

BeLight™
NYCU AI Semiconductor

悅讀AI半導體

Rabboni 的AI半導體世界

P Primary School



Rabboni
AI semiconductor

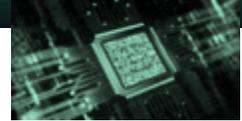


編輯 溫瓊岸

國立陽明交通大學電子研究所教授

國立陽明交通大學半導體學院合聘教授

國立陽明交通大學/社會責任推動辦公室執行長



著作權人國立陽明交通大學。禁止拷貝及非學校教學利用。

引用圖形部分各著作權人有著作權。禁止拷貝或其他方式利用。

BeLight AI Semiconductor為國立陽明交通大學註冊商標。

感謝矽譜科技股份有限公司提供Rabboni編製教材。Rabboni為矽譜科技股份有限公司註冊商標。

感謝Massachusetts Institute of Technology提供Scratch使用權限，線上實作本教材。Scratch為Massachusetts Institute of Technology註冊商標。

感謝台灣積體電路製造股份有限公司提供SDG贊助，編製本教材。

Copyright Holder: National Yang Ming Chiao Tung University:

Copying and Non-School Teaching Use Prohibited.

Copyright for the graphical parts belongs to the respective copyright holders. Copying or other forms of use are prohibited.

BeLight AI Semiconductor is a registered trademark of National Yang Ming Chiao Tung University.

Thanks to SIPP Technology Corporation for providing materials for the Rabboni textbook. Rabboni is a registered trademark of SIPP Technology Corporation.

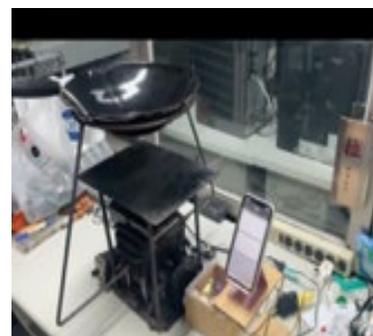
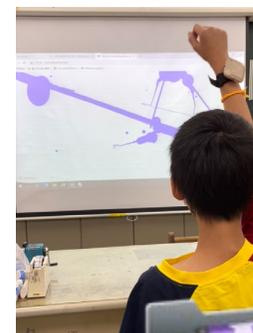
Thanks to the Massachusetts Institute of Technology for granting permission to use Scratch for online implementation of this textbook. Scratch is a registered trademark of the Massachusetts Institute of Technology.

Thanks to Taiwan Semiconductor Manufacturing Company for providing SDG sponsorship for the preparation of this textbook.





來看有趣的半導體感測應用!



哥哥姊姊都會說半導體

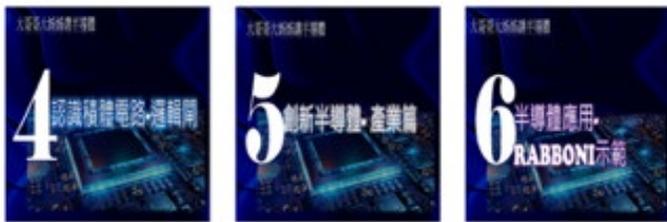


Lecture notes by college students

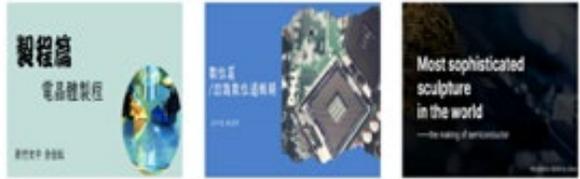
Lecture notes by high school students.



認識半導體 - 材料篇 應用半導體 - 元件篇 製造半導體 - 電晶體製程



製造半導體 - 認識積體電路及數位邏輯閘 想像半導體 - 產業篇 半導體應用-RABBONI示範



砂裡出品 數位篇/認識數位邏輯閘 Most sophisticated sculpture in the world - the making of semiconductor



半導體食譜大全 Using IC process creating Infinite and Comprehensive universe 半導體不會絆倒你



電流的守門員-如何製造電晶體 電路與數位邏輯 晶程所製, 電晶體製成概



English Lecture by High School

作者: 新竹女中 英語團

小哥哥姊姊講半導體——新竹女中 英語團

Etching

Carving trenches on the surface that aren't shielded by the photoresist layer

Remove the hard photoresist

METAL/SILICON → METAL/SILICON

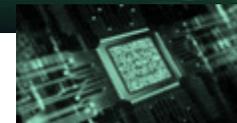
- Dry etching using "plasma"
- Wet etching using "liquid chemical"

到以下平台觀看: YouTube

請點Download



4



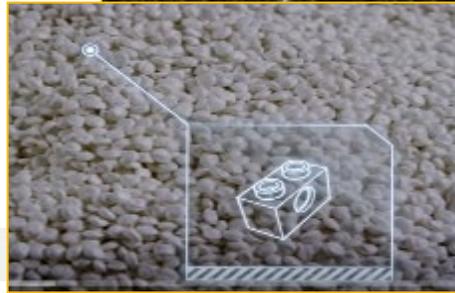
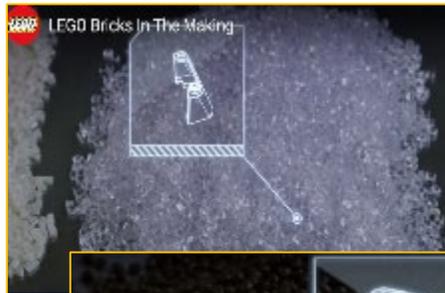
強調重點

| | | G5/G6 | CODE | G7/G8/G9 | CODE | G10/G11/G12 | CODE |
|--------|---------|--|------|-----------------|------|--------------------------|------|
| 半導體 | 材料 | P 型半導體/N 型半導體是甚麼 | PS1 | 半導體材料 | JS1 | 新一代半導體材料 | HS1 |
| | 元件 | 二極體 Diode 是甚麼 | PS2 | 三極電晶體 PMOS/NMOS | JS2 | 新一代半導體元件 FINFET GAA | HS2 |
| | 製程 | 半導體的奇幻工廠 | PS3 | IC沙子到半導體 | JS3 | 3D 製程封裝技術 | HS3 |
| IC | 邏輯閘 | | | Binary + Gate | JC1 | Gate vs. Transistor | HC1 |
| | EDA | 神奇的積體電路世界 | PC1 | 淺談積體電路 | JC2 | 設計流程 | HC2 |
| | IC/xPU | | | | | CPU/GPU/MPU | HC3 |
| AI | 生活中的AI | 拆解 Rabboni AI半導體互動遊戲介紹 | PA1 | AI半導體互動遊戲實作 | JA1 | 拆解 Rabboni AI半導體遊戲介紹 III | HA1 |
| | 認識AI ** | | | 認識AI II** | JA2 | 認識AI III** | HA2 |
| | 製造與應用 | AI 半導體創新路 | PA3 | AI 半導體產業鏈及應用 | JA3 | AI 半導體產業與展望 | HA3 |
| 實作與成果展 | | Rabboni AI半導體互動遊戲設計 (Gamification) 悅讀AI 半導體強調於愉悅，輕鬆接觸半導體，深入探討仍須循序建立基礎 | | | | | ES |

** 需有 EXCEL，Scratch 及 RABBONI 使用基礎，若無，建議以六小時分享



From 半導體 to Integrated Circuit: 以 Lego 為例



Lego bricks in making

Gate

EDA

xPU



<https://www.lego.com/en-gb/product/jazz-club-10312>



PA1

從 AI+IOT電子零件開始



我們就請「大師」 繼續來陪大家玩半導體！

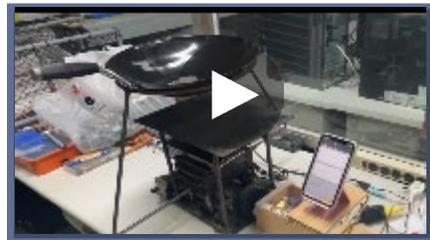
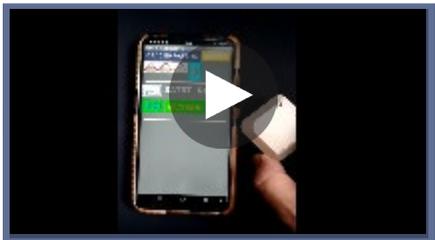
大師出場

- **Rabboni** 是希伯來文「大師」的意思
- 它採用台積電製作的積體電路
- 它有台灣半導體產業鏈完成的**電路板**，**人機界面**，**應用軟體**設計製造



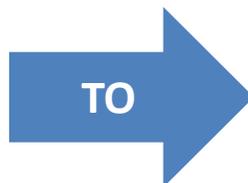
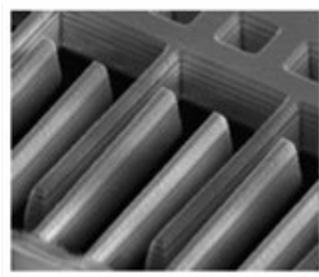
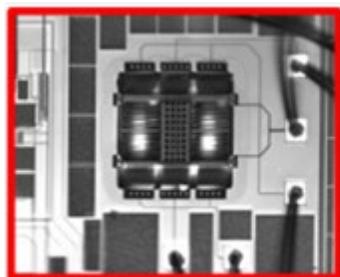
如果忘了 **Rabboni** 怎麼玩，
最後有教大家喔！

Rabboni 能做好多事，下面照片都有影片連結，
都是大朋友、小朋友創意喔，看電影囉！！



拆解 Rabboni

從半導體積體電路到電子裝置：台灣電子半導體產業鏈



從這兒

到這兒



打開 Rabboni 的身體

認識AIoT半導體裝置



Rabboni採用台積電製作的積體電路，還有台灣半導體產業鏈完成的
電路板，人機界面，應用軟體設計製造，我們就用台灣免寶寶繼續說半導體。



電子裝置： 拆解 Rabboni



從看清楚AIoT
電子裝置開始



首先看到**電路板**嗎？

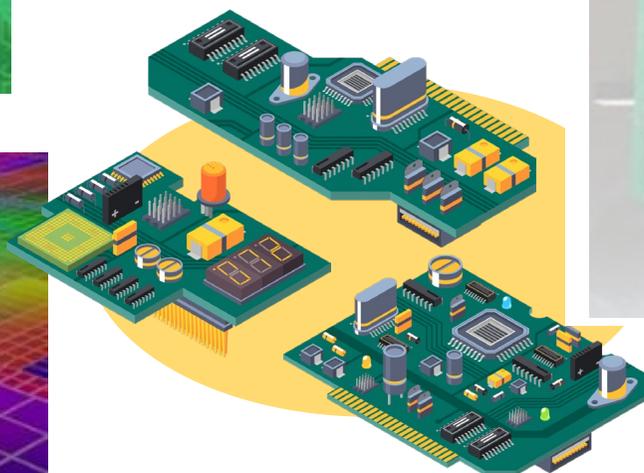
印刷電路板(PCB, Printed Circuit Board)

把各種**功能組合的積體電路IC** 起來, 幫人類做許多事

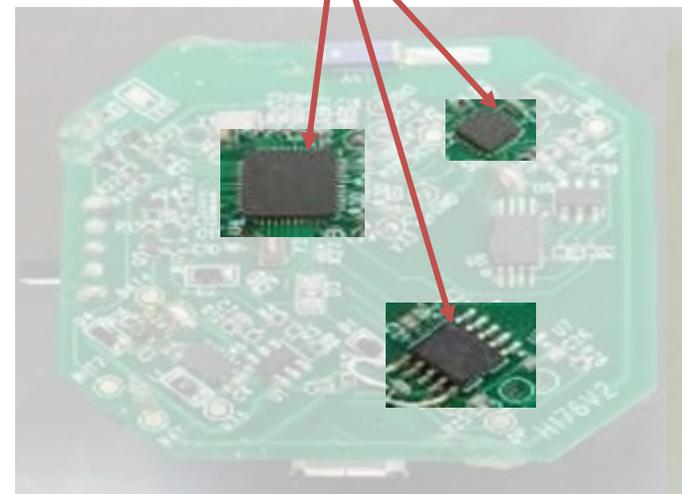


仔細看看電路板 (Printed Circuit Board PCB)...

有好多積體電路(IC)



積體電路IC



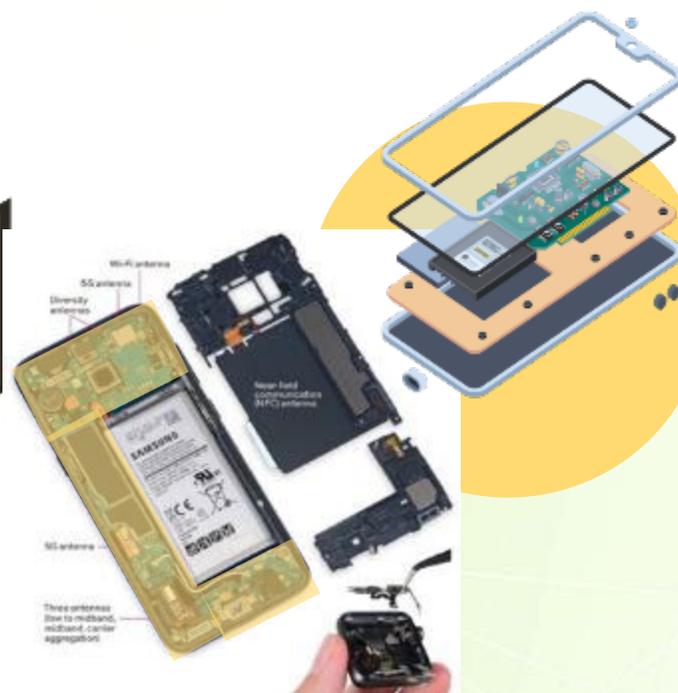
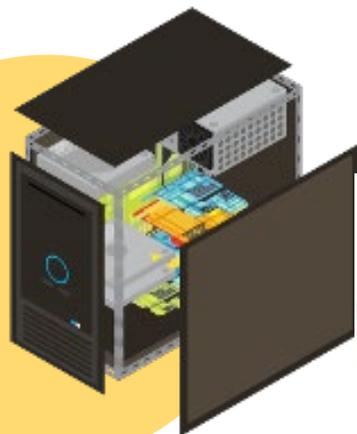


讓我們把電子產品拆開...

- 電路板在哪裡呢？
- 功能呢？



圖片來：https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PC_case_modified.jpg



圖片來源：<https://spectrum.ieee.org/>

1

Rabboni的功能

Rabboni要能穿戴，外殼需要美觀，實用，需要**設計感**



2

Rabboni的功能

Rabboni 要能跟外界交換資料，需要 **通訊IC**



3

Rabboni的功能

Rabboni 要能跟感測到外界動作，需要**感測IC**



Rabboni的功能

4

Rabboni要能處理各項運算、分析指令，完成任務，需要**程式**



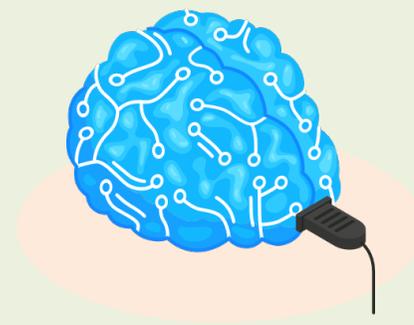
微控制器(MCU)

是我們把資料傳給 MCU

大家才能看到即時更新的加速度和角速度數值喔！

先聊一下AI

- 模擬人類智慧
- 代替人類做決定、工作



1950's - 1980's

資料收集

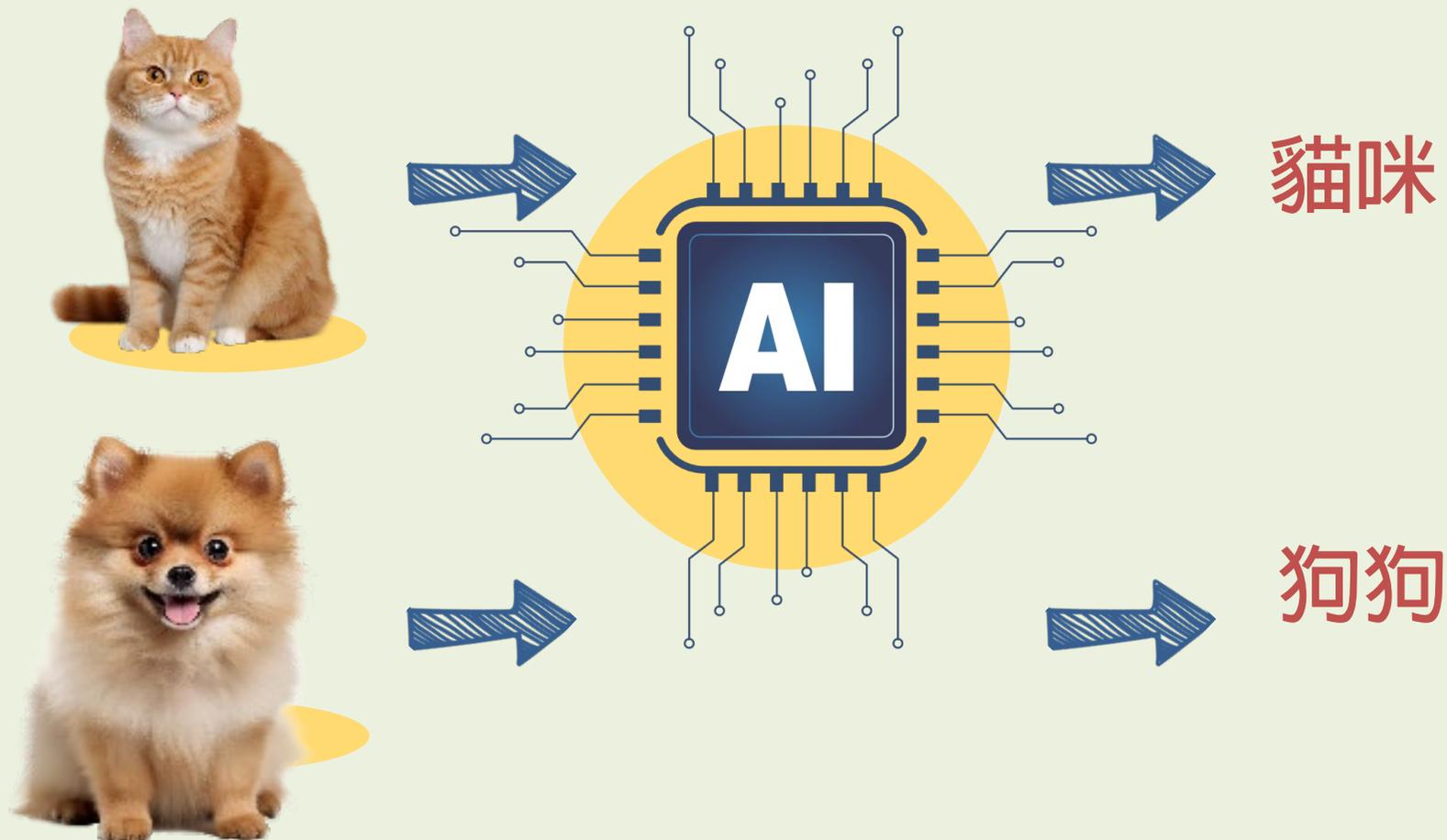
1980's - 2010's

建立模型 (教AI知識)

2010's ~

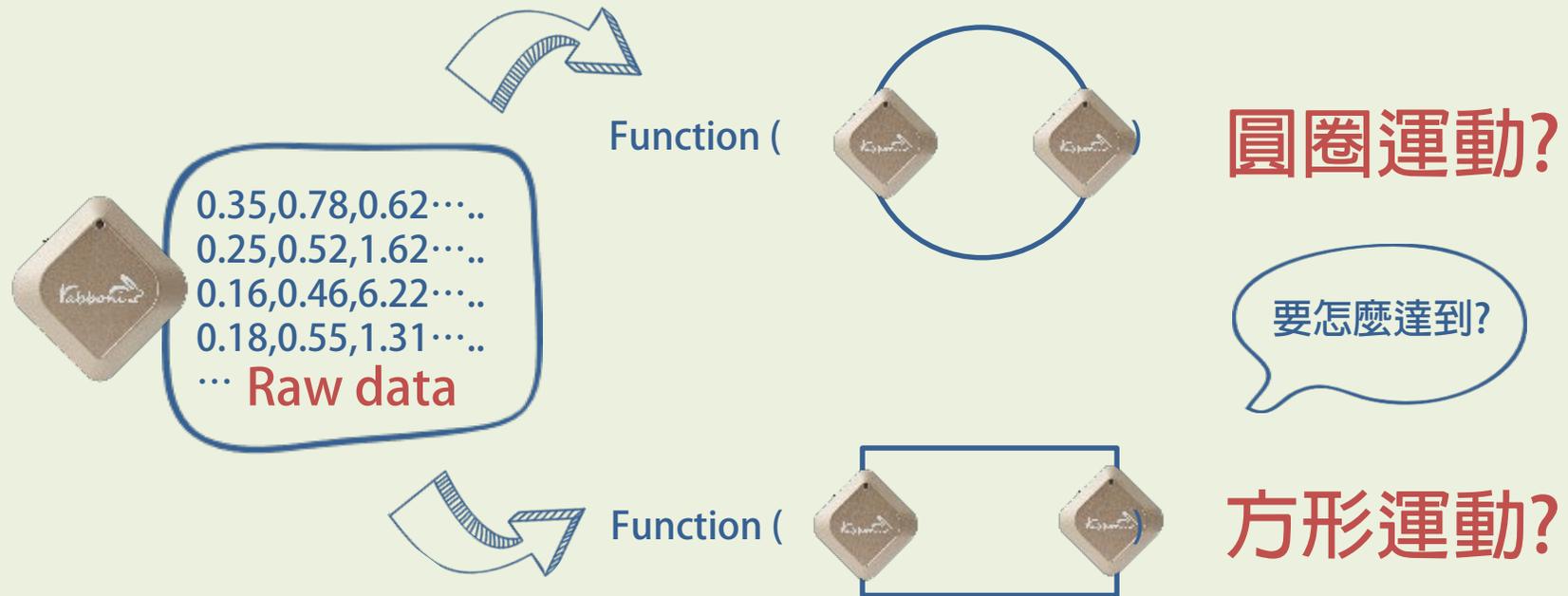
AI 幫忙判別

AI用強大積體電路做圖像辨識



Rabboni用強大感測積體電路做動作辨識

Sensor將加速度與角加速度原始資料(raw data)給AI判斷動作



打開Rabboni的身體



加速度計
(Acceleromete)

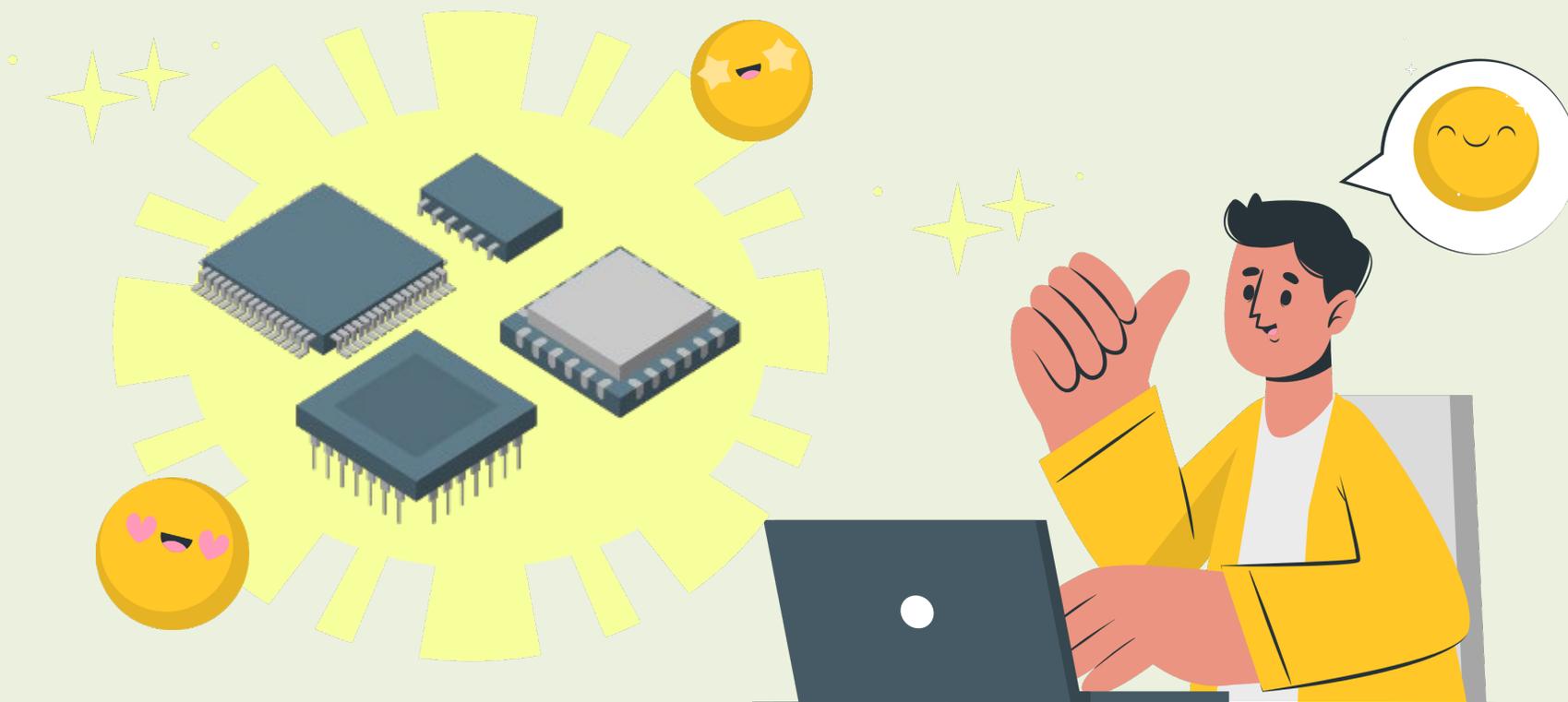
測量移動 (加速度)
可測量單位時間內速度變化



陀螺儀
(Gyroscope)

測量轉動 (角速度)
可測量單位時間內角度變化

因為有這些 IC 的幫忙才能讓Rabboni
可以有那麼多豐富的功能！





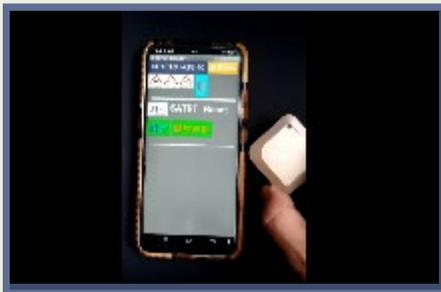
Rabboni可以做好多事: 到『12u10 一定要你贏』網站去逛逛喔

<https://12u10.lab.nycu.edu.tw/portfolio/aiot-6/>



環保,交通

美術,急救



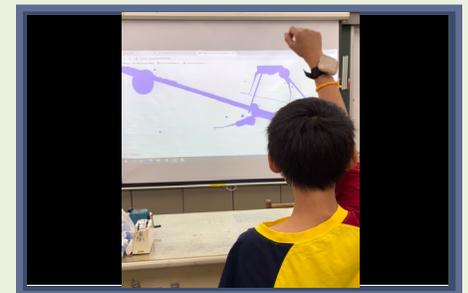
健康,音樂

工程,SDG



舞蹈,語文

餐飲,海洋



大哥哥大姊姊帮大家準備了100+講義/程式碼唷

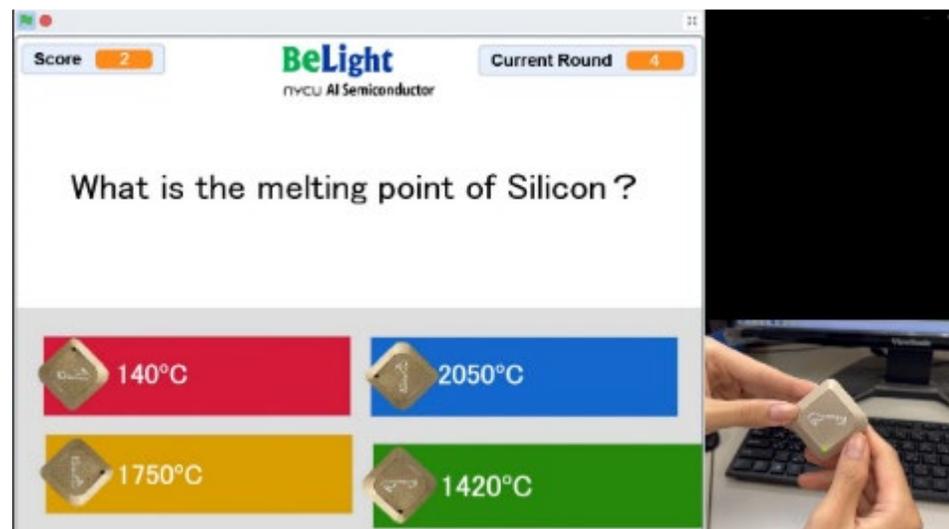


Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...



BeLight™
nycu AI Semiconductor



PS1

半導體材料

■ P 型半導體/N 型半導體是甚麼

如果忘了 Rabboni 怎麼玩, 最後有教大家喔!

