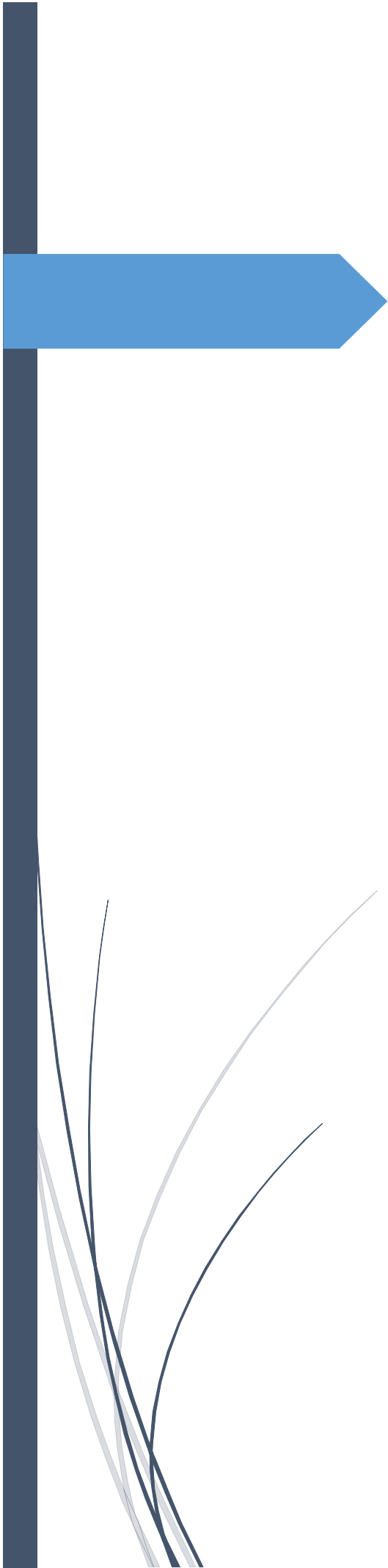




中級汽車電子

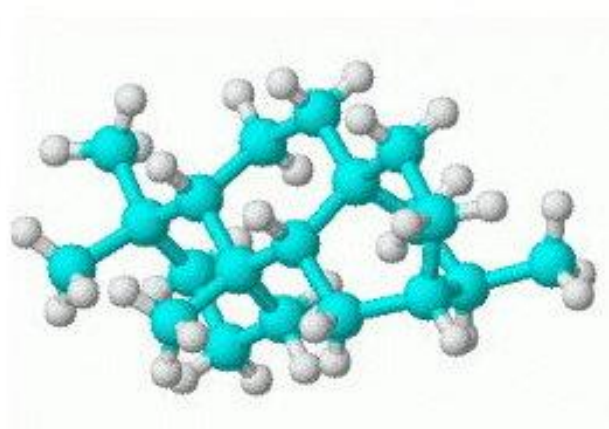
香港汽車維修業僱員總會

1. 電子概念

1.1 物質，分子和原子

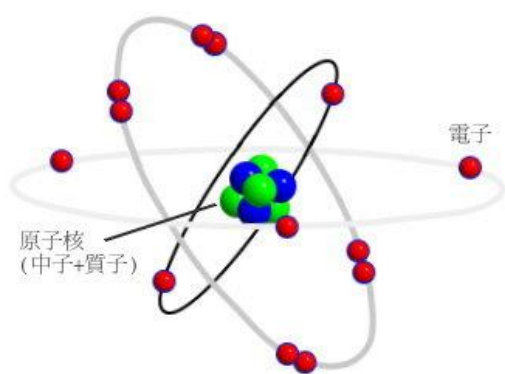
分子是能單獨存在、並保持純物質的化學性質的最小粒子。除個別例子如氫之外，每個分子都是由多個原子在共價鍵中透過共用電子連接一起而形成。；它可以是相同化學元素的原子組成，如氧氣 O_2 ；也可以是不同的元素的原子，如水分子 H_2O 。

一般而言，單一分子體積都細小至肉眼不能覺察得見，但無數的分子組合在一起就會構成各式各樣物體的成份和材料，統稱物質，例如塑膠、銅、鐵等皆是。



某碳氫化合物的分子結構立體模型
(圖中較大的為碳原子，較小的氫原子)

圓柱體表示共價鍵



鈉原子結構示意圖

1.2 原子結構

除氫原子不含中子外，其它原子內都含有三種基本粒子：電子、質子和中子。

原子的核心，按不同的元素，由定量的中子和質子合成，呈靜止狀態，佔原子幾乎全部的質量。原子內含質子的數目，就是該元素的原子序；氫只有一個質子，原子序是 1，鈉原子內含十一個質子，原子序是 11...，每個質子均帶一個正電荷。

原子外圍是以一些以特定層級軌跡高速運行的電子，每粒電子帶一個負電荷，在平衡狀態下，電子的數目和質子相同，故此

氫有 1 粒電子而鈉則有 11 粒。正負不同的電荷互相吸引，而相同的電荷互相排斥；由於受到原子核內質子的吸引，電子在運行時會先佔據最低能量值的軌跡；因此，由於第三層或以上的軌跡會較內一層的亞軌能量低而出現率先被電子佔據的現象。由內至外前三層名稱及可容納的電子數量如下：

層次	1	2		3		
電子層軌名稱	K	L		M		
在該層軌包含的亞層軌跡名稱	s	s	p	s	p	d
亞層軌跡可容納電子數量	2	2	6	2	6	10
電子層軌可容納電子總數	2	8		18		

