

大哥哥大姊姊講半導體

2 應用半導體-元件篇



A 認識半導體	A-1 無所不在的半導體
	A-2 什麼是半導體
	A-3 常見的半導體
	A-4 如何調控半導體的導電性
B 應用半導體	B-1 半導體可以用來做什麼
	B-2 常見的半導體元件
	B-3 開啟數位時代的電晶體
	B-4 安安的電子樂園
	B-5 什麼是積體電路
C 躍進半導體	C-1 IC探索號
	C-2 如何製造一顆IC
	C-3 製程中的科學原理
	C-4 IC製程有多精密
	C-5 潔淨室拍照互動牆
	C-6 如何搬運晶圓
D 創新半導體	D-1 半導體產業對現代社會發展的影響
	D-2 半導體產業的創新
	D-3 台灣在全球IC產業的重要性
E 想像半導體	E-1 無所不能的半導體

【大哥哥大姊姊講AIOT半導體】

1 認識半導體 材料篇

絕緣體/導體/半導體概述/半導體材料/參雜

2 應用半導體 元件篇

二極體 及電晶體概述

3 躍進半導體之電晶體製程

4 躍進半導體之認識積體電路及數位邏輯閘

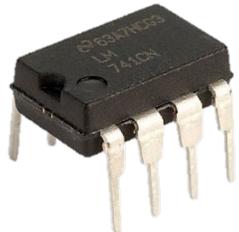
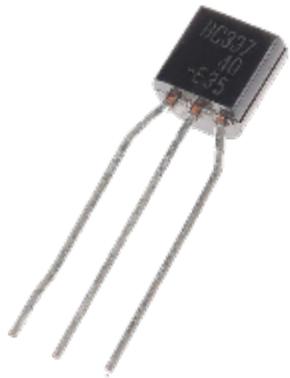
5 躍進半導體之積體電路設計及製程

6 創新半導體 想像半導體

利用半導體材料的特殊導電性質，
科學家發明了許多重要的電子元件，
如**二極體**、**電晶體**、**光感測元件**、**太陽能電池**...等，
並且使用這些半導體元件，發展出各式各樣的電子產品。

半導體元件：

- 「細胞」是組成生物體的最小單位
- 「不同的細胞」排列組合形成不同種類的生物體
- 「**半導體元件**」是組成積體電路的最小單位
- 「不同的半導體元件」排列組合形成不同功能的積體電路



BJT圖片出處：<https://littlebirdelectronics.com.au/products/transistor-npn-bc337>

Diode圖片出處：<https://www.indiamart.com/proddetail/In4007-diode-17037556630.html>

741圖片出處：<https://sciencehobbycenter.com/product/741-op-amp/>

IC積體電路圖片出處：<https://www.easyatm.com.tw/wiki/IC%5B%E7%A9%8D%E9%AB%94%E9%9B%BB%E8%B7%AF%EF%BC%88Integrated%20Circuit%EF%BC%89%5D>

半導體元件有哪些？

半導體元件分成主動元件和被動元件，主動元件可以整流和放大訊號(電流、電壓)，被動元件則否，會消耗能量。



主動元件 (Active device)

二極體 (Diode):

可控制電子**可導通與不可導通**，採用「順接」與「逆接」的方式

電晶體 (Transistor):

可以做為「**開關 (Switch)**」或「**放大器 (Amplifier)**」

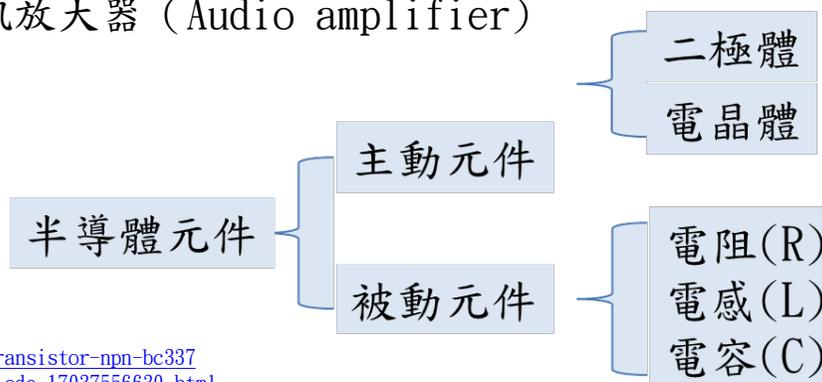
開關方面例如：開關處理器 (CPU)、記憶體 (RAM 或 ROM)

放大器例如：功率放大器 (Power amplifier)、音訊放大器 (Audio amplifier)

被動元件 (Passive device)

指**無法控制**電子導通或不導通

例如電阻、電容、電感



BJT圖片出處：<https://littlebirdelectronics.com.au/products/transistor-npn-bc337>

Diode圖片出處：<https://www.indiamart.com/proddetail/1n4007-diode-17037556630.html>

電阻圖片出處：<https://etstore.in/index.php/product/39k-0-25w-resistor-carbon-film-resistor-cfr/>

電容圖片出處：<http://www.fupoint-tw.com/product.html>

為什麼半導體元件這麼重要？



Tesla Model S:
100萬顆電晶體



洗衣機:
100~1000顆電晶體



Iphone13:
86億顆電晶體

Tesla 圖片出處：<https://news.u-car.com.tw/news/article/30804>

洗衣機 圖片出處：https://shopee.tw/product/312985917/16903511407?utm_campaign=-&utm_content=PS1sJMWvHAACCTXjxI404Tw%3D%3D.9v-feebee---&utm_medium=affiliates&utm_source=an_16142330000&utm_term=8g3xim5qexd5

Iphone 13 圖片出處：<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRmnYve3V97wbxrSuh97ngM5RrL3Tsp6N6N1cqwlkm9LdV7yZZ9>

1

二極體介紹

P型與N型半導體

順向偏壓與逆向偏壓

二極體應用

整流二極體

雷射二極體

發光二極體

光感測元件

太陽能電池

家中傳輸系統

2

電晶體介紹

雙極性接電晶體

金屬氧化物半導體場效電晶體

電晶體工作模式

截止模式

主動模式

飽和模式

電晶體應用

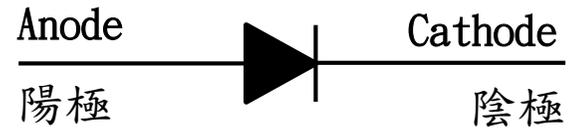
二極體介紹

只要在半導體內將 **P 型與 N 型半導體** 做成「接面 (Junction)」就可以稱為「二極體 (Diode)」，二極體 (Diode) 一般使用矽晶圓製作，由於矽晶圓很容易以「摻雜技術」形成 P 型與 N 型半導體

優點：成本較低而且製程穩定



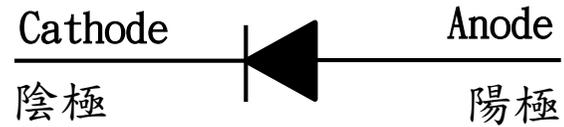
二極體模式圖



二極體圖形符號



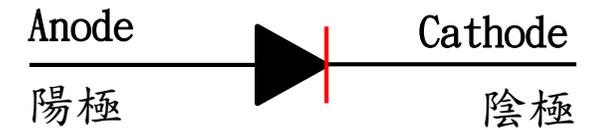
二極體模式圖



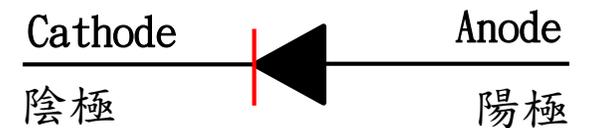
二極體圖形符號

二極體介紹

電流可以思考為水流，想像二極體為**控制開關**的角色

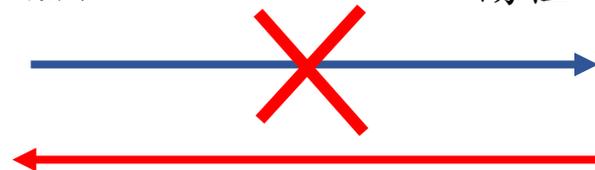
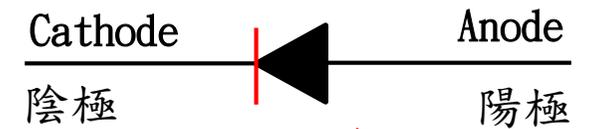
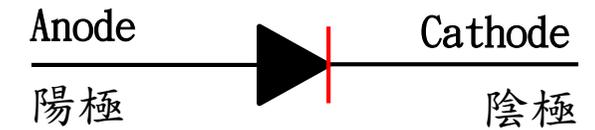