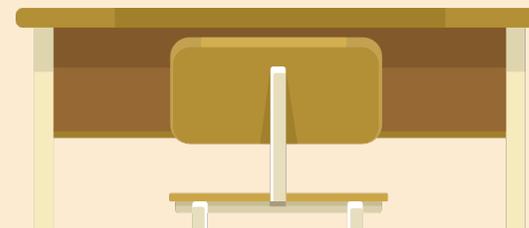
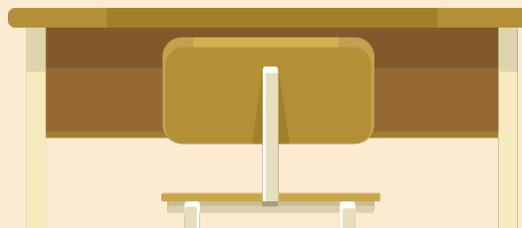




- 導電的/ → **導體**

- 不導電的/ → **絕緣體**

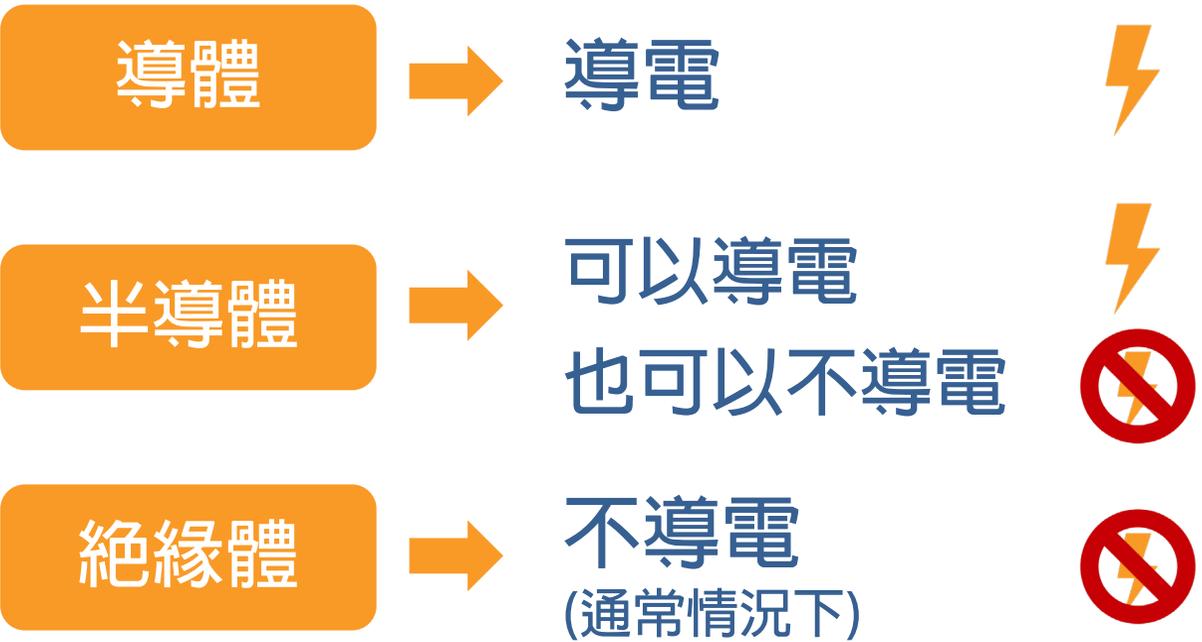
- 一下導一下不導的/ → **半導體**





半導體魔法師 認識半導體材料

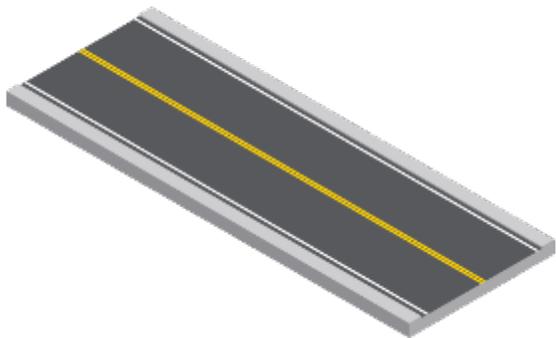
半(ㄅㄢˋ)導(ㄉㄠˋ)體(ㄊㄞˋ)



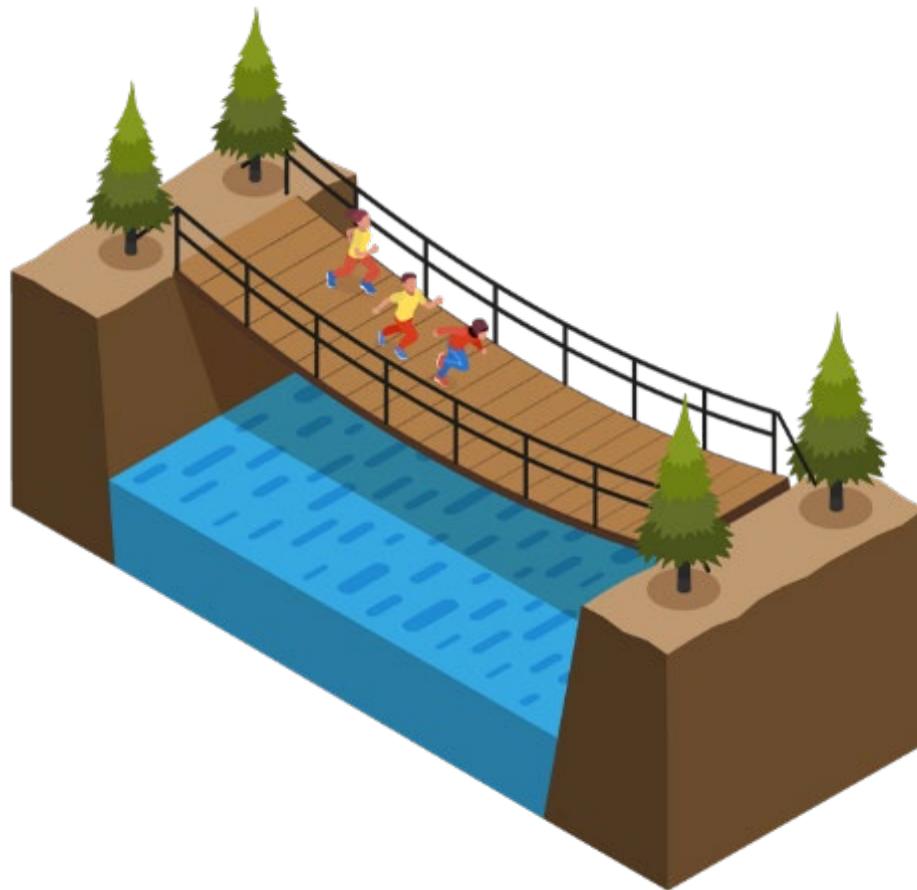


什麼是導體(conductor)

導體可以讓電流可以自由地流通（像橋讓小朋友過去）
電流通過，電器就會“開”。



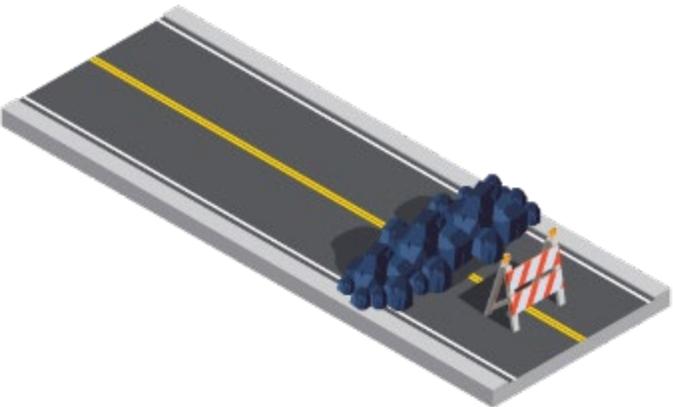
提供寬敞的大路
電流可順利通過



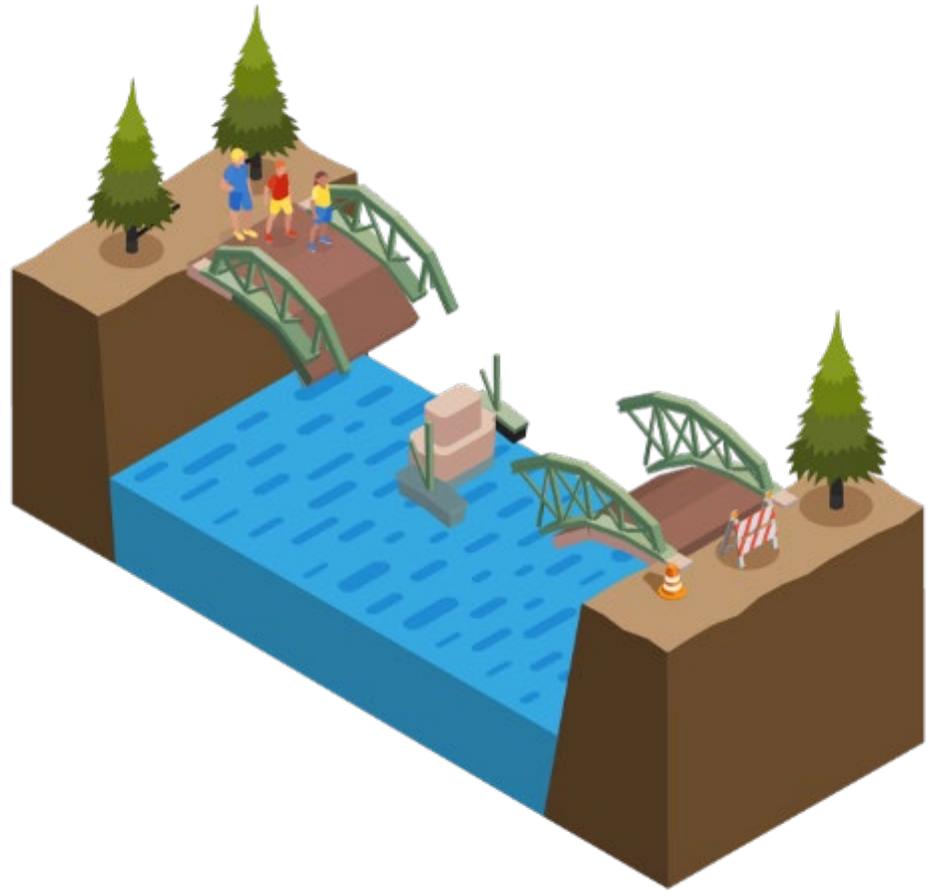


什麼是絕緣體(insulator)

絕緣體可以不讓電流自由地流通（像斷橋讓小朋友不能過去）
電流通過，電器就會“關”。



無法通行的路
電流無法通過





動手試試導與不導

https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_zh_TW.html

Circuit Simulation

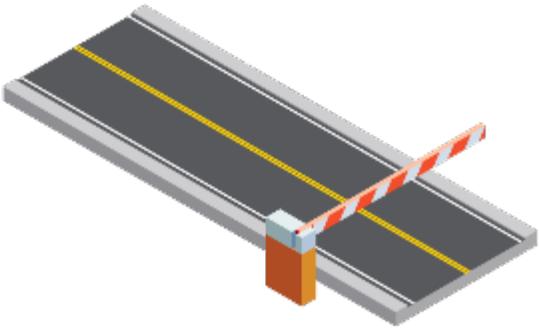


參考資料：<https://slidesplayer.com/slide/17051737/>

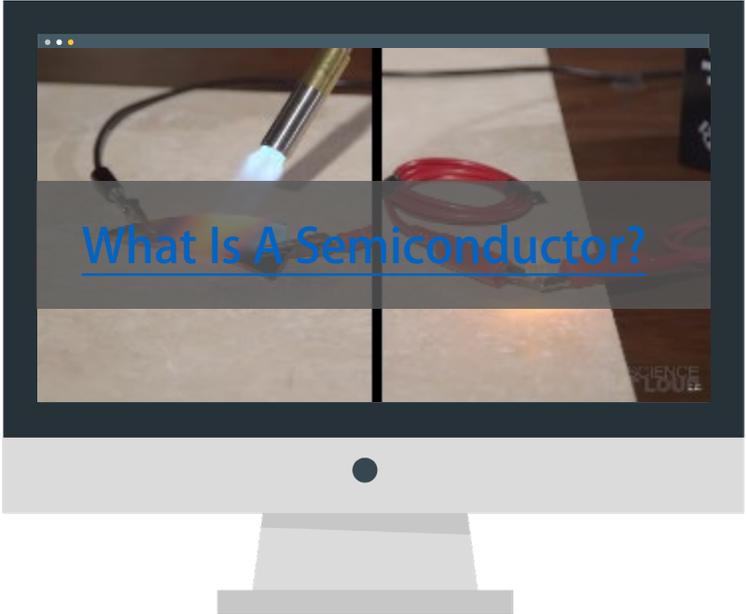


什麼是半導體(semiconductor)

介於導體和絕緣體之間，可以自行控制“導電”或“不導電”的材料。



有閘門的路
依閘門狀態
電流可/不可通過

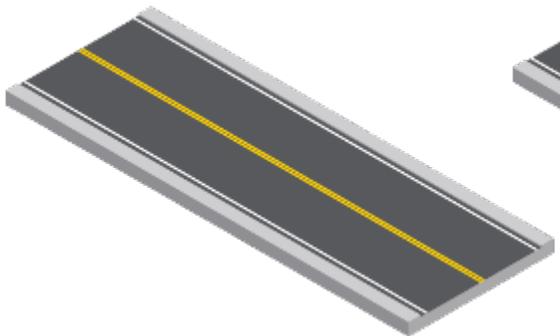


參考資料：<https://www.youtube.com/watch?v=gUmDVe6C-BU>

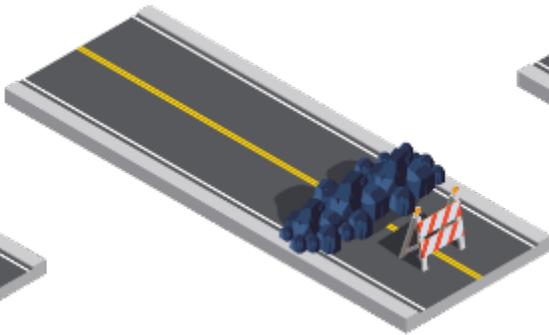


複習一下

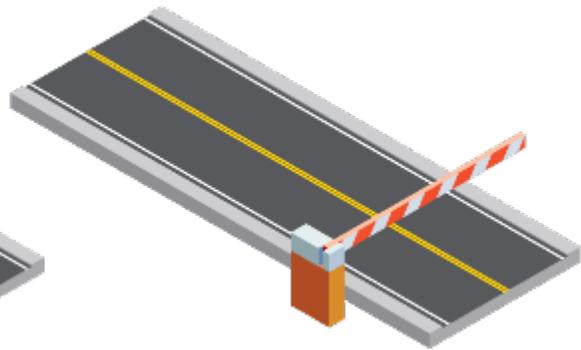
導體、絕緣體、半導體



提供寬敞的大路
電流可順利通過



無法通行的路
電流無法通過

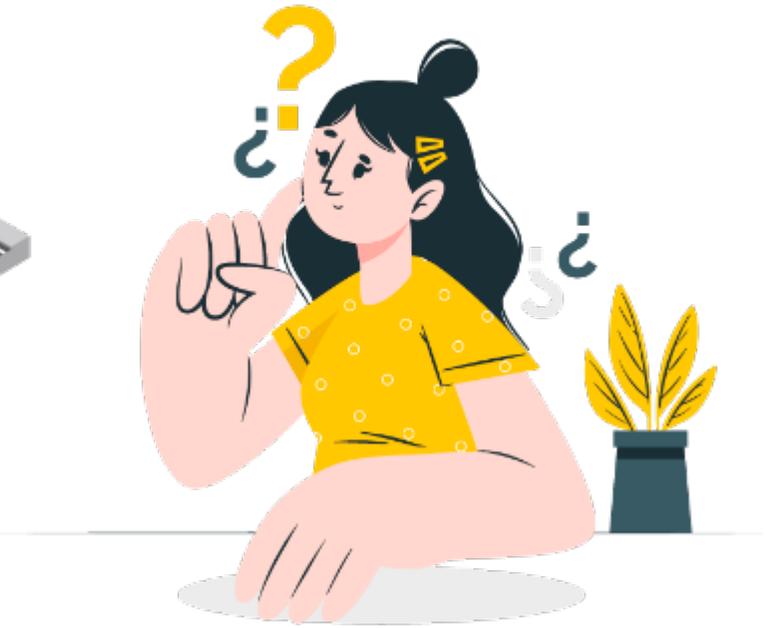
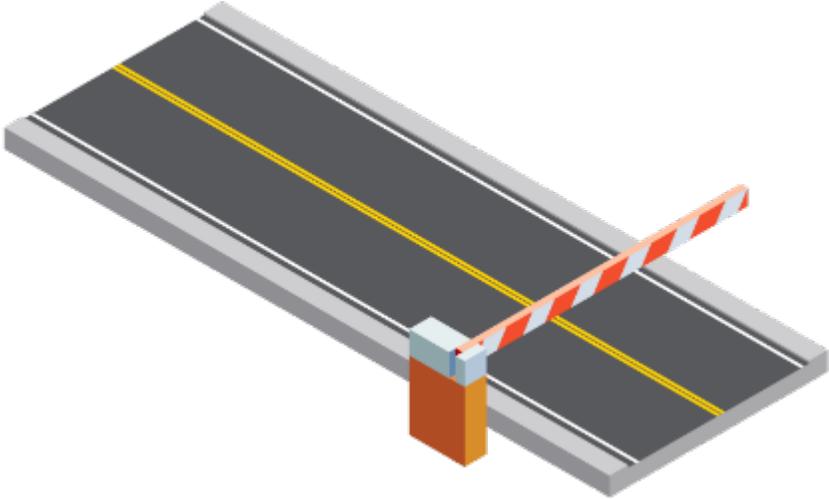


有閘門的路
依閘門狀態
電流可/不可通過



想一想...

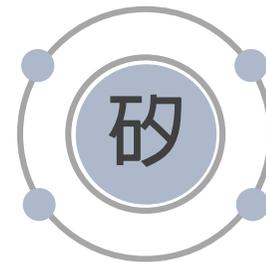
為甚麼半導體那麼奇怪，可以有"閘門"控制導電性？



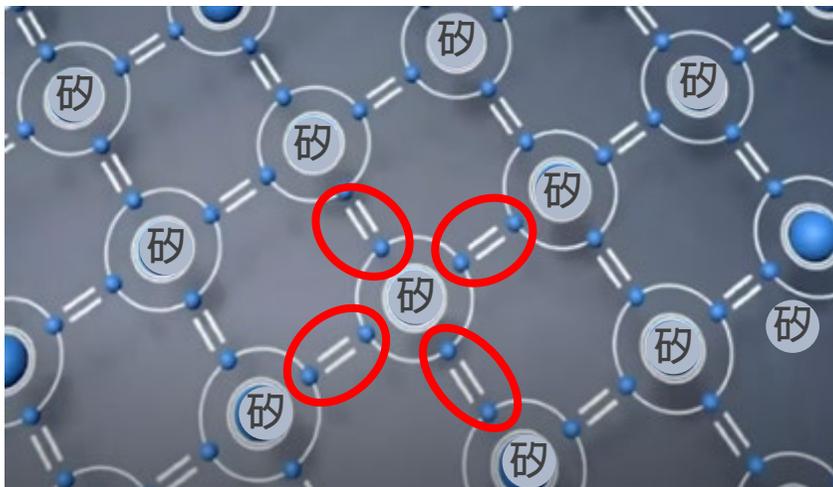


什麼材料可以做半導體呢？

(就像媽媽要煮飯需要先找材料喔)



1.地球上有些穩定的元素：例如沙子（矽 Si）



影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=bor0qLifjz4>

他們每個矽原子最外層有四個電子，剛好跟上下左右鄰居的電子搭配，所以電子都不會亂跑。

電子不跑，就沒有電流，電燈就不會亮!!

絕緣啦!!

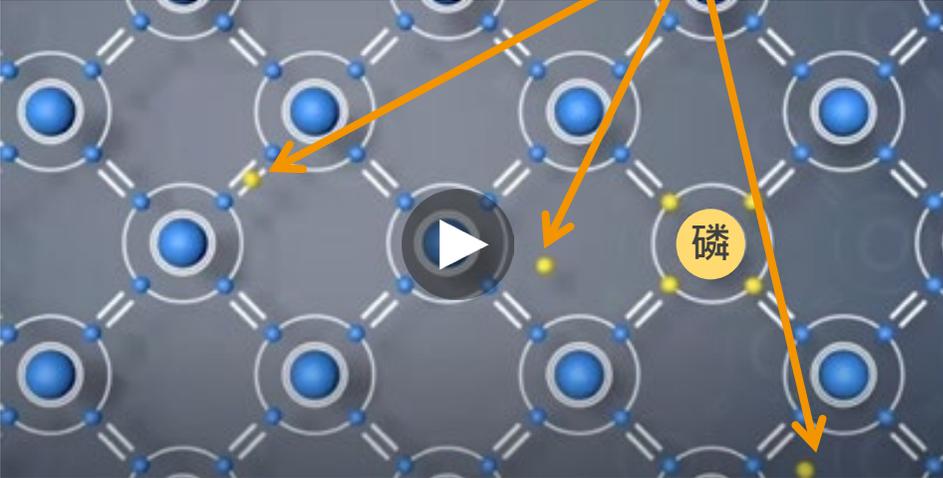


在矽元素中摻入一點其他元素呢？例如 **磷**

磷原子最外層有五個價電子(五價元素)，矽原子被摻入磷原子後，變成矽磷化合物，上下左右鄰居的電子都搭配後，多一顆電子會亂跑。

電子跑, 就有電子流 e-

英語教學：
電子 Electron

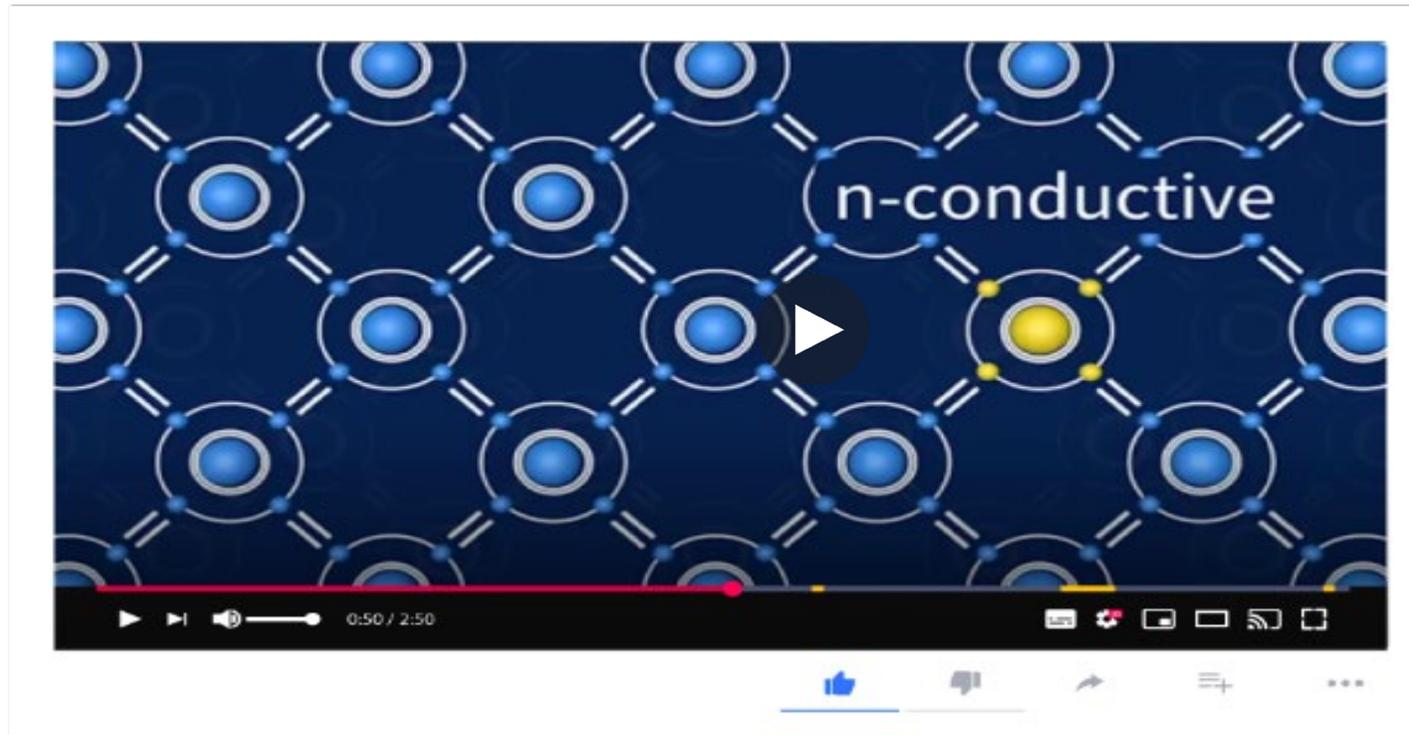


影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=bor0qLifjz4>



所以矽摻磷就叫做N型半導體，會產生電子流，
電子流就是負的（Negative）所以叫N型半導體

（就像加了鹽的麵粉就可以做鹹餅，哪加了糖呢？）

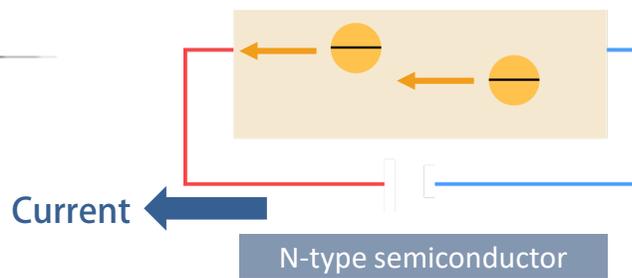
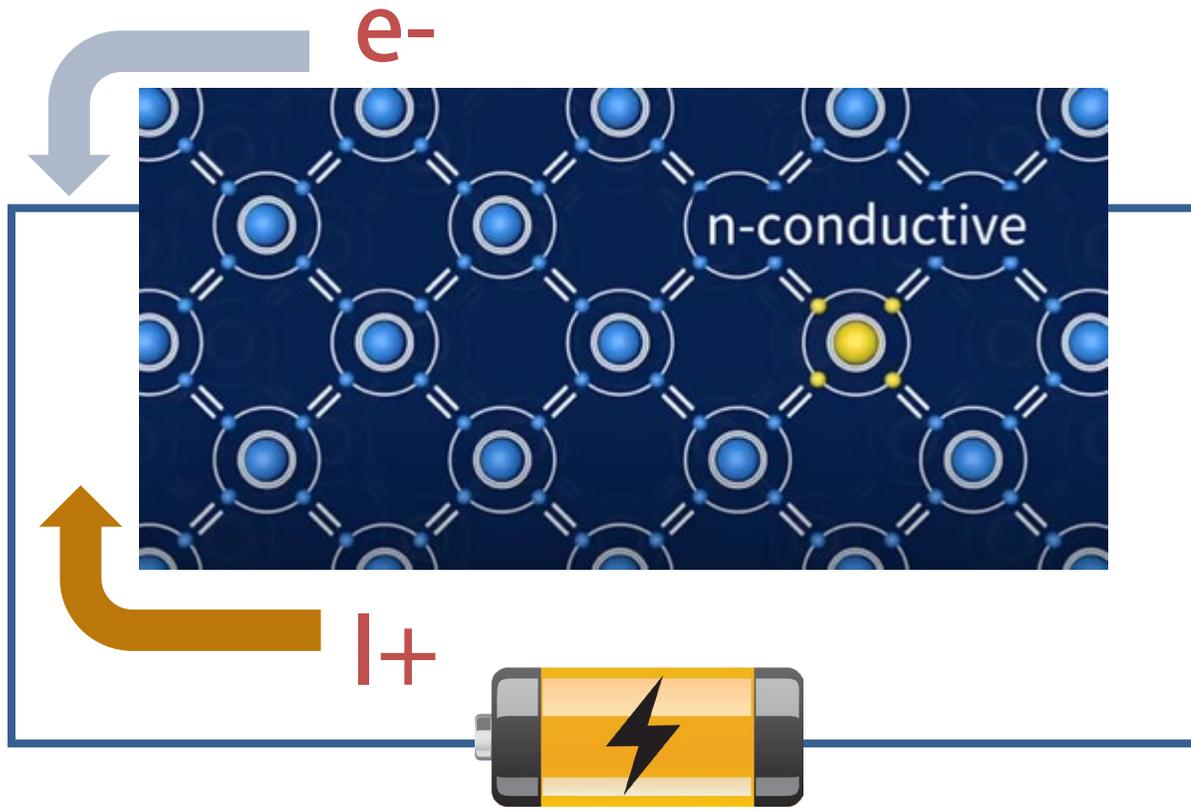


影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=BNukY6rl2ls>





電流方向？
電子流方向？

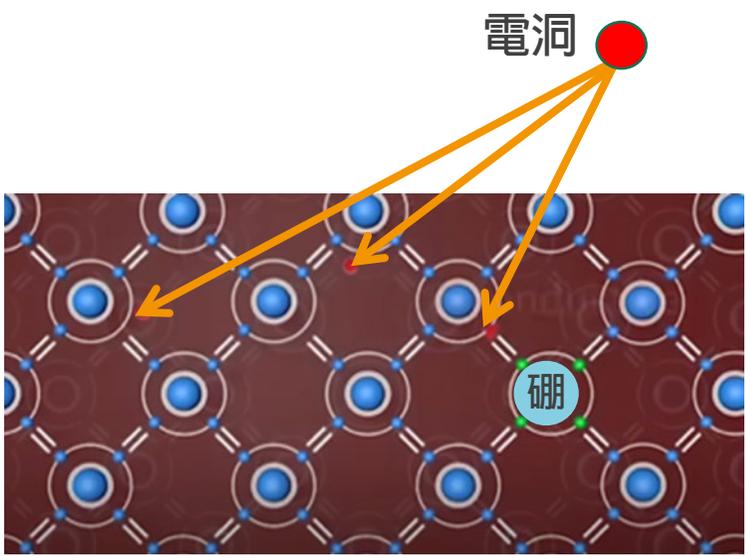


電流 I^+ 方向
電子流 e^- 方向

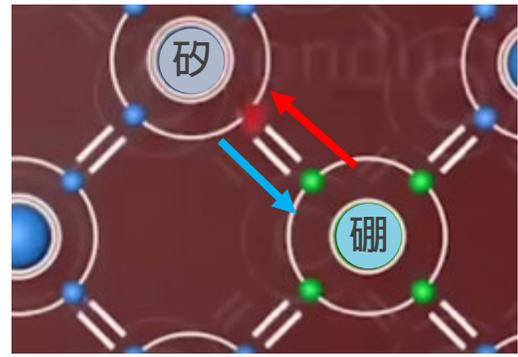


摻入一點其他元素呢？例如 硼

他們每個硼原子最外層只有三個價電子(三價元素)，
矽原子被摻入硼原子後，變成硼磷化合物，上下左右鄰居的
電子都搭配後，多一個空位（電洞）會亂跑。
因為電洞帶正電，所以電洞的移動就定義為電流。



綠色(硼)少一顆電子，藍色的矽，就會補一顆給他，但矽就會多一個電洞，所以電洞跟電子流方向，相反喔，電洞流就是電流方向



影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=BNukY6rl2ls>



所以矽摻入硼就叫做P型半導體，會產生電洞流(電流)
電流是正的(Positive),所以叫P型半導體

(就像加了糖的麵粉就可以做甜餅)

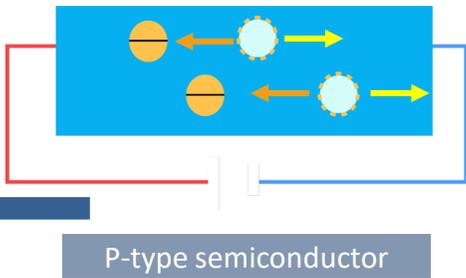
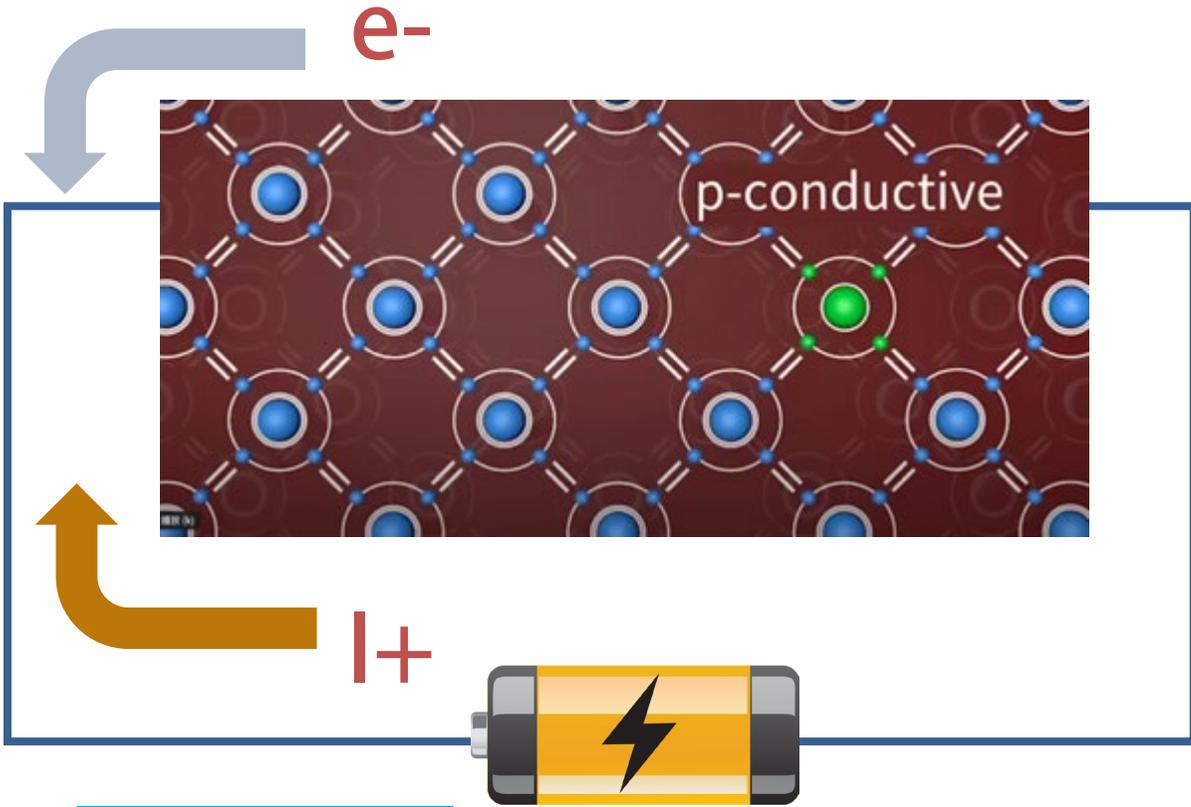
影片連結：<https://www.youtube.com/watch?v=BNukY6r12ls>