各元素的性質，例如價電子數目等，可參考元素週期表。

1.3 元素週期表

按元素的原子序由小至大的次序，在表上從左向右排列，相同電子層數的元素放在同一橫排，稱為一個週期，共排成七個週期；

每排將含有相同價電子數目的元素，放在同一直欄位，它們因性質接近，稱為一族。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	族 I A																	0	0 族電子排序
週期	1																	2	
1	1 H 氫																	He 氦	K 2
2	3 Li 鋰	4 Be 鈹											5 B 硼	6 C 碳	7 N 氮	8 O 氧	9 F 氟	10 Ne 氖	K,L 2,8
3	11 Na 鈉	12 Mg 鎂											13 Al 鋁	14 Si 矽	15 P 磷	16 S 硫	17 Cl 氯	18 Ar 氬	K,L,M 2,8,8
4	19 K 鉀	20 Ca 鈣	21 Sc 釷	22 Ti 鈦	23 V 釩	24 Cr 鉻	25 Mn 錳	26 Fe 鐵	27 Co 鈷	28 Ni 鎳	29 Cu 銅	30 Zn 鋅	31 Ga 鎵	32 Ge 鍺	33 As 砷	34 Se 硒	35 Br 溴	36 Kr 氪	K,L,M,N 2,8,18,8
5	37 Rb 鉀	38 Sr 銻	39 Y 釷	40 Zr 鈦	41 Nb 鈮	42 Mo 鉬	43 Tc 錳	44 Ru 鈷	45 Rh 銲	46 Pd 鈀	47 Ag 銀	48 Cd 鎘	49 In 銦	50 Sn 錫	51 Sb 銻	52 Te 碲	53 I 碘	54 Xe 氙	K,L,M,N,O 2,8,18,18,8
6	55 Cs 銫	56 Ba 鋇	57-71 釷系	72 Hf 鈦	73 Ta 鉭	74 W 鎢	75 Re 鐳	76 Os 鋨	77 Ir 銥	78 Pt 鉑	79 Au 金	80 Hg 汞	81 Tl 鉍	82 Pb 鉛	83 Bi 鉍	84 Po 鉷	85 At 砹	86 Rn 氡	K,L,M,N,O,P 2,8,18,32,18,8
7	87 Fr 銣	88 Ra 鐳	89-103 釷系	104 Rf 鈦	105 Db 鉭	106 Sg 鉬	107 Bh 錳	108 Hs 鋨	109 Mt 錳	110 Ds 鎢	111 Rg 鎢	112 Uub 鎢	113 Uut 鎢	114 Uuq 鎢	115 Uup 鎢	116 Uuh 鎢	117 Uus 鎢	118 Uuo 鎢	
	釷系元素		57 La 釷*	58 Ce 釷	59 Pr 釷	60 Nd 釷	61 Pm 鉅	62 Sm 釷	63 Eu 釷	64 Gd 釷	65 Tb 釷	66 Dy 釷	67 Ho 釷	68 Er 釷	69 Tm 釷	70 Yb 釷	71 Lu 釷		
	釷系元素		89 Ac 釷**	90 Th 釷	91 Pa 釷	92 U 鈾	93 Np 釷	94 Pu 釷	95 Am 釷	96 Cm 釷	97 Bk 釷	98 Cf 釷	99 Es 釷	100 Fm 釷	101 Md 釷	102 No 釷	103 Lr 釷		
	釷金屬 釷土金屬 釷系元素 釷系元素 過渡金屬 主族金屬 類金屬 非金屬 鹵素 惰性氣體																		
元素週期表																			

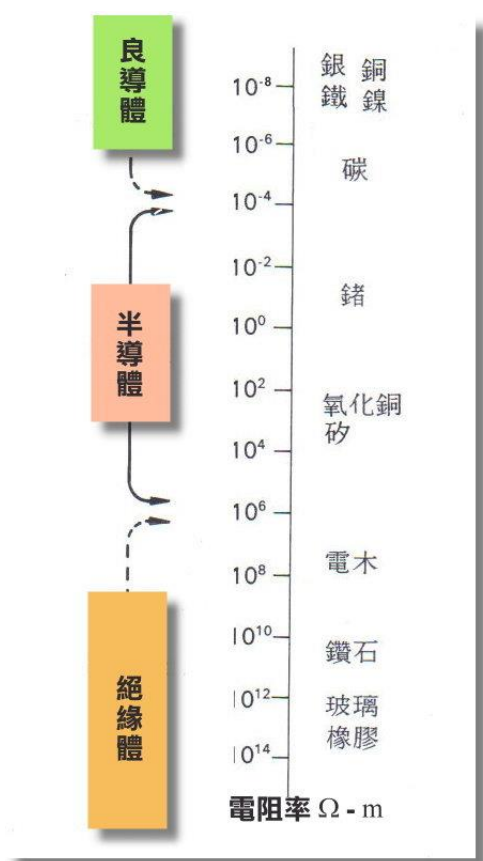
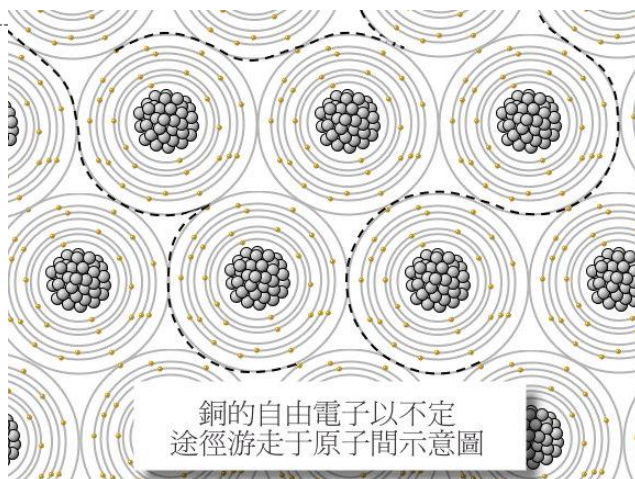
1.4 導體，絕緣體，半導體，電晶體，電阻及其他電子元件

每個元素，位於最外層未填滿的軌跡上的電子稱為原子價(鍵)電子，簡稱價(鍵)電子；它們受到原子核的吸力最小，較易游離。

週期表中的「IA、IB 族元素」，在「填滿」的電子軌道外放了一個電子，該電子受原子核的束縛很小，容易脫離成為游離(自由)電子，自由地漂移到別的原子間。這些材料，祇要很少的誘因，電子就可以大量地在物質原子間流動而形成電流。舉例如銅，原子序 29，電子數目 = 2 + 8 (2s², 2p⁶) + 18 (3s², 3p⁶, 3d¹⁰) + 1 (4s¹) = 29，即第四層電子只有一粒價

電子；於是該粒價電子可以經常地作為游離電子不定形漂泊於別的原子的 4s 軌道中，使銅成為很好的導電體。

漸次地，IIA 族元素、IIIA 族元素等原子，因外圍負電電子及原子核內正電質子逐漸增加，使得原子核對外圍電子的束縛力漸增，外圍電子便逐漸安定，其導電性也漸減而逐漸無法成為導電的自由電子，到 VIII 族 (0 族) 成為非常安定的「惰性氣體」，它們的價電子束縛得地牢固，在很大的外力下仍然沒太多的電子流動。



阻檔電子流動的力量大小的數阻就是電阻 Resistance，單位歐姆 Ohm (Ω)。在同一材料中，當電流的距離越遠或讓電子流過的通道之截積越細小，電阻就越大。用以計算材料電阻值的物理量稱作電阻率 Resistivity (ρ)，單位 Ωm 。廣義而言，很容易被電流通過，即電阻率很低 (小於 $10^{-4} \Omega m$) 的材料，就是導電體。相反電阻率很高 (大於 10^6) 的材料就是絕緣體。

所謂的「半導體」是指介於導體與非導體中間的「IIIA、IVA、VA 族元素」的材料。IVA 族元素中的「矽(硅)」和「銻」，是最典型的半導體元素；而 IIIA、VA 族中材料，則可用於製造「合成半導體」；而 IIIB 族中的鈳、釷、鐳等十七種稀有材料，就是稀土金屬。

早期因為缺乏精密的儀器檢測，基於可見的物理現象推斷，傳統定下正極為高位而負極為低電位，當兩極間有導體連接時，電流在電壓的推動下由正極流向負極，這法則至今仍然沿用。然而，真實的電子移動方向，是由負