電流方向？



二極體介紹

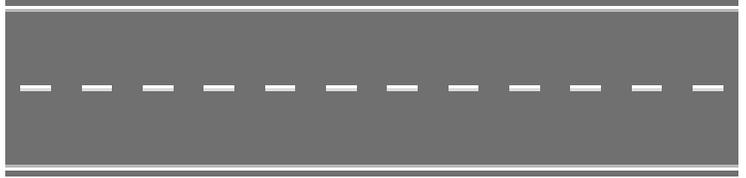
電流可以思考為水流，想像二極體為**控制開關**的角色



二極體的主要功能？

答：整流！

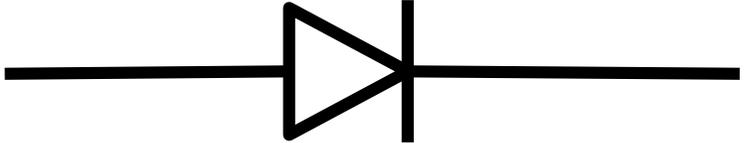
一般導線



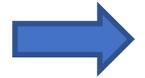
雙向道



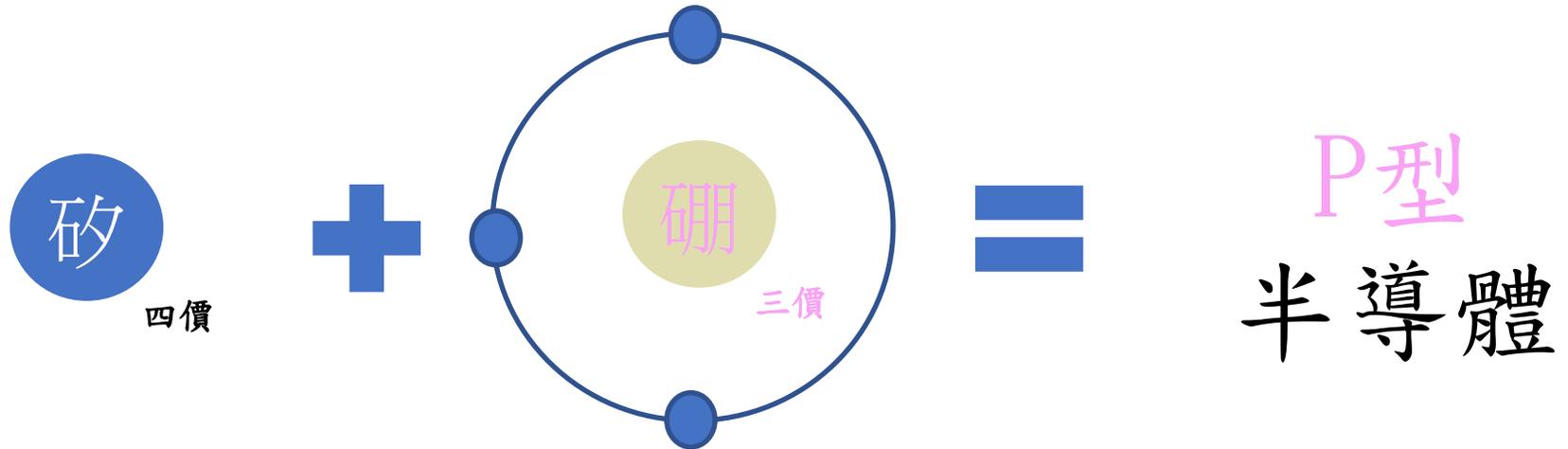
二極體



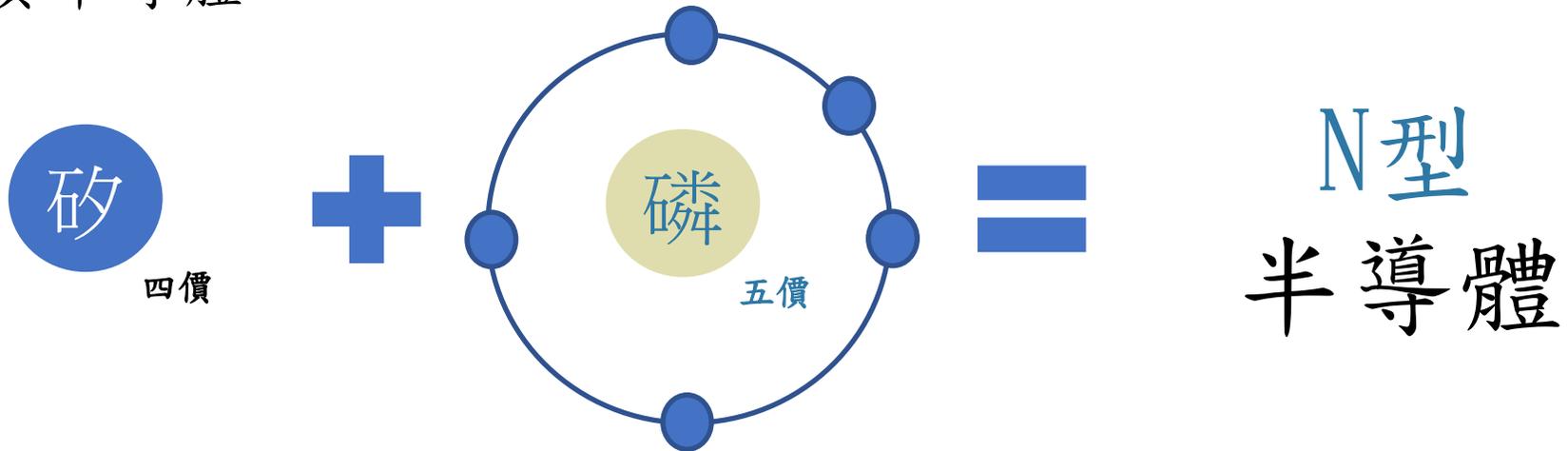
單行道



什麼是 P 型半導體 and N 型半導體



本質半導體



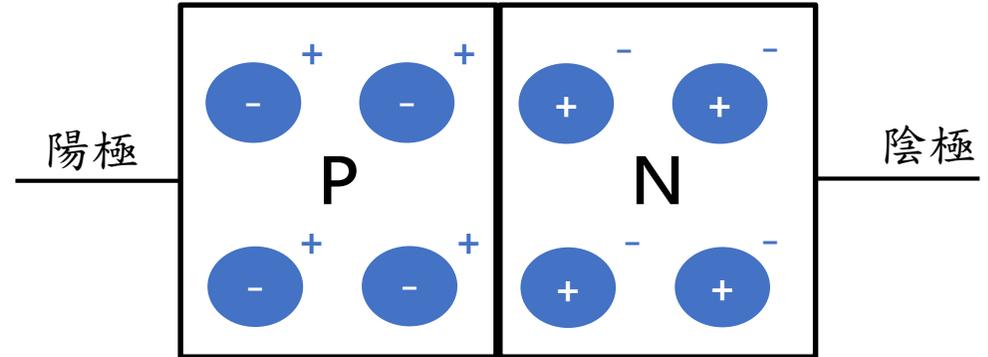
什麼是 PN 接面



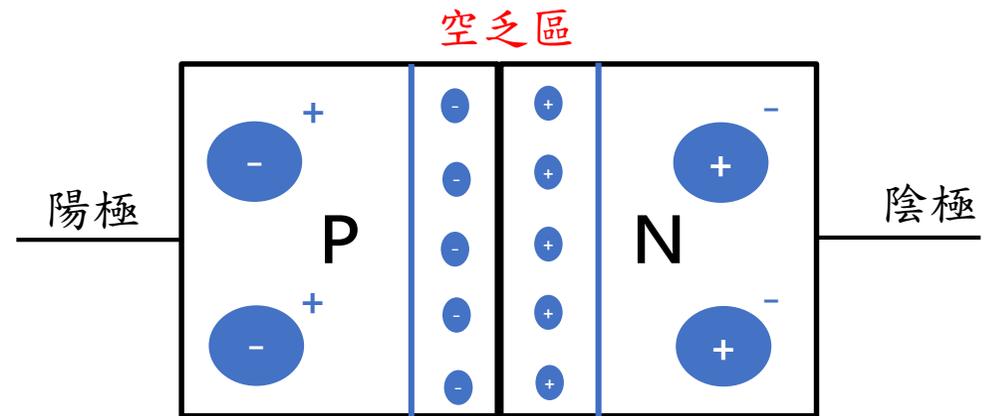
二極體介紹

思考一下：

既然電子是帶有負電，電洞帶有正電，
 IIIA元素有一個電洞，VA元素有一個自由電子，
 那問題來了，
 P型半導體是IIIA元素+矽(IVA元素)形成，
 N型半導體是VA元素+矽形成，
 那 P 型半導體與 N 型半導體是帶正電還是負電？