英語教學：
電洞 Hole





電流方向？
電子流方向？

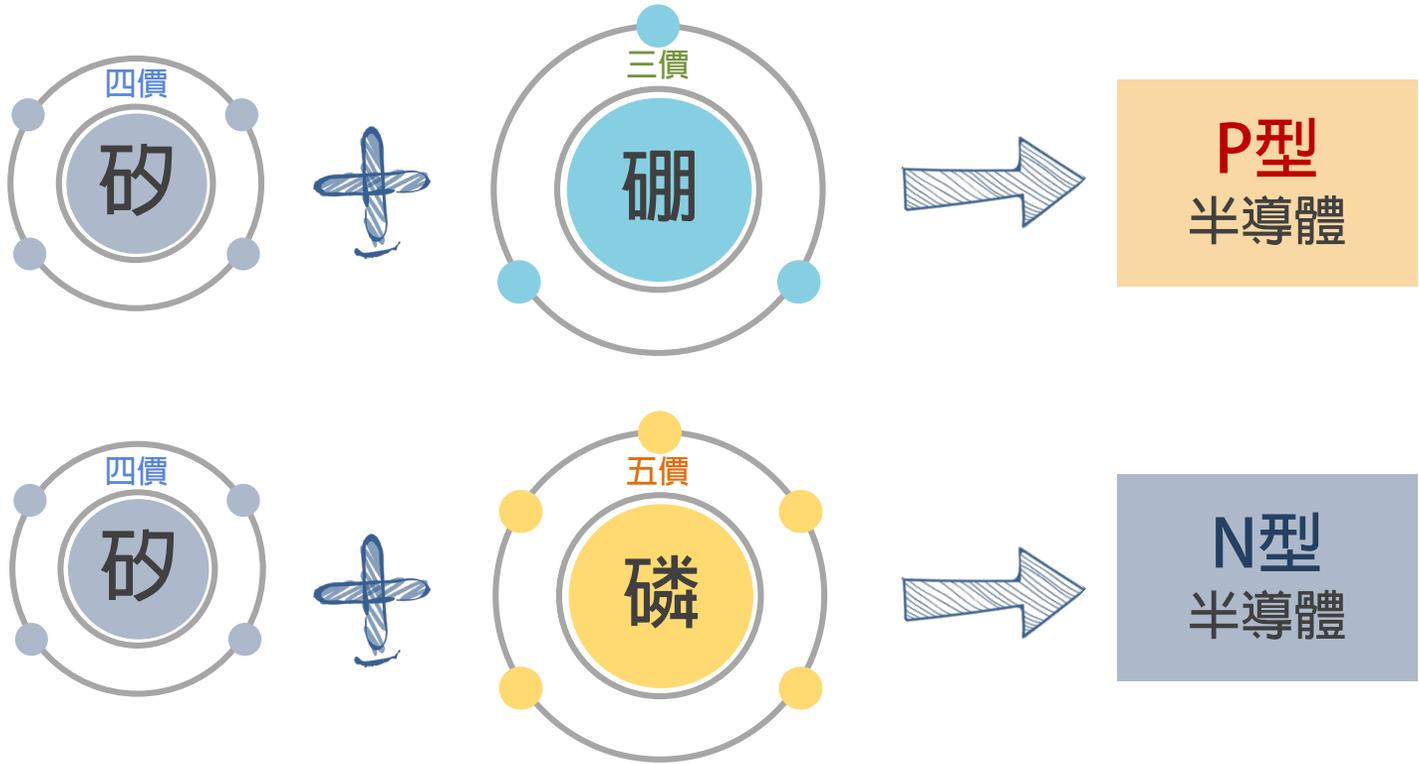


電流 I+ 方向
電子流 e- 方向



複習一下

什麼是P型半導體和N型半導體





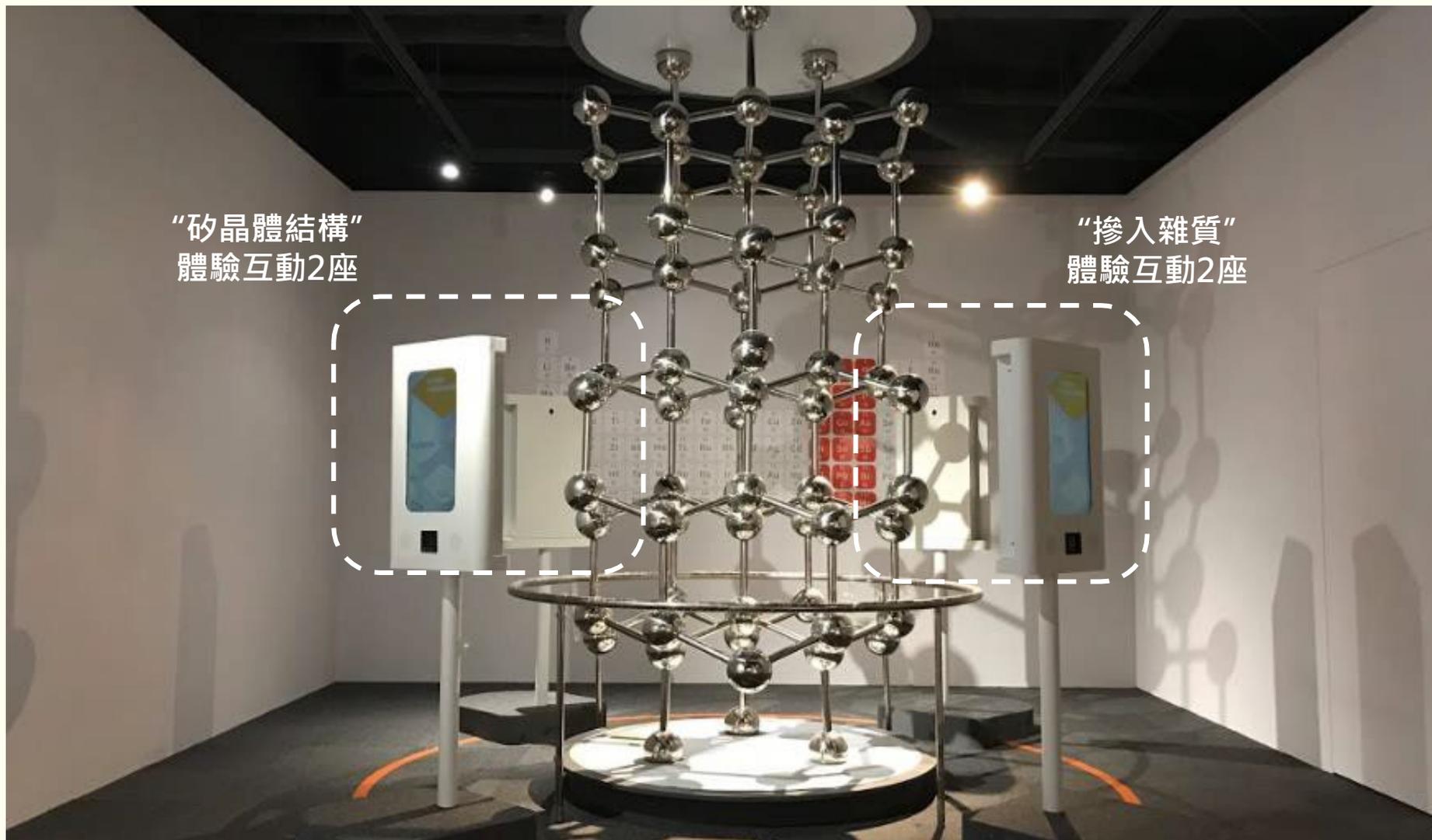
矽可以變成一下導一下不導的/ 半導體
(加點三價或五價的元素就好了)

Why Si ? Silicon ?

矽係地殼第二多元素，佔總質量27.7%

地殼含量是指元素在地球表面的地殼中的含量，通常使用百分數表示，依含量的多寡，最多的前8種化學元素分別為：氧（48.6%）、矽（26.3%）、鋁（7.73%）、鐵（4.75%）、鈣（3.45%），鈉（2.74%）、鉀（2.47%）和鎂（2%）。

摻雜

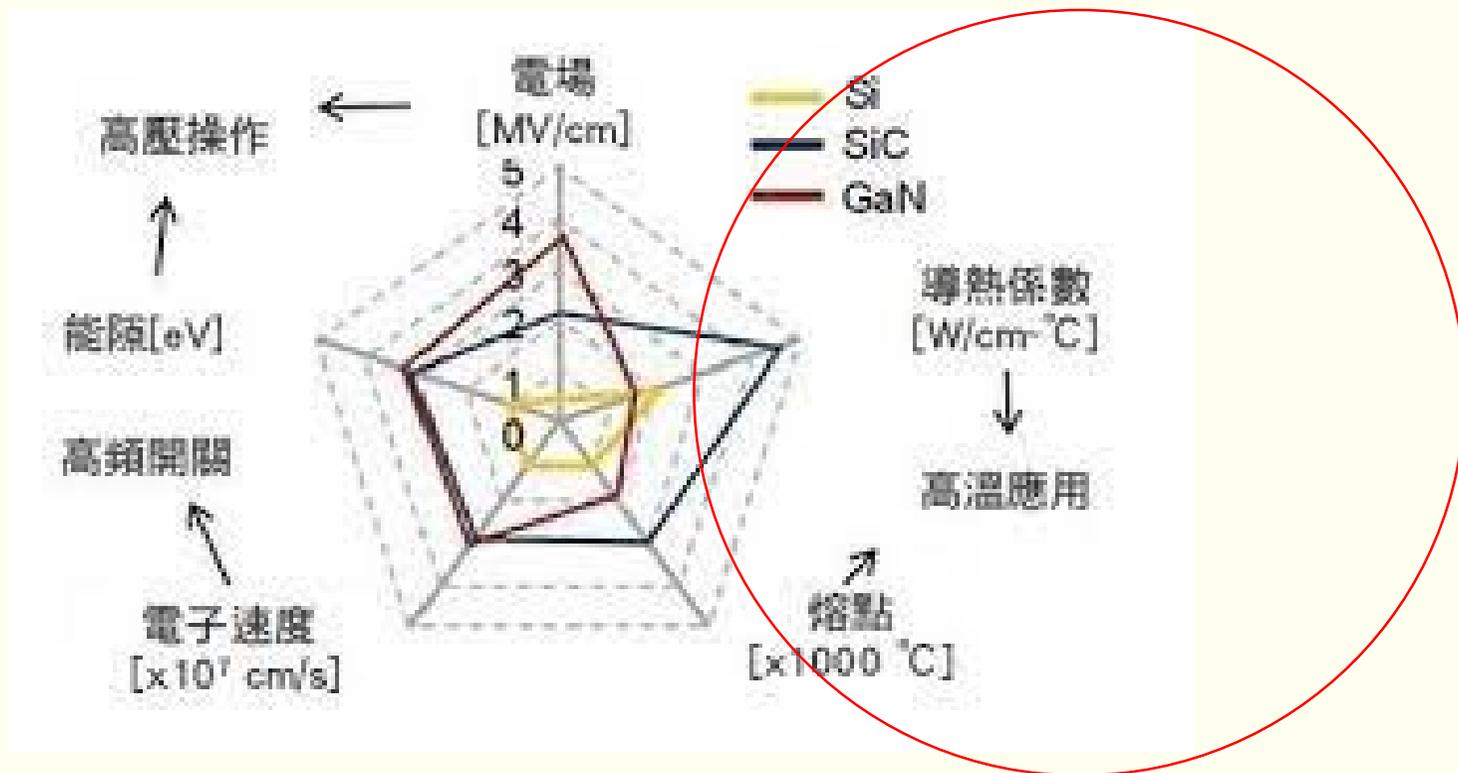


“矽晶體結構”
體驗互動2座

“摻入雜質”
體驗互動2座

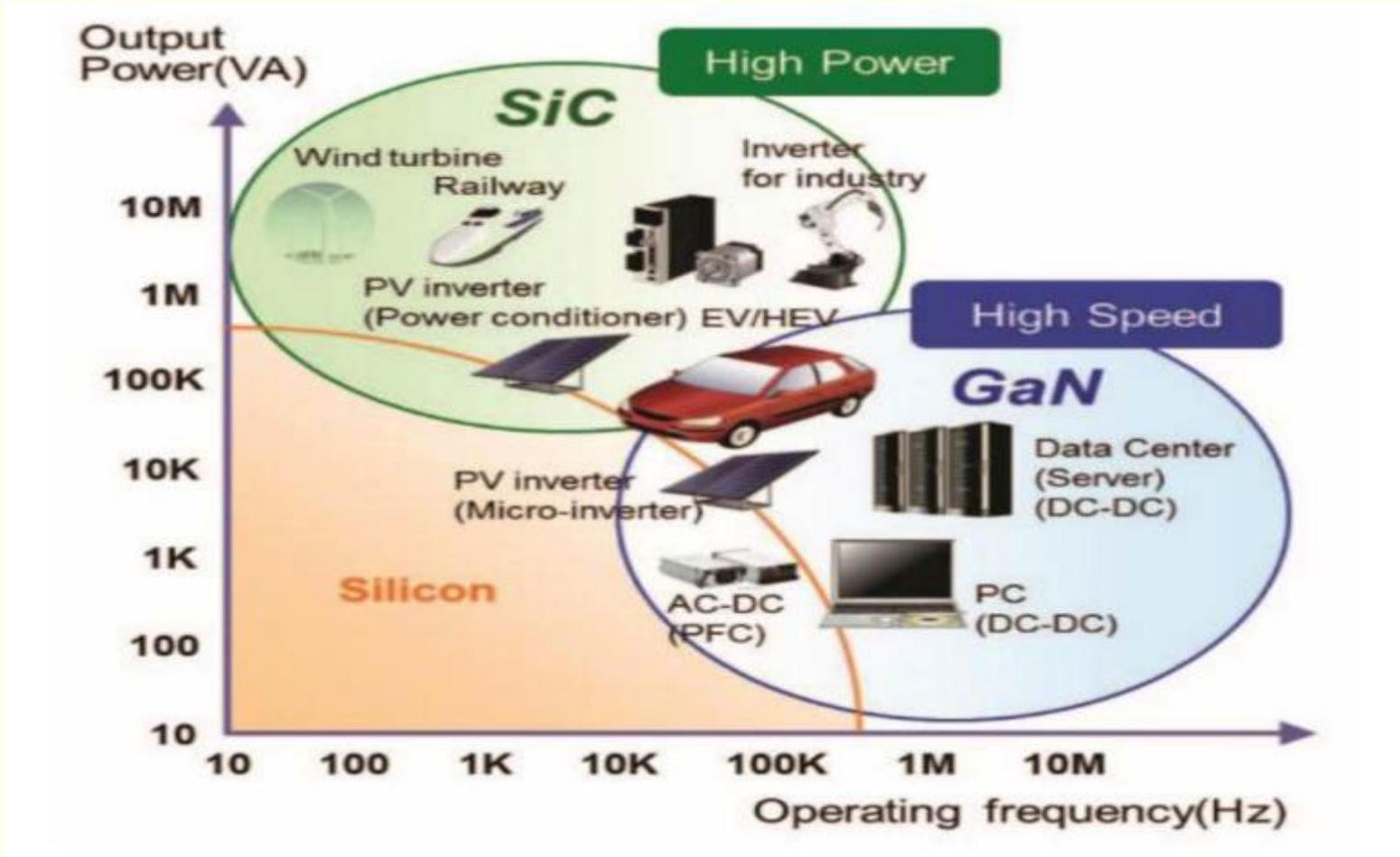
第一、第二、第三代半導體比較

| | 第一代半導體 | 第二代半導體 | 第三代半導體 |
|------|-----------|---------------------|--------------------|
| 主要材料 | 矽 Si、鍺 Ge | 砷化鎵 GaAs、磷化銦 InP | 碳化矽 SiC、氮化鎵 GaN |
| 特性 | 製作容易、成本低 | 低耗損、抗輻射、高導熱 | 高功率、耐高溫高壓 |
| 主要應用 | 低電壓 太陽能電池 | 3D 感測、光通訊、射頻 | 電動車、再生能源、通訊 |



要解決電子與光電元件所面臨的散熱問題，散熱材料本身的熱傳特性是一重要指標，材料的擴散熱阻與熱傳導率係成反比關係，亦即熱傳導率愈高其擴散熱阻愈低，散熱能力愈強。一般常用的散熱材料不外乎鋁、銅等熱傳導率不錯的材料(180 W/m·K, 380 W/m·K)，但這種材料系統之熱膨脹係數偏高(17~23 ppm/K)且銅的比重過高(8.9 g/cc)，而單晶鑽石雖熱傳導率極佳(2000 W/m·K)，但價格昂貴又難以加工，因此鮮少作為散熱材料。為突破單一金屬材料所無法達到的熱物性質（熱傳導、熱膨脹及密度），近年來世界各國無不投入高導熱材料開發，包括高導熱石墨、碳化矽顆粒強化複合材料、碳纖維強化複合材料、石墨強化複合材料、鑽石顆粒強化複合材料等。

第三代半導體



矽 VS 鍺



矽 (Si) :

矽是典型的半導體材料，其能隙約為1.1至1.2電子伏特。矽是廣泛用於積體電路和太陽能電池等應用的基礎材料。

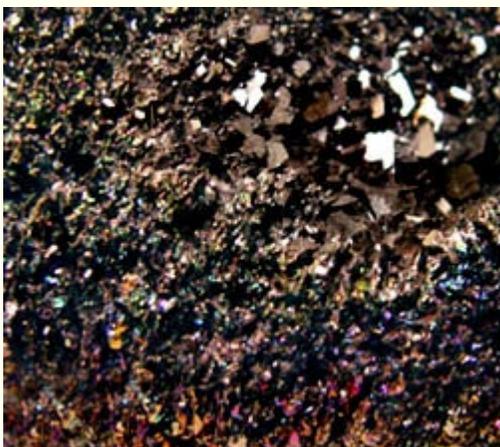


鍺 (Ge) :

鍺也是一種半導體，但其能隙較矽略小，約為0.67電子伏特。由於能隙較小，鍺在一些紅外光探測器和高溫應用方面具有優勢。

為甚麼現在的半導體都用矽做的？

碳化矽(SiC)



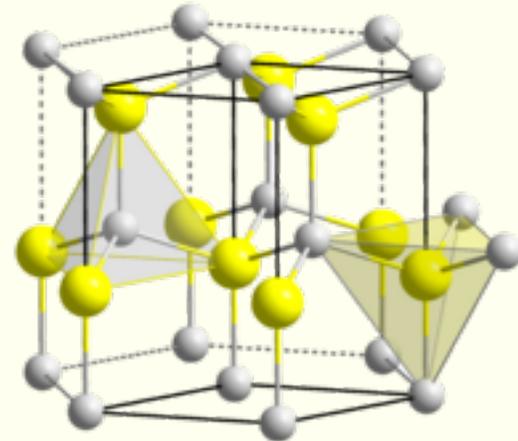
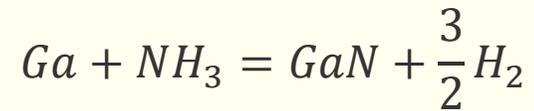
| 特點 | |
|------|---|
| 物理性質 | 高硬度，可以切割紅寶石；高耐磨性，僅次於金剛石 |
| | 熱導率超過金屬銅，是Si的3倍，是GaAs的8~10倍。 |
| | SiC 的熱穩定性較高，在常壓下不可能熔化 |
| 化學性質 | 散熱性能好，對於大功率器件非常重要 |
| | 耐腐蝕性非常強 |
| | 4H-SiC 和6H-SiC帶隙約是Si的3倍，是GaAs的2倍 |
| | SiC 表面易氧化生成SiO ₂ ，薄層，能防止其進一步氧化 |

氮化鎵(GaN)



鎵的熔點很低，約為攝氏29.76度。
它在室溫下為液體。

化學反應式:



不同材料的半導體特性比較

Characteristics of Silicon / SiC / GaN

| Properties | | Si | SiC | GaN |
|----------------------------|----------------------|------|-----|------|
| Bandgap | eV | 1.1 | 3.3 | 3.4 |
| Electron Mobility | cm ² /Vs | 1350 | 700 | 1500 |
| Breakdown Electrical Field | MV/cm | 0.3 | 3.0 | 3.3 |
| Figure of Merit | $\epsilon\mu eE_c^3$ | 1 | 440 | 1130 |

SiC /GaN Compared to Silicon:

High Breakdown Voltage
Up to 10 Times Higher

High Heat Resistance
Up to 1000°C

Compact
Reduced Up to 1/1000

High Speed
Up to 100 MHz

1. 純矽: 行動裝置 (低功率元件)
2. 碳化矽: 電動車 (高功率元件)
3. 氮化鎵: 高頻通信 (高速元件)

矽寶



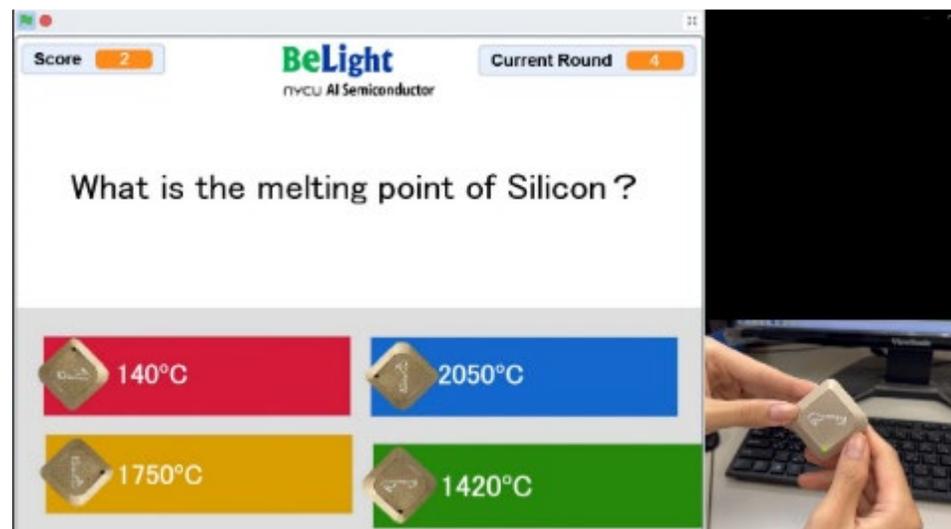


Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...

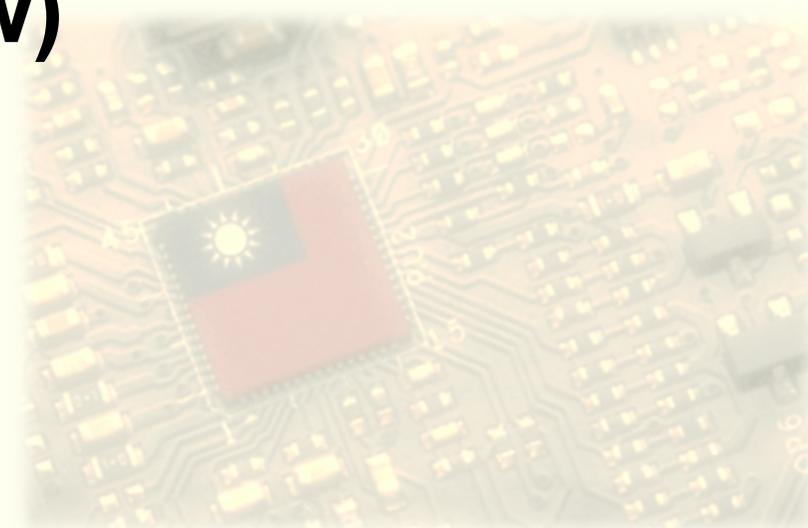




PS2

半導體元件:

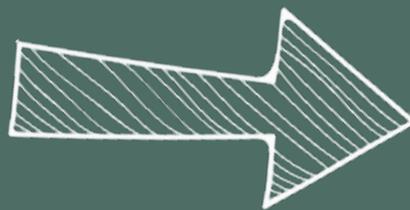
- 二極體 Diode (Review)
- 三極體 Transistor



- P 型半導體

- N 型半導體

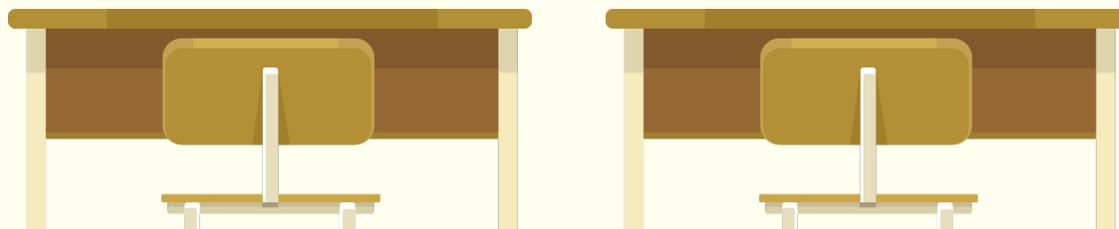
半導體開關
要做出來囉!!



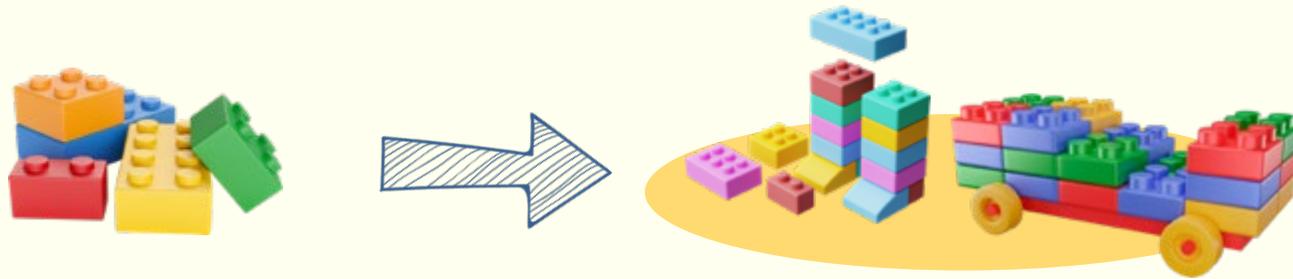
二極體

怎麼做出開關來的？

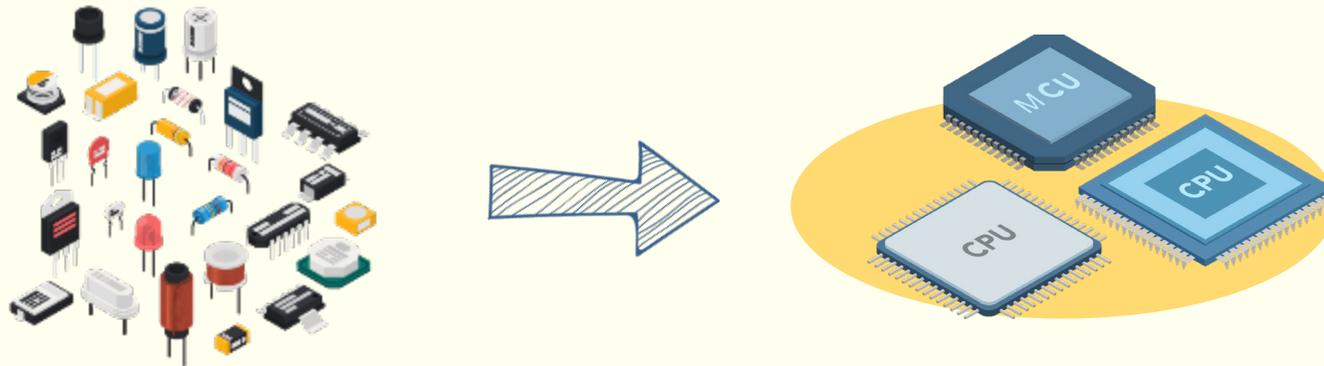
一下導一下不導 → 開關



什麼是半導體元件？



A. 不同的樂高積木 可以組合拼出不同的成品

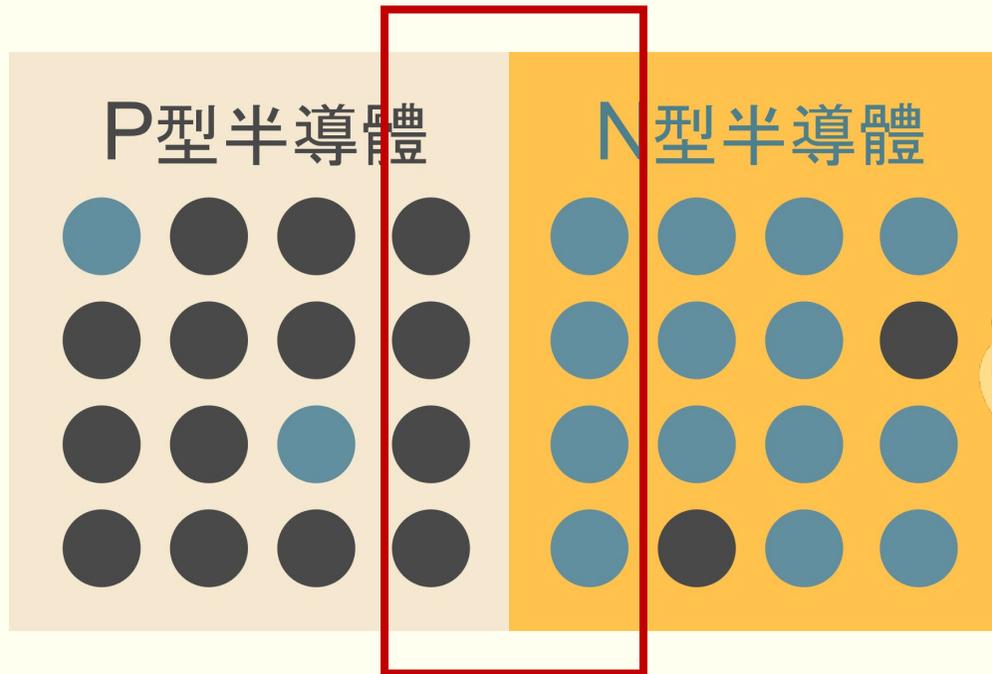


B. 不同的半導體元件 可以組合拼出不同的積體電路(IC)

回顧二極體



把 P N 接在一起就形成 P N 接面 (P N junction)
兩邊界附近的電子跟電洞就會互相吸引，變成穩定不導電。
(P 少一電子 (電洞) ， N 多一電子，剛好湊再一起不亂跑)

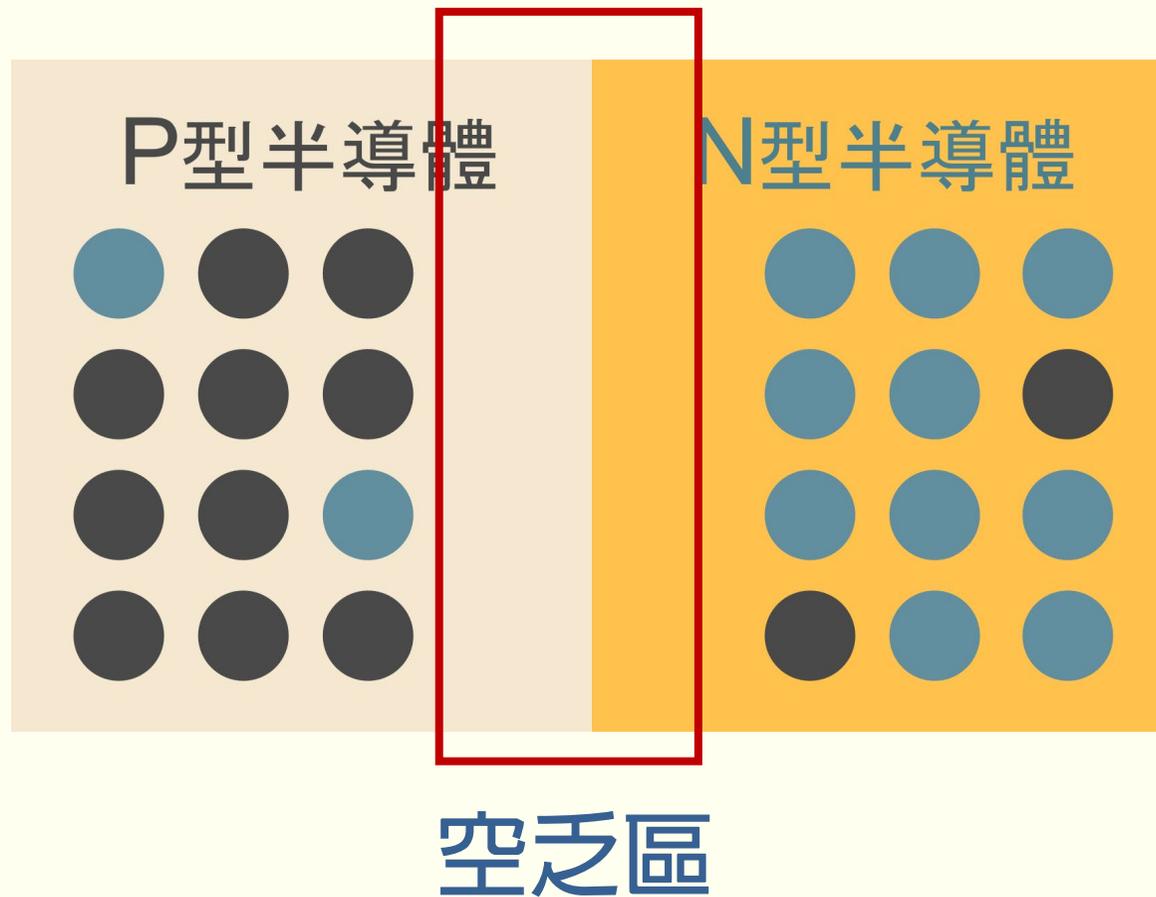


P N 接面



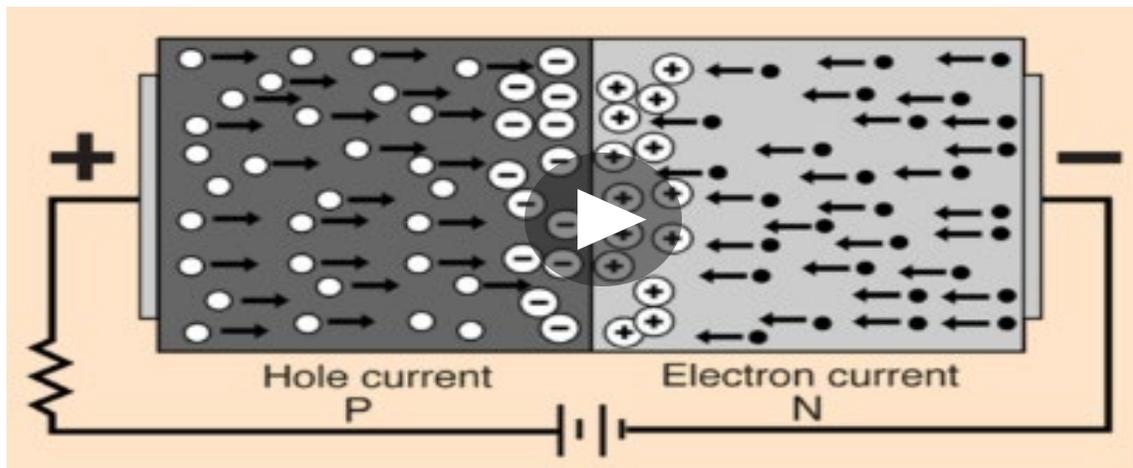
參考：https://youtu.be/lAWrZSP_Nrs?si=EoLEXbGELAI1z0z

P N 介面



參考：https://youtu.be/IAWrZSP_Nrs?si=EoLEXbGELAiD1z0z

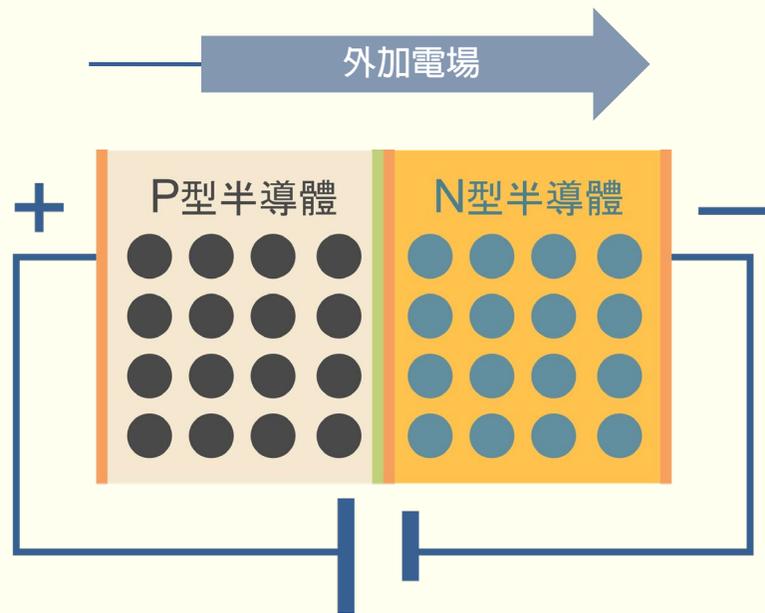
看看電子電洞怎ㄟ跑的?