極移向正極的。

電壓、電流和電阻的關係見歐姆定律： $V = I \times R$ (電壓 = 電流 x 電阻)

電壓單位伏特 Volt (V)，電流安培 Ampere (A)，電阻歐姆 Ohm (Ω)

1.4.1 導體的特性和用途

低阻率的導體(例如銅)，可製成電線以傳遞電流及繞成線圈產生磁力或電力；高阻率的導體則可製成電阻以控制電流，當中高熔點的材料可利用電流通過時產生光和熱造成發熱線及燈絲，而某些特定熔點的材料則可當熔斷絲(灰土)。

導體的阻值，隨長度加大及截面積縮小而增加，在大電流通過時會產生高溫而造成危險。一般金屬的電阻率隨溫度上升而增加，但也有個別導體(例如碳)在溫度上升時阻率反而下降。

1.4.2 絕緣體的特性和應用

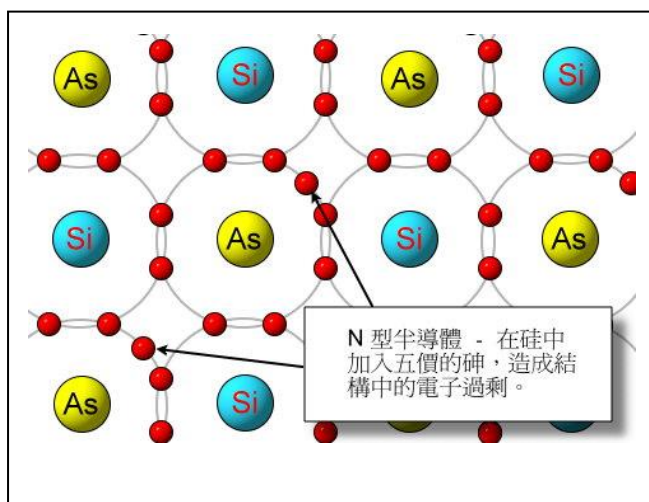
絕緣體(例如塑膠)因為較難導電，常被用作阻隔電壓和電流的用途，製成電線外皮、絕緣子和電容器等。

1.4.3 半導體的特性和應用

在一般情況下，半導體的電阻率介乎良導體和絕緣體之間。但在外來因素例如溫度升降、光線照射、磁場強弱等影響時，PN 接點的導電性會有很明顯的改變，某些特別製造的 PN 接點在電流通時更會發出光線。

鍺 Ge 和矽 Si 是最常用的半導體材料，在純正時導電性不強，矽更是一種常用的絕緣材料，故在實際應用時通常會摻雜少量的雜質，以加強其效率。

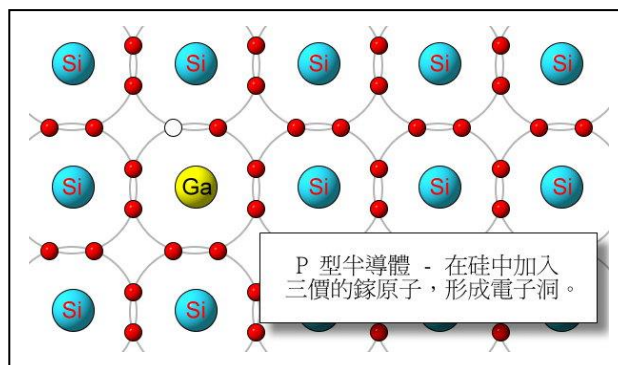
1.4.3.1 N 型半導體



在矽或鍺基片中摻雜少量之砷 As、銻 Sb 或磷 P 造成原子間有過剩的電子，這些電子會成為自由電子，在施加電壓下就可以大量移動，產生電流。

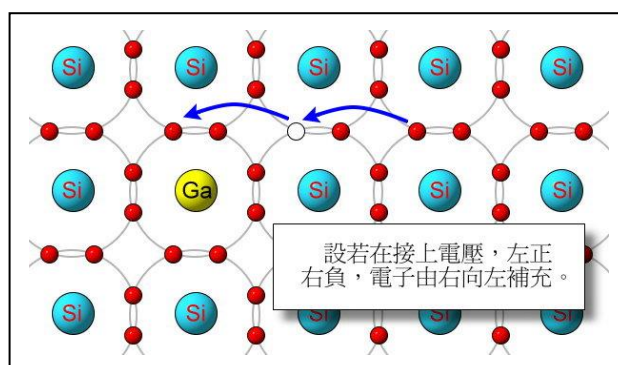
1.4.3.2 P 型半導體

若在矽或鍺基片中摻雜鎵 Ga、銦 In 或鋁 Al 則會形成一個缺少足夠電子的分子結構，原子間本來應該有電子佔據的位置現在空置著，這些空間稱為電洞 Hole；電洞因為電子失衡而帶正電荷，會吸引鄰近原子的電子跳進來而導致該原子失產生電洞，故此電洞的移動方向剛好與電子相反。

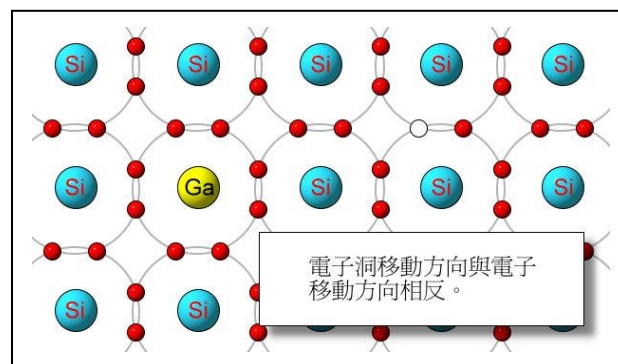


1.4.3.3 整流

以 N 型半導體和 P 型半導體接合，可製成二極體。在兩型半導體材料相接的地方，N 材的游離電子會進駐 P 材的電洞，形成一片暫時電荷平衡的範圍，障礙電子的移動，稱為耗完層 Depletion Layer。

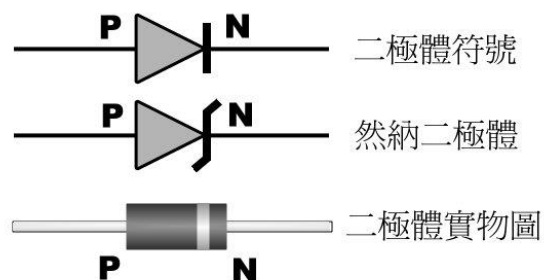


若在 PN 兩側分別接上電源，當電壓正接時（即在 P 側接正/陽極而 N 方接負/陰極，只需要很低的電壓（鍺 0.3V，矽 0.7V）就足夠克服耗完層的障礙，令電子持續通過，故此正接的二極體能導通電流。