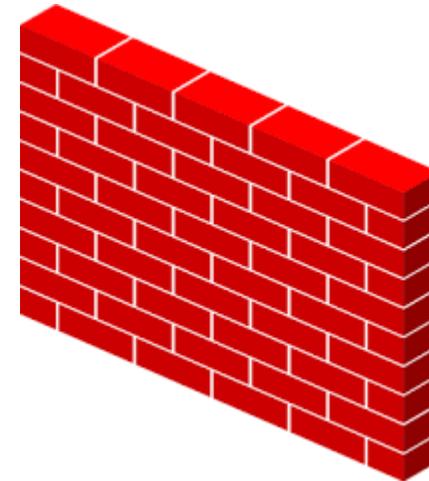
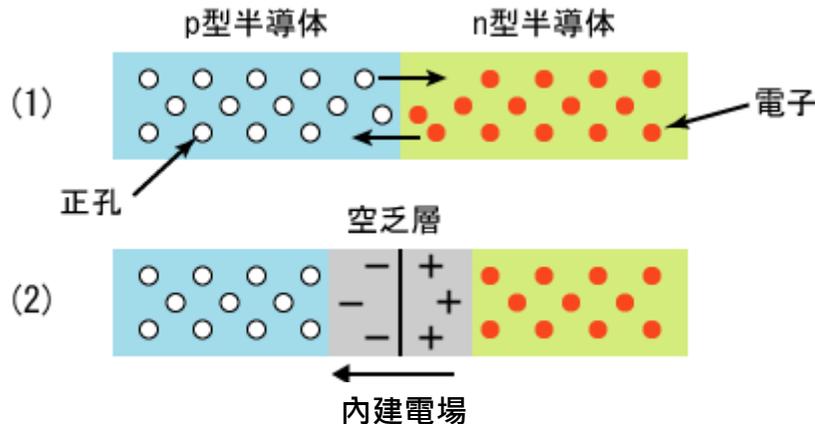
P 型半導體內的+會流入 N 型，填補其內的一
 N 型半導體內的一會流入 P 型，填補其內的+
 空乏區 (depletion region)：-與+互相結合



二極體介紹

什麼是空乏區？

空乏層 (Depletion region) 又稱「阻擋層」、「勢壘區」。
簡單來說：由於P型、N型半導體的載子(電子、電洞)分佈不均，電子、電洞會在接面附近彼此結合並產生內建電場，使得接面附近不具有可移動的電子跟電洞(無法產生電流)！。



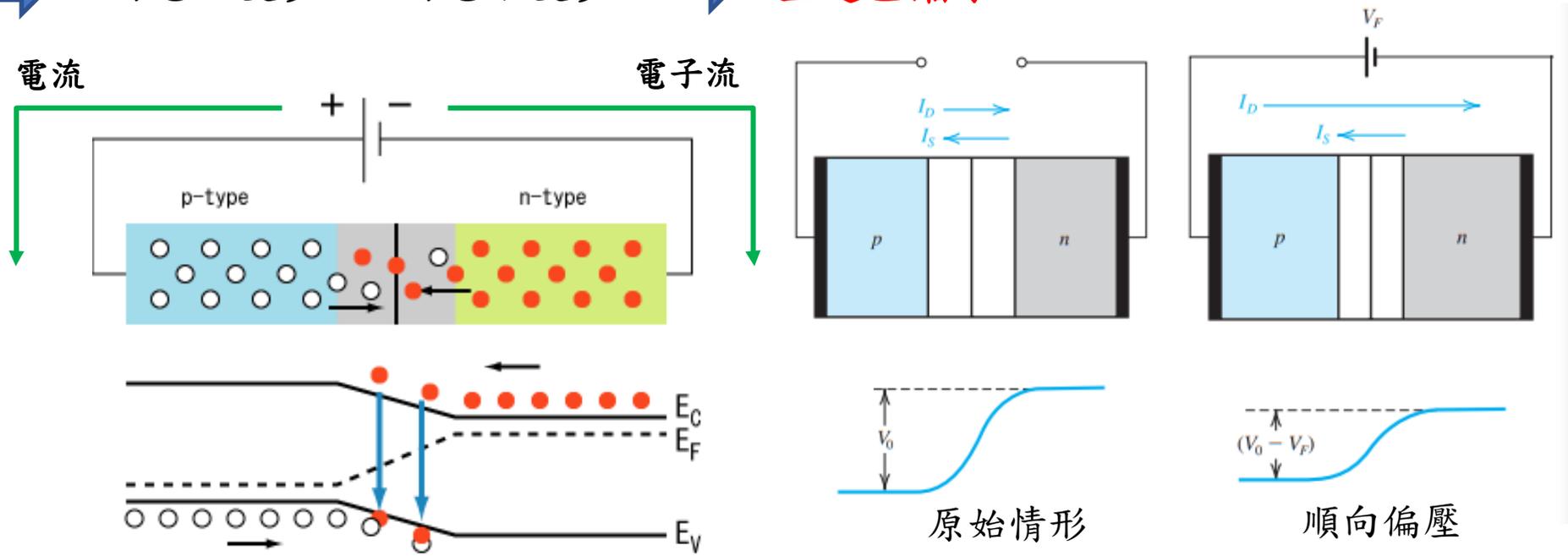
二極體操作模式

順向偏壓 (Forward bias) & 逆向偏壓 (Reverse bias)

順向偏壓 (Forward bias) :

在半導體二極體的P端施加正電壓，N端施加負電壓

➡ P端電洞變多，N端電子變多 ➡ 空乏區縮小



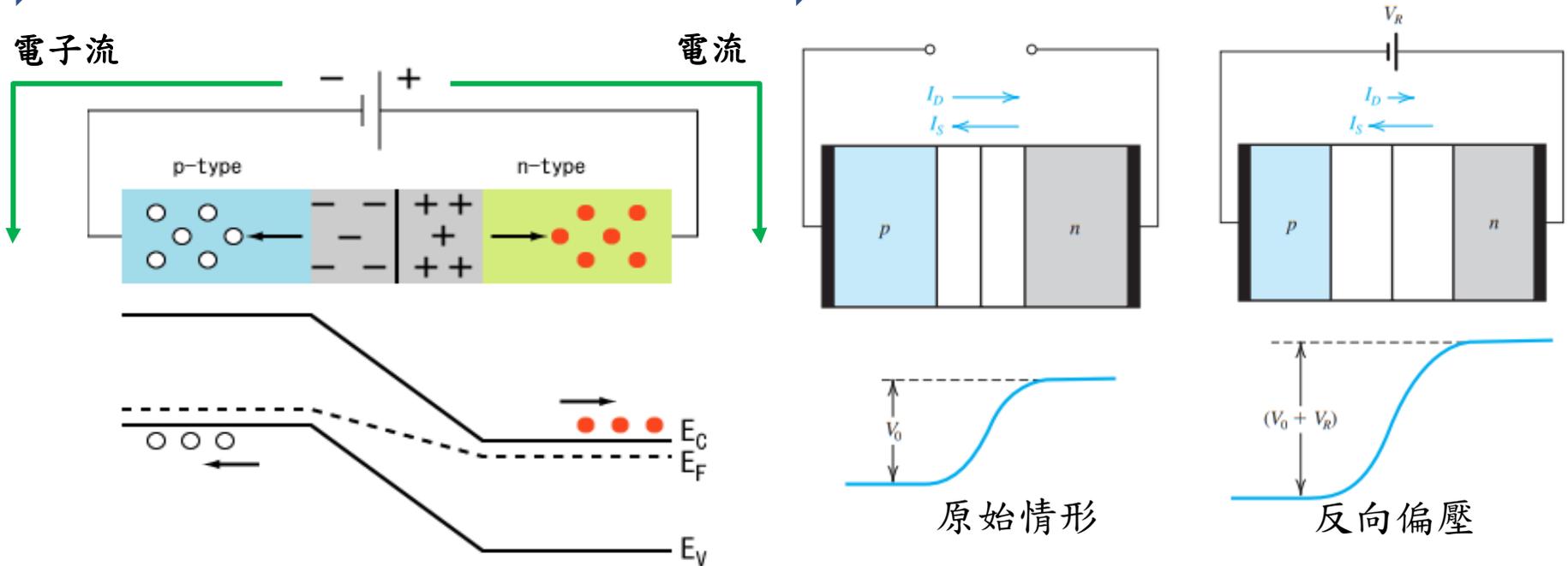
二極體操作模式

順向偏壓 (Forward bias) & 逆向偏壓 (Reverse bias)

逆向偏壓 (Reverse bias) :

在半導體二極體的P端施加負電壓，N端施加正電壓

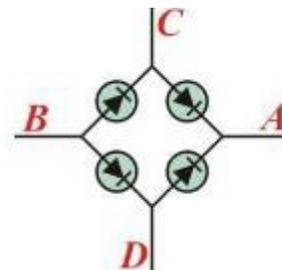
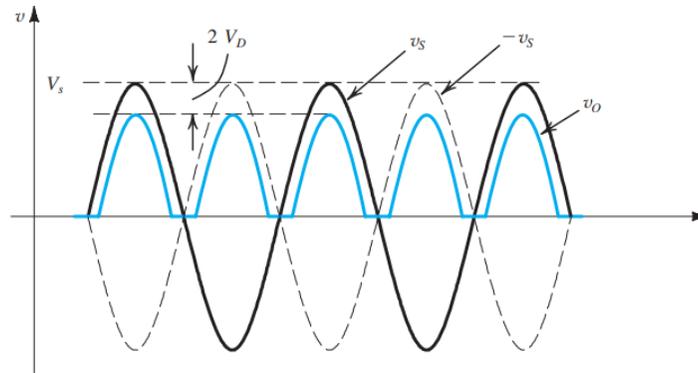
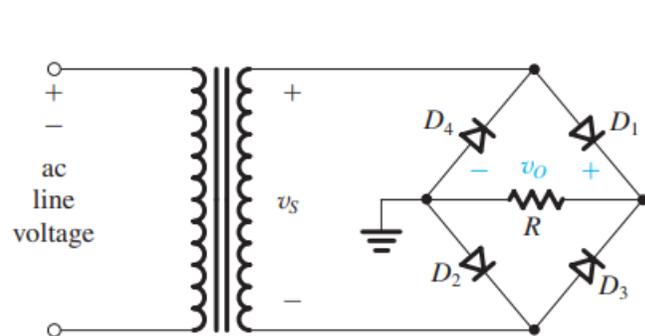
➡ P端被注入電子，N端被注入電洞 ➡ 空乏區變寬



