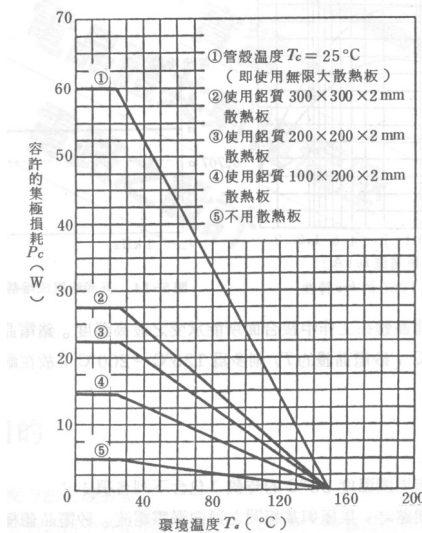
- (1) V_{CBO} —表示當射極開路時(open)，集極與基極間所能承受之最大逆向電壓。
- (2) V_{CEO} —表示基極開路時，集極與射極間所能承受之最大電壓。在應用電晶體時 V_{CEO} 比 V_{CBO} 有用，歐、美之規格表多有列出，但日本製電晶體之規格表則無列出此項規格。
- (3) I_{Cmax} —當電晶體的基-射極被加上順向偏壓時，所允許通過之最大集極電流。(當 I_C 稍為大於 I_{Cmax} 時，雖然電晶體不一定會立即損壞，但特性會惡化而無法有令人滿意的動作，故宜避免之)。
- (4) P_{Cmax} —最大集極功率損耗。
 - (a) 小功率電晶體： P_{Cmax} 是指周圍溫度 25°C($T_a=25^\circ C$)時，電晶體可承受之最大集極消耗功率($P_C=V_{CE}\times I_C$)。若使用中讓 $V_{CE}\times I_C > P_{Cmax}$ ，則電晶體將因溫升過高而損壞。我們可將 P_{Cmax} 標在 $V_{CE}-I_C$ 特性曲線上，如圖十二中之虛線所示。設計電路時負載線絕對不可超過 P_{Cmax} 的範圍，見圖十二(a)。
 - (b) 大功率電晶體及中功率電晶體： P_{Cmax} 是指在周圍溫度 25°C 且裝上無限大的散熱片時所允許之功率消耗。

[例]：在規格表中查得 2SC793 的規格為 $P_{Cmax}=60W(T_C=25^\circ C)$ 。但進一步由廠商提供的詳細資料如圖十三所示，由圖 5-12 可以得知不加散熱片的話它只能承受 5W 的功率損耗，所加的散熱片愈大則所能承受之功率損耗愈大。

功率電晶體必需加上散熱片(多為鋁質)以幫忙散熱，乃為使用功率電晶體的最基本知識
- (5) T_j —表示電晶體在工作中接合面所能承受之最高溫度。鍺電晶體的 T_j 多為 75°C~100°C，矽電晶體的 T_j 則多為 125°C~200°C，故在耐熱上矽電晶體優於鍺電晶體。