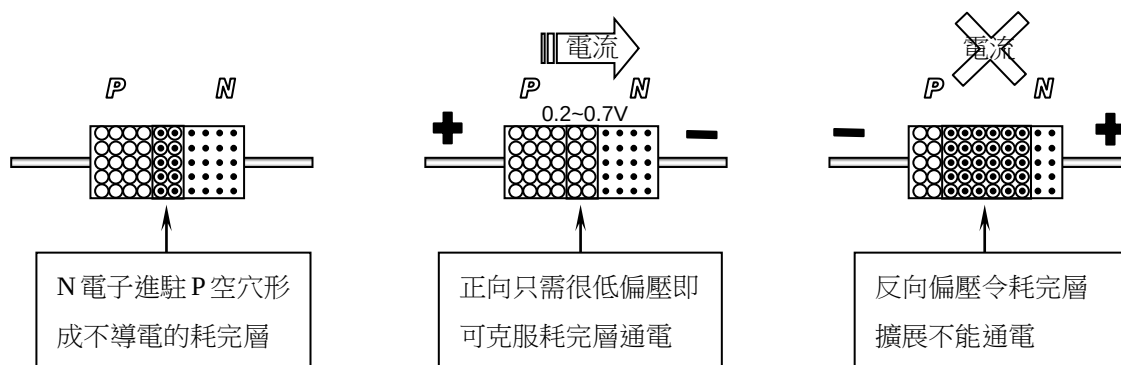


當電壓反接時（即在 P 側接負極而 N 方接正極），電壓反會令耗完層增大，進一步阻止電子的通過，故此反接的二極體不能過電。當然，在電壓高至令耗完層崩潰時，電流即時會大量流過，多數二極體都會因而損壞。可是，然納二極體卻是特別製造來利用這特性，在達到某一指定電壓即會導通以啟動電路。

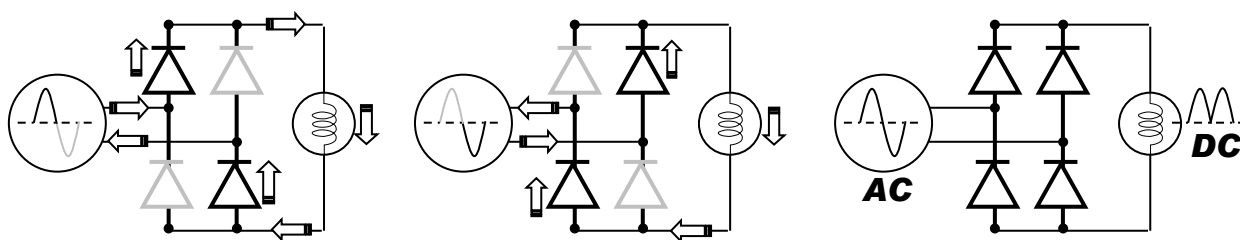
整流二極體之電路圖符號如右，三角形之細端指示電流流動的方向。二極體的實物有多種不同之形狀，常以色帶標示負極。利用二極體只讓正接電流通過的特性，可使交流電只循單一方向通過，這就是整流。



二極體整流工作的原理：



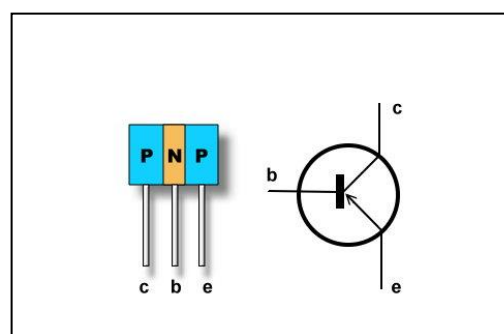
將四枚二極體以下圖方式接成橋狀，可使交流電無論在正負週期均只循單一方向通過，是為全波整流。



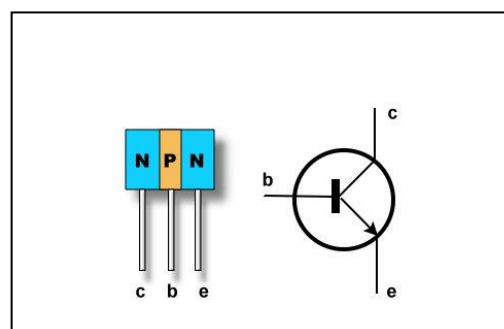
除整流外，二極體還多被用作檢波、穩壓等工作。二極管的編號命名每多用 1N 作前導方便辨識。

1.4.4 晶體管(三極管)

在兩塊 N 型半導體之間插入一個 P 型半導體，就是 NPN 型的晶體管，若兩側為 P 型而中間為 N，則是 PNP 型晶體管，這結構稱為 BJT (Bipolar Junction Transistor)。



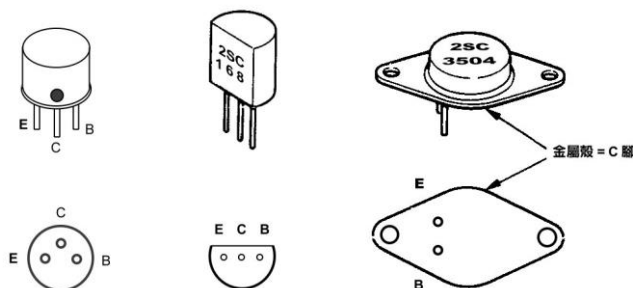
晶體管中，每片半導體材料層即為一極，每一極各有一特定名稱，中間統稱為基極 B，兩側就是射極 E 和集極 C，兩型晶體的各極連接電壓和電流方向，並不相同。



兩型的線路圖型如右：PNP 型電晶體的箭頭

朝向射極，而 NPN 型電晶體則背向射極。

晶體管接腳標示方法有很多種，以右方三種為較常見。編號方面，初期 PNP 的晶體以 A(高頻)或 B(低頻)，作為編號代碼中第三個字。若第三字是 C(高頻)或 D(低頻)，則為 NPN。例如：2SC123 = NPN 高頻電晶體。



近年由於新科技和材料例如稀土的應用，電子產品功能愈趨強大並向微型化、集成化轉移，晶體管的型號已經不再局限於初期的規律，需從生產商自己的生產規格表中查找。

1.4.4.1 晶體管的功能及工作方法

晶體管在電路中擔當放大器和開關的角色；它能放大的電流倍數，就是該晶體管的 β 值，可以高逾 100 倍以上。

它的工作方法，是利用通過基極的電流來開關及控制集/射兩極之間的電流。簡單而言，一粒 $\beta = 50$ 的晶體，當沒有有流通過基極時，集/射極間電流 = 0，換言之集/射極被關上；當基極電流 = i 時，集/射極間電流 = $50i$ ，集/射極開通。