二極體應用

整流二極體 (Rectifier diode)

整流主要目的是將**交流電 (AC)** 轉換成**直流電 (DC)**，具有高電壓、高電流等特徵



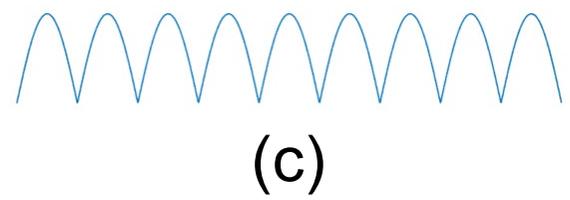
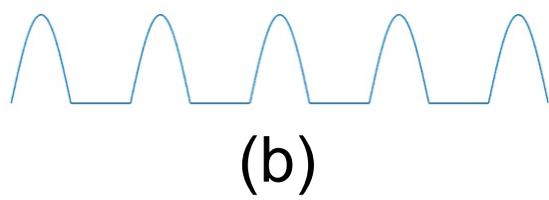
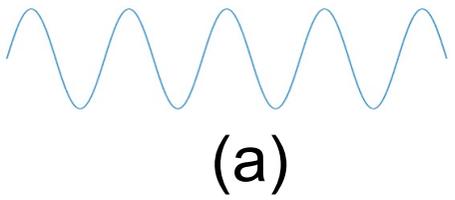
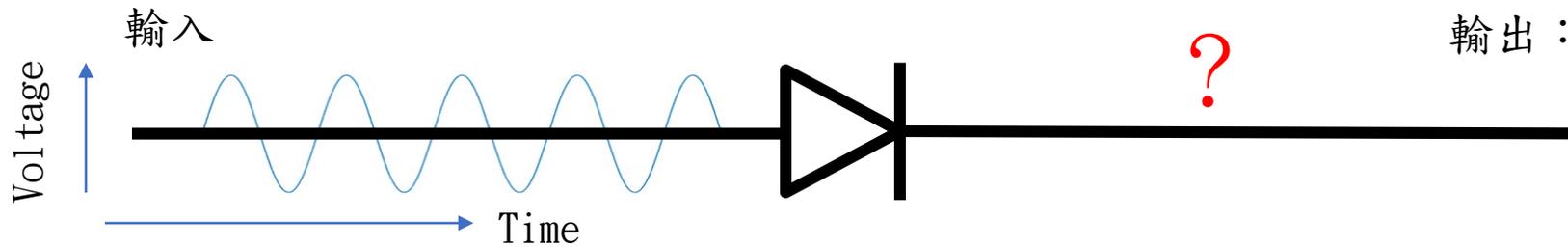
橋式整流器 (全波整流)

D1、D2導通，D3、D4截止

D1、D2截止，D3、D4導通

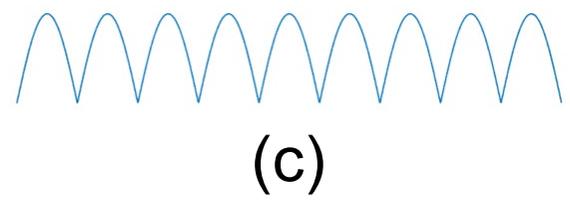
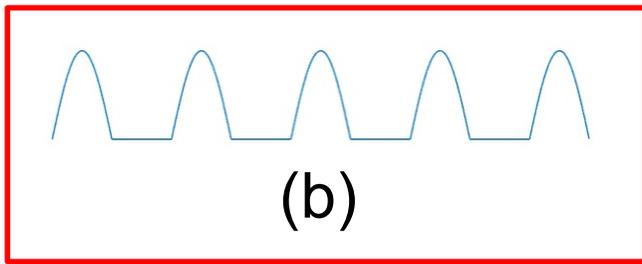
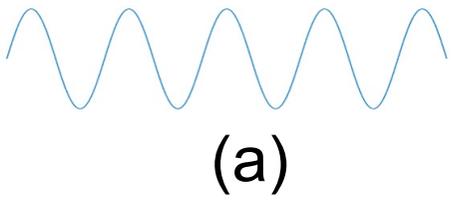
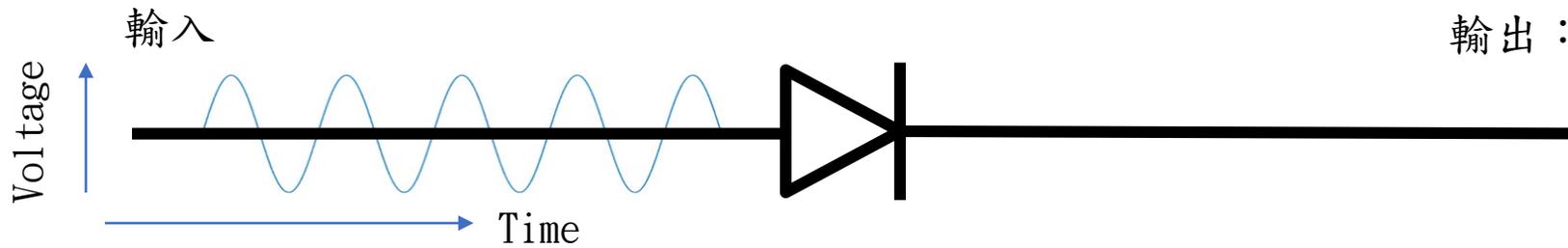
猜猜看：

假如我們對二極體輸入一個正弦訊號，輸出會長什麼樣子？



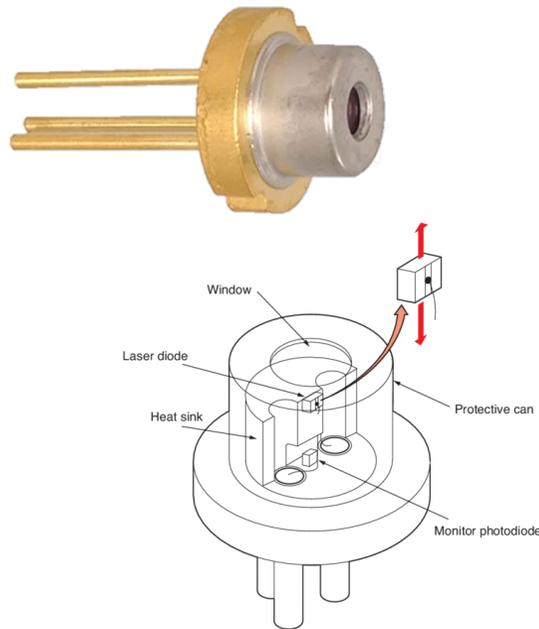
猜猜看：

假如我們對二極體輸入一個正弦訊號，輸出會長什麼樣子？



二極體應用

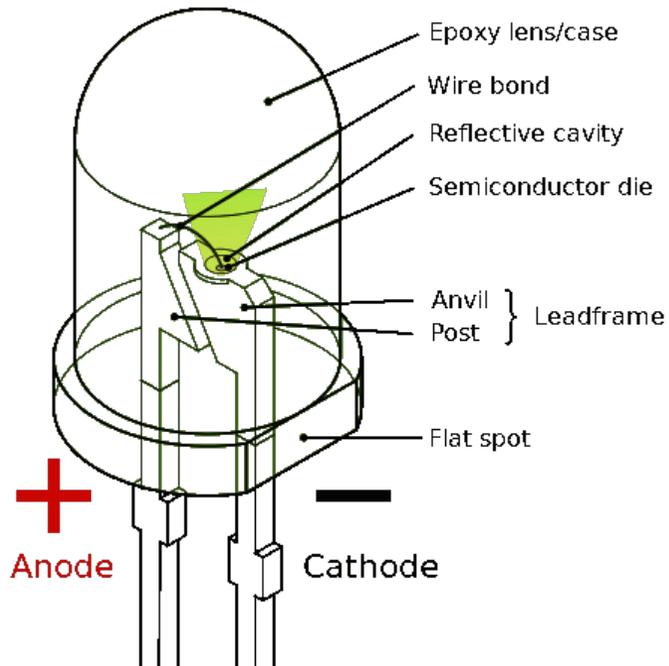
雷射二極體 (LD : Laser Diode)



雷射光源為單一頻率且光束行進時方向一致，
聚集性佳，因此光的強度較不易隨距離衰減

二極體應用

發光二極體 (LED: Light Emitting Diode)