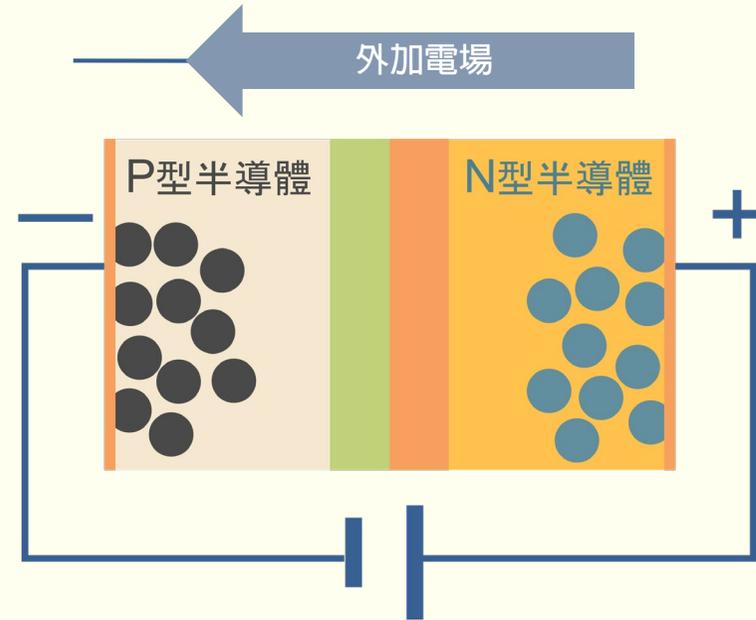
影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=Fwj_d3u05g8



順向偏壓

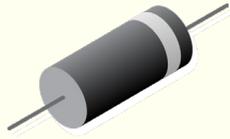


逆向偏壓

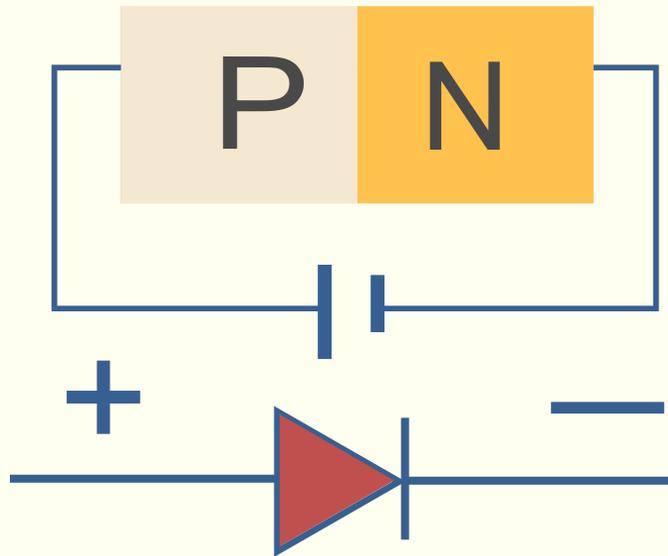


加上大一點的電，電子電洞又可以越過空乏區開始流動，
但是方向會由外加電壓決定！

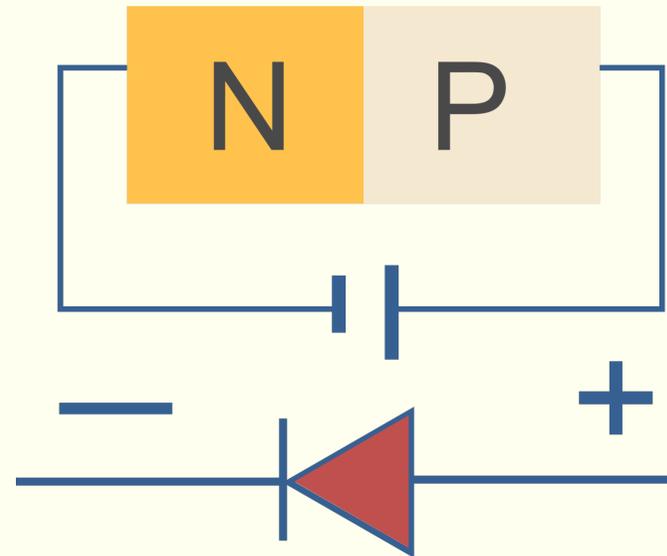
參考：https://youtu.be/IAWrZSP_Nrs?si=EoLEXbGELAiD1z0z



只要把 P 跟 N 接在一起，就可以讓電流只能從一個方向流，這就像單行道，車子都只能走一個方向，想一想哪方向？

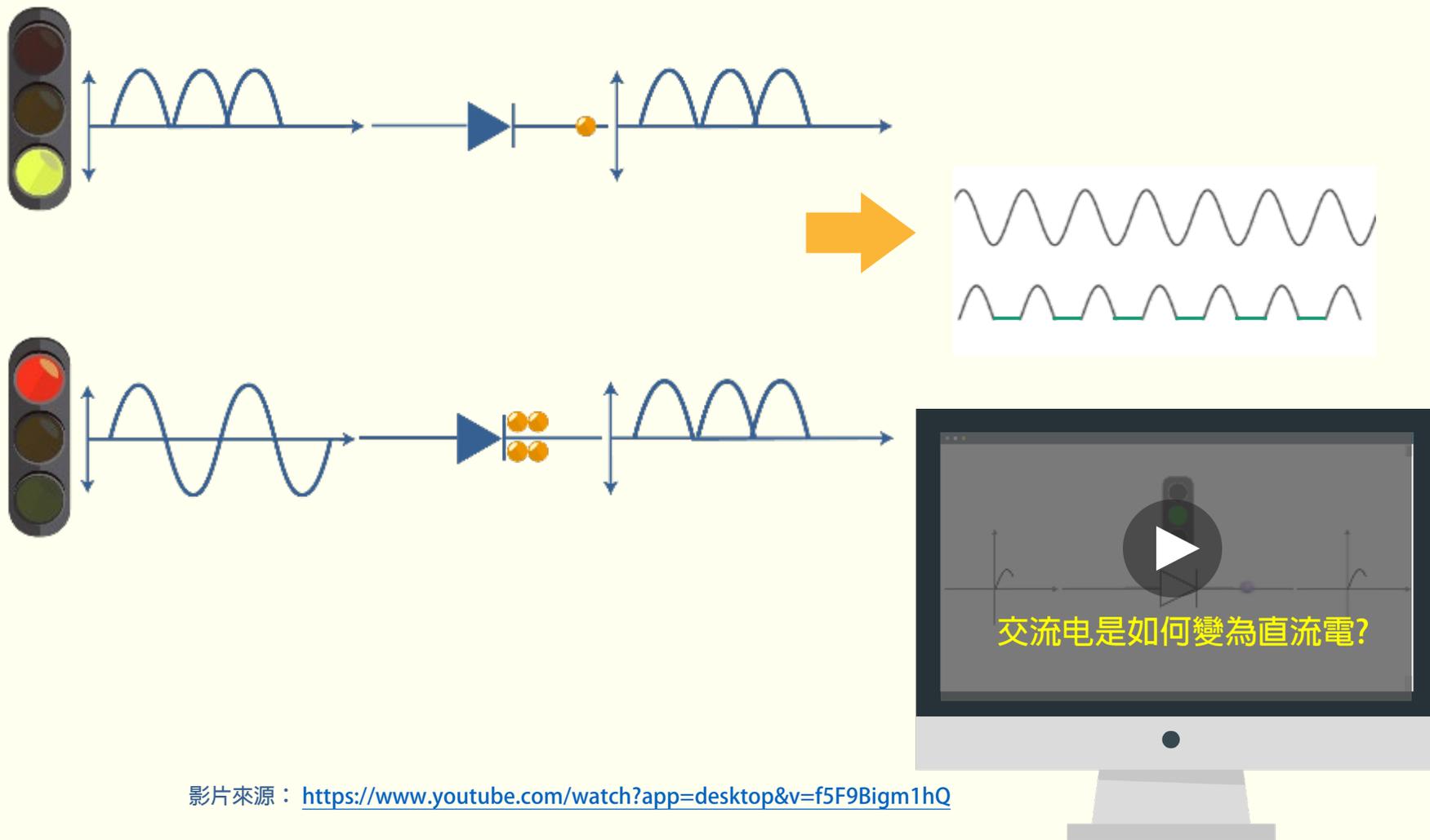


車子都只能向右



車子都只能向左

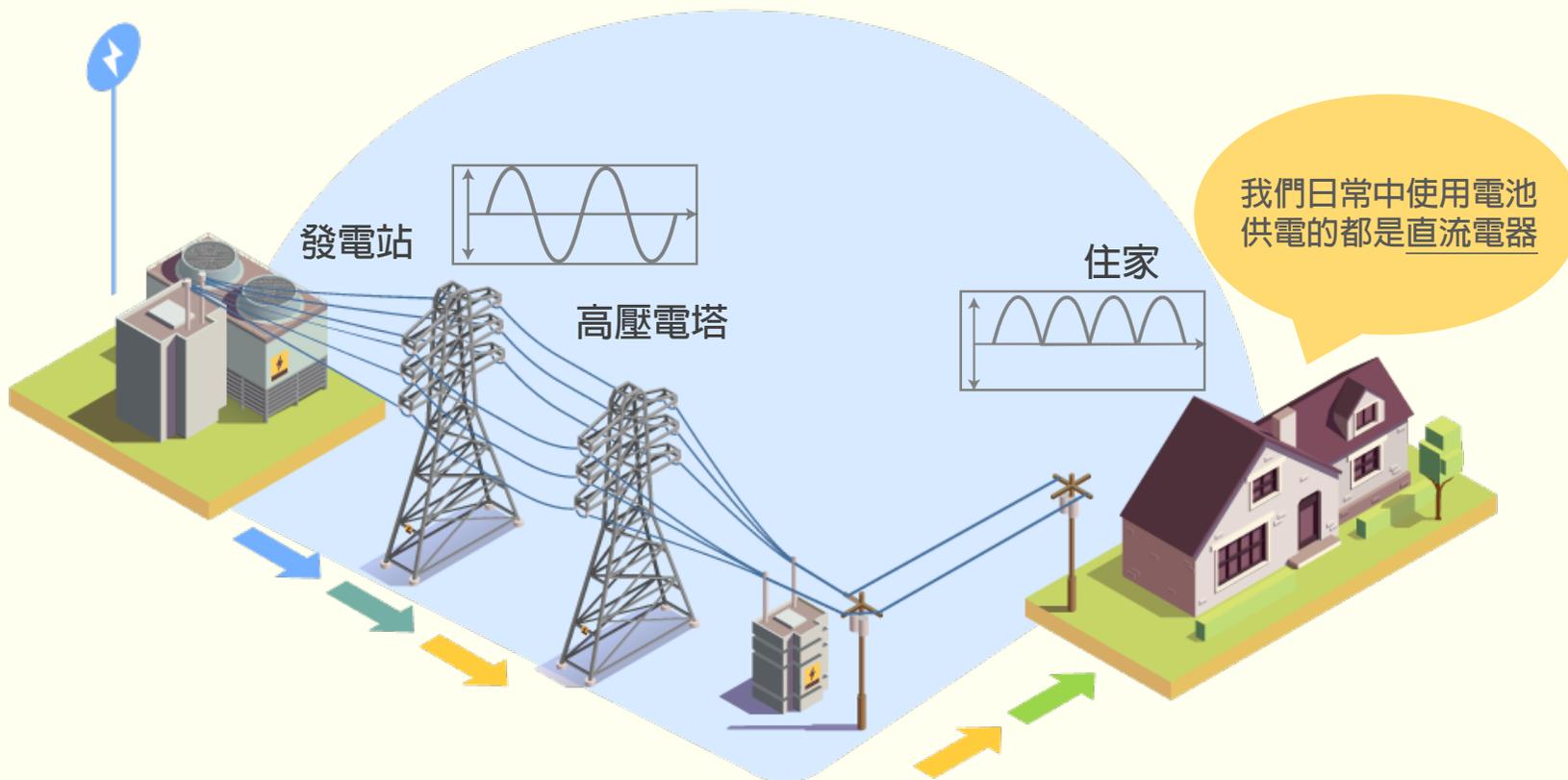
Ans: 整流 / 讓電流只能依照指定的方向流動！



影片來源：<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=f5F9Bigm1hQ>

整流的重要性？ 二極體 (Diode)

從發電站產電，在透過高壓電塔傳輸，最後抵達家裡



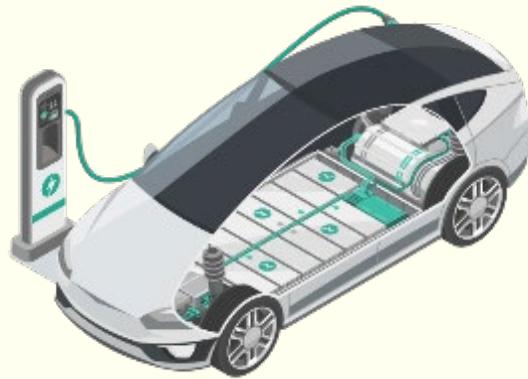
二極體符號介紹



二極體模式圖

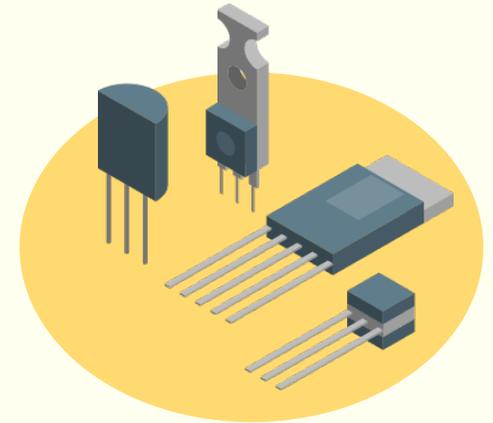
二極體圖形符號

半導體還有很多元件喔！三極體….



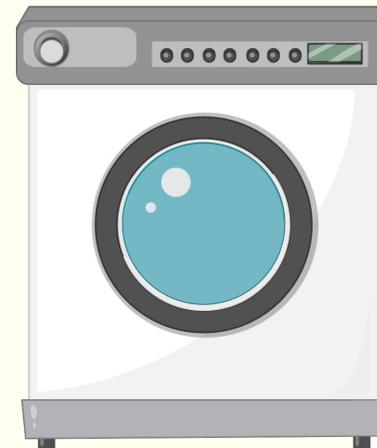
Tesla Model

100萬顆電晶體



洗衣機

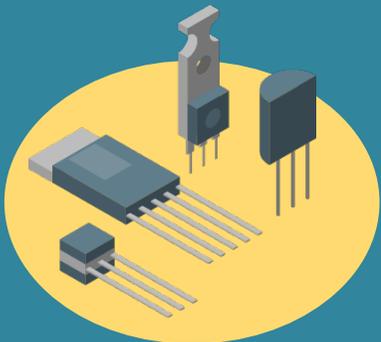
100~1000萬顆電晶體





半導體元件很重要！
猜一猜 iPhone13 有幾顆電晶體呢？

iPhone13 有
86億顆電晶體!!





請問Chat GPT 半導體元件有哪些?

半導體元件是指利用半導體材料或其他相關材料製成的電子元件，用於控制電子信號的流動和處理。以下是一些常見的半導體元件：

1. 二極體 (Diode)：二極體是一種兩端具有「正極」和「負極」的電子元件，具有電流只能單向流動的特性。
2. 晶體管 (Transistor)：晶體管是一種用於控制電流的半導體元件，可以放大電子訊號、開關電路、以及作為放大器或開關器件等。
3. 電晶體 (Thyristor)：電晶體是一種多極半導體元件，用於控制大電流或高電壓的開關器件，例如可控硅元件 (SCR) 和三極體 (Triac) 等。
4. 整流器 (Rectifier)：整流器是一種用於將交流電轉換為直流電的半導體元件，可以應用在各種電源和電路中。
5. 電容 (Capacitor)：雖然不是純粹的半導體元件，但電容器也是常見的電子元件，用於儲存電荷、濾波、穩壓等應用。

除了上述元件外，還有許多其他種類的半導體元件，如場效應管 (MOSFET)、光電晶體 (Phototransistor)、可變電阻 (Varistor) 等，每種元件都具有不同的特性和應用。這些元件在各種電子產品和電路中起著重要作用。



Chat GPT



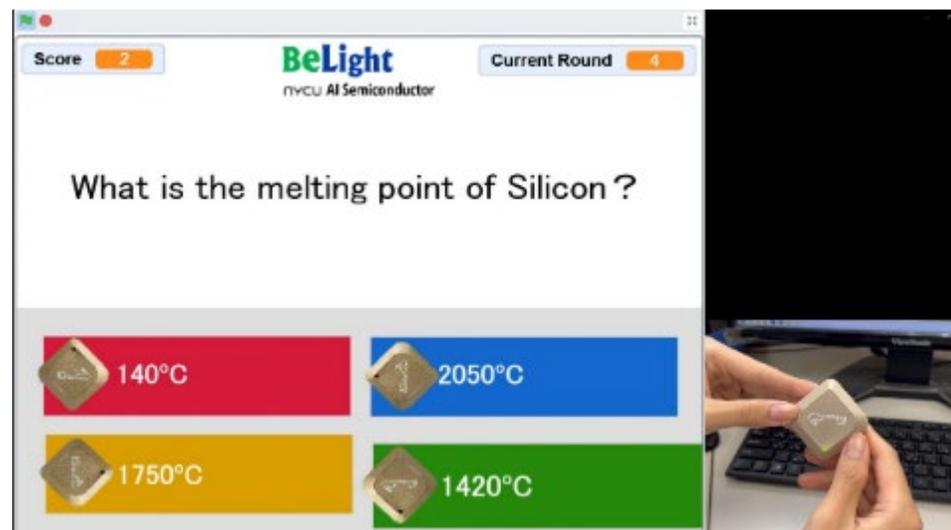


Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...



BeLight™
nycu AI Semiconductor



PS3

半導體製程:

■ **半導體的奇幻工廠**

如果忘了 Rabboni 怎麼玩, 最後有教大家喔!

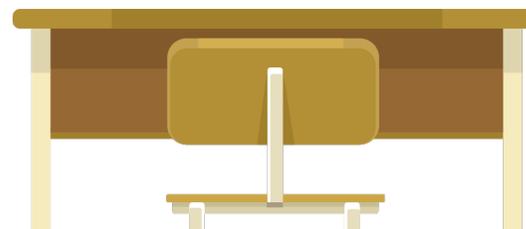
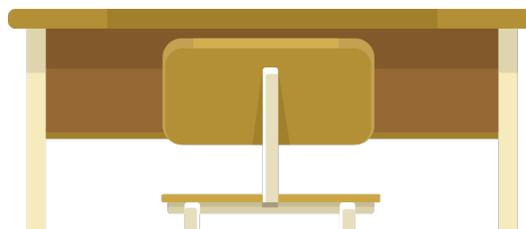
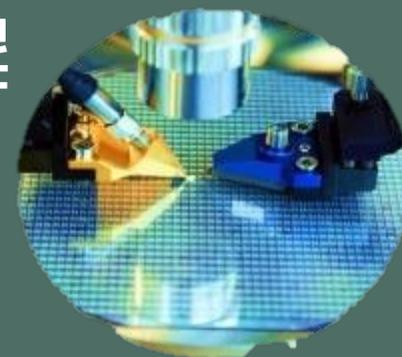
半導體的奇幻工廠

怎麼把二極體
“蓋”出來



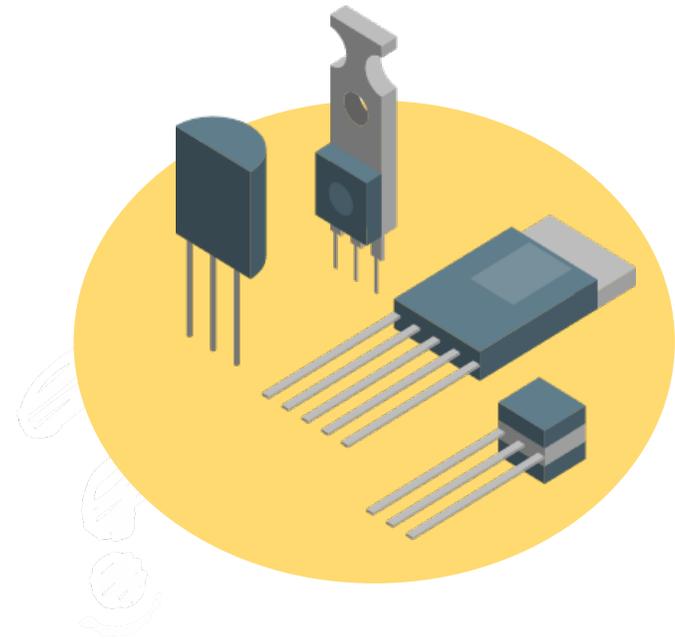
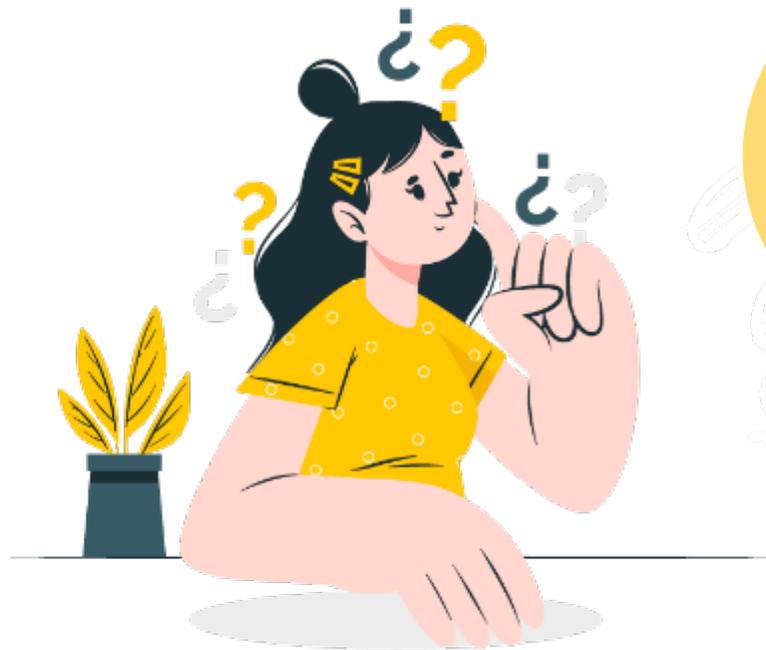
認識半導體製程

把麵粉加了鹽或糖，
怎麼做餅呢？製程？

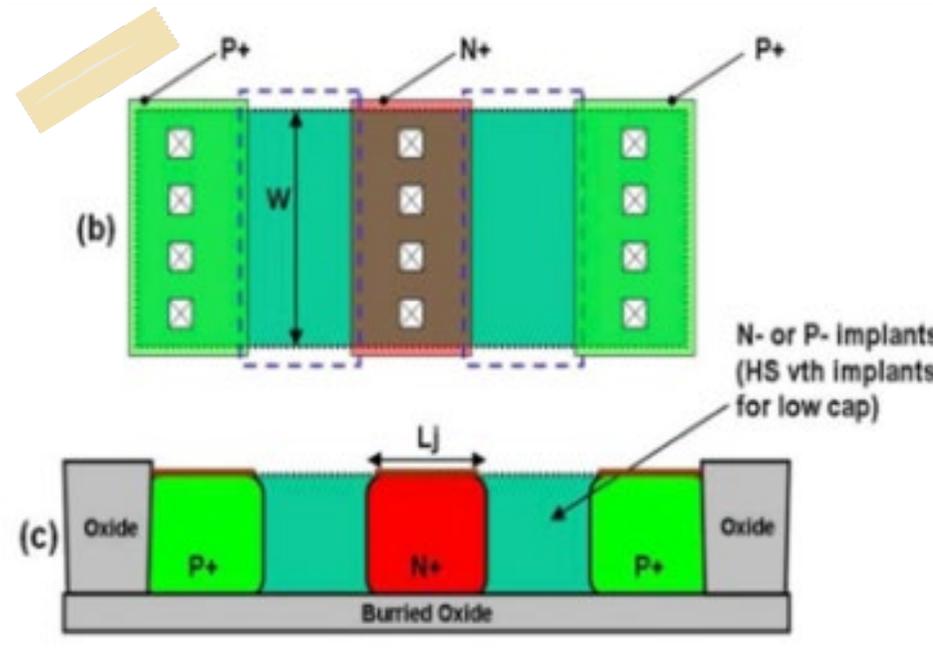


前面說半導體元件很重要！

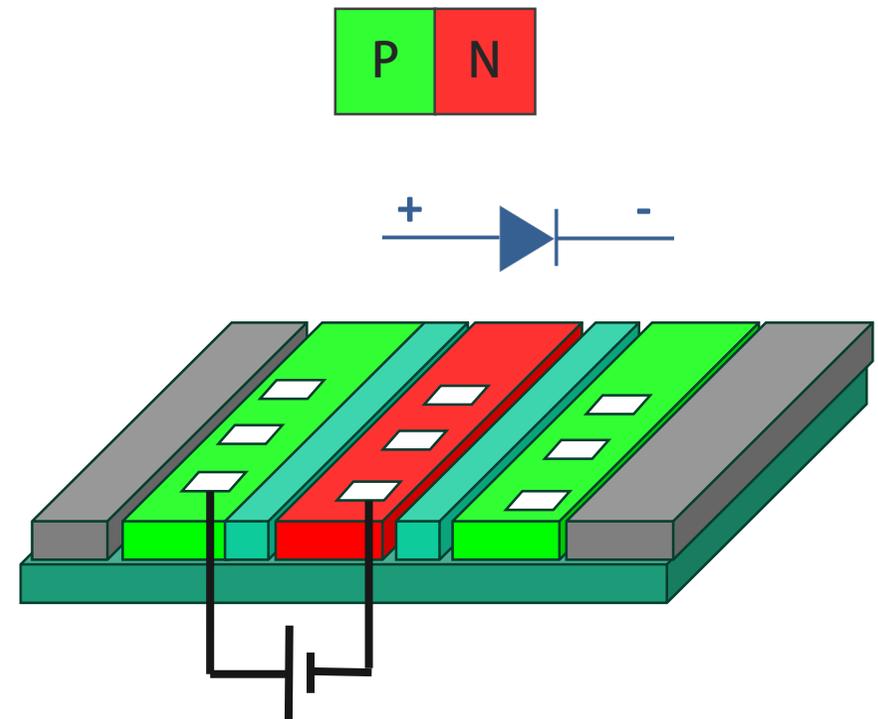
但怎麼做出
P型半導體、N型半導體、
二極體……



PN二極體在晶圓上是一層一層疊起來做的，
可以跟旁邊電路，用金屬線連起來。



(b) top view, and (c) cross section of the low-cap diode designed on 130-nm SOI CMOS process ($W = 35 \text{ m}$).