使用時，NPN 型及 PNP 型的駁接方式並不相同。

1.4.4.2 PNP 型晶體管電路

PNP 型晶體管使用『供電』方式。方法是先把用電器具接駁至射極，把電源接上集極並讓基極和集極以電阻相通；因為基/集極間電壓相同，基極電流等於 0，集/射極關上。

若把基極電壓降低，令電由集極流向基極，產生基極電流，就可把集/射極開啟，讓相當於 β 倍於極電流的電通過，供應用電器具。

1.4.4.3 NPN 型晶體管電路

PNP 型晶體管使用『通地』方式。先直接把用電器具接上電源，再把電器的回路經集/射極落地。若沒有電壓施加於基極上則基極電流等於 0，集/射極關上。

這時如在基極加壓讓電由基極流向射極，產生基極電流，就可把集/射極開啟，讓相當於 β 倍於極電流的電通過落地，電路完成，電器運作。

1.4.5 電容器

電容器 Capacitor 又稱凝電器 Condenser，在接上電壓後，可儲存電荷。

1.4.5.1 電容器之原理

當一塊連接正電源和另一接負電源的金屬薄片非常接近卻因中間有絕緣體分隔而互相無法導通時，金屬板中的正、負電荷互相吸引積聚在金屬片上；若這時截斷電源，電荷就未及散去而儲存起來，在完成電路時才釋放出來。電容器所能儲存的電荷受到電壓的限制，過高電壓會擊穿絕緣體。

電壓，電容量及儲存電荷的關係： $Q = C V$
(電荷 = 電容量 x 電壓)

單位：電容量-法拉 F，電荷-庫侖 C，電壓-伏特 V。

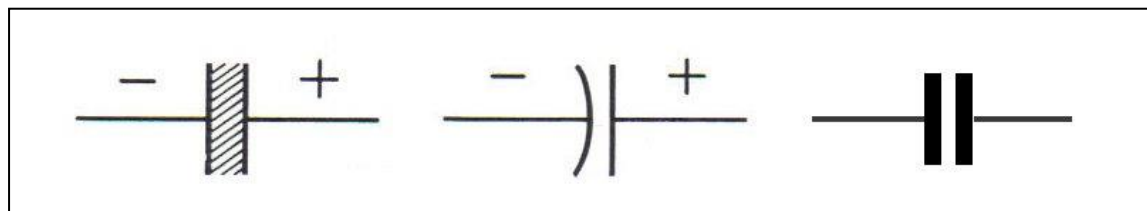
在實際的使用上，法拉的單位太大，通常使用 $\mu(1 \times 10^{-6})F$ ， $n(1 \times 10^{-9})F$ 及 $p(1 \times 10^{-12})F$

1.4.5.2 電容器之型式與其特性

常用的電容絕緣材料有陶瓷，紙及電解質等，不同材料會用特定的顏色來區分。電容量亦依順序以電解質為最高，此類的電容器，其絕緣部份是在鋁或鈹的底面上覆蓋金屬氧化物之薄膜經電解而產生。這使傳導板間之距離縮至最小，增加充電量。但需留意電解質電容器的接腳有極性（正與負）之分，必須根據其極性正確接駁。為了與其他型式之電容器區別，常用特別的圖形



符號來表示和標出正負接腳。



1.4.5.3 電容量的標示法

體積較大的電容器會在表面直接以文字顯示容量及電壓等資料、較小的只印上數字及單位例如 22p。

- 數字加底線代表 pF (22 = 22p);
- 第三位數字代表 p 值的 10 位指數 (101 = 100p, 331 = 330p, 102 = 1000p, 822 = 8200p, 103 = 10000p, 333 = 33000p, 105 = 1000000p = 1μ...)

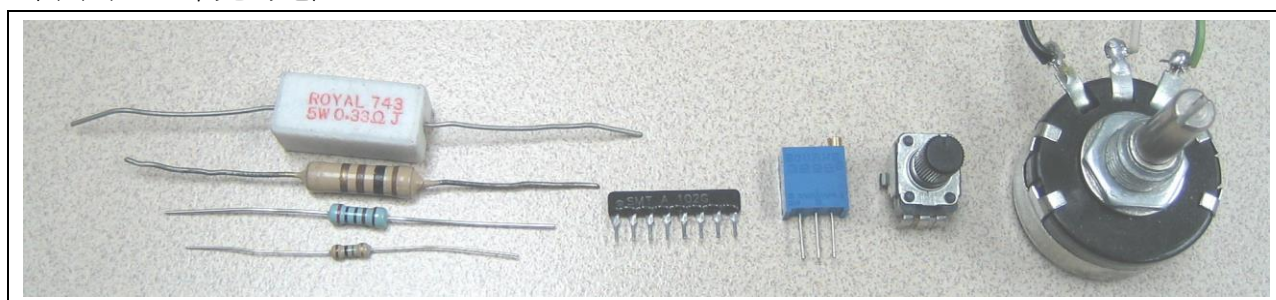
1.4.5.4 電容器的常見用途：

- 配合電路作濾波、檢波、穩壓、定時、振盪、儲存電能...等用途。

1.4.6 電阻器

電阻常見的有材料有電阻線，炭膜，導電橡膠及金屬膜等，普遍地使用于限制電流，分壓及配合電容來作定時...等各方面。

下圖為一些常見的電阻：



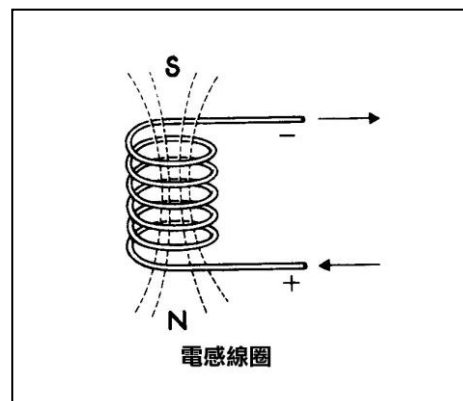
小型電阻普遍使用色環代碼來表示電阻值。四環色碼的計算法如下：

顏色環	第一環： 第一位的數值	第二環： 第二位的數值	第三環： 10 的倍數	第四環：誤差
棕	1	1	1	1%
紅	2	2	2	2%
橙	3	3	3	--
黃	4	4	4	--
綠	5	5	5	--

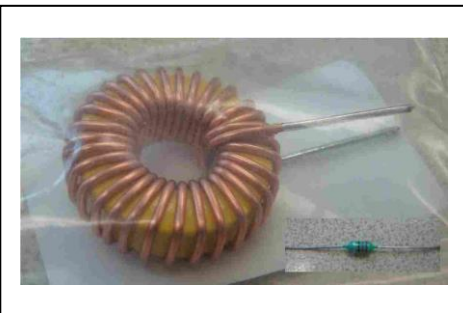
藍	6	6	6	--
紫	7	7	7	--
灰	8	8	8	--
白	9	9	--	--
黑	0	0	0	--
金	--	--	-10	5%
銀	--	--	-100	10%
沒有色環	--	--	--	20%

1.4.7 電感器

電感器 Inductor 主要的組成部份為線圈，按電感量和頻率的要求而決定線圈的大小，匝數和圈內是否保留空心抑或加入磁芯 - 低頻大功率以鐵芯為主，高頻可用鋁芯。當電流通過線圈時會產生磁力；反之，當有磁場的變化時線圈就會產生一個和線圈匝數成正比的電壓。