晶粒的尺寸與海邊的一粒砂子差不多，

這麼小的一個晶粒就可以發出很強的光

LED構造出處：<https://spectruminfotech.in/2021/09/04/light-emitting-diode-led/>

LED圖片出處：<https://www.electronicshub.org/light-emitting-diode-basics/>

LED燈泡出處：<https://3c.ltn.com.tw/news/6084>

紅綠燈出處：<https://www.bjc.com.tw/product-detail-2721462.html>

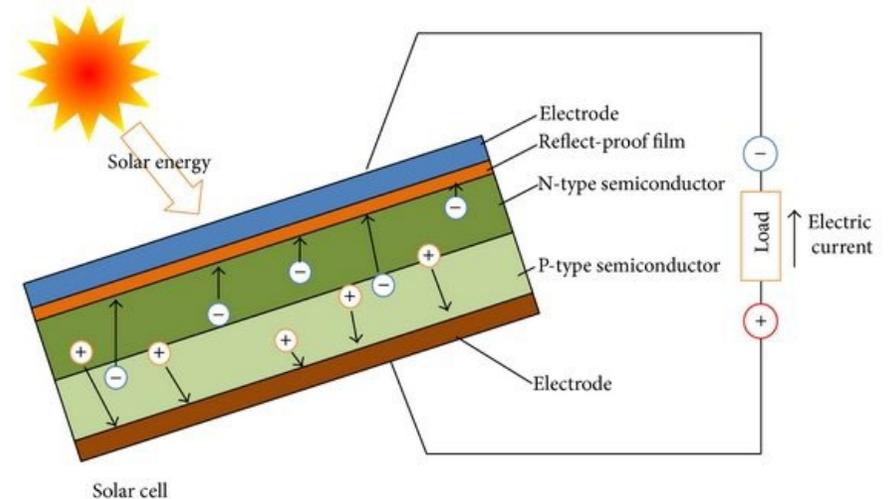
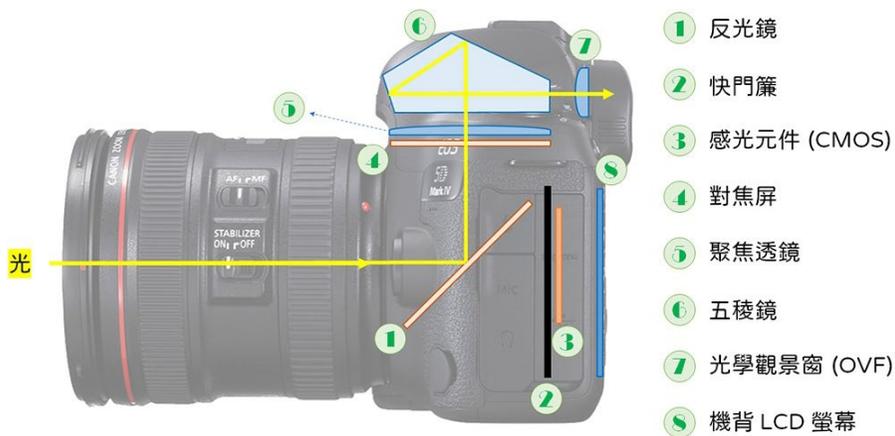
二極體應用

光感測元件 (photodetector)

太陽能電池 (solar cell)

光感測元件的功能像是眼睛裡的視網膜細胞般，
能夠偵測外界光學訊號並轉換成對應的電子訊號
光感測元件常見於數位相機和其他電子光學設備中

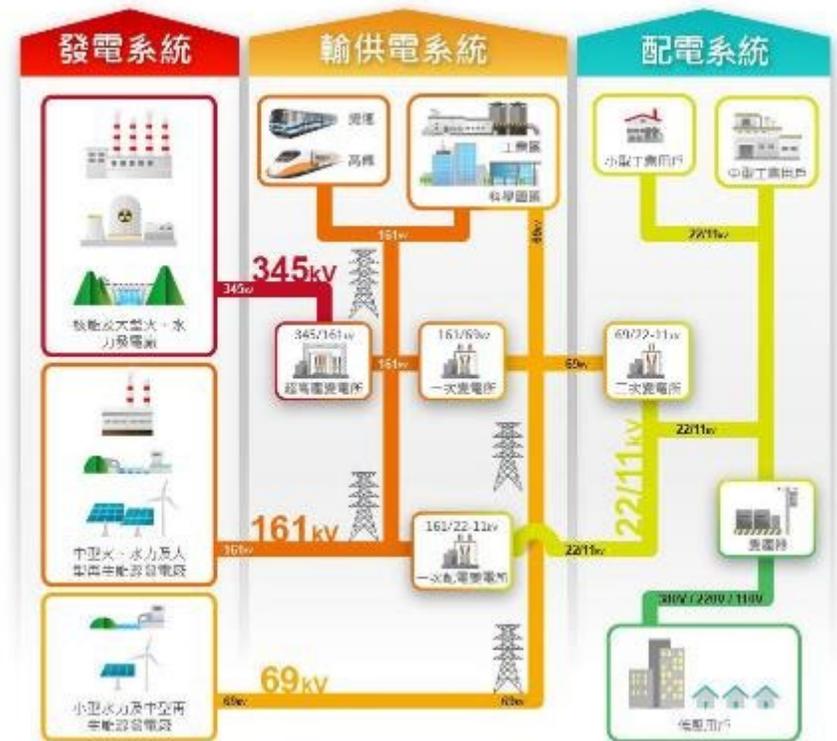
太陽能電池是由P型半導體與N型半導體構成
當適當光線照射到太陽能電池模組時，
光能激發電子，造成電位差，
配合外加的導線電路，即可產生電流



二極體應用

家中電力傳輸系統

你知道發電廠提供家裡的電是什麼電嗎？



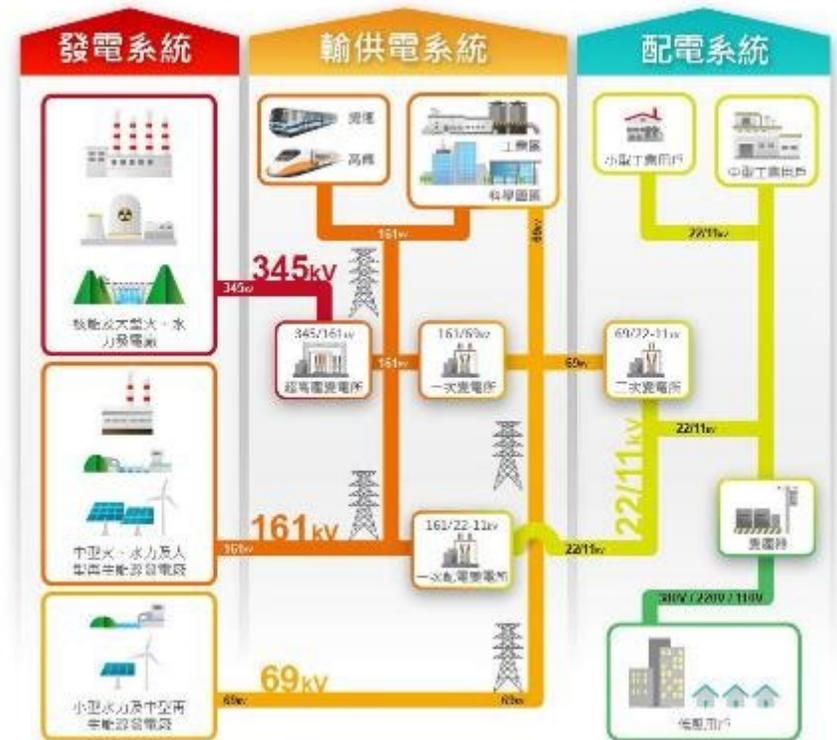
二極體應用

家中電力傳輸系統

你知道發電廠提供家裡的電是什麼電嗎？

交流電

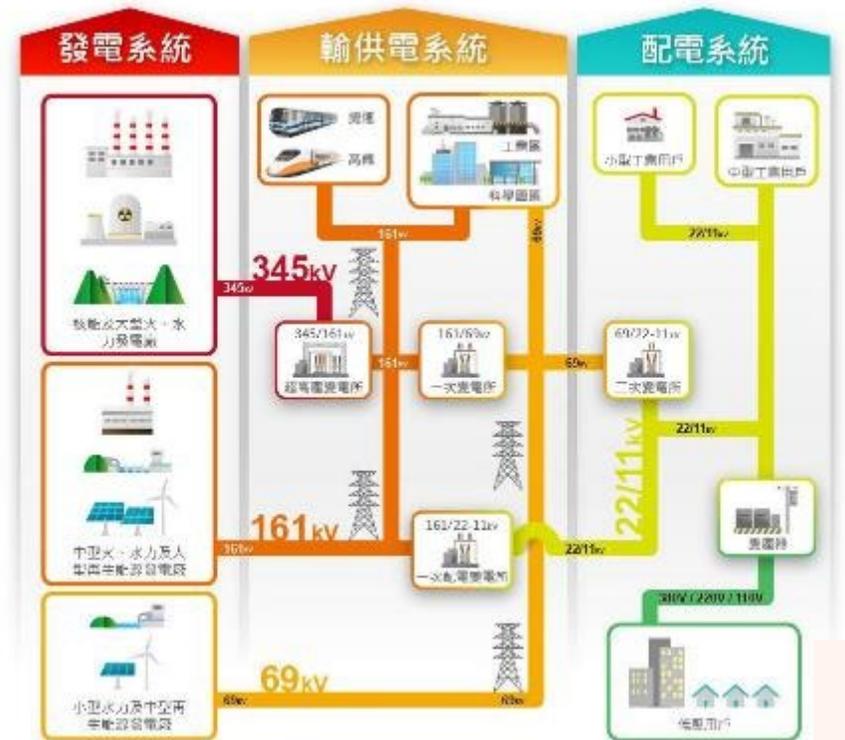
交流電的電流方向與大小會發生週期性變化的電流
 交流電因電壓容易升降，可減少傳輸過程中的損耗