圖十二



圖十三 2SC793 所允許之集極損耗

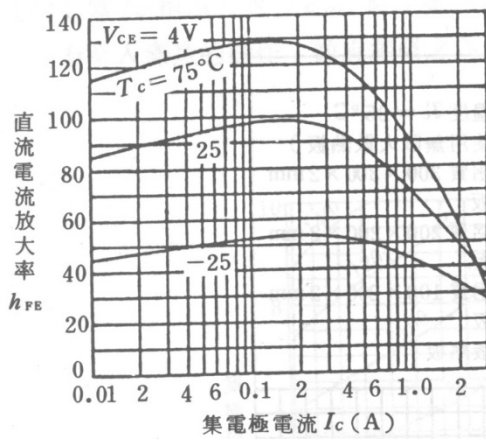
2. 電氣特性

電氣特性(亦指周圍溫度 25°C 的時候)包含下列各項：

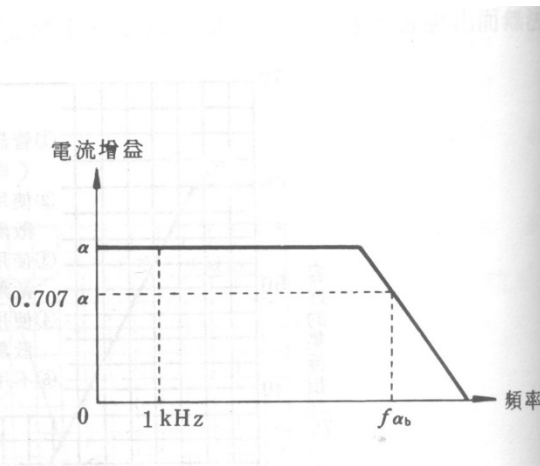
- (1) I_{CBO} 射極開路時，集極與基極間之逆向漏電流。矽電晶體極小，鍺電晶體則較大， I_{CBO} 愈小愈好。
- (2) h_{FE} 直流放大率。 $h_{FE} = I_C / I_B$ ，雖然電晶體在放大交流信號時之交流放大率 $h_{fe} = \Delta I_C / \Delta I_B$ 與 h_{FE} 略有不同，但極相近，故一般電路中皆以 h_{FE} 概括 h_{fe} ，以簡化運算。
在規格表中所查得之 h_{FE} 只是一個“典型值”，實際上 h_{FE} 值會隨溫度及 I_C 而變，圖十四即為一典型之例子。而且，同一編號的不同個電晶體，其 h_{FE} 值可能相差不只 2 倍。
- (3) f_{ab} —截止頻率(cut off frequency)。電晶體工作於高頻時放大率會下降， f_{ab} 的意義是指 α 值降至頻率 1kHz 時 α 值的 0.707 倍之頻率，見圖十五。

[註]最近亦有廠商以 f_T 表示電晶體之高頻能力。 f_T 稱為增益帶寬積， f_T 乃 h_{fe} 降至 1 時之頻

率。 f_T 之所以被稱為增益帶寬積乃因高頻時” $f_T = \text{高頻 } h_{fe} \times \text{頻率}$ ”。



圖十四 2SC1060 的 h_{FE} 特性

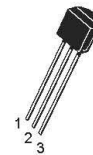
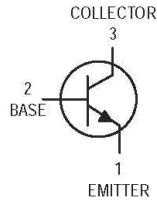


圖十五 高頻時電流增益會下降

General Purpose Transistors
NPN Silicon

2N3903
2N3904*

*Motorola Preferred Device



CASE 29-04, STYLE 1
TO-92 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	60	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	6.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	200	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watts mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS(1)

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Breakdown Voltage (2) ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, I_B = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	40	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 10 \mu\text{Adc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	60	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{Adc}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	Vdc
Base Cutoff Current ($V_{CE} = 30 \text{ Vdc}, V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}$)	I_{BL}	—	50	nAdc
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 30 \text{ Vdc}, V_{EB} = 3.0 \text{ Vdc}$)	I_{CEX}	—	50	nAdc

1. Indicates Data in addition to JEDEC Requirements.
2. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$; Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

REV 2

© Motorola, Inc. 1996



2N3903 2N3904

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ⁽¹⁾ ($I_C = 0.1\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$)	2N3903 2N3904	20 40	— —	—
($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$)	2N3903 2N3904	35 70	— —	—
($I_C = 10\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$)	2N3903 2N3904	50 100	150 300	—
($I_C = 50\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$)	2N3903 2N3904	30 60	— —	—
($I_C = 100\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$)	2N3903 2N3904	15 30	— —	—
Collector–Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 10\text{ mAdc}$, $I_B = 1.0\text{ mAdc}$) ($I_C = 50\text{ mAdc}$, $I_B = 5.0\text{ mAdc}$)		— —	0.2 0.3	Vdc
Base–Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 10\text{ mAdc}$, $I_B = 1.0\text{ mAdc}$) ($I_C = 50\text{ mAdc}$, $I_B = 5.0\text{ mAdc}$)		0.65 —	0.85 0.95	Vdc

SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS

Current–Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 20\text{ Vdc}$, $f = 100\text{ MHz}$)	2N3903 2N3904	f_T 250 300	— —	MHz
Output Capacitance ($V_{CB} = 5.0\text{ Vdc}$, $I_E = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$)		C_{obo}	— 4.0	pF
Input Capacitance ($V_{EB} = 0.5\text{ Vdc}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\text{ MHz}$)		C_{ibo}	— 8.0	pF
Input Impedance ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	2N3903 2N3904	h_{ie} 1.0 1.0	8.0 10	k Ω
Voltage Feedback Ratio ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	2N3903 2N3904	h_{re} 0.1 0.5	5.0 8.0	$\times 10^{-4}$
Small–Signal Current Gain ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	2N3903 2N3904	h_{fe} 50 100	200 400	—
Output Admittance ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)		h_{oe}	1.0 40	μmhos
Noise Figure ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\text{ Vdc}$, $R_S = 1.0\text{ k}\Omega$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	2N3903 2N3904	NF	— 6.0 5.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