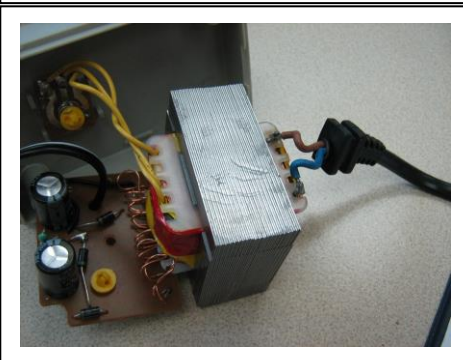


電感器常用漆包銅線繞製，主要用途有檢波，滯時，扼流、產生磁場(如繼電器)和電力(如發電機)等。



1.4.7.1 電感的單位和標示：

電感單位是H，有些產品可能直接以文字標示例如 25 μ H，有些可能只印上產品編號而需要在產品手冊上翻查數值，也有部份採用顏色代碼。這些產品外觀和電阻或電容器接近，不易分辨。



1.4.7.2 變壓器

利用兩組不同繞圈匝數的交感線圈，當其中一個線圈內的電流變動時產生變化的磁場時，這磁場變化會使另一組線圈相應產生與匝數成比例的電壓；這就是變壓器升壓或降壓的工作原理。

1.4.8 集成電路 IC

利用新技術在面積只有幾平方毫米的晶片上刻蝕出成千上萬個晶體管、二極體、電容、電阻等元件，



組合而成具有特定功能的電路，封裝在陶瓷或塑料等外殼中加以保護。使用時將集成電路安置在插座或電路板上，並按需在封裝的相關接腳上，分別接駁電源、接地回路、輸出、輸入和一些輔助的元件，即可發揮功能。

1.4.8.1 集成電路的級別

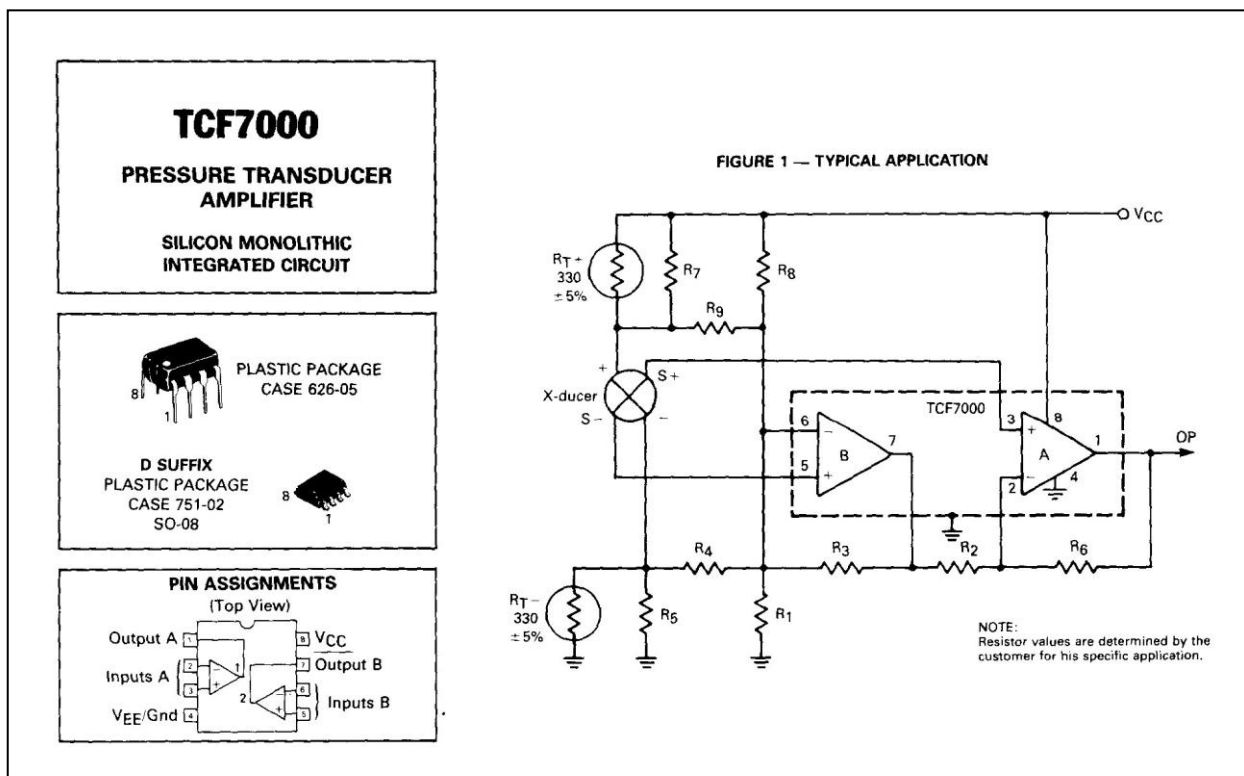
按集成電路內含有元件的數量，可區分成四個級別：

級別名稱	SSI(小型)	MSI(中型)	LSI(大型)	VLSI(超大型)
元件數量	約 100	100 至 10,000	10,000 至 100,000	100,000 以上

現在科技進步，集成電路內的元件數量已超逾百萬，故亦有建議加上 ELSI(特大型)的級別，但一般均認為 VLSI 並無上限，故此已足可涵蓋未來發展的需要。

1.4.8.2 集成電路的封裝和接腳安排

不同的封裝的接腳安排有別。電腦晶片的輸出輸入繁多，需使用矩陣式的接腳。至于其他常用的集成電路，則多採用成本相宜的陶瓷或塑料封裝及雙行 DIP 接腳的設計。DIP 接腳編號參見下圖，頂視以左上為第 1 腳按反時針方向排列。74 系列 IC 以左下腳接地，右上腳接電源，故此 14 腳的 IC，第 7 腳接地，第 14 腳接電源；但因各功能的集成電路有不同的輸出、輸入、接地和電源需要，故此實際接駁方式宜查考各生產商提供的手冊。附圖為一粒車用油壓保護系統的集成電路 TCF7000 的封裝，接腳及使用電路。



1.4.8.3 常用的集成電路

一般而言，電路的工作範疇可按工作形式劃分成類比(線性)及數碼兩大類。數碼形式的工作，只考慮當時電路所處的電位是『高』或『低』的兩種狀態，以作邏輯/數碼/計時運算、記憶儲存等，是電腦、計算機、時計等所採用的工作形式。

常用的數碼集成電路有邏輯運算器、暫存器、計數器、微處理器、可編程控制器、時脈產生器、數據傳輸器…等。

傳統功能例如放大、開關、比較、線性運算…等電路，在連續不間斷的電位下工作，沒有時脈和高/低電位的規限，就是類比(線性)工作；是任可電路包括數碼電路都會使用到的基本工作形式。