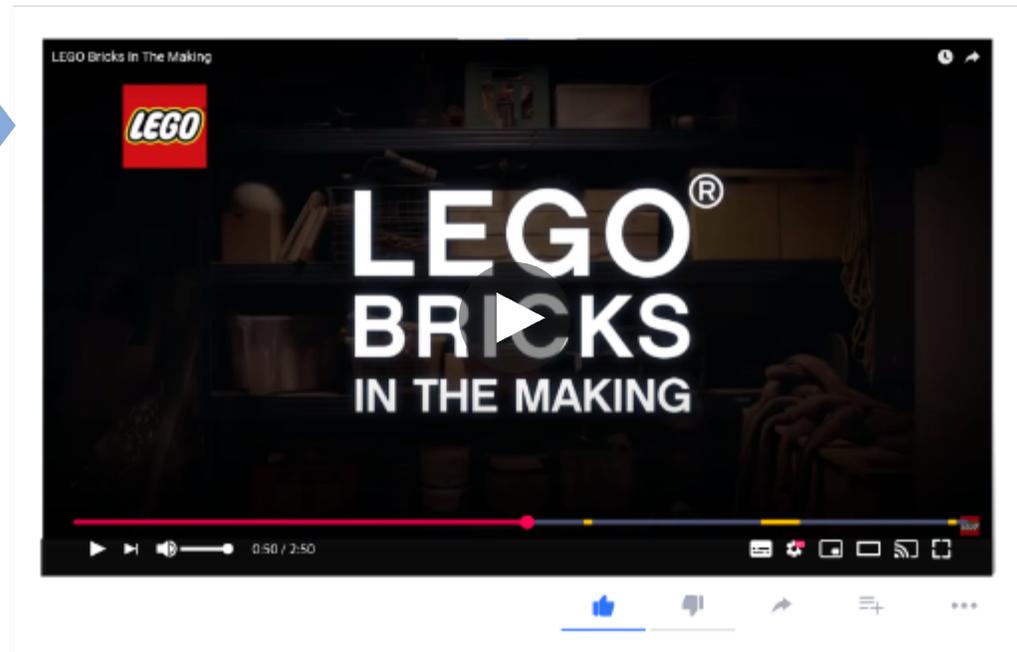


電晶體 (Transistor) vs. 二極體

二極體跟電晶體都是半導體元件



跟樂高一樣，有小車，輪子…好多元件，
就可以組合好多東西，但如何做出來ㄟ？



影片來源：<https://www.youtube.com/watch?v=C3oiy9eekzk>

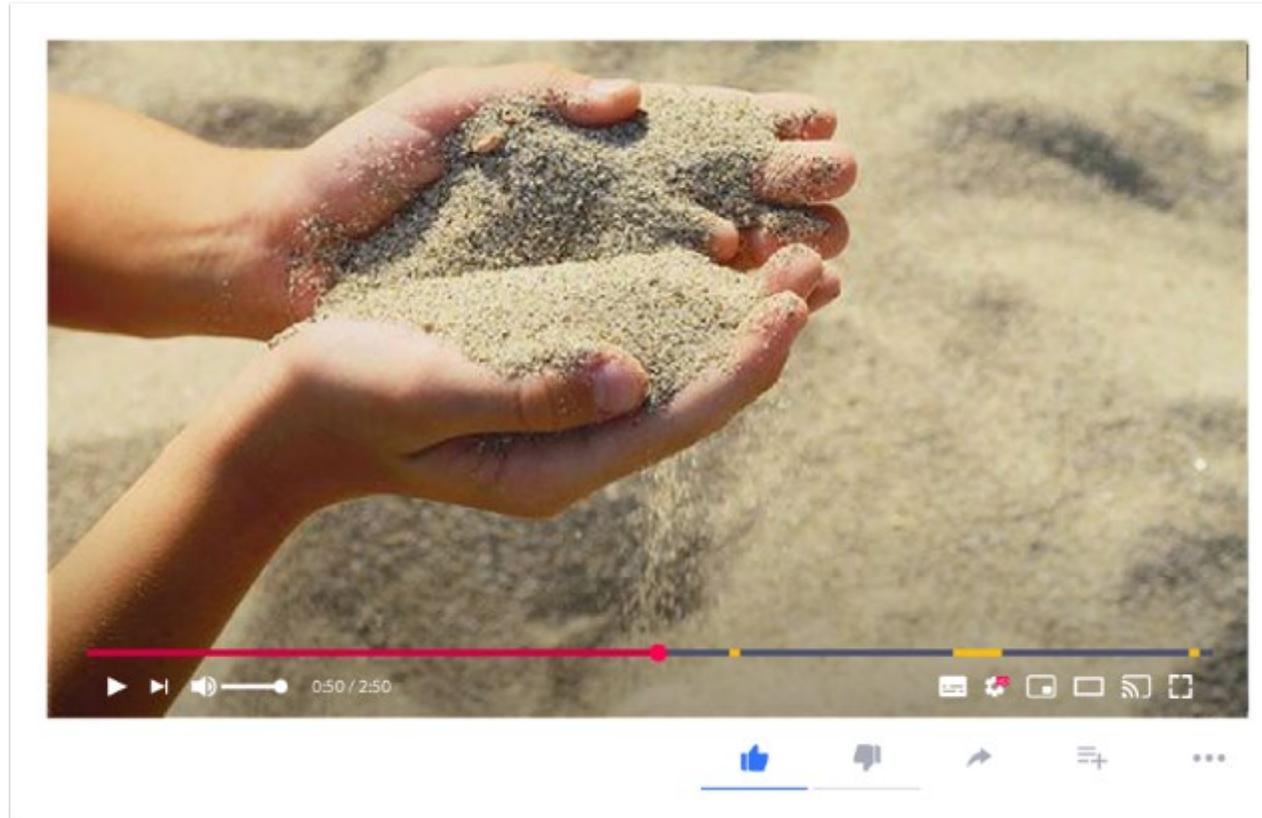
我們來聽新竹女中小姐姐怎麼說：



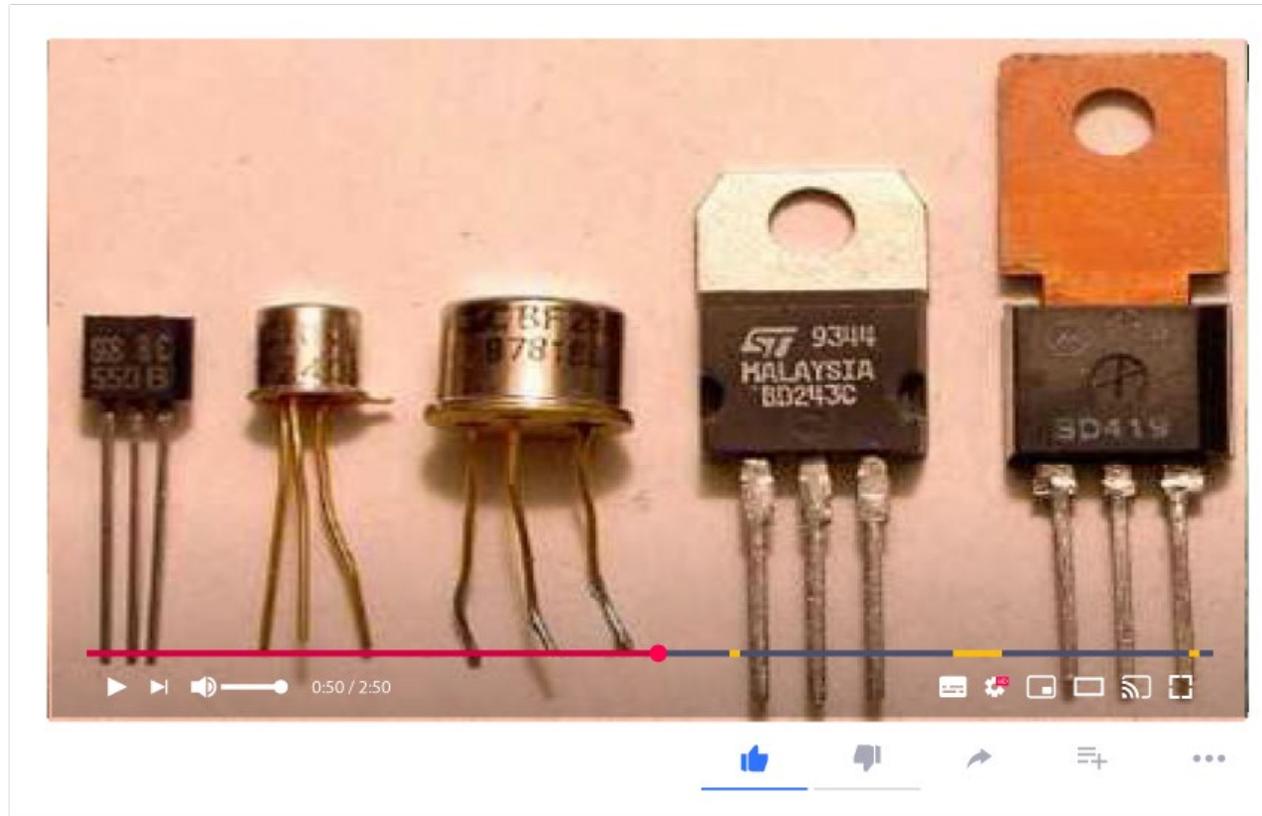
沙子到黃金 一個電晶體的誕生

鍊金術師：翁宥縈、郭芯妤、張丞希

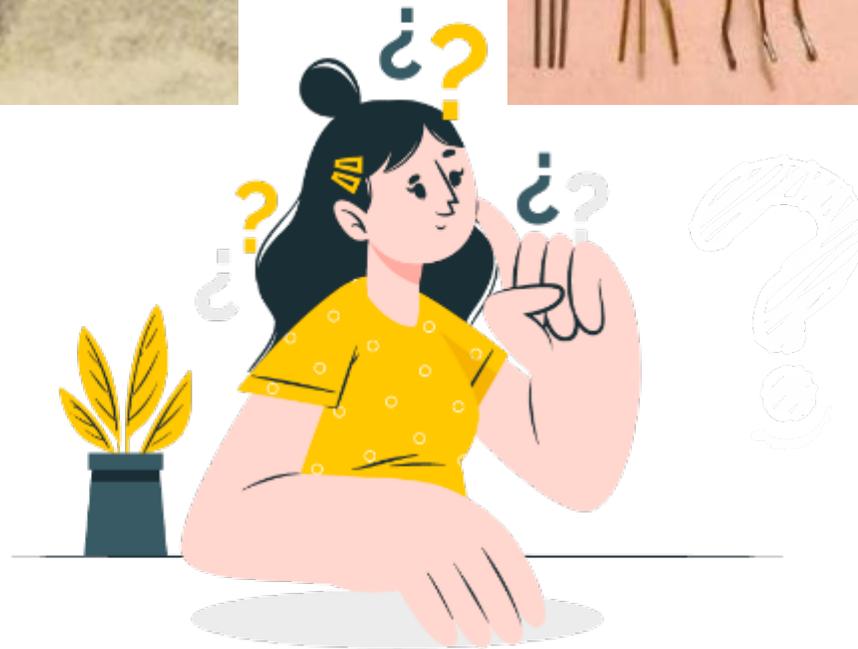
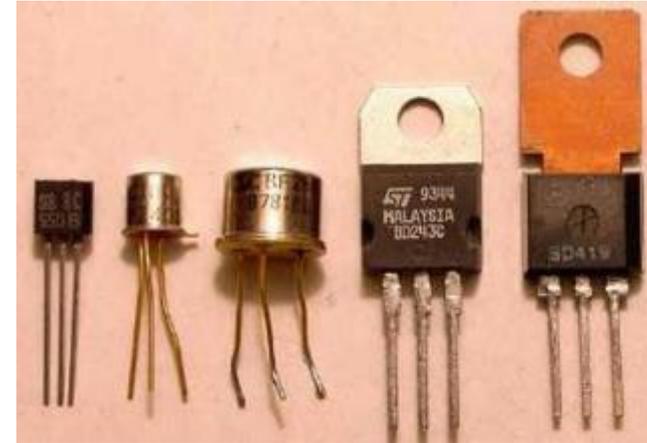
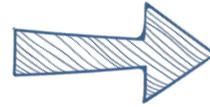
你看過沙子嗎？



你看過電晶體嗎？



沙子到黃金一個電晶體的誕生



1 純化

1. 將砂土放入高溫爐進行反應
2. 目的: 去除砂土雜質，讓他們變乾淨
3. 最終產物: 高純度多晶矽(乾淨的沙)

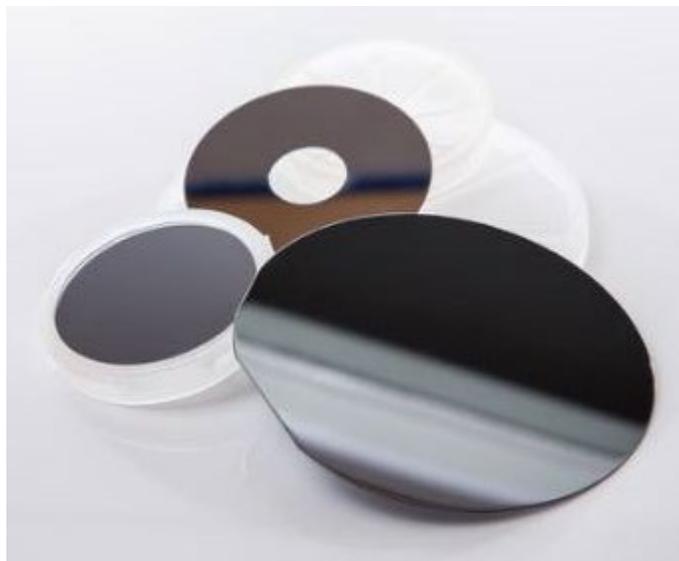


2 長晶

- ◆ 目的: 使矽原子整齊排列
- ◆ 過程: 將高純度的多晶矽(乾淨的矽)放入高溫爐中長晶
- ◆ 最終產物: 高純度單晶矽晶柱(減重又長高)



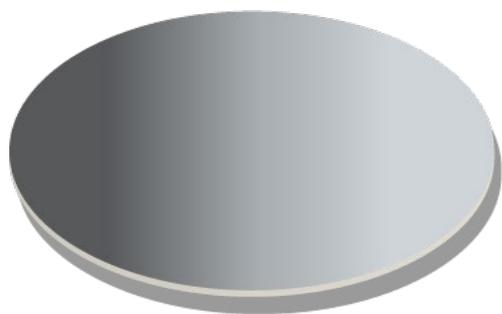
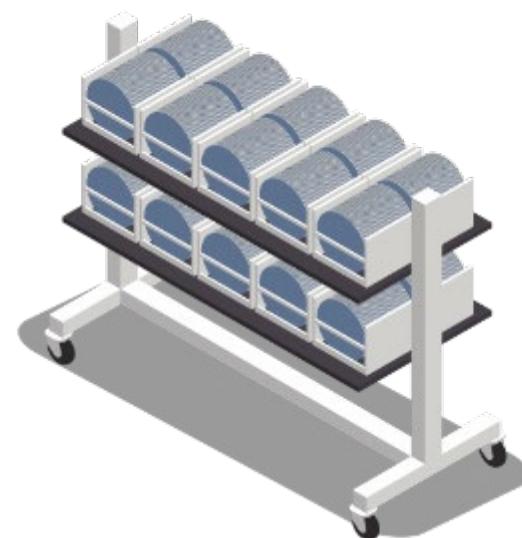
3 矽晶柱切割->晶圓



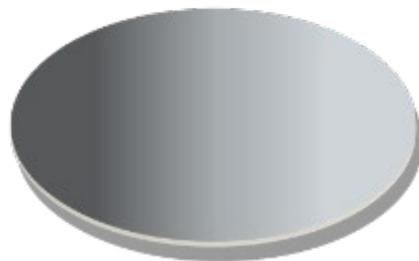
切成不到一毫米的薄片

3 矽晶柱 > 晶圓

晶圓有各種尺寸



30CM



20CM



15CM



10CM

晶圓做好了，下一步是什麼？

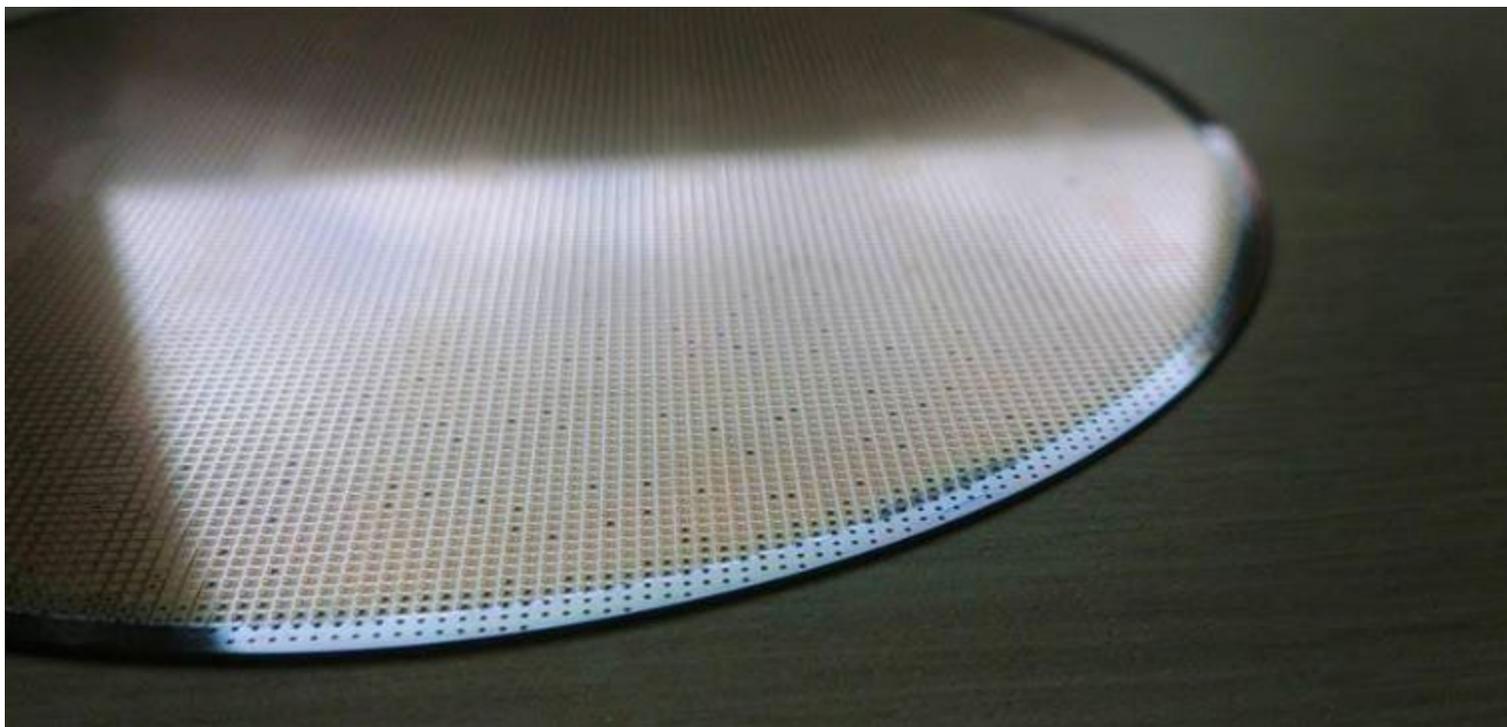
變成 P？變 N？變二極體？



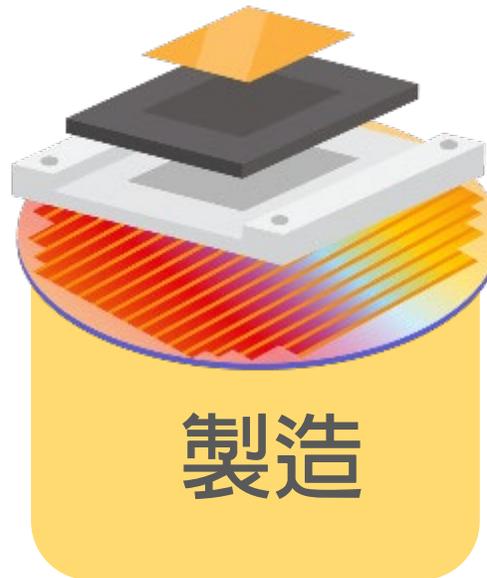
影片連結：

https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=d0iwmi2x8ySg_hxC

要開始做積體電路囉！
先要想好要做什麼？



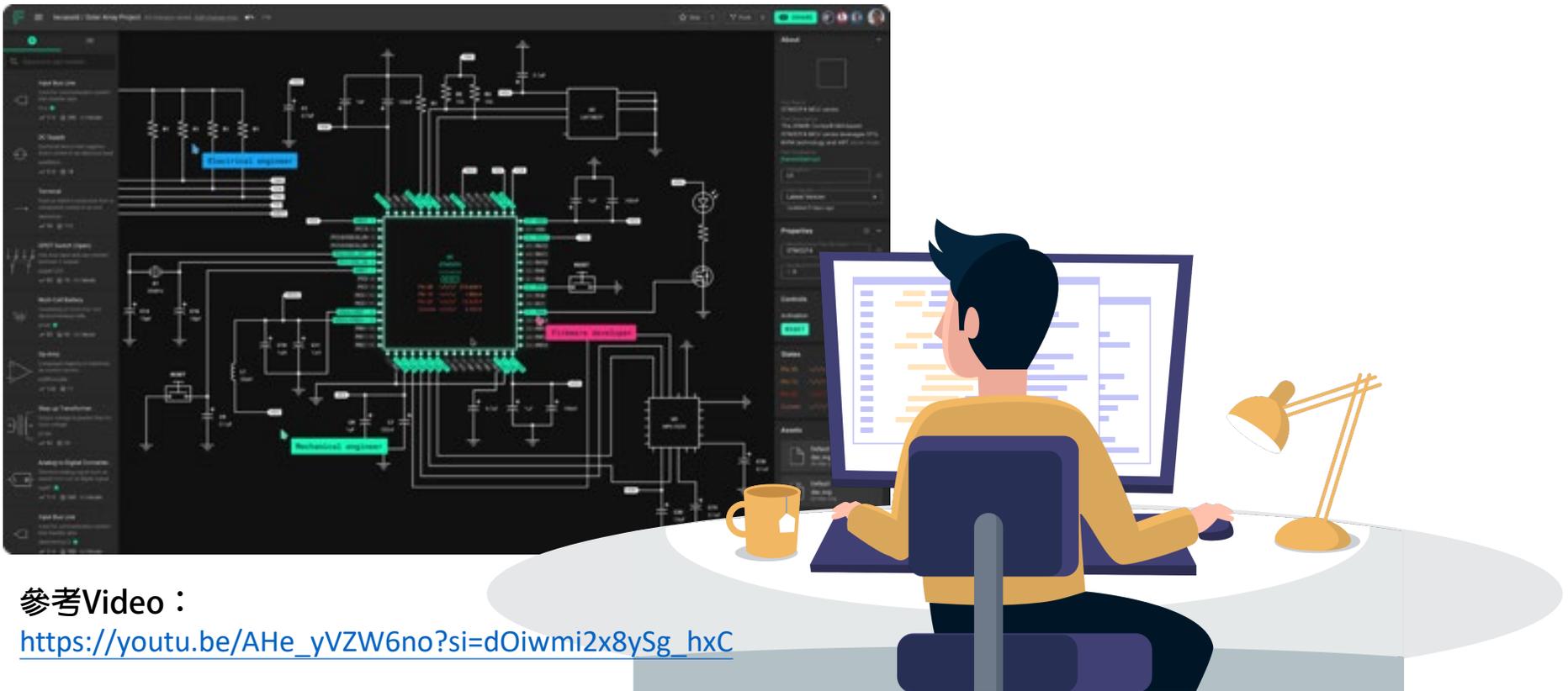
從晶圓到積體電路 (Integrated Circuit)



參考：https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=dOiwmi2x8ySg_hxC

IC設計

工程師會依據功能需求設計程式

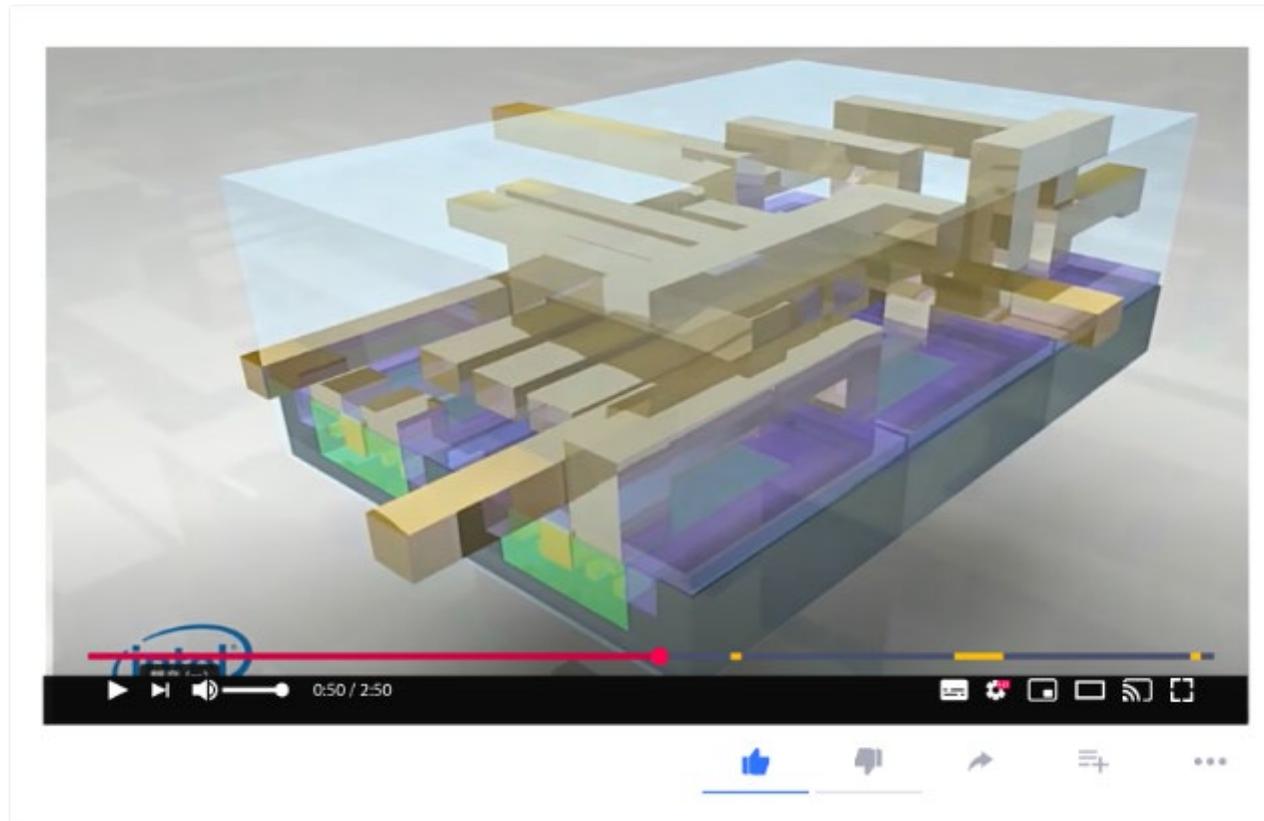


參考Video :

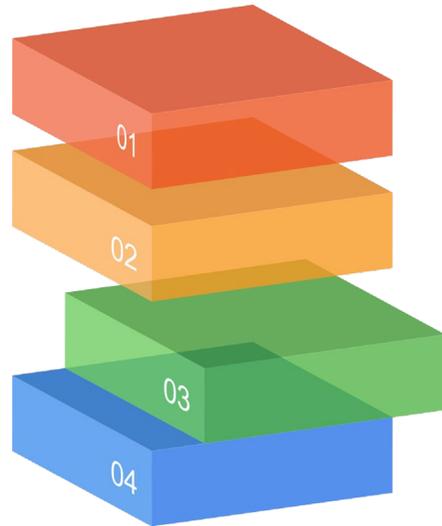
https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=dOiwmi2x8ySg_hxC

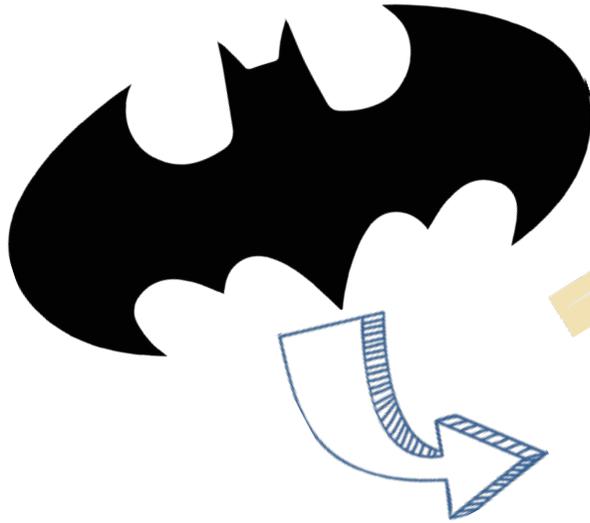
把積體電路“蓋”到晶圓上的四大基本動作：

1分層，**2**曝光，**3**蝕刻，**4**摻雜



分層

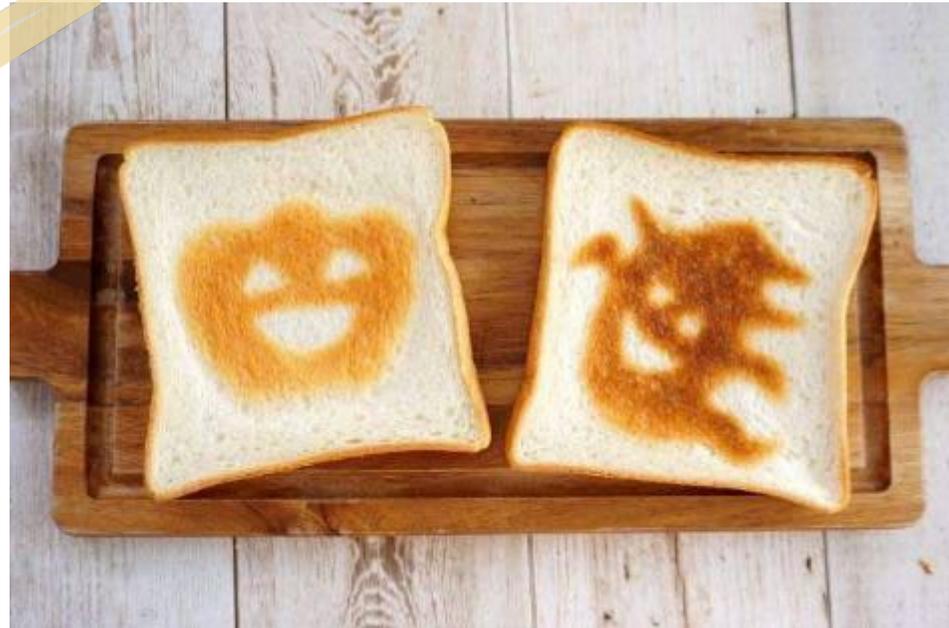


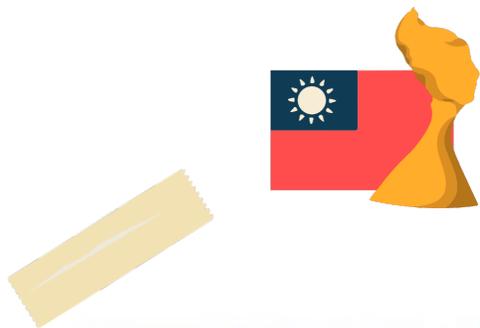


曝光 (微影)



曝光 (微影)



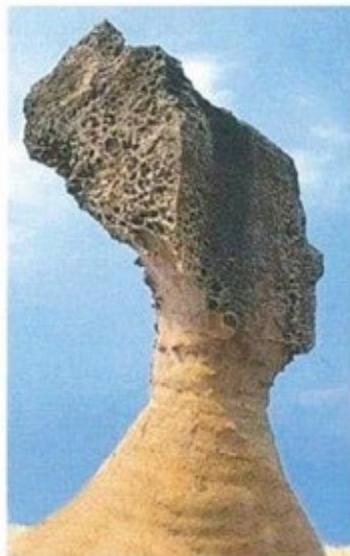


蝕刻

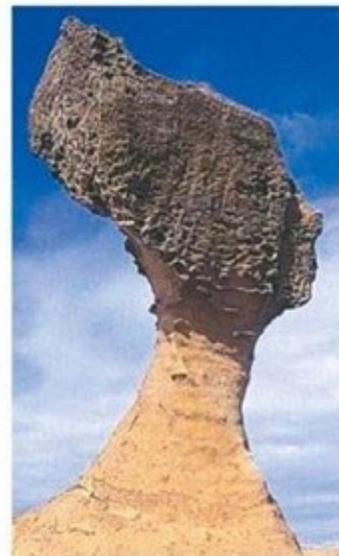
女王頭風化過程



1969 年



1980 年



1990 年

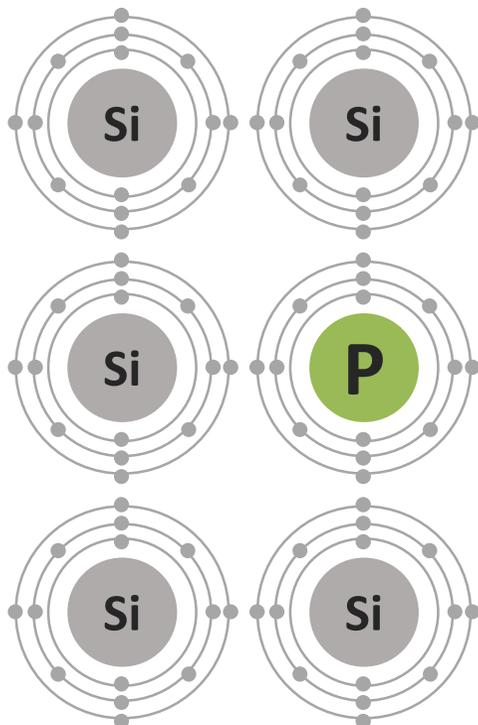


2010 年

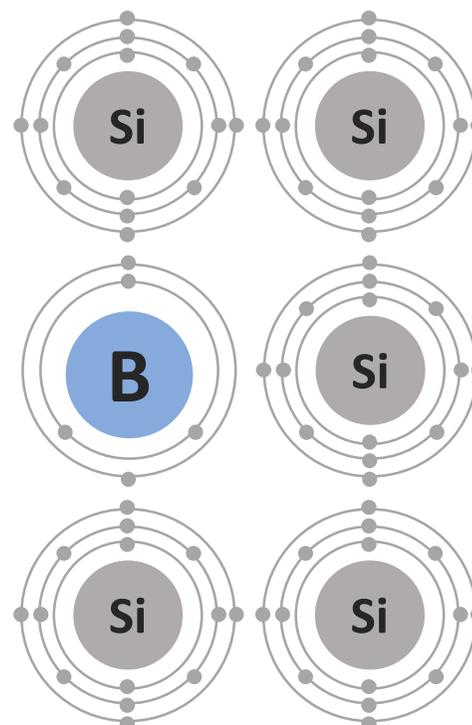
掺杂

為了讓矽原子有導電和不導電的兩種特性，需在其中掺杂少量元素

電子(加入5A族)