Delay Time	$(V_{CC} = 3.0\text{ Vdc}$, $V_{BE} = 0.5\text{ Vdc}$, $I_C = 10\text{ mAdc}$, $I_{B1} = 1.0\text{ mAdc}$)	t_d	—	35	ns	
Rise Time		t_r	—	35	ns	
Storage Time	$(V_{CC} = 3.0\text{ Vdc}$, $I_C = 10\text{ mAdc}$, $I_{B1} = I_{B2} = 1.0\text{ mAdc}$)	2N3903	t_s	—	175	ns
Fall Time		2N3904	t_f	—	200	ns
				50	ns	

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$; Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

h PARAMETERS
 ($V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$, $f = 1.0 \text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

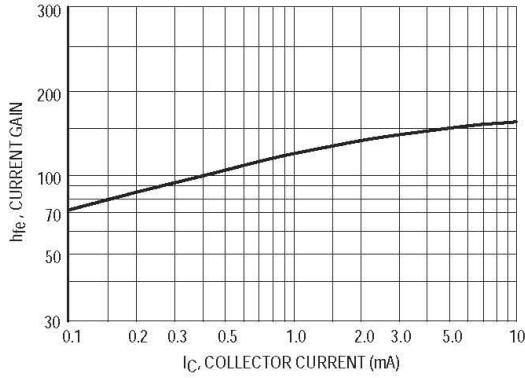


Figure 11. Current Gain

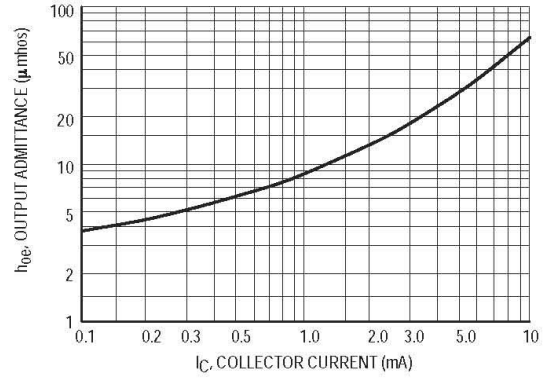


Figure 12. Output Admittance

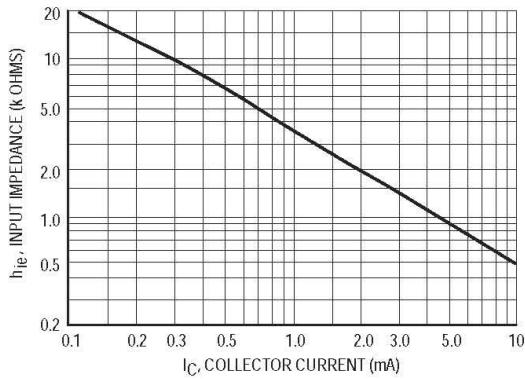


Figure 13. Input Impedance

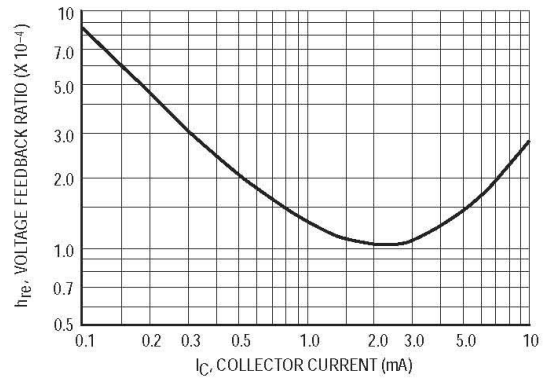


Figure 14. Voltage Feedback Ratio

TYPICAL STATIC CHARACTERISTICS

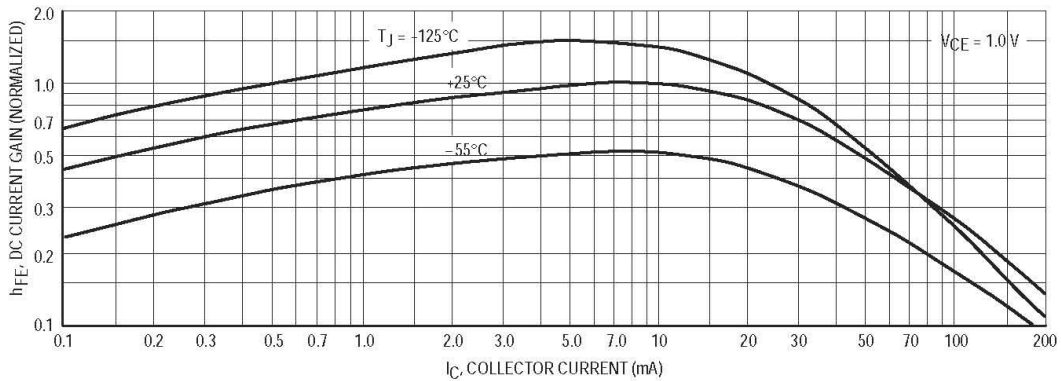


Figure 15. DC Current Gain

ST-1KL3A

ST-1KL3A は、メタルキャップをハーメチックシーリングした、TO-18 タイプの高感度シリコンフォトトランジスタです。屋外使用等厳しい条件下での信頼性が高められ、経時変化が少なく、耐久性、高信頼性の要求に答えます。

The ST-1KL3A are high-sensitivity NPN silicon phototransistors mounted on durable, hermetically sealed TO-18 metal cans, providing years of reliable performance even under demanding conditions such as use outdoors.

ベース端子なし: ST-1KL3A / Two leads (Collector, Emitter): ST-1KL3A

■特長 FEATURES

- TO-18レンズ付きキャンタイプ
- 高信頼性
- 狭指向角