二極體應用

家中電力傳輸系統

家用電器多半使用直流電，那該怎麼辦呢？

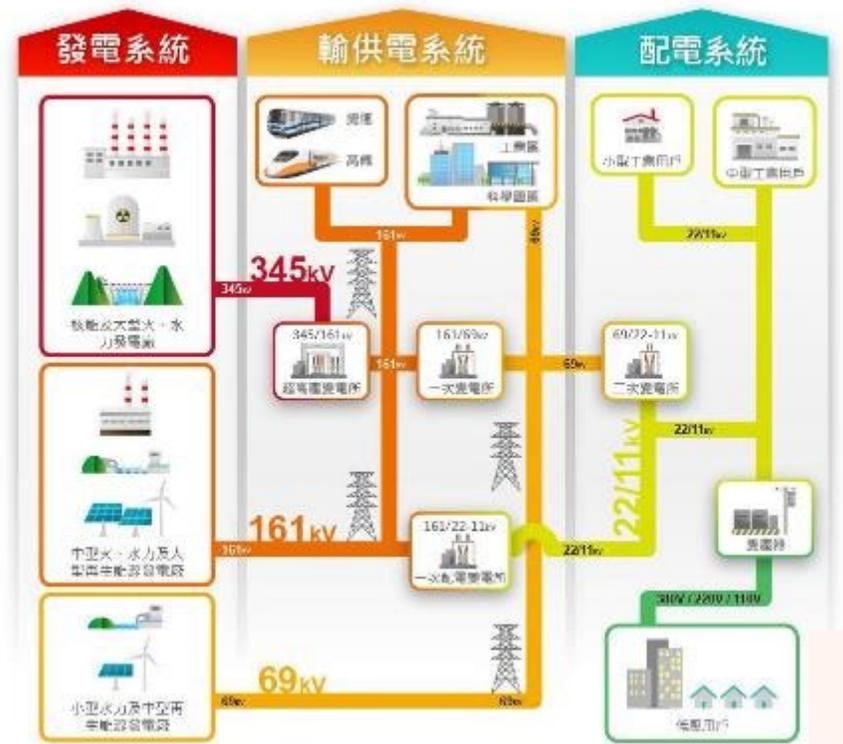


二極體應用 家中電力傳輸系統

家用電器多半使用直流電，那該怎麼辦呢？

二極體

二極體將交流電的負向電壓轉為正向
再以其他電子元件讓電壓維持穩定



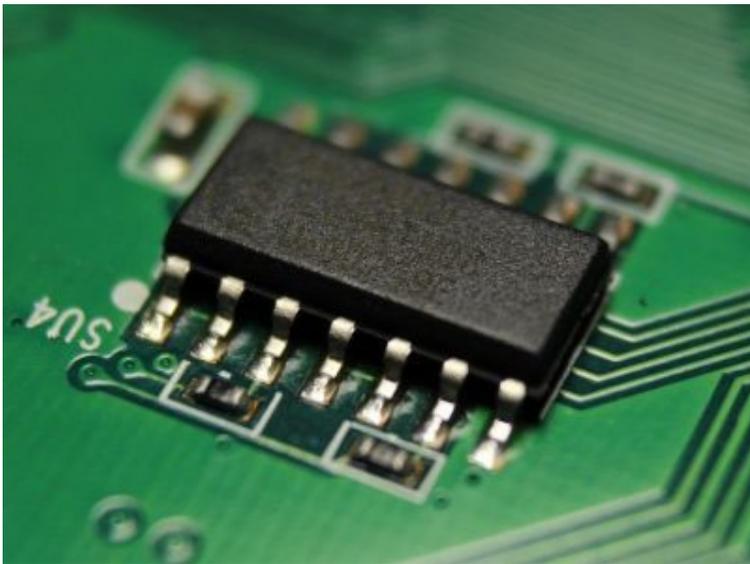
重點回顧

二極體

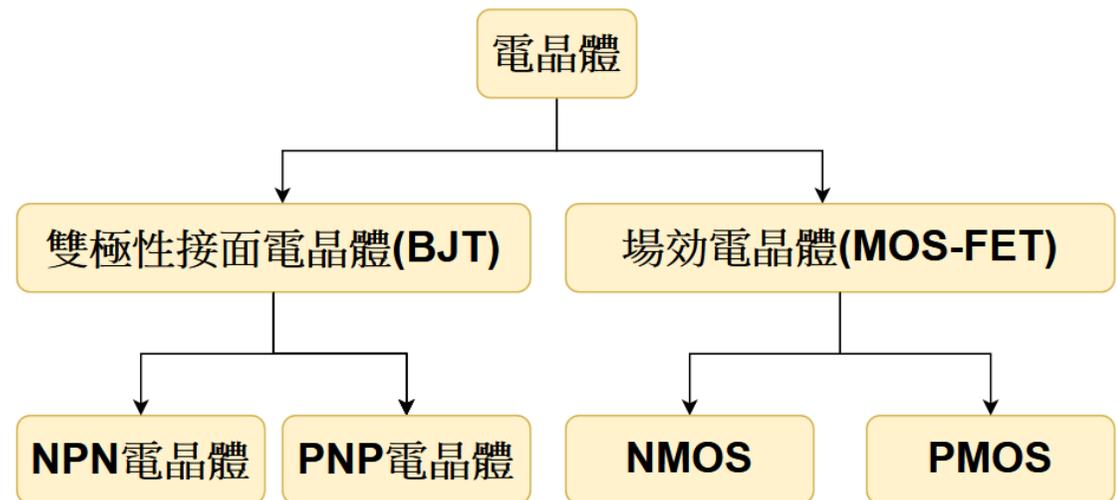
- 怎麼區分電的主動與被動？
- 二極體的構造需要有甚麼要素？
- 有哪些二極體？
- 二極體最重要的功能

主題二： 什麼是電晶體(三極體)

一種具有三個端點的半導體元件(P-N-P or N-P-N)，幾乎存在於任何你想的到的電子產品，為21世紀人們的生活便利做出偉大的貢獻。



電晶體的種類



電晶體的功能

放大功能

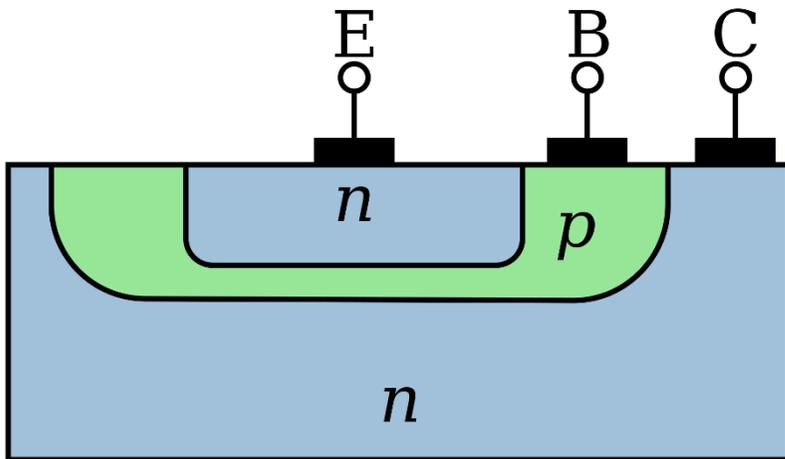


開關功能



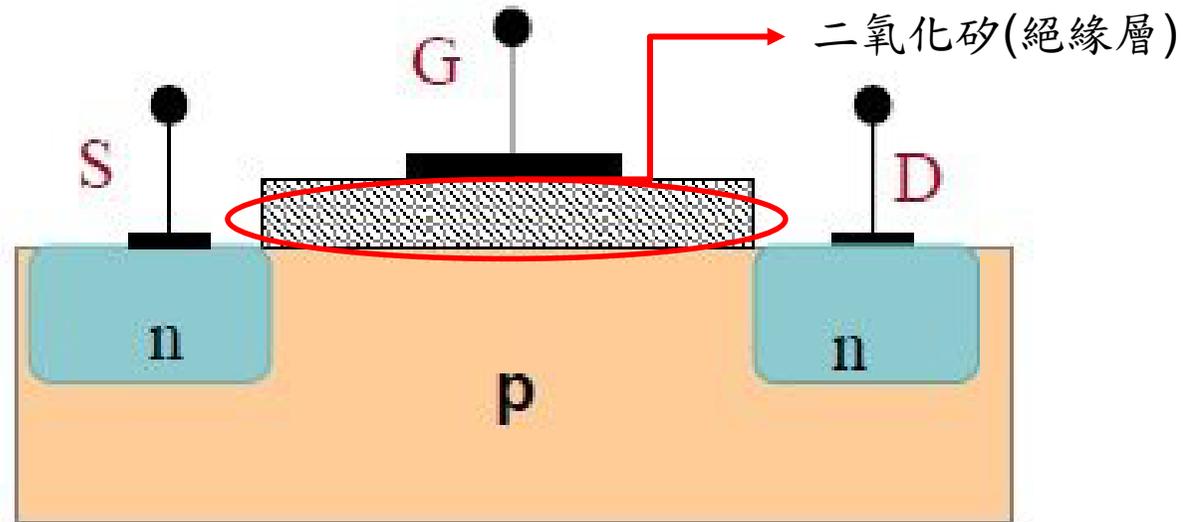
電晶體的介紹

BJT



MOSFET

結構比較複雜一點點。。



電晶體的介紹

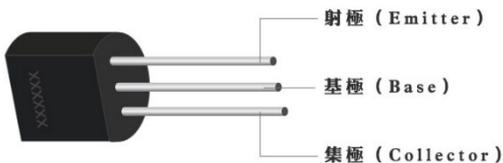
雙極性接面電晶體 (BJT : Bipolar Junction Transistor)