常用的線性集成電路有運算放大器、音頻/射頻/調頻放大器、混頻/變頻器、開關、穩壓、調壓、限壓、穩流…等數不勝數。汽車上使用的各類溫度、氣壓、調壓、位置感知和探測器、摩打控制器、點火集成電路…等都屬這類集成電路。

1.5 電子技術的發展的趨勢：

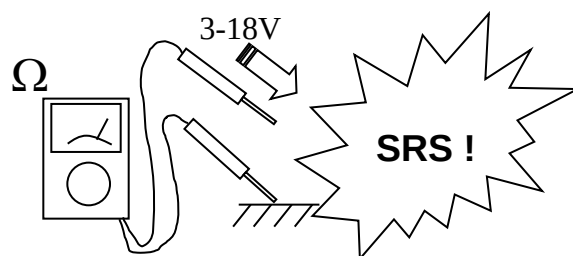
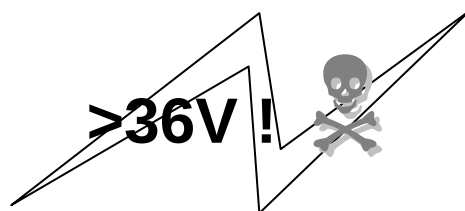
- 處理速度更快，節省時間；
- 體積更少，節省空間及材料；
- 更環保及節能，效率高、耗電低，選用環保材料；
- 增大負荷功率；
- 擴大使用領域。

4.1.1 指針式萬用表

指針式廉宜、簡單、穩定而可靠，但準確度和分辨率都只屬一般。因輸入阻抗較少，只宜量度一般精準要求不高的線路和元件。應用範圍包括量度電壓，電阻及電流，亦可測試晶體管，整流子及電容器等。

安全注意事項：

- ✓ 必須遵守電表的安全使用限制及守則。
- ✓ 一般而言，萬能表設計供量度低壓及低電流之用。在高于 36 伏的電壓時，用者切勿接觸帶電金屬，以防觸電。
- ✓ 在量度阻值時，電表本身會輸出電壓，高低視乎內置電池而定，舊式行針表可高達 18 伏，足以燒毀電子設備及引發安全氣袋等。通常，指針表黑針出正電壓，而跳字表則紅針出正電壓。



量度前的準備

- 利用針軸調整螺絲校正指針的原本位置指向零。
 - 利用功能選擇旋鈕，選定要量度的功能和範圍檔位：
- $k = 1,000;$
 $m = 1 / 1,000;$
 $\mu = 1 / 1,000,000$

直流電壓 - DCV

交流電壓- ACV

電阻 - Ω

二極管 - $\Omega \times 1 \sim \times 1K$

三極管 - hFE

電芯 - BATT

直流電流 DCmA

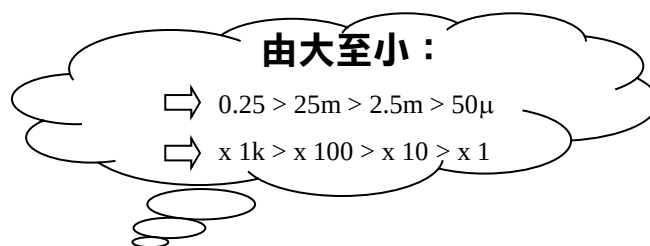


1. 指針
2. 經電容輸入插孔
3. 選擇範圍
4. 選擇鈕
5. 負極插孔
6. 錶示讀數

7. 指針調正鈕
8. 零阻值調正鈕
9. 三極晶體測試插孔
10. 正極插孔
11. 2.5A 電流量度插孔

量度時注意事項：

在未知量度範圍大小之前，應先選擇大的檔位測試。



錶示讀數閱讀法：

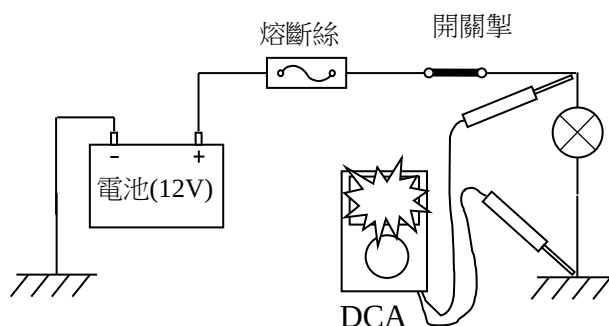
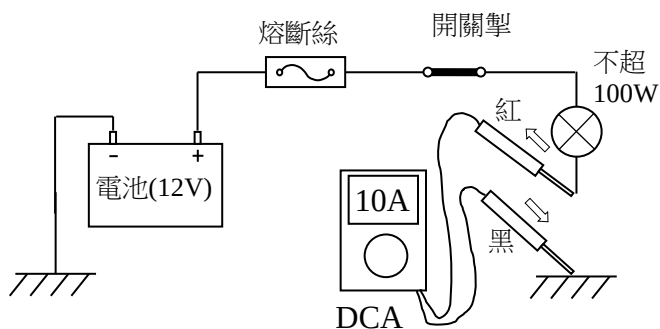
測試/量度元件	選擇鈕位置	錶面讀數位置	乘大倍數
電阻	Ω X 1	Ω	1
	Ω X 10	Ω	10
	Ω X 100	Ω	100
	Ω X 1K	Ω	1000
	Ω X 10K	Ω	10,000
直流電壓	DCV 0.1	DCV · A 10	0.01
	DCV 0.5	DCV · A 50	0.01
	DCV 2.5	DCV · A 250	0.01
	DCV 10	DCV · A 10	1
	DCV 50	DCV · A 50	1
	DCV 250	DCV · A 250	1
	DCV 1000	DCV · A 10	100
交流電壓	ACV 10	ACV 10	1
	ACV 50	ACV 50	1
	ACV 250	ACV 250	1
	ACV 1000	ACV 10	100
三極晶體	hFE X 15mA	hFE	1
	hFE X 150mA	I _{ceo}	1
	hFE X 15mA	I _{ceo}	1
二極管	hFE X 150mA	L 1 (mA), LV(V)	10, 1
	hFE X 15mA	L 1 (mA), LV(V)	1, 1
	hFE X 1.5mA	L 1 (μA), LV(V)	100, 1
	hFE X 150μA	L 1 (μA), LV(V)	10, 1
揚聲器功率	ACV 10	dB	1
	ACV 50	dB	1 + 14 dB
	ACV 250	dB	1 + 28 dB
	ACV 1000	dB	1 + 40 dB
電芯 1.5V	BATT 1.5V	BATT	? / Good
電芯 9V	BATT 9V	BATT	? / Good