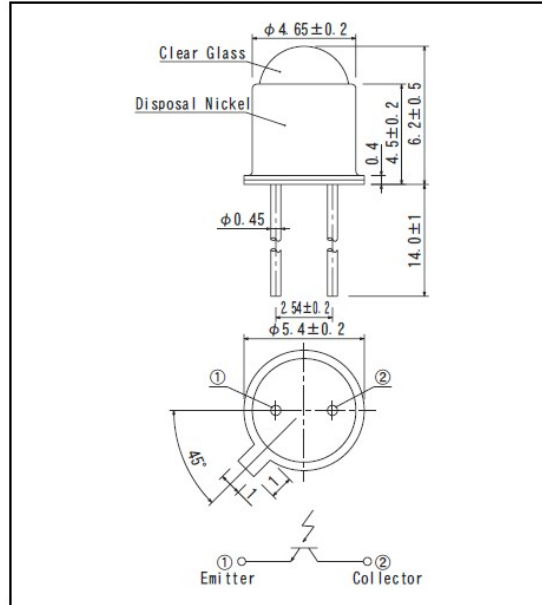
- TO-18 can type with lens
- High reliability
- Narrow angular response

■用途 APPLICATIONS

- 光電スイッチ
- 産業機器

- Optical switches
- Industrial machines

■外形寸法 DIMENSIONS (Unit : mm)



■最大定格 MAXIMUM RATINGS

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Rating	Unit
コレクタ・エミッタ間電圧 C-E voltage	V_{CE}	40	V
エミッタ・コレクタ間電圧 E-C voltage	V_{EC}	6	V
コレクタ電流 Collector current	I_C	50	mA
コレクタ損失 Collector power dissipation	P_C	150	mW
動作温度 Operating temp.	Topr.	-30~+100	°C
保存温度 Storage temp.	Tstg.	-50~+150	°C
半田付温度 Soldering temp ^{*1}	Tsol.	260	°C

*1. リード根元より2mm離れた所で5秒

For MAX. 5 seconds at the position of 2 mm from the resin edge

■電気的光学的特性 ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

(Ta=25°C)

Item	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit.
暗電流 Collector dark current	I_{CO}	$V_{CE}=10V$		1	200	nA
光電流 Light current	I_L	$V_{CE}=10V, E_r=2000Lx$ *2	1.5	5.0	15	mA
コレクタ・エミッタ間飽和電圧 C-E saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C=5mA, E_r=2000Lx$ *2		0.2	0.4	V
応答時間 Switching speeds	立上り時間 Rise time	$V_{CE}=10V, I_C=5mA, R_L=100\Omega$		3.2		μs
	立下り時間 Fall time			4.8		μs
分光感度 Spectral sensitivity	λ		500~1050			nm
ピーク感度波長 Peak wavelength	λ_p			880		nm
半値角 Half angle	$\Delta\theta$			± 6		°

*2. 色温度=2856K標準タングステン電球
Color temp. = 2856K standard Tungsten lamp

本資料に記載しております内容は、技術の改良、進歩等によって予告なしに変更されることがあります。ご使用の際には、仕様書をご用命のうえ、内容確認をお願い致します。