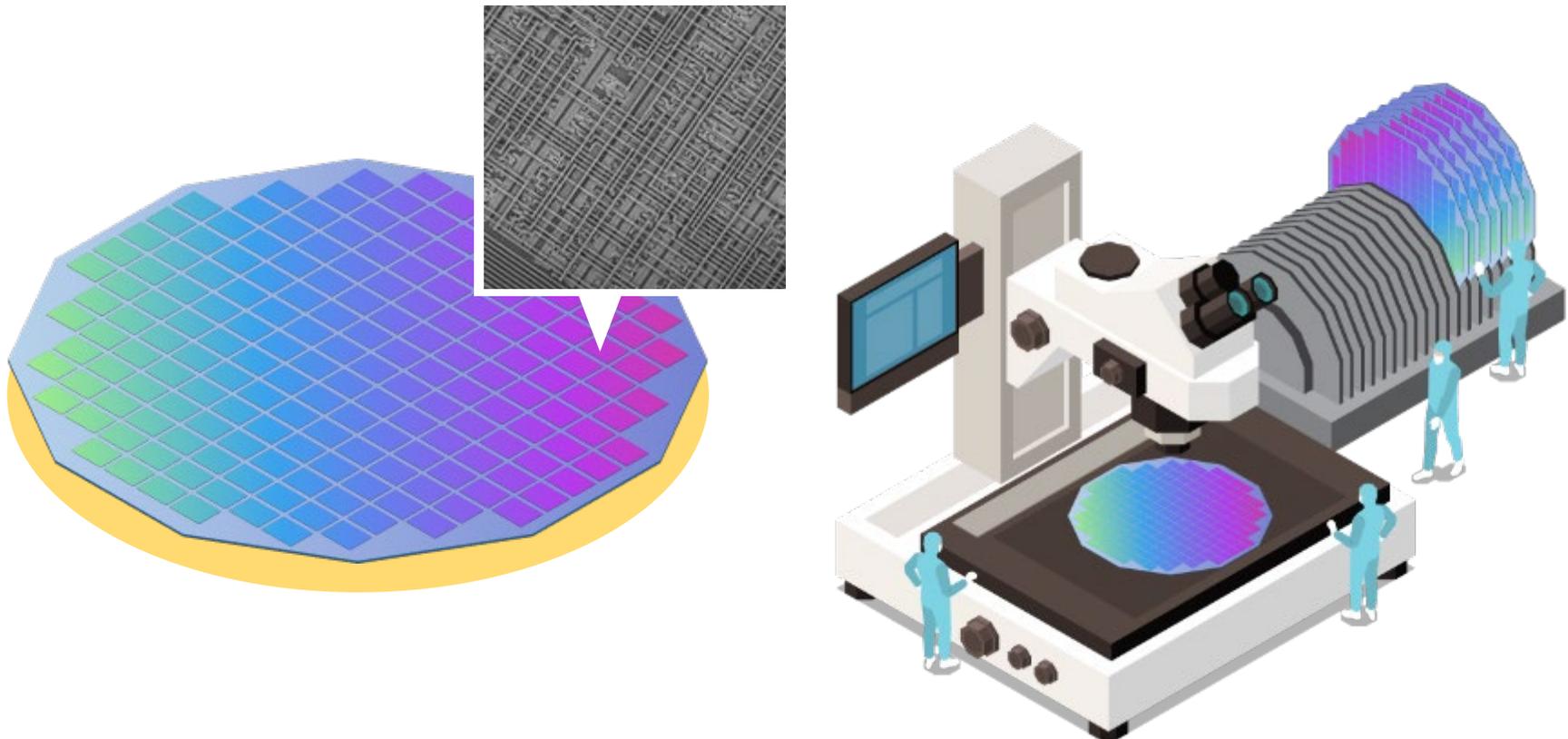


電洞(加入3A族)



製造

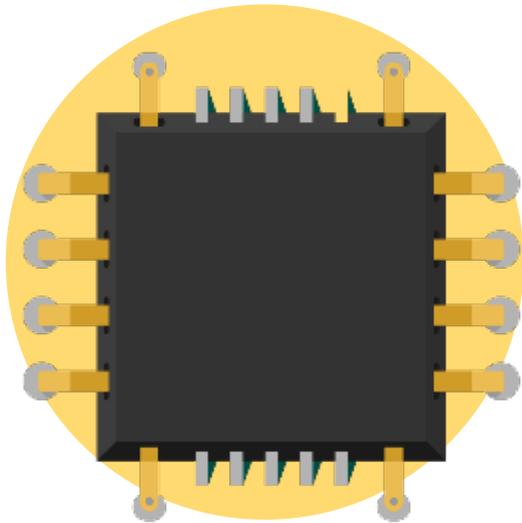
大片晶圓會被切割成上百片的IC



參考：https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=dOiwmi2x8ySg_hxC

封測

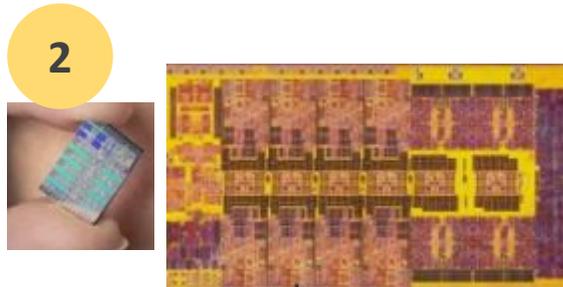
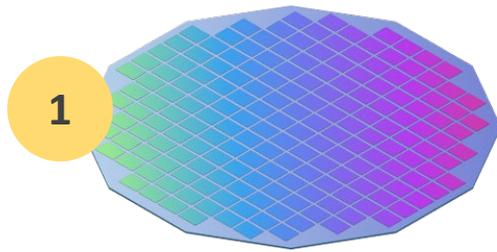
晶片裝上保護殼 最後通過嚴格的測試



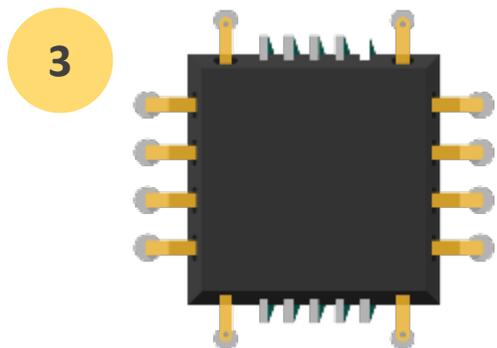
- ✓ 電器特性檢測
- ✓ 外觀檢測
- ✓ 高溫晶片通電檢測
- ✓ 高溫保存測試
- ✓ 加速壽命測試
- ✓ PCBT測試



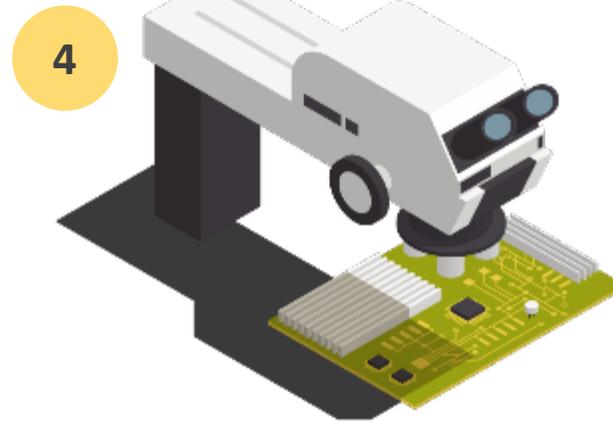
參考：https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=dOiwmi2x8ySg_hxC



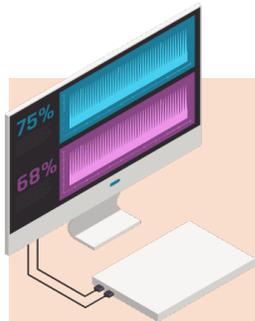
圖片來源：<https://www.pcgamer.com/oh-sorry-i-was-busy-admiring-these-gorgeous-die-shots-of-the-intel-core-i9-13900k/>



1. Wafer (積體電路製造完成)
2. Die (切下來)
3. Packaging (封裝起來)
4. Chip (積體電路完成)



台灣的半導體產業

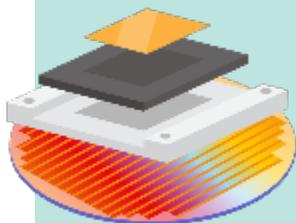


設計

Qualcomm

MEDIATEK

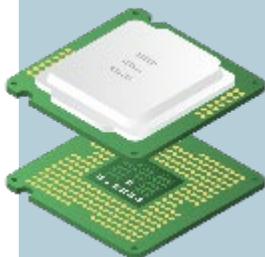
BROADCOM®



製造



UMC



封測



SPIL

ChipMOS
南茂科技



參考：https://youtu.be/AHe_yVZW6no?si=dOiwmi2x8ySg_hxC

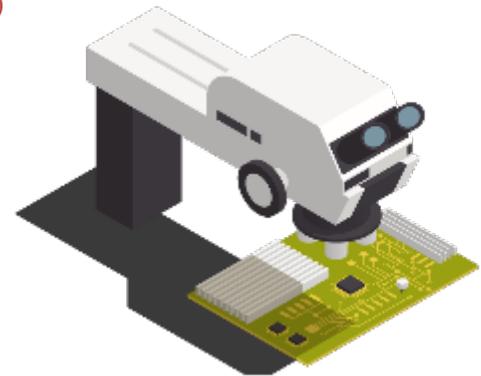
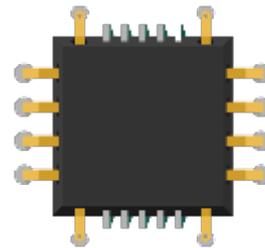
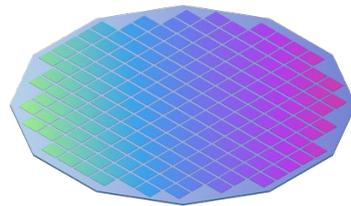
複習一下

從沙到積體電路有多少製程：

1. 沙 ➡ 矽的純化 ➡ 矽晶柱 ➡ 長晶 ➡ 矽晶柱 ➡ 晶圓

2. 積體電路設計：分層 ➡ 曝光顯影 ➡ 蝕刻 ➡ 摻雜 ➡ 積體電路 Die

3. 積體電路Die：切割 ➡ 封裝 ➡ 積體電路Chip



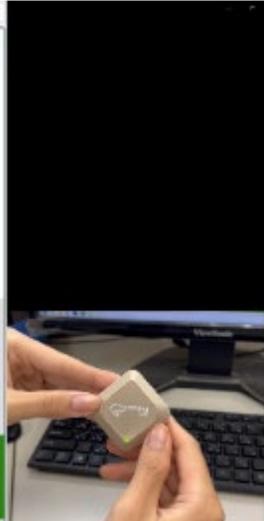


Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...