量度直流電流

- 以電流由紅針流往電表經黑針流走的方向，串接電表于線路之中。

注意事項：

- ✓ 電流表內阻很低，切勿以探針跨接用電器具，導致燒毀電表甚至火警。
- ✓ 串接電流表時，注意不可超荷；一般的 10A 電表在 12V 的系統只能量度內阻高于 0.12Ω 、功率在 120W 以下電器的電流。而 24V 則為 0.24Ω 、功率 240W。
($V = I \times R$, $W = V \times I$)
- ✓ 量度大電流時間勿超 5 秒。
- ✓ 未具備獨立大電流 (例如 10A) 插口的表，只能測試微電流。
- ✓ 本表不能量度交流電流。
- ✓ 錯接紅黑針會令指針反向。

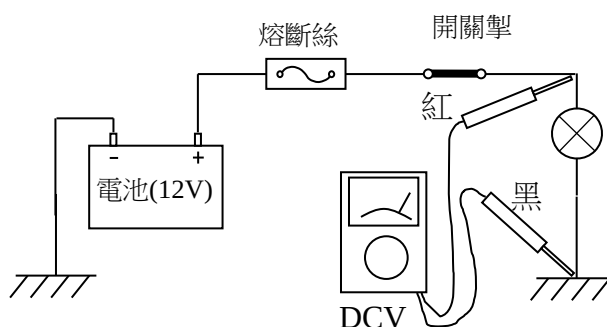


量度直流電壓

- 以紅針接正壓，黑針接負壓。

注意事項：

- ✓ 在量度 36 伏以上電壓時小心觸電。
- ✓ 錯接紅黑針會令指針反向。
- ✓ 在未清楚電壓方之前，可先短暫時間輕觸接點，觀看指針走向。

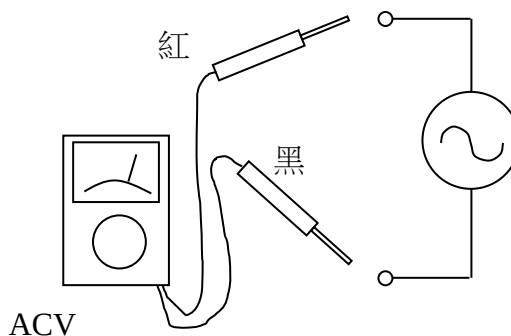


量度交流電壓

- 以紅、黑針分接電壓兩極。

注意事項：

- ✓ 在量度 36 伏以上電壓時小心觸電。
- ✓ 交流電的波型及頻率會影響量度得的數字。

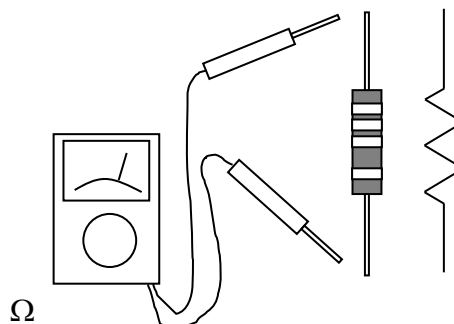


量度電阻值

- 以紅、黑針分接線路兩端。

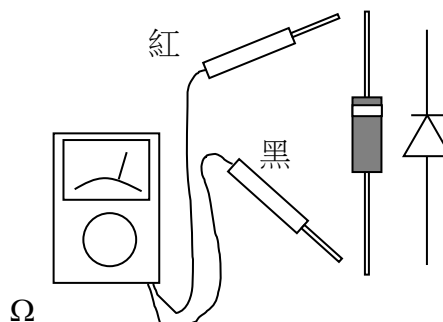
注意事項：

- ✓ 量度前須先將紅、黑針短接，察看指針是否歸零；有需要時可以零阻值調整旋鈕較正之。
- ✓ 若量度未明電路，宜先用電壓檔測試，肯定線路沒有電壓。如有電容貯電，亦可以此方法放走。



量度整流子

- 選擇測試整流子檔位(與電阻檔相同)。
- 以紅針接負極(二極管有線的一側)，黑針接正極，量度正通電流及正通電壓。
- 對調紅、黑針，量度反通電流。



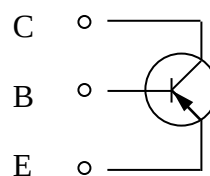
注意事項：

- ✓ 電子表通常會另設一個專用檔位量度整流子。量度時紅黑針接法與針表相反。
- ✓ 正常而言，反通電流應該接近零，若反通電流大表示該二極管已損壞漏電。
- ✓ 當正通電壓在轉用低倍數檔位時讀數沒有明顯改變時，該讀數就是此二極管的最小正通電壓；一般而言，整流子應大概在 0.4 ~ 0.7V 左右。過高的正通電壓，表示該二極管通過電流的能力低。

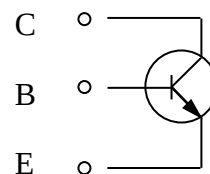
量度三極管

- 選擇 hFE 15mA 或 150mA 檔位 (與電阻檔相同)。
- 無需使用探針。
- 將三極管按極插入 NPN 或 PNP 的專用插孔中。

PNP



NPN

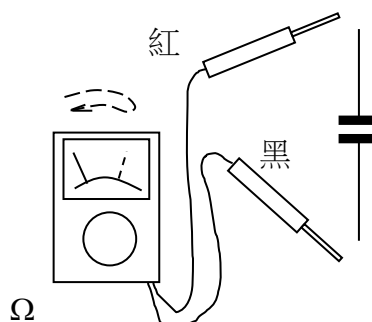


注意事項：

- ✓ 量度高放倍數晶體只能使用 hFE 15mA 的檔位。
- ✓ Iceo 電流大表示該三極管已損壞漏電。

量度電容器

- 某些型號萬用表有量度電容量的功能。
- 選擇量度電容檔位(多為 Cx)。
- 如有專用插位，將電容接腳插入的專用插孔中，無需使用探針。電表會顯示電容量數值。
- 如無專用功能，指針式萬用表仍可測試出電容是否已導通及大概可儲電否，但容量不能準確測出。方法如下：
 - 選用電阻檔。以探針分別接觸電容兩接腳，應可見指針跳動一下，幅度和時間視電容量及選用倍數而定。最後指針需回復至零位。不跳動表示電容不能儲電，不能歸零表示電容已導通。
 - 將探針對調，再接觸電容兩接腳，應可看見跳動的現象再出現一次。



注意事項：

- ✓ 高壓電容內可能儲有危險電壓，須在安全情況下先以電壓檔檢查一下。肯定沒有高壓後再以一支探針同時接觸兩腳放電後才進行量度。

4.1.2 數字式電子萬用表

有很高的輸入內值，對量度的線路影響較少，準確度和分辨率一般都可以達到較高水平，而且大部份可以自動顯示正負值。最大顯示數字示不同型號的產品而定，例如：1999，

稱為三個半數字，當量度的數值大於可顯示的數字時會出現溢位，例如 $1\Delta\Delta \cdot \Delta$ (Δ 代表空格，沒有數字)，這時就需要調整較大的檔次方可正確量度。

因為數字表顯示速度較慢和沒有指針表穩定，故此在量度一些數值在變化中的元件較難取得讀數。

數字表的使用的方法和安全，與指針式萬用表相似。