有NPN電晶體與PNP電晶體兩種構造

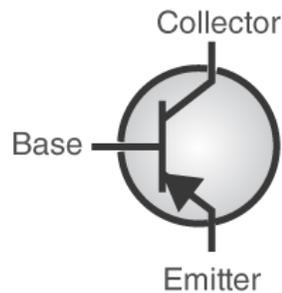
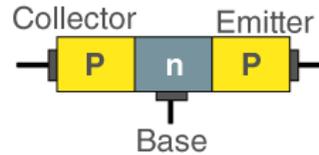
NPN 電晶體由基極施加偏壓的正電流所驅動

PNP 電晶體由基極施加偏壓的負電流所驅動

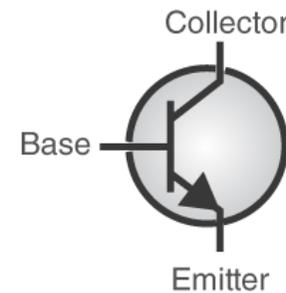
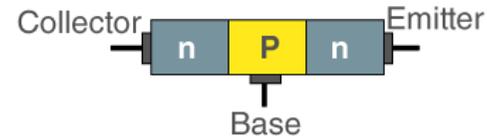
電晶體的零件



PNP



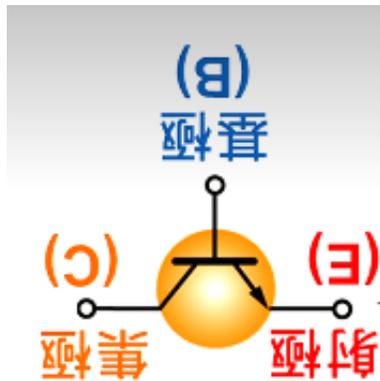
NPN



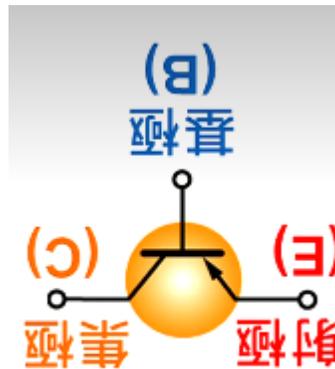
電晶體的介紹

雙極性接面電晶體 (BJT: Bipolar Junction Transistor)

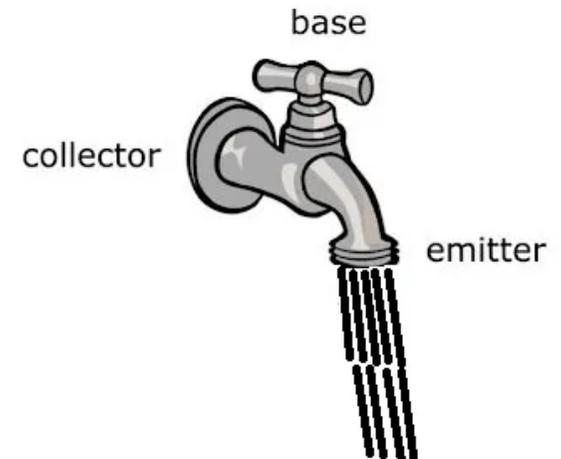
水管的構造來比喻電晶體的動作原理。電晶體有三根引腳。分別為「射極(emitter)」、「基極(base)」和「集極(Collector)」，「基極」就像是水管閥門，「集極」就像是水龍頭，而「射極」則像是配管。只要用輕微的力量來控制水管閥門(進入基極的輸入訊號)，即可將水龍頭所流出來的水量進行調整(進入集極的電流)。



NPN 電晶體



PNP 電晶體

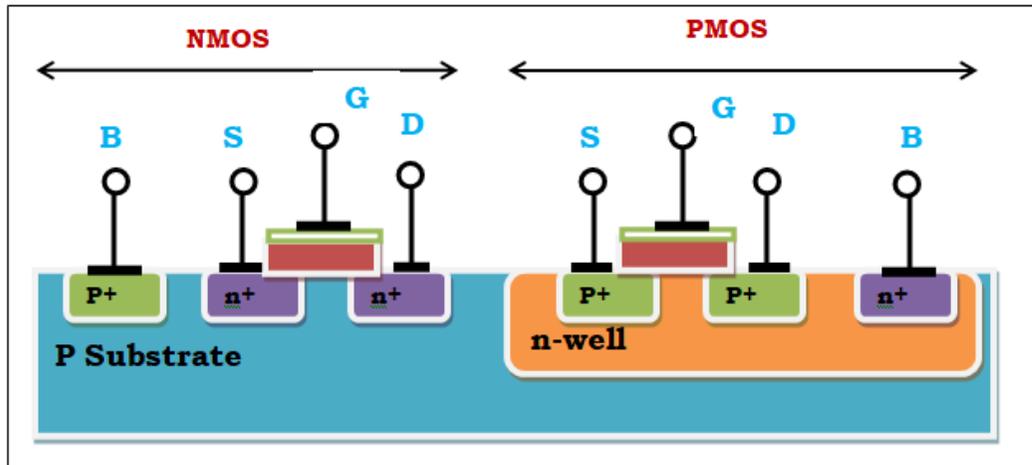


電晶體的介紹

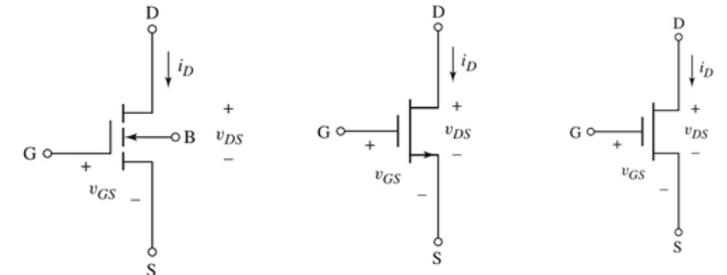
金屬氧化物半導體場效電晶體

(MOSEFT : Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)

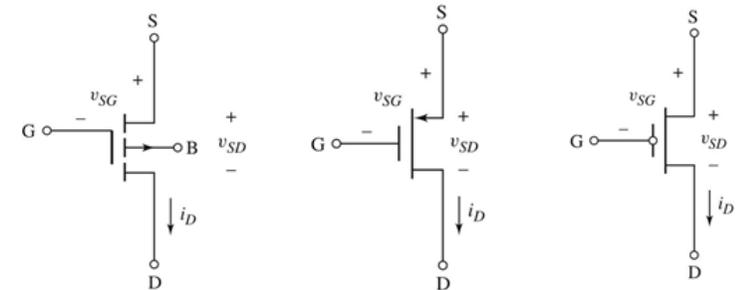
有NPN電晶體與PNP電晶體兩種構造，如圖所示



NMOS



PMOS

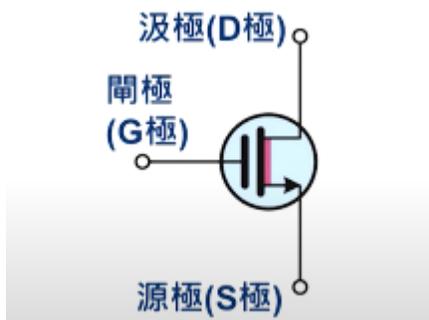


電晶體的介紹

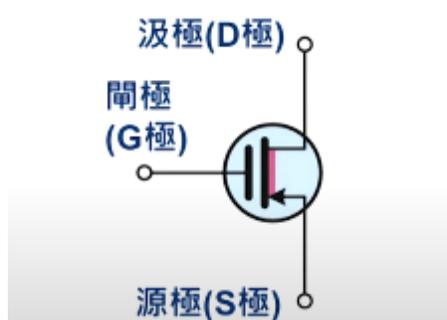
金屬氧化物半導體場效電晶體

(MOSFET: Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)