PC1

■ 神奇的積體電路世界

積體電路設計：小小科學家的奇妙世界

歡迎來到積體電路的奇妙世界！這是一段充滿驚奇的科技探險。
讓我們一起揭開這些小小晶片的神祕面紗。

這些微小的電子元件如何改變了我們的生活？一起來發現吧！



什麼是積體電路？

小小的電子魔法師

積體電路是許多微小電子元件集合在一起的晶片。它們就像是電子設備的大腦。

這些晶片能夠執行複雜的計算和控制功能。它們比指甲還小，每天我們使用的電子產品都依賴這些小小晶片工作。

生活中處處可見

從手機到電視，從玩具到汽車，積體電路無處不在。它們是現代科技的基石。



積體電路的歷史

1 — 1947年
電晶體的發明，積體電路的前身。開創了電子時代的新篇章。

2 — 1958年
第一個積體電路誕生。德州儀器的傑克·基爾比製造出第一個工作中的積體電路。

3 — 1965年
摩爾定律提出。每18個月，晶片上的電晶體數量會加倍。

4 — 現在
一個指甲大小的晶片可以容納數十億個電晶體。這是巨大的進步！

Evolution of Computers Since



積體電路的魔力



讓手機變聰明

積體電路讓手機能夠進行複雜的運算。這就是為什麼我們可以玩遊戲、看影片。



讓汽車更安全

汽車中的感測器和控制系統使用積體電路。它們幫助駕駛避免事故、節省燃料。



讓電視更清晰

現代電視的高清畫質得益於強大的影像處理晶片。這些晶片處理數百萬像素。



積體電路的大小

7nm

現代晶片尺寸

最先進的積體電路元件只有7奈米大。比細菌還小一百倍！

50 μm

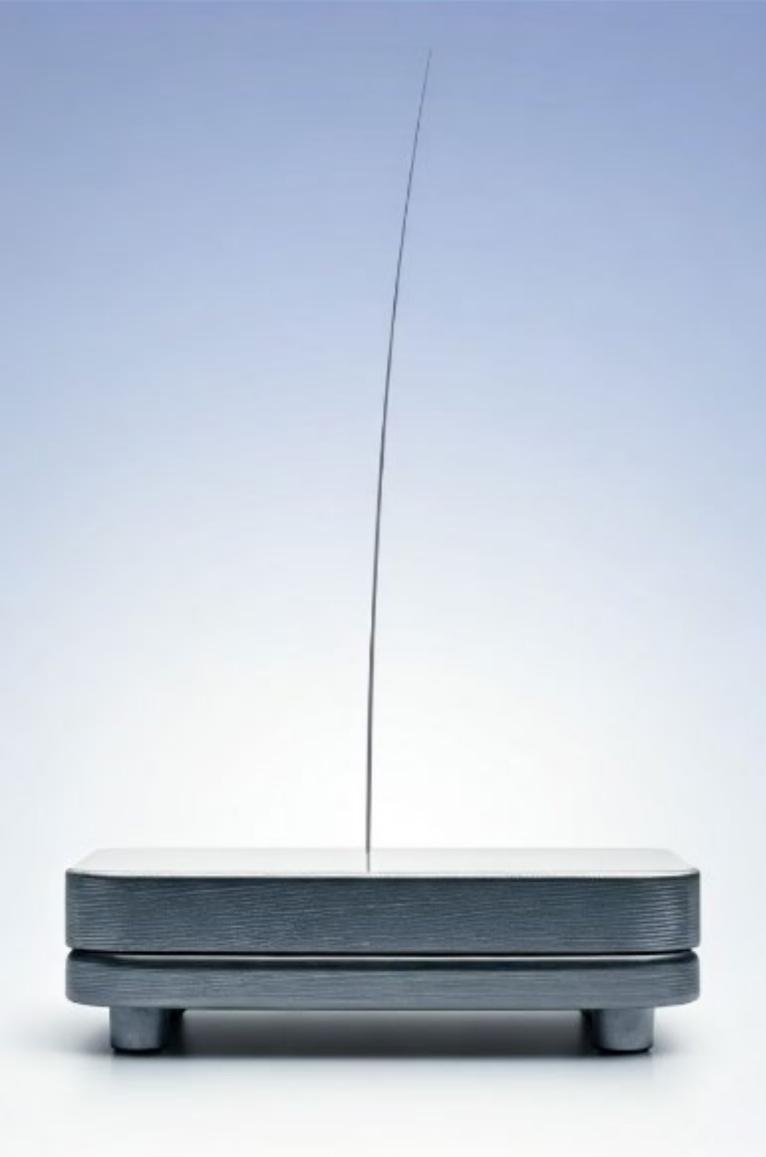
人類頭髮寬度

人類頭髮平均寬度約50微米。積體電路元件比頭髮細得多。

1億+

晶片上的電晶體

一個現代處理器晶片上有超過10億個電晶體。數量多得難以想像！



積體電路的製作材料

開始於沙灘

積體電路主要由矽製成。矽來自普通的沙子！它是地球上第二豐富的元素。

提煉純矽

沙子經過高溫處理，提煉出極純的矽。這需要高達1500度的高溫。

製作晶圓

純矽被製成圓形的晶圓。晶圓表面光滑得像鏡子一樣。

晶圓成為積體電路

在晶圓上製作電路圖，形成最終的積體電路。這就像在矽上「印刷」電路。



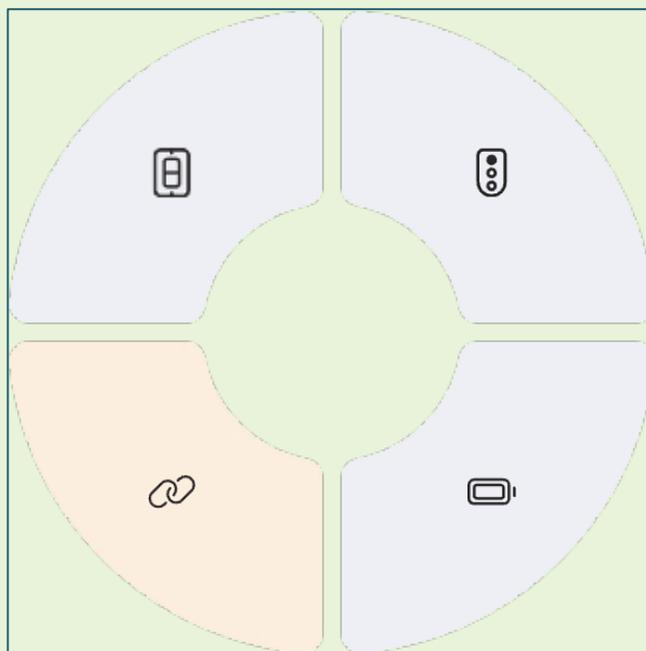
積體電路的基本元件

電晶體

積體電路中的開關。控制電流的流動。沒有電晶體，電腦就無法運作。

導線

連接各個元件。像城市中的道路。讓電流有路可走。



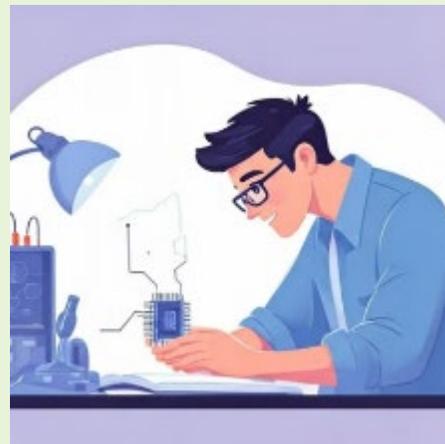
電阻

限制電流的流動。就像水管變窄，水流變小。電阻讓電路更安全。

電容

儲存電能的元件。像微型電池一樣。可以快速釋放能量。

積體電路設計師：電子世界的建築師



積體電路設計師是電子世界的建築師。他們需要創意和邏輯思維。

他們解決複雜問題，創造出改變世界的晶片。這是一個充滿挑戰的工作！



設計積體電路的步驟



構思階段

設計師確定晶片的功能。他們畫出電路的藍圖。這是創意的起點。

模擬階段

使用電腦軟體測試設計。這就像在虛擬世界中實驗。可以發現問題並修正。

製造階段

將設計交給工廠生產。工廠將設計轉化為實體晶片。這需要精密的機器。

測試階段

檢查晶片是否正常工作。測試各種條件下的表現。確保品質可靠。

積體電路設計的工具



電子設計自動化軟體

設計師使用特殊軟體繪製電路圖。這些軟體有強大的功能。



電路模擬器

虛擬測試電路的工具。可以預測電路的行為。省時又安全。



硬體描述語言

設計師用特殊的程式語言描述電路。就像給電腦寫「食譜」。

。

數位積體電路：0和1的世界



數位積體電路只處理兩種狀態：開（1）和關（0）。這就是二進制。

你的計算機、手機和遊戲機都使用數位電路。它們由數百萬個邏輯門組成。

類比積體電路：模仿自然的藝術家

聲音處理

類比電路可以處理連續變化的聲音信號。麥克風和喇叭都需要它們。

它們讓我們能夠錄製和播放音樂。像是聲音的魔法師！

感測器電路

溫度、光線、壓力等自然現象都是連續變化的。類比電路能夠測量這些變化。

它們是電子設備感知世界的方式。就像電子的感官！

電源管理

控制電池能量的使用。確保電子設備獲得穩定的電力供應。

讓你的手機電池用得更加久。是省電的高手！



積體電路的應用：智慧型手機

🔧 處理器晶片

手機的「大腦」。執行應用程式、遊戲和所有運算。每秒可以執行數十億次運算！

💾 記憶體晶片

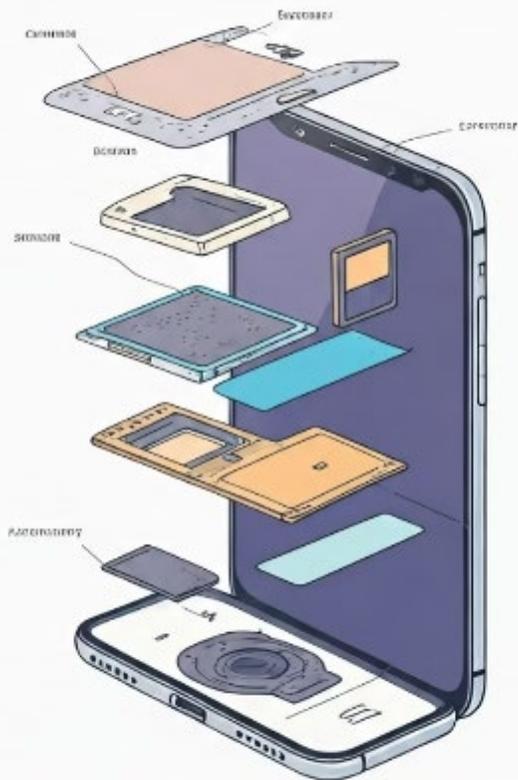
儲存應用程式和檔案。讓手機記住你的照片、影片和遊戲。

📶 通訊晶片

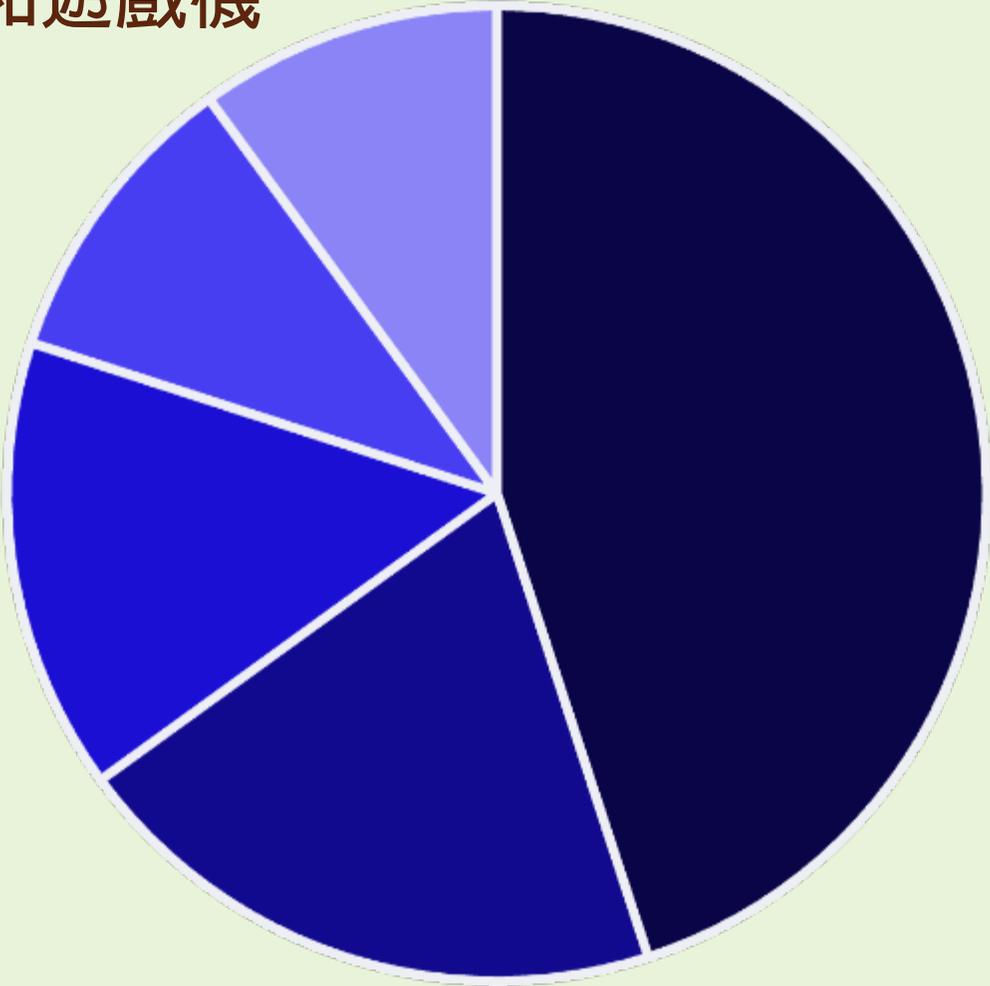
負責WiFi、藍牙和行動網路連接。讓你能夠上網、傳訊息。

📷 影像處理晶片

讓手機拍出精美照片。處理色彩、對焦和影像增強。



積體電路的應用：電視和遊戲機



■ 影像處理器 ■ 音效處理器 ■ 網路晶片 ■ 記憶體晶片 ■ 其他控制晶片

現代電視和遊戲機中的積體電路讓我們能夠享受高畫質畫面和逼真的遊戲體驗。

影像處理器負責產生清晰畫面。遊戲機中的圖形晶片則能創造出虛擬世界。



積體電路的應用：汽車



引擎控制系統

優化燃油使用，減少污染



防鎖死煞車系統

防止車輪鎖死，提高安全性



導航和娛樂系統

提供路線指引和乘車娛樂



感測器網絡

監控車輛狀態和周圍環境

現代汽車含有超過100個積體電路。這些晶片控制從引擎到娛樂系統的一切。

自動駕駛汽車需要更多積體電路。它們是未來交通的關鍵。

積體電路的應用：醫療設備

診斷設備

積體電路讓醫療診斷更精確。超音波、X光和MRI都需要它們。

這些設備可以看到人體內部。它們幫助醫生發現疾病。

- 更清晰的影像
- 更快的掃描速度
- 更低的輻射劑量

治療設備

積體電路控制藥物輸送和手術設備。

心臟起搏器等植入式設備靠積體電路工作。它們可以拯救生命。

- 精確的藥物劑量
- 微創手術設備
- 生命監測系統



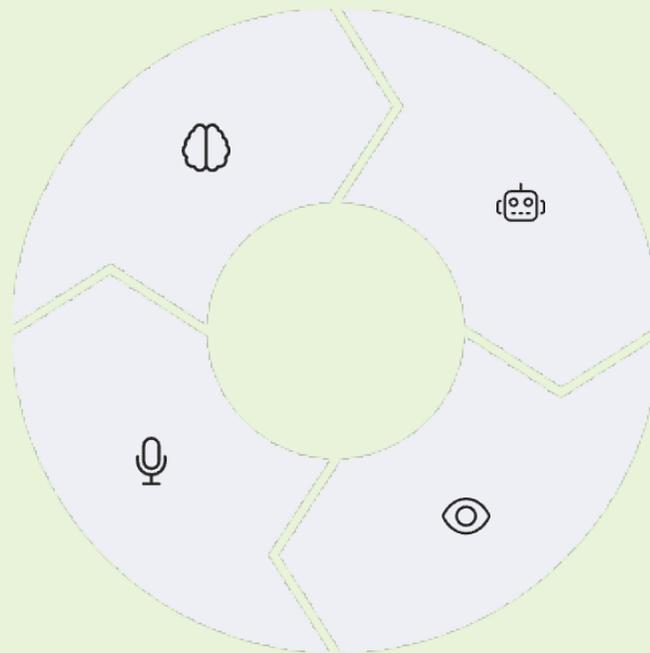
積體電路的未來：人工智慧

神經網路晶片

模仿人腦結構的特殊積體電路

語音處理晶片

讓機器理解和回應人類語言



機器學習加速器

幫助電腦學習新技能的晶片

圖像識別處理器

讓機器「看見」並理解影像

人工智慧需要特殊的積體電路。這些晶片設計用來執行類似人腦的運算。

未來的AI晶片將更強大、更節能。它們將出現在更多設備中。

積體電路的未來：物聯網



物聯網是指將日常物品連接到網路。每個連網設備都需要積體電路。
未來可能有數十億個物聯網設備。它們將創造智慧城市和智慧家庭。

積體電路的未來：量子計算



量子比特

量子計算機使用量子比特代替傳統位元。它們可以同時為0和1。



超低溫環境

量子晶片需要接近絕對零度的溫度。比宇宙深處還冷！



超強計算能力

量子計算機可以解決傳統電腦需要數百年的問題。速度非常快。

量子計算是積體電路的下一個巨大飛躍。它將改變加密技術和科學研究。



積體電路與環保

積體電路的環保優點

- 讓設備更節能
- 減少材料使用
- 延長產品壽命
- 優化資源使用

積體電路可以幫助我們創造更環保的世界。它們讓設備更節能、更聰明。

但是製造和處理廢棄電子產品也帶來環境挑戰。我們需要更好的回收方法。

環保挑戰

- 製造過程耗能
- 使用稀有材料
- 電子廢棄物問題
- 回收困難





積體電路設計的挑戰



微小化

如何做得更小？元件越來越接近物理極限。



功耗

如何減少耗電？高耗電會產生熱量和縮短電池壽命。



散熱

如何散發熱量？積體電路工作時會發熱。



成本

如何降低成本？先進的製造設備非常昂貴。

成為積體電路設計師

需要學習的科目

- 數學：電路設計需要數學知識
- 物理：了解電子運作原理
- 電腦科學：學習程式設計
- 電子工程：學習電路設計

實用技能

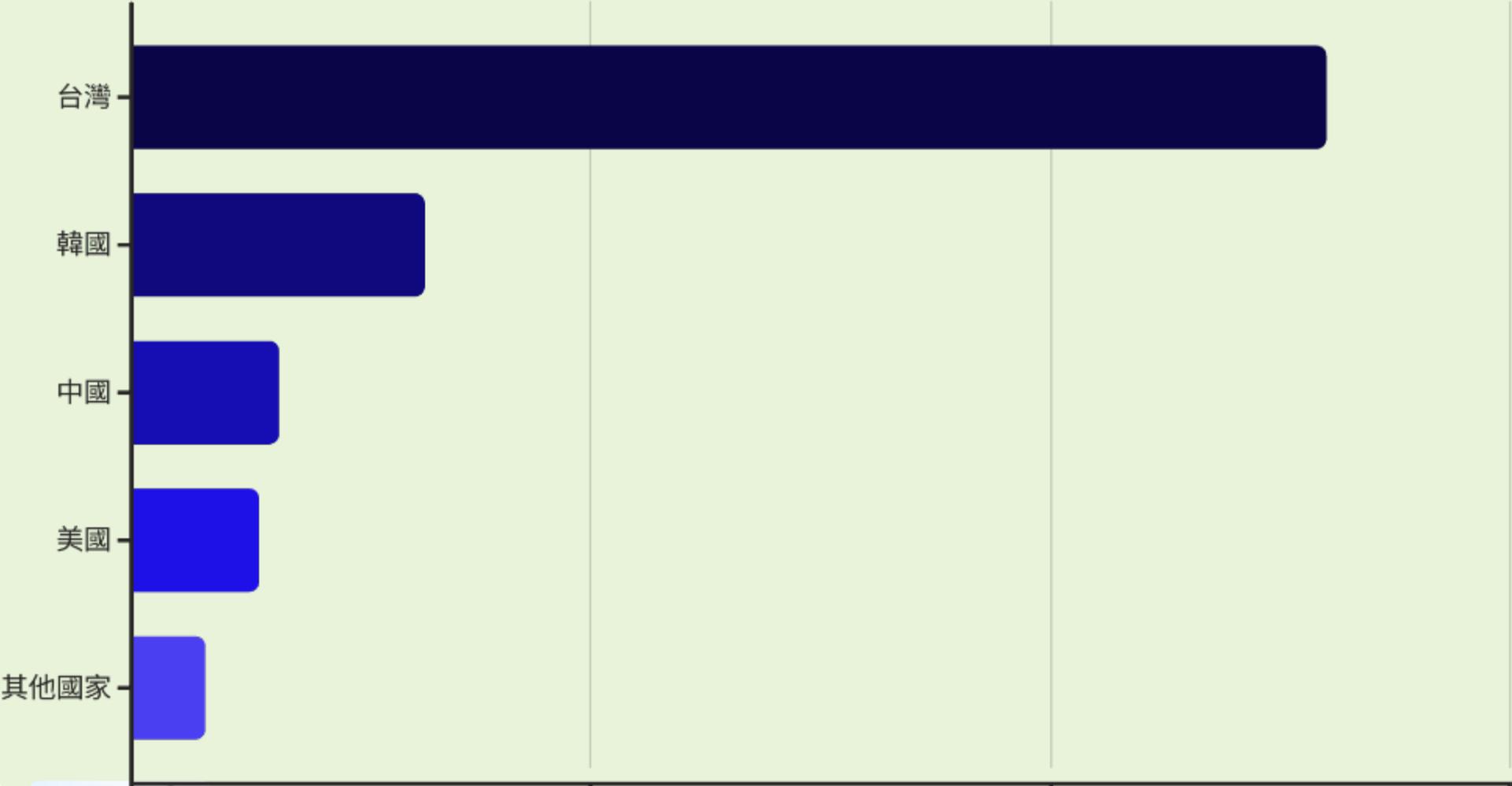
- 邏輯思維能力
- 問題解決能力
- 團隊合作能力
- 創新思維

職業發展

- 初級設計師
- 資深設計師
- 設計團隊主管
- 技術總監



台灣在積體電路產業的地位





積體電路與我們的未來生活



智慧城市

積體電路將使城市更智慧。交通號誌會自動調節。能源使用將更有效率。



智慧家庭

家電將更智能。冰箱可以管理食物。燈光和空調將自動調節。



健康監測

穿戴式設備將監測健康狀況。它們可以預防疾病，提醒就醫。



環保科技

積體電路將幫助我們節約能源。它們能優化資源使用，減少浪費。

積體電路設計的樂趣



解決問題的樂趣

設計積體電路就像解謎遊戲。每個挑戰都有解決方法。找到答案很有成就感！



創意表達

積體電路設計結合科學和創意。這是一種藝術形式。你可以創造獨特的解決方案。



改變世界

你設計的積體電路可能改變人們的生活。這是留下印記的機會。很少有工作有如此大的影響力。



結語：積體電路改變世界

偉大發明

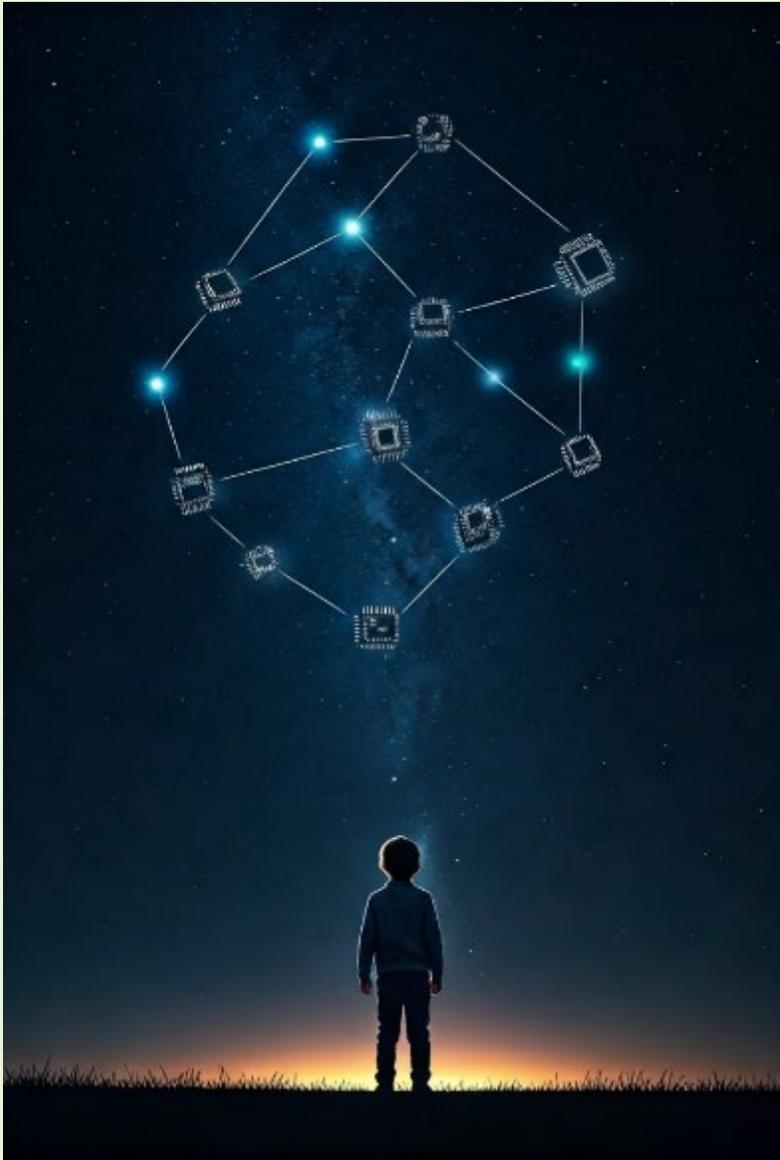
積體電路是人類最偉大的發明之一，它讓我們的生活徹底改變。

未來之鑰

它是開啟未來科技世界的鑰匙，帶給我們無限可能。

等你探索

這個神奇的微小世界等待著你的探索，也許你會成為下一位電子世界的魔法師！





Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...



Score 2 BeLight nycu AI Semiconductor Current Round 4

What is the melting point of Silicon ?

| | |
|--------|--------|
| 140°C | 2050°C |
| 1750°C | 1420°C |

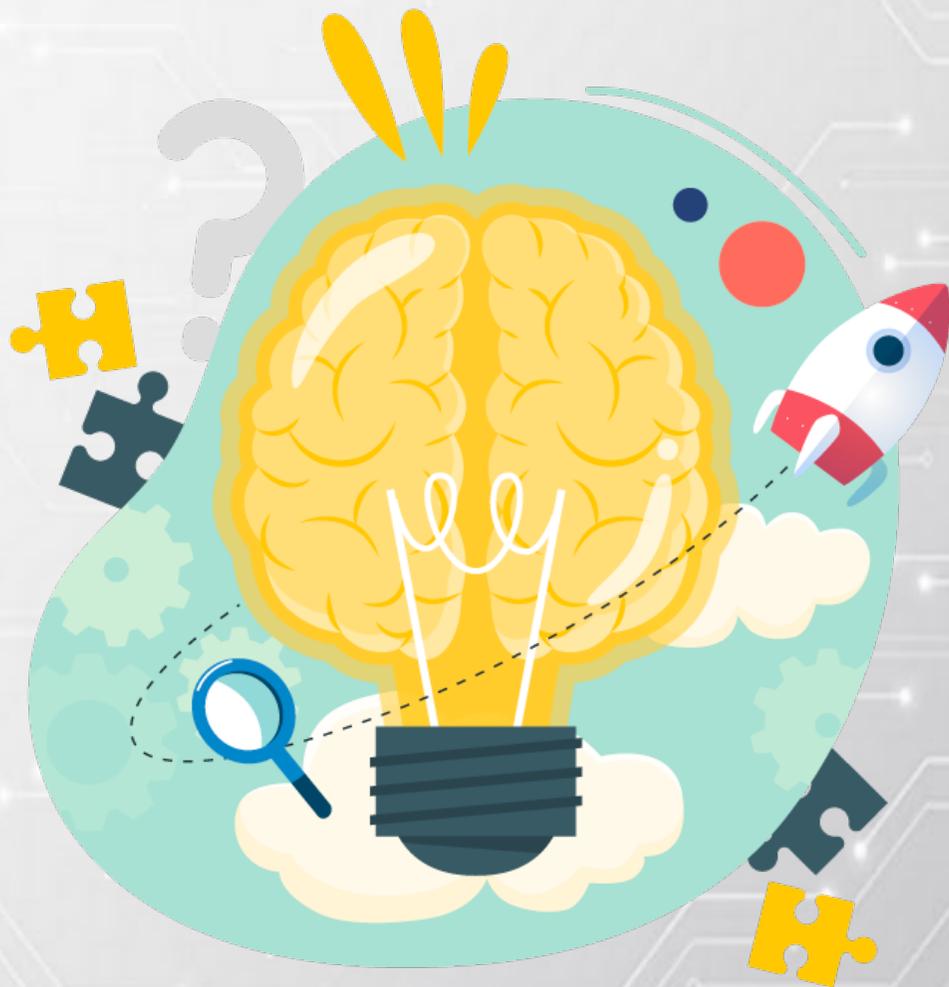




PA3

大師第六講： ■ 半導體創新路

半導體創新路



- 半導體帶來的未來
- 那些創新帶動了半導體產業
- IC產業分工
- 台灣IC產業現況

有了半導體的進步才能帶動其他技術的進步
那 5G 能對我們的生活造成甚麼影響呢？



影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

未來交通

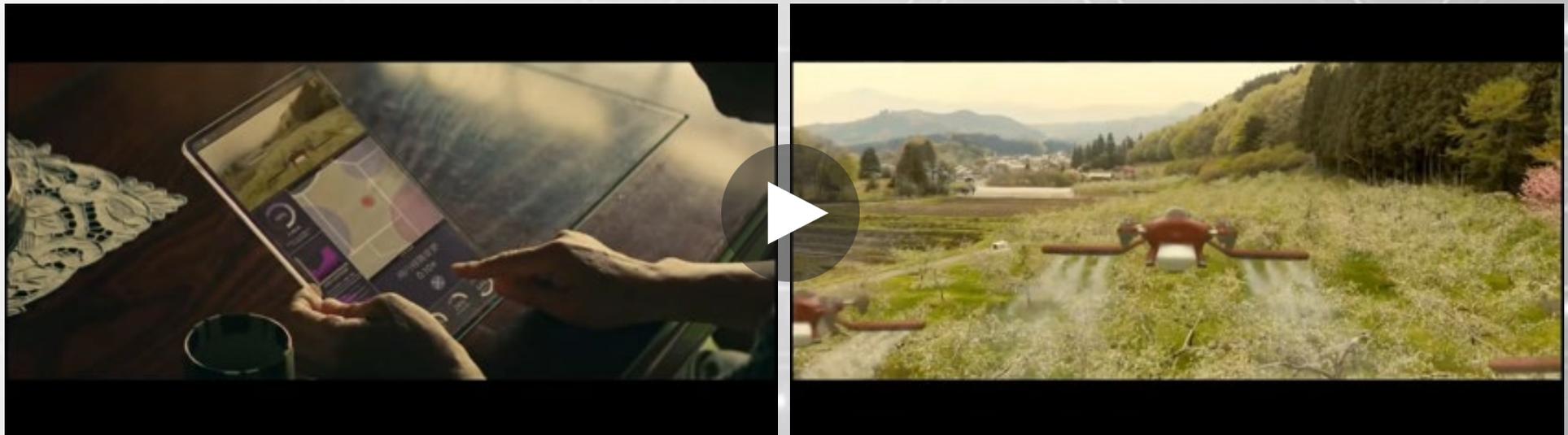
透過車聯網串接車體控制及交通動態資訊，配合智慧導航及自動駕駛功能，打造安全、便利及環境永續的運輸載具。



影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

未來農業

結合標準化種植、IoT、大數據、人工智慧（AI）等智慧農業技術，以智慧化系統即時影像紀錄，隨時掌握農作物狀態，減少農損災害、確保產出品質。

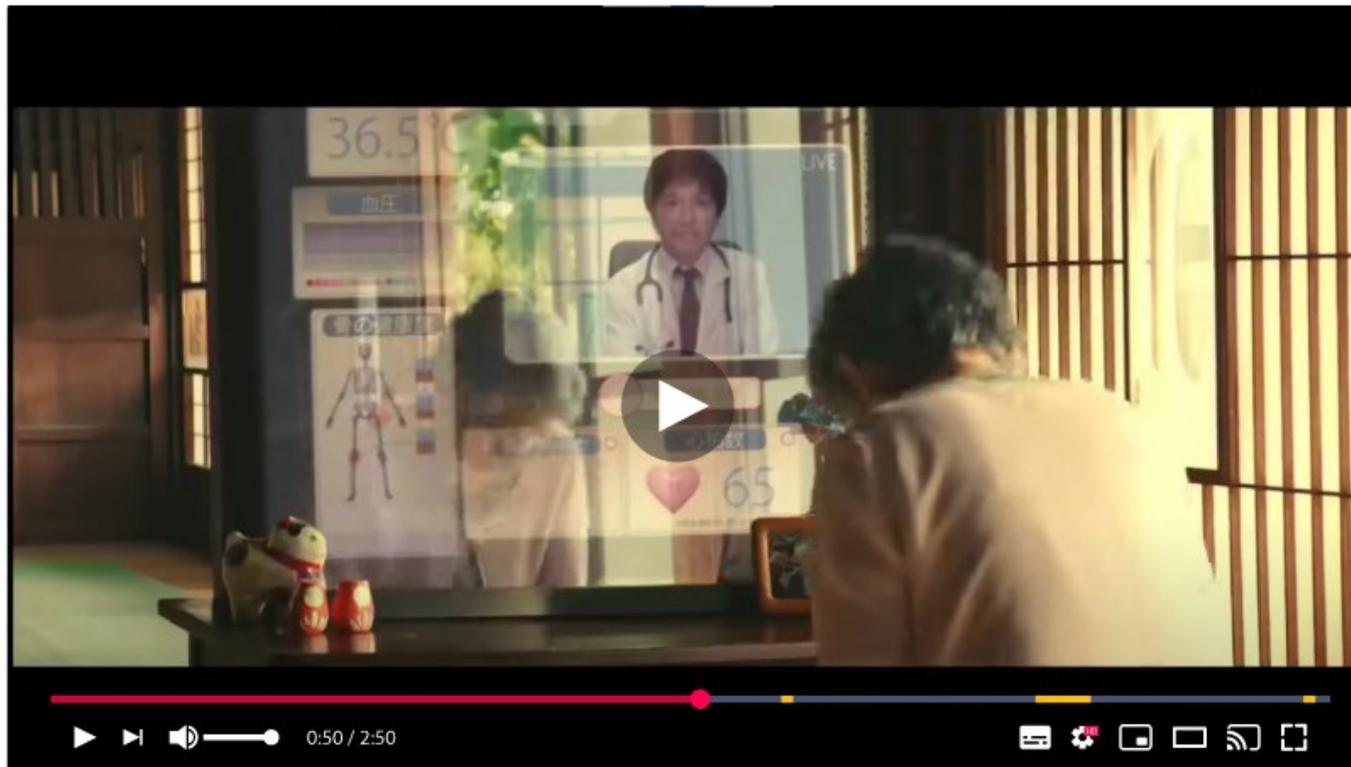


參考資料：<https://www.ithome.com.tw/news/138800>

影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

未來醫療

藉由無線通訊、雲端大數據、影像辨識及先進顯示技術，配合奈米醫學及半導體晶片，發展全新健康照護及醫療系統，即便在家也能看診。



影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

未來商店

藉由AI人工智慧動作識別等技術，追蹤及偵測顧客軌跡，發展全新的消費模式，達到結帳無人化



參考資料：<https://www.ithome.com.tw/news/138800>

影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

未來通訊

在無線高速傳輸的基礎架構下，結合虛擬實境、擴增實境、及各種先進顯示技術，匯流虛擬與實體世界。



影片連結：https://www.youtube.com/watch?v=O1R7IH02_6Q

5G、物聯網、AI...等等 這些都仰賴半導體晶片的持續創新

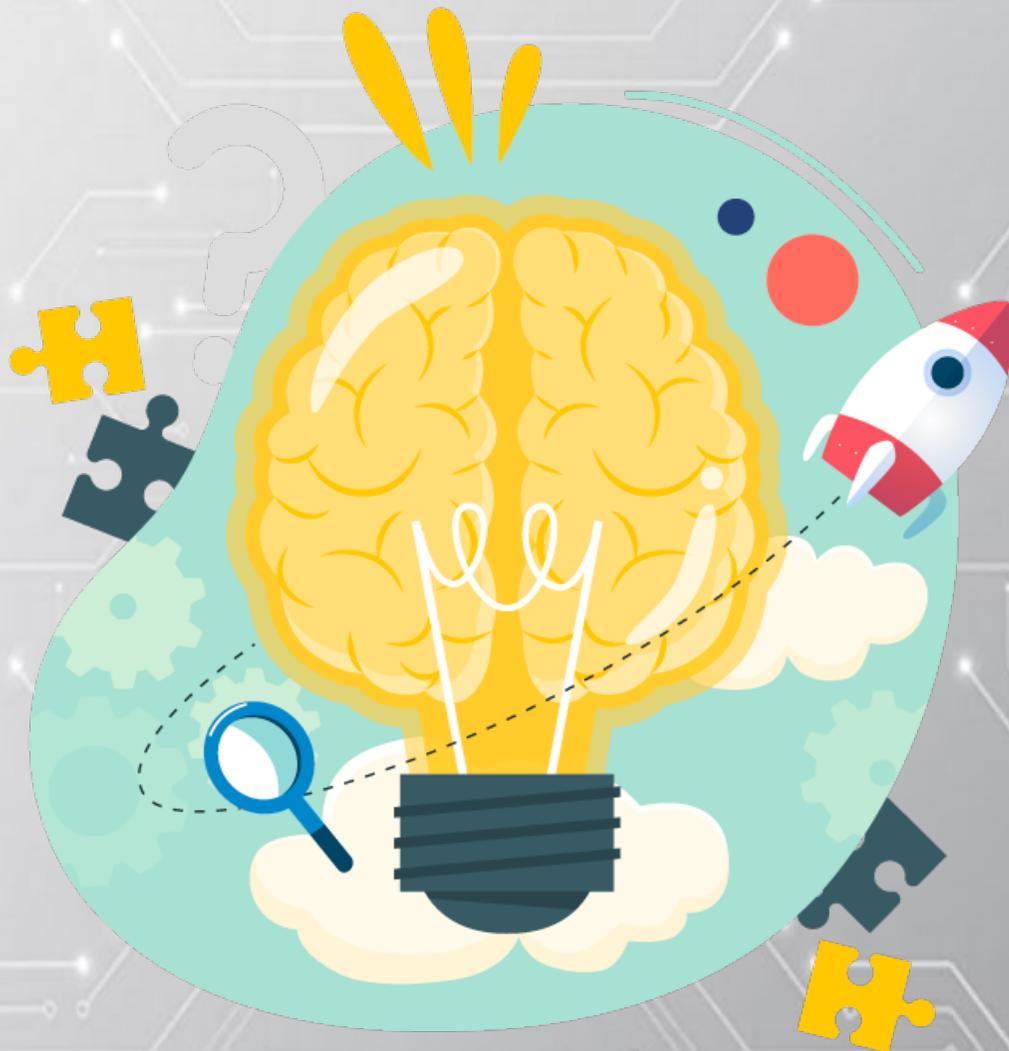


那些創新帶動了半導體

還有更多你聽過的

超酷技術

也和半導體息息相關



在半導體產業的發展歷程中，因為有這些技術與商業模式的持續創新，才能帶動整個半導體產業

專業積體電路製造服務商業模式

超大型積體電路設計系統化

微處理器

封裝與委外測試

記憶體

金屬氧化半導體技術

摩爾定律

積體電路(IC)

矽電晶體

電晶體

真空管

專業積體電路製造服務商業模式

超大型積體電路設計系統化

微處理器

封裝與委外測試

記憶體

金屬氧化半導體技術

摩爾定律

積體電路(IC)

矽電晶體

電晶體

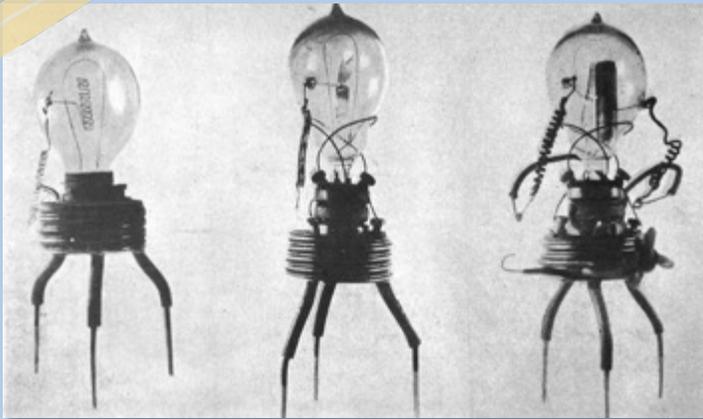
真空管



真空管(Vancuum Tube)：在半導體時代之前…

1904年約翰·安布魯斯·弗萊明(John Ambrose Fleming)發明了第一個真空管，能傳導電流以及放大信號，然而真空管的成本高、體積大、效能低，且燈絲易因燒毀而報銷非常不耐用。

世界上第一個真空管



真空管(Vancuum Tube)：在半導體時代之前…

既然真空管那麼多缺點
那麼真空管是不是已經被徹底淘汰掉了呢？





並沒有喔！

雖然真空管看似被電晶體取代了，但其實現今仍被運用於音響上面
真空管音響的音質甚至比其他元件還來的更好

真空管音響



真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式

電晶體(Transistor)：開創半導體時代

1947年美國貝爾實驗室的威廉·蕭克萊 (William B. Shockley)、約翰·巴丁 (John Bardeen) 和沃爾特·布萊登 (Walter H. Brattain) 組成的研究小組，成功開發出全球第一顆電晶體，此時的電晶體還是以**鍺製成**。

世界上第一個電晶體



真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

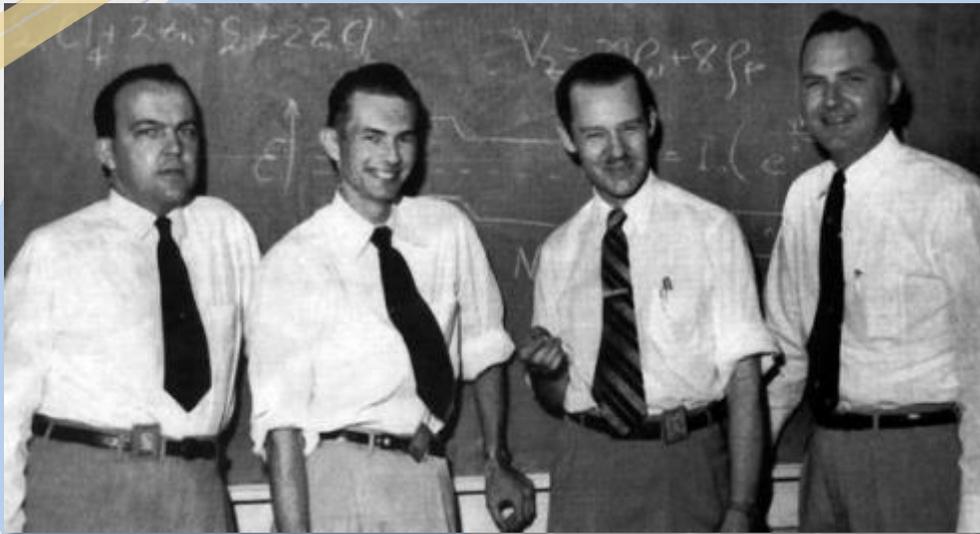
專業積體電路製造服務商業模式



矽電晶體(Si Transistor)： 奠定矽為半導體產業的主要材料

1954年美國德州儀器（Texas Instruments）公司推出以矽來製作電晶體。
由於矽的物理特性及易取得性，且又相較於鍺更為耐熱，
因此矽從此成為半導體產業最主要的材料。

德州儀器矽電晶體的研究團隊



真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

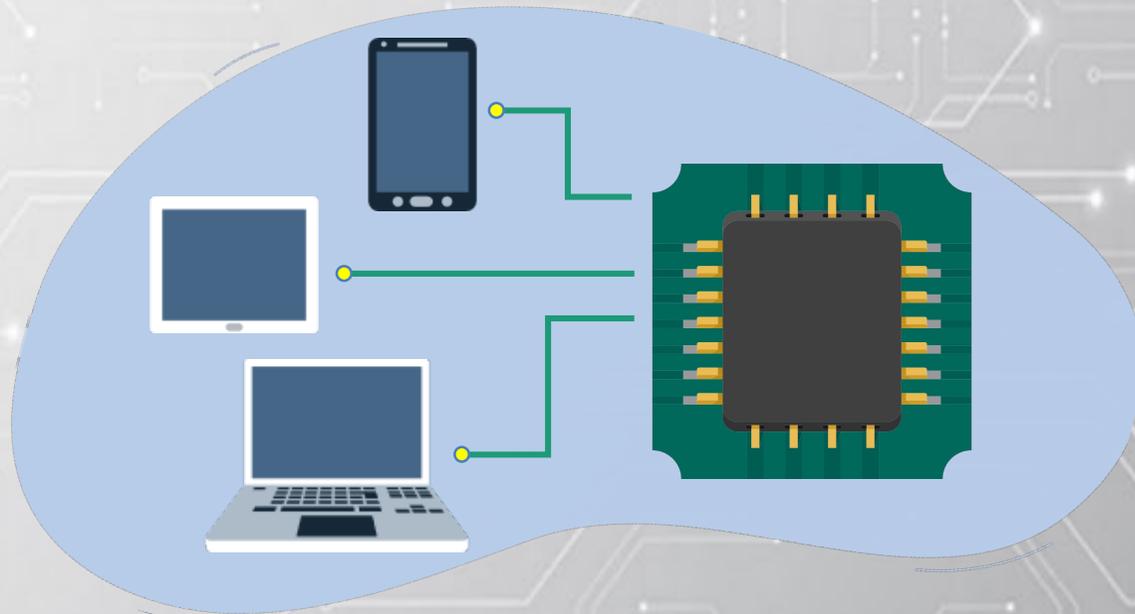
專業積體電路製造服務商業模式



積體電路(Integrated Circuit)：驅動各類電子產品的創新

1958年，德州儀器的傑克·基爾比（Jack St. Clair Kilby）成功研製出全球第一顆積體電路，同時間快捷半導體（Fairchild Semiconductor）公司的羅伯特·諾伊斯（Robert N. Noyce）也提出類似的設計。

積體電路實現了元件微小化並提升效能，驅動各類電子產品的創新。現今電子裝備如電腦、手機等都有積體電路的存在



真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

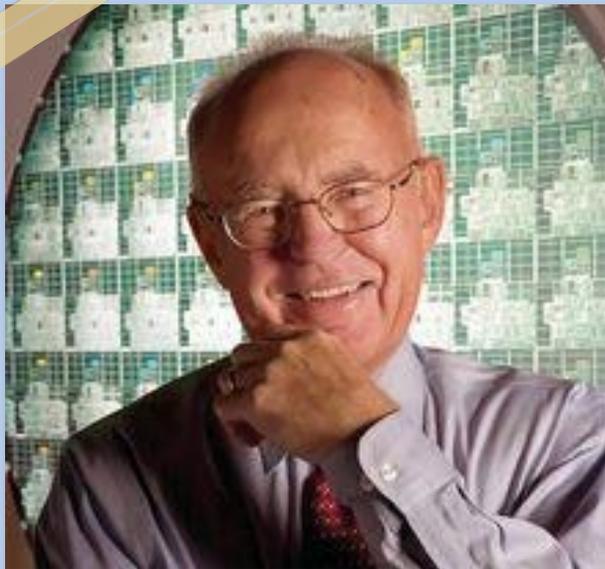
超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式

摩爾定律(Moore's Law)：半導體技術進步的監督者

摩爾定律是由高登·摩爾（Gordon E. Moore）所提出，
預測一顆晶片上可容納的電晶體數目，約每隔18至24個月便會增加一倍，
性能也將提升一倍。為了要符合摩爾定律，半導體技術不斷的突破發展，
促使摩爾定律成為技術進步的監督者。

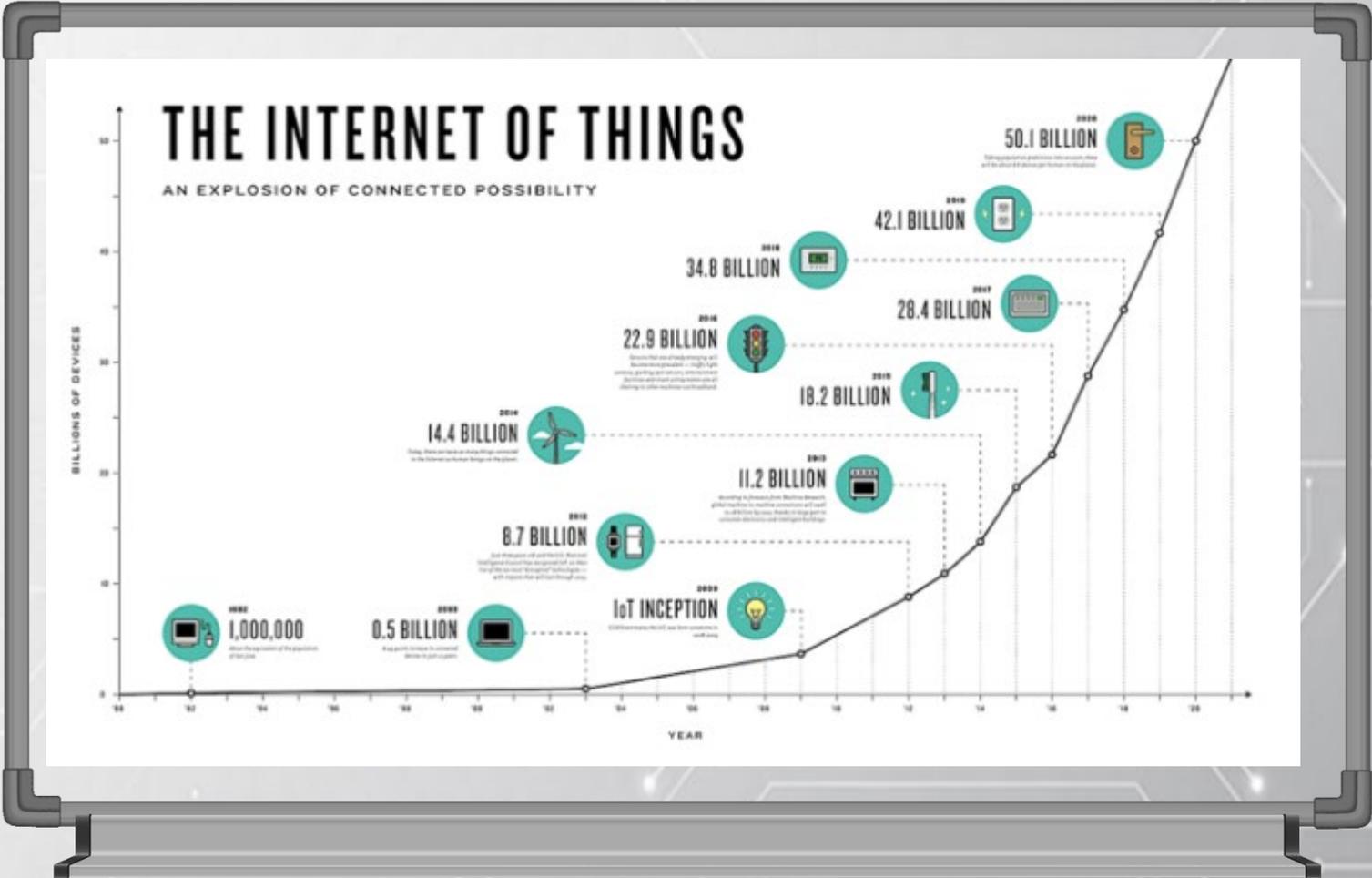
高登·摩爾(Gordon E. Moore)