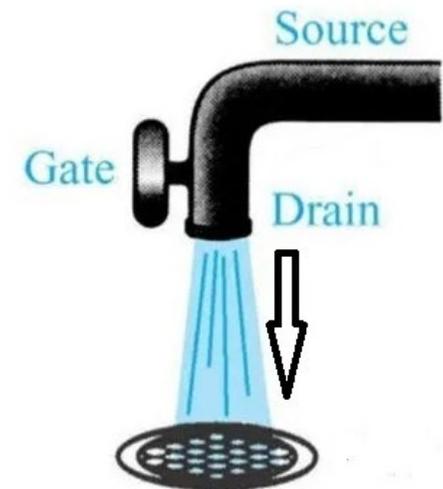
用水管的構造來比喻電晶體的動作原理。電晶體有三根引腳。分別為「源極(Source)」、「閘極(Gate)」和「汲極(Drain)」，「閘極」就像是水管閥門，「源極」就像是水的來源，而「汲極」是水流出的地方，只要用輕微的力量來控制水管閥門(進入閘極的輸入訊號)，即可將水龍頭所流出來的水量進行調整(進入汲極的電流)



NPN電晶體



PNP電晶體



電晶體的工作模式

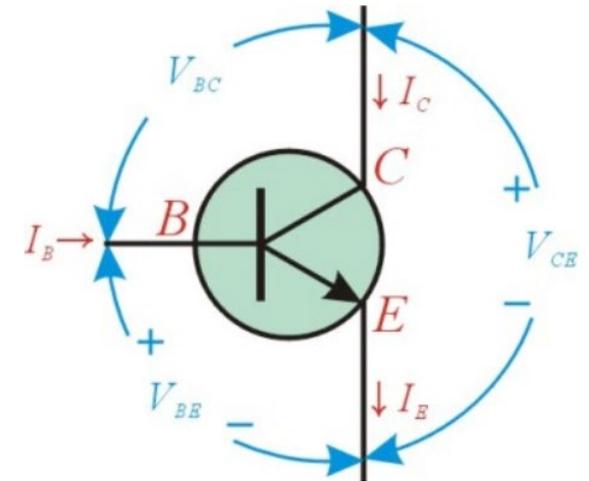
雙極性接面電晶體 (BJT: Bipolar Junction Transistor)

(1). 截止區 (cut off region):

集極、射極、基極都沒有電流流過，電晶體呈「關閉狀態」

(2). 主動區 (active region):

基極電流控制射極電流，且射極電流為基極電流的50~200倍；因此電晶體被拿來作為放大器使用時，即在主動區工作。

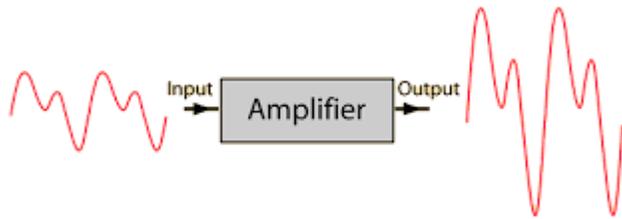


(3). 飽和區 (saturation region):

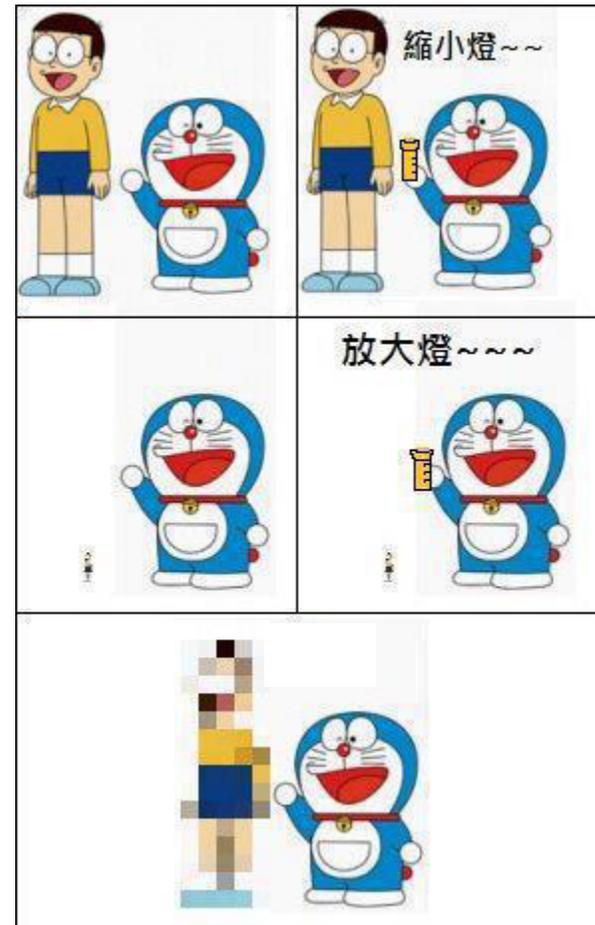
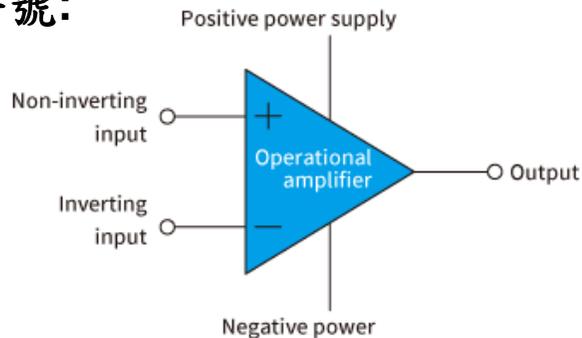
基極電流已經足夠大，導致射極電流已經大到無法再大。

電晶體的應用(1) – 運算放大器(OP)

運算放大器的特點是具有**高輸入阻抗**、**低輸出阻抗**等性質。此外，運算放大器還可以進行**電壓放大**、**電流放大**、**比較**等操作。



OP符號:

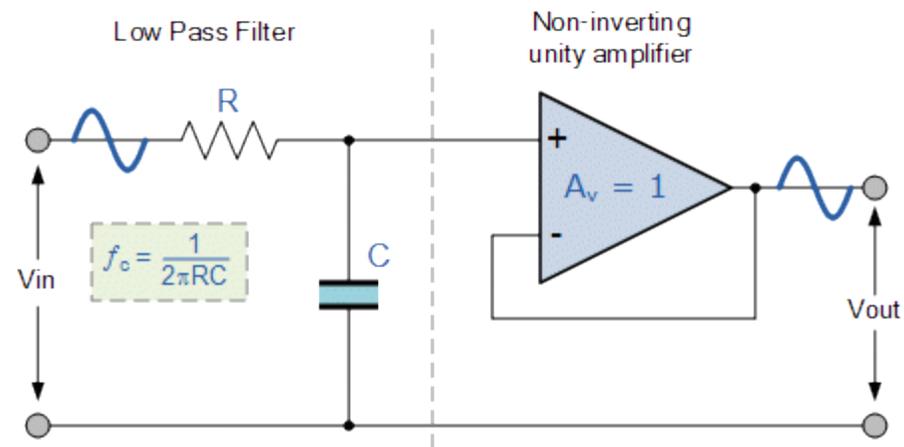


電晶體的應用(2) – 低通濾波器(Low-Pass-Filter)

什麼是低通濾波器？它的功能是什麼？

我們生活中的訊號(如聲波)，是由一堆高頻、低頻訊號疊加而成的。而低通濾波器允許低頻訊號通過，而將高頻訊號擋掉或減弱，因此稱為低通濾波器。

在實際應用中，低通濾波器通常用於信號處理和控制系統，如音頻應用中，去除高頻雜訊和失真。



電晶體的應用(2)－低通濾波器(Low-Pass-Filter)

什麼是低通濾波器？它的功能是什麼？



低通濾波器：天橋

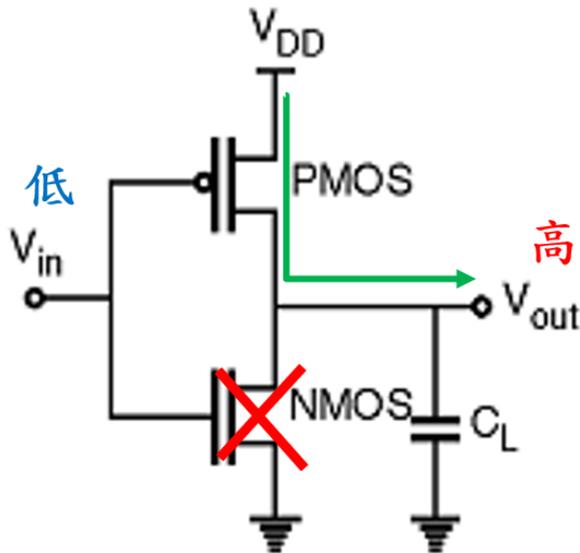
低頻訊號：摩托車、汽車

高頻訊號：貨櫃車

電晶體的應用(3) - 反向器

(總是跟你唱反調)

只要將一個PMOS和NMOS串接起來，就可以組成一個反向器!



情況二：Vin為低電位時

PMOS不導通

NMOS導通



Vout為高電位

Vin	PMOS	NMOS	Vout
高	不導通	導通	低
低	導通	不導通	高



重點回顧

電晶體

- 雙極性接面電晶體的三根引腳為？
- 金屬氧化物半導體場效電晶體的三根引腳為？
- 雙極性接面電晶體的三個工作區域？



要不要來分享 AIOT 的 Health Aging 創新構想?

[創意伸展台 – NCTU USR \(nctu.edu.tw\)](http://nctu.usr.nycu.edu.tw)