圖片來源：

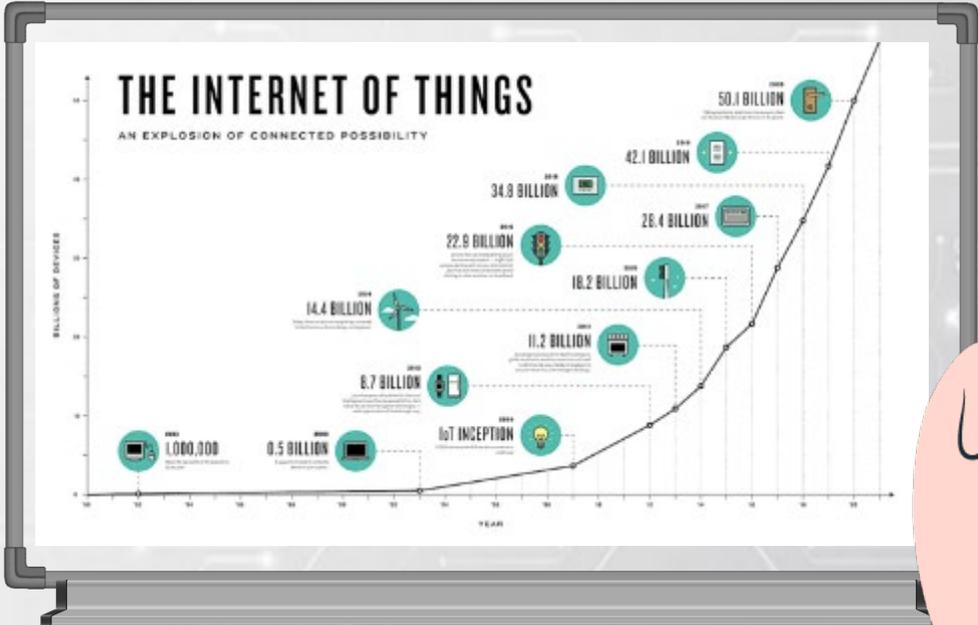
<https://www.easyatm.com.tw/img/7/030/nBnauM3X3gDOxUDM3cTN0kTO0UTMyITNykTO0EDMwAjMwUzL3UzL1EzLt92YucmbvRWdo5Cd0FmLyE2LvoDc0RHa.jpg>

摩爾定律(Moore's Law)：半導體技術進步的監督者



圖片來源：
https://miro.medium.com/max/1400/1*w4gzDc1tIFQ2eKlnw3qWhg.png

但是越到後面技術應該會越難提升，
這樣真的能繼續實踐摩爾定律嗎？



圖片來源：
https://miro.medium.com/max/1400/1*w4gzDc1tIFQ2eKlnw3qWhg.png

真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式

金屬氧化半導體技術(MOS Technology)：持續實踐摩爾定律

1960年代，金屬氧化半導體技術不斷演進，主要包括金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)技術、互補式金屬氧化物半導體(CMOS)技術以及矽閘(Silicon Gate)的技術。這些技術的發明使的摩爾定律得以持續實踐。

這項技術讓當時能
繼續實踐摩爾定律！



真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

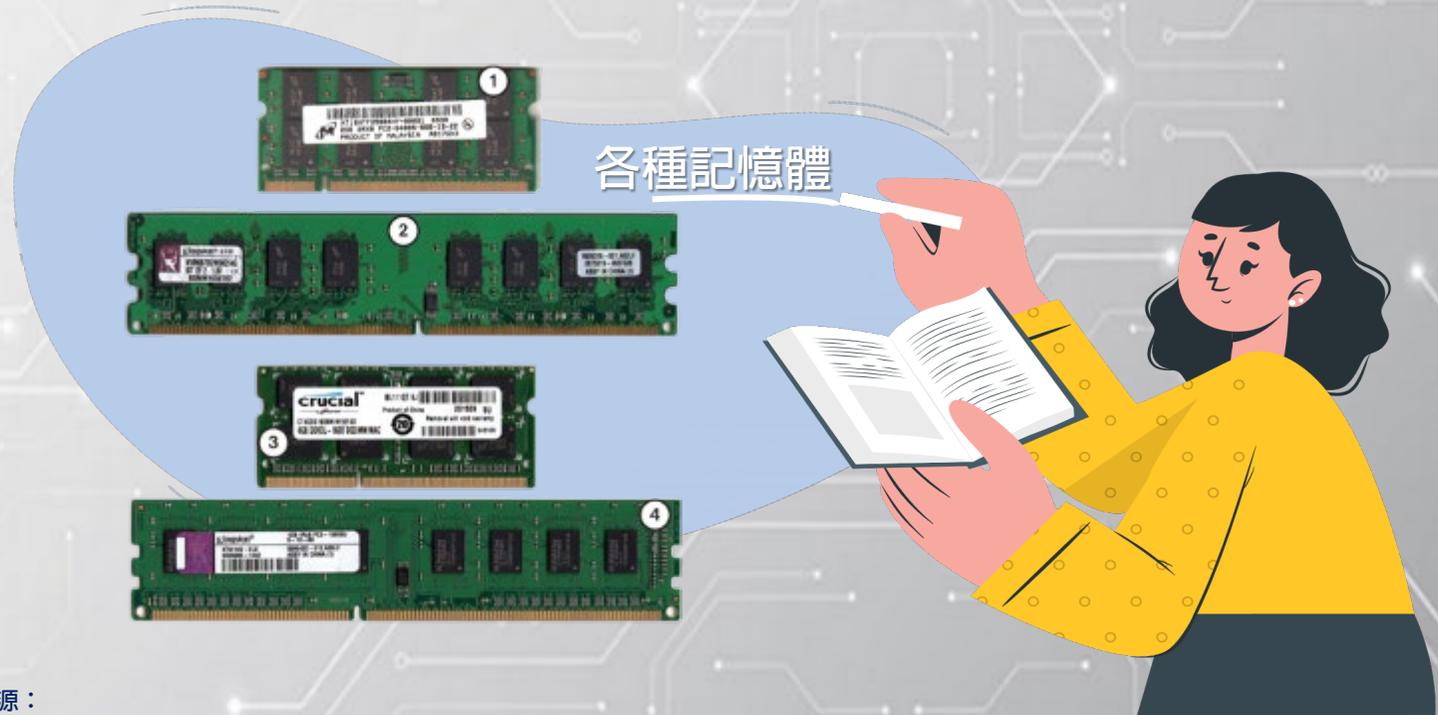
超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式



記憶體(Memory)：提升電子產品軟硬體協同合作的運作效能

1967年，美國國際商業機器（IBM）公司的羅伯特·丹納德（Robert H. Dennard）發明動態隨機存取記憶體（DRAM），同年貝爾實驗室的姜大元（Dawon Kahng）與施敏（Simon M. Sze），發現浮閘記憶體效應，也就是爾後快閃記憶體（Flash Memory）的原型。這兩項記憶體發明，**提升電子產品軟硬體協同合作的運作效能。**



圖片來源：

https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/chap4_9780789756534/elementLinks/04fig03_alt.jpg

真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

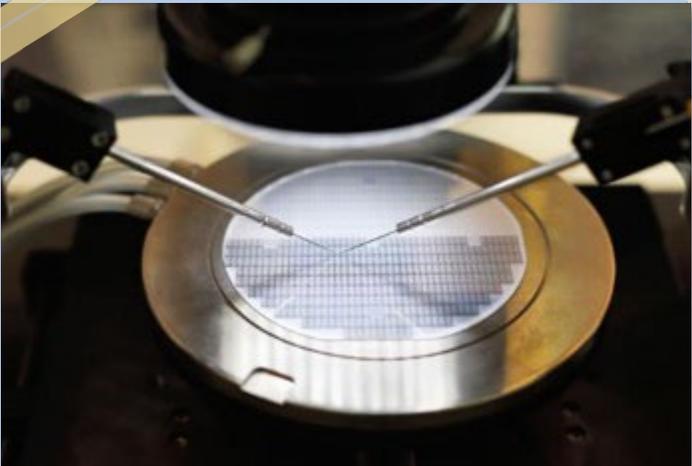
專業積體電路製造服務商業模式



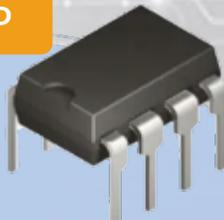
封裝與測試委外：促使專業封裝與測試產業興起

1960年代，IC產業鏈產生改變，開始將封裝及測試的工作委外執行，促使專業封裝與測試產業的興起。

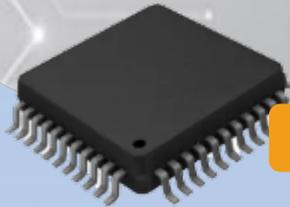
進行探針測試的晶圓片



DIP



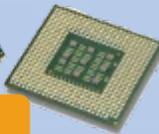
封裝後的晶片



QFP



PGA



BGA

真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

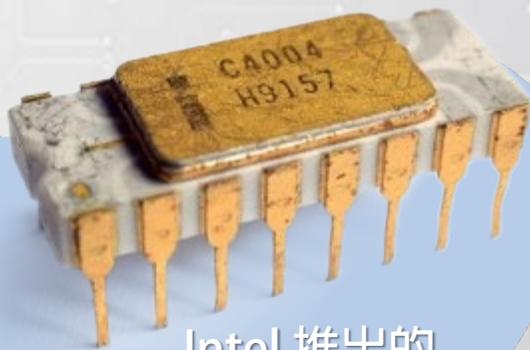
超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式



微處理器(Microprocessor)：成為電子產品的運算中樞

微處理器是指可以依照指令來從事不同功能的計算器，其所有元件小型化至一塊或數塊積體電路內。1971年美國英特爾（Intel）公司率先發表了微處理器。1981年，美國國際商業機器（IBM）公司推出了個人電腦。從此之後，微處理器的需求與銷售顯著成長，微處理器成為電腦及其他電子產品的運算中樞。常聽到的CPU、GPU便是其應用。



Intel 推出的
第一款微處理器

圖片來源：
https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004#/media/File:Intel_C4004.jpg

IBM於1981年生
產的個人電腦



圖片來源：
https://img.tfd.com/cde/_IBMPC.GIF

真空管

電晶體

矽電晶體

積體電路(IC)

摩爾定律

金屬氧化半導體技術

記憶體

封裝與委外測試

微處理器

超大型積體電路設計系統化

專業積體電路製造服務商業模式



超大型積體電路設計系統化(VLSI Systems Design)： 使得IC設計與製造能分開進行

在1970~80年間，IC設計日趨複雜，卡弗爾·米德（Carver A. Mead）和琳·康維（Lynn A. Conway）整理超大型積體電路（VLSI）設計的方法論，**將IC設計系統化**，使得IC設計與製造可以分開進行，也造就日後矽智財（IP）與設計工具（Design Tools）產業的興起。



專業積體電路製造服務商業模式

超大型積體電路設計系統化

微處理器

封裝與委外測試

記憶體

金屬氧化半導體技術

摩爾定律

積體電路(IC)

矽電晶體

電晶體

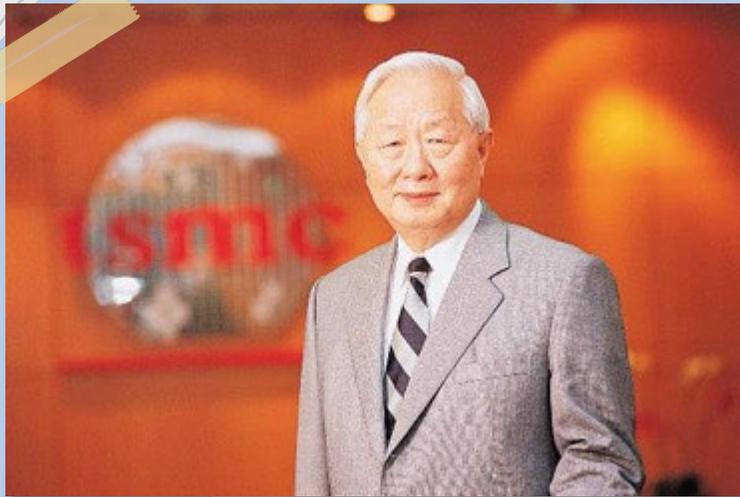
真空管



專業積體電路製造服務商業模式：改變全球半導體產業版圖

1985年，張忠謀博士提出「專業積體電路製造服務商業模式」，並於1987年創立台灣積體電路製造股份有限公司，解決了因技術開發日趨複雜以及龐大晶圓廠建置成本所衍生的挑戰，大幅降低了晶片設計公司的創業門檻，帶動了無晶圓廠晶片設計公司不斷快速成長與茁壯，帶動全球半導體產業版圖改變。

台積公司創辦人 張忠謀博士



圖片來源：

https://images1.epochhk.com/pictures/26210/Morris_Changr@1200x1200.jpg

大家繼續向前走!!

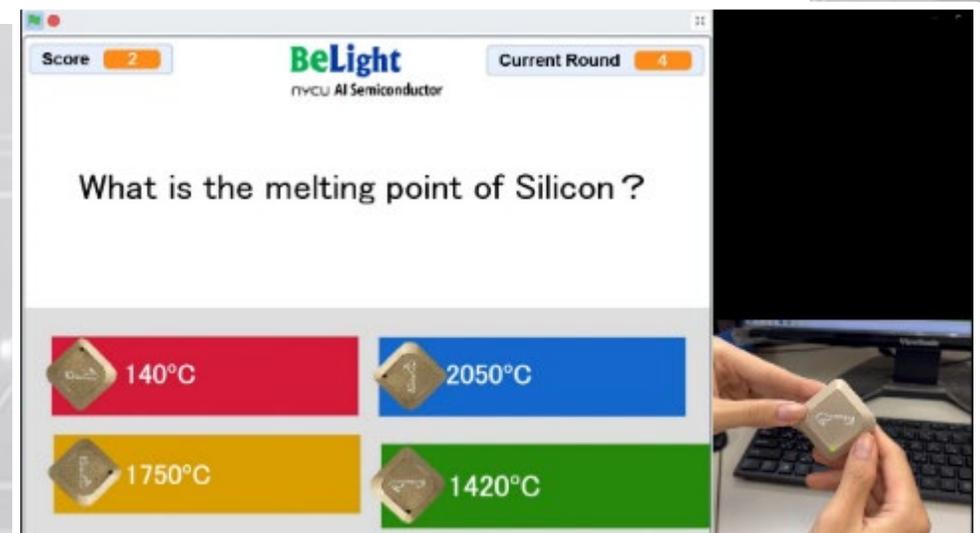


Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...



Rabboni 小老師時間

想一想，學了什麼？怎麼做一個遊戲教弟弟妹妹，爺爺奶奶，什麼是邏輯閘？

要正確，要互動，要有創意，最好用上半導體裝置，最好有 AioT 智慧聯網，酷拉！

- 可以用 Rabboni or ...
- vu可以用 Scratch or ...
- OR ...



Rabboni 小老師時間

過去現在&未來



1

<https://www.youtube.com/watch?v=uz7SCnotgNM>

2

<https://knowledge.naimei.com.tw/posts/62a9adfef725b9db5c0cae54>

3

<https://www.youtube.com/watch?v=3ftsfZYS4xl>



References & Co-authors

- 認識半導體: 半導體材料篇 國立陽明交通大學 電機工程系 蘇啓宏
- 國小半導體教材 國立陽明交通大學 資訊工程系 邵筱廷
- 應用半導體元件篇 陽明交通大學百川學士學位學程 翁麗郡
- 走近Gate: 數位邏輯閘 國立陽明交通大學電機工程學系 許配慈
- 躍進半導體: 製程篇 國立陽明交通大學電機系 范均緯
- 走近IC: 積體電路元件篇^[1] 國立陽明交通大學電機系 莊勝傑
- 走近Gate: 數位邏輯閘 國立陽明交通大學電機系 許配慈
- 走近EDA: 積體電路設計流程 國立陽明交通大學電機系 林亞倫
- 走近VLSI - 處理器篇國立 陽明交通大學電機系 林芮羽
- 處理器應用實作 (Linkit7697 聯發科設計) 矽導研究中心 余成斌研究助
- 用樂高積木介紹半導體製程 國立陽明交通大學資管所 林志威
- 沙子到黃金 —— 一個電晶體的誕生 鍊金術師: 新竹女中翁宥縈、郭芯妤、
- 國立陽明交通大學 電子研究所教授 溫瓊岸 編輯整理



Rabboni vs. Scratch

Rabboni”是希伯來語，意為“大師”。它利用台積電生產的集成電路，通過台灣的半導體產業鏈來完成人機界面，並結合應用軟體的設計和製造。提供感測應用之軟硬體平台。

Rabboni（慣性測量模組）自2021年起開始推廣兒童編程，與國立陽明交通大學的USR計劃及台積電慈善基金會合作，並獲得Scratch團隊的協助。在Scratch這個充滿活力的數位空間中，台灣半導體產業設計和製造的感測器設備的整合為學習體驗增添了更多色彩。同時，Rabboni和Scratch攜手創建K12半導體教育，讓複雜的知識和技術變得觸手可及，讓孩子們能夠探索半導體世界的創造力和藝術性。未來，這將使他們能夠在各行各業中利用半導體的力量，為人類帶來更美好的生活。



Scratch是一個充滿活力的數位空間，讓來自各個領域的孩子們積極參與，成為技術的創造者和問題解決者。Scratch由麻省理工學院媒體實驗室的Mitchel Resnick教授及其終身幼兒園團隊於2007年設計，根植於數十年的教育研究。2019年，Scratch從麻省理工學院轉型為一個獨立的組織，稱為Scratch基金會。

From <https://www.scratchfoundation.org/our-story>

IOT: Internet of Things/ IMU: Inertial Measurement Unit

IMU:

加速度 (Accelerometer)

角速度 (Gyro)

磁力計 (Magneto)

Sensing Parameters & Axis

感測參數及軸向介紹

- Line Axis: X/Y/Z 加速度 (Acceleration)
- Ring Axis : X/Y/Z 角速度 (Gyro)



| Gyro Full Scale Range | Gyro Sensitivity | Accel Full Scale Range |
|-----------------------|------------------|------------------------|
| (°/sec) | (LSB/°/sec) | (g) |
| ±250 | 65.5 | ±2 |
| ±500 | 32.8 | ±4 |
| ±1000 | 16.4 | ±8 |
| ±2000 | 8.2 | ±16 |

SENSORS will be everywhere !!!!

What is IMU ? Rabboni is an IMU.

Inertial Measurement Unit

慣性的

Accelerometer 加速規

Measurement of Motion (Acceleration)

== → Measurement of the change in
velocity over a unit of time.

Gyroscope 陀螺儀

Measurement of Rotation (Angular Velocity)

→ Measurement of the change in angle over a
unit of time.

GeoMagnetic 地磁儀

Measurement of Earth's Magnetic Direction
and Intensity == > Can be used for
orientation.



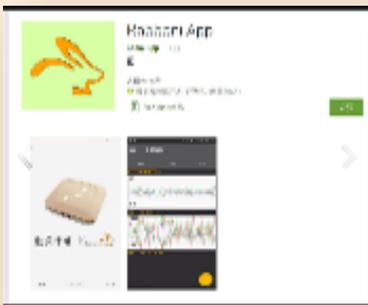


Rabboni is not just a device, It' s a platform.



**IMU
BLE
USB**

**Data Extractor
[重力感測數據擷取]**



API [應用程式介面]

- Android** • Scratch
- iOS** • Python
- Windows** • App Inventor
- Unity

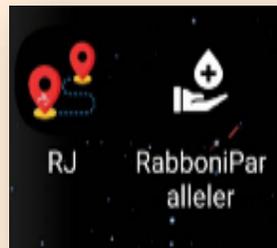
AI Algorithm [演算法開發]

- Motion Detection • 行動偵測
- Pose Detection • 姿態偵測
- Data Analysis • 數據分析
- Signal Analysis • 訊號分析

AIoT [應用程式]

- Sports • Phone
- Health • Pad
- Gaming • NB
- Education • Raspberry Pie

IoT [物聯/雲端介面]





- Rabboni內建六軸重力感測器 (IMU: Initial Measurement Unit)、BLE藍芽傳輸及運算元件
- 可即時傳輸感測讀值並提供取樣頻率及動態範圍
- 配有LED燈，指示rabboni運作狀態及電量顯示

| | |
|--------------|---------------------------------|
| 電池容量 充電方式 | 120mAh 鋰離子充電電池 USB mini 充電 |
| 無線傳輸 | Bluetooth 4.0 BLE |
| 充電時間 | 30分鐘 |
| 待機時間 | 5天 (電源開關鍵OFF) |
| 連續使用時間 | 8 小時 |
| 支援作業系統 | 藍芽：Android USB：系統Windows 7以上 |





配件介紹

| | | |
|-----------|--------|-----------------------|
| 電源開關鍵 | 單刀開關 | On/off 標示 |
| 左側功能鍵 | (短按1秒) | 計數紀錄開始與結束 (LED紅燈) |
| 右側功能鍵 | (短按1秒) | 藍芽廣播開啟，與藍芽裝置配對(LED綠燈) |
| | (長按5秒) | 電量顯示 |
| LED電量指示燈號 | (紅) | 錄影指示燈、電量小於30% |
| | (橘) | 關機指示燈、電量小於70% |
| | (綠) | 配對指示燈、電量大於70% |



[長按右鍵5秒]可以確認電量狀態



Rabboni-Scratch Connection UI 1 2 3:

只需一次!!

1: 去網頁
Belight 下載專區

2: 下載+
解壓縮到桌面

3. 桌面 打開
Rabboni_app.exe

<https://12u10.lab.nycu.edu.tw/downloads/>

Google Search
“12u10”



| 名稱 | 大小 |
|----------------------------|------------|
| 📁 Rabboni_Scratch API 2025 | 34 027 629 |



到: 下載專區



SCRATCH USB Connection

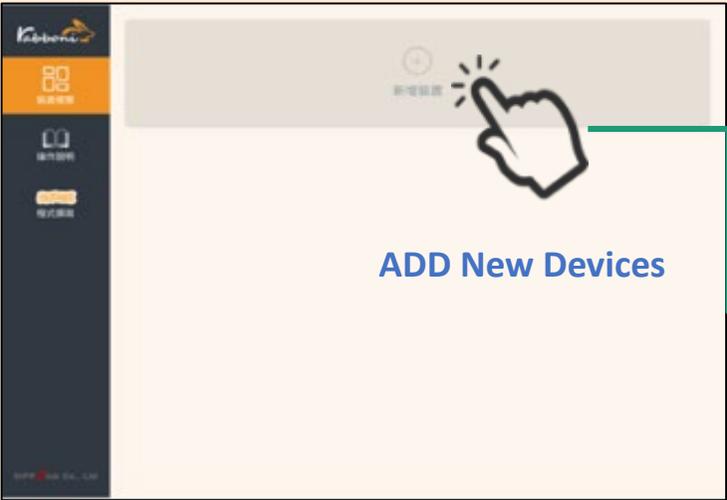
STEP 1 解壓縮後，打開資料夾，點擊應用程式開啟



STEP 2 Open APP

!!! 注意 !!!

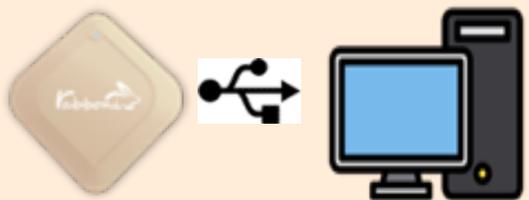
USB只能連線1個rabboni/ 藍芽最多同時4個 rabboni





USB Connection

STEP 3 [連結USB與電腦]

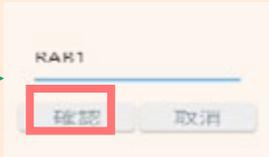


STEP 4 選擇 Rabboni — USB HID UART Bridge



❄ 數字跳動代表連線成功

STEP 5 可以編輯裝置在電腦上的名稱，名稱會對應到 Scratch



按下「確認」後，名稱改變





BLE Connection 藍芽連線

STEP 1

- 電腦沒有藍芽: 連結dongle與電腦
- 電腦沒有藍芽: 請確認藍芽在4.0-5.1間



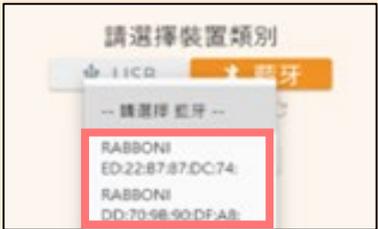
STEP 2

點擊「藍芽」的選項



STEP 3

選擇欲連結rabboni裝置的MAC碼



MAC碼在rabboni的本體背面

STEP 4 短按右鍵1秒，開始藍芽連線，綠燈會閃爍直到配對成功。若無配對到手機，會自動於30秒後停止廣播。



藍芽連線手機成功後，綠燈每10秒閃爍一次

STEP 5 Confirm 選擇「確認」





BLE Connection

❄️.數字跳動代表連線成功

STEP 5 可以編輯裝置在電腦上的名稱，名稱會對應到Scratch



按下「確認」後，名稱改變



點擊新增更多裝置

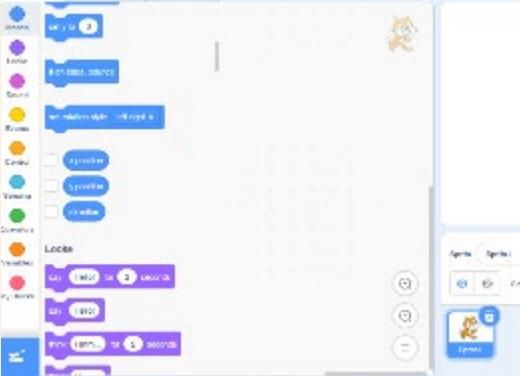


SCRATCH TO THE SCRATCH

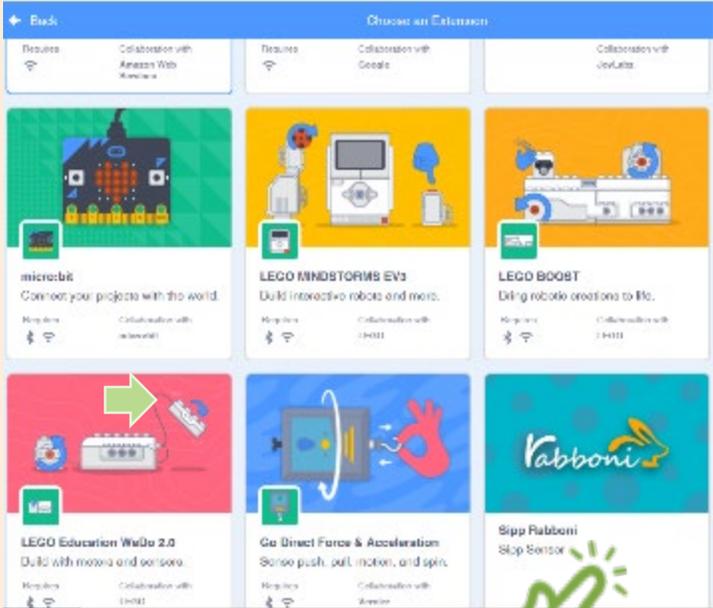
點擊左邊Scratch的ICON



點擊Scratch的ICON · 跳轉到瀏覽器



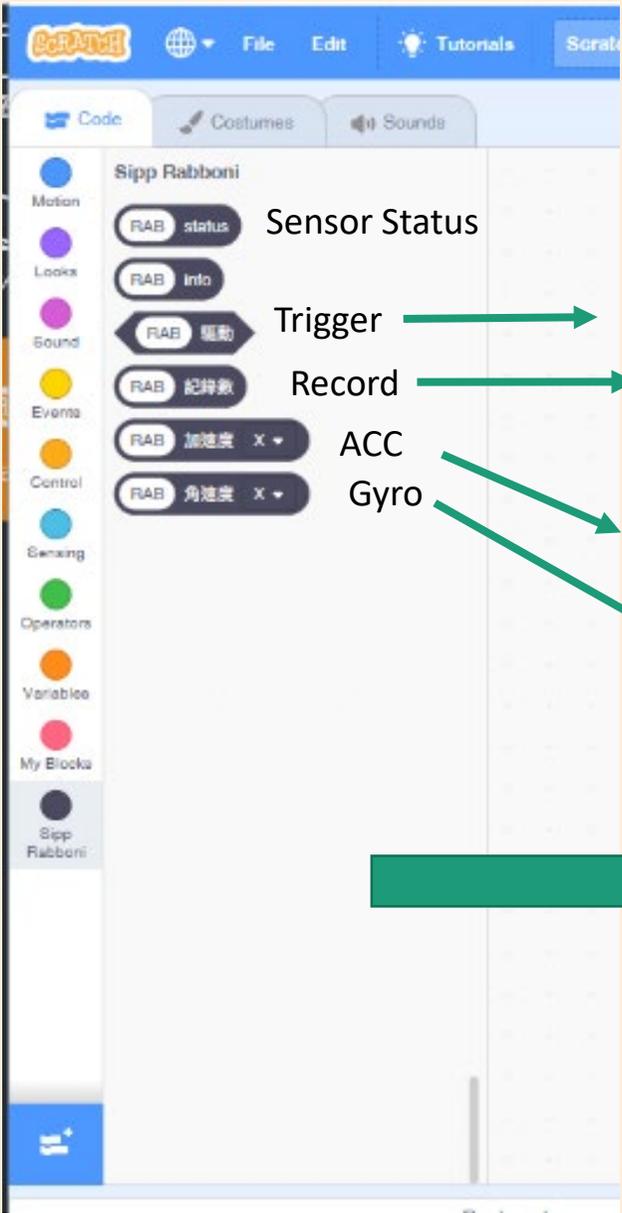
點擊 Scratch MoreBlock



點擊 Rabboni icon



<https://nctutwlab.github.io/scratch-gui/rabboni/>



Sensor Status

Trigger

Record

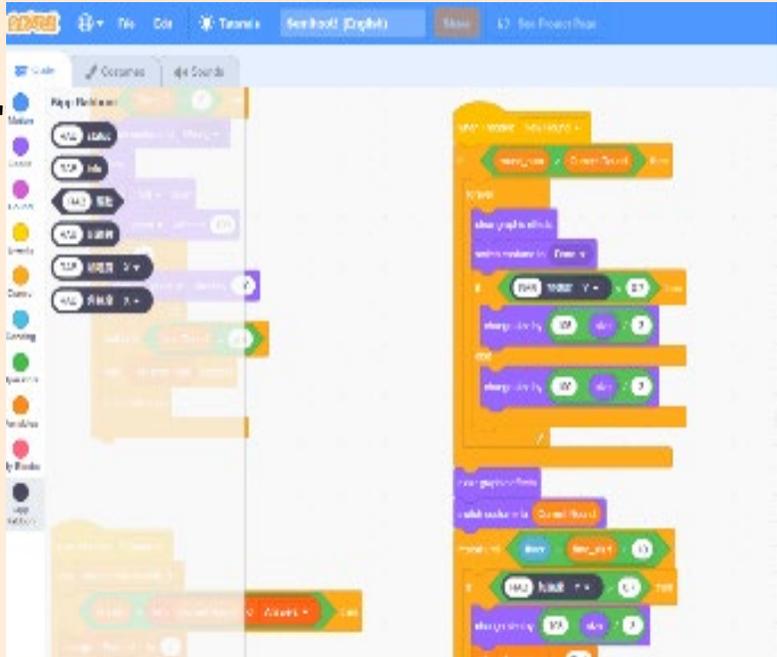
ACC

Gyro

當感應器移動時，計數器加1
移動的總次數

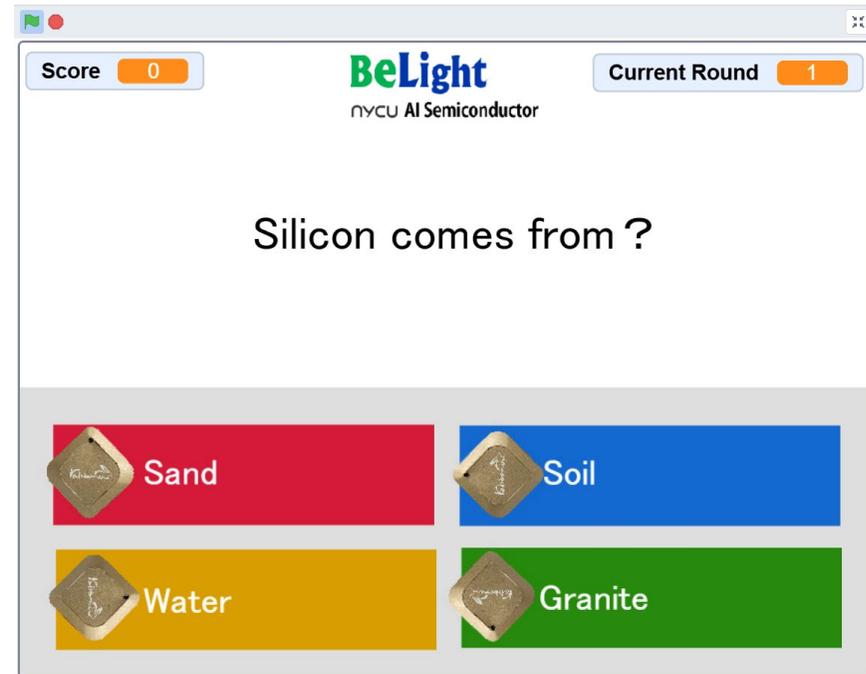
設備 RAB 的 X 軸加速度
設備 RAB 的 X 軸角速度

GO FOR FUN
CODING !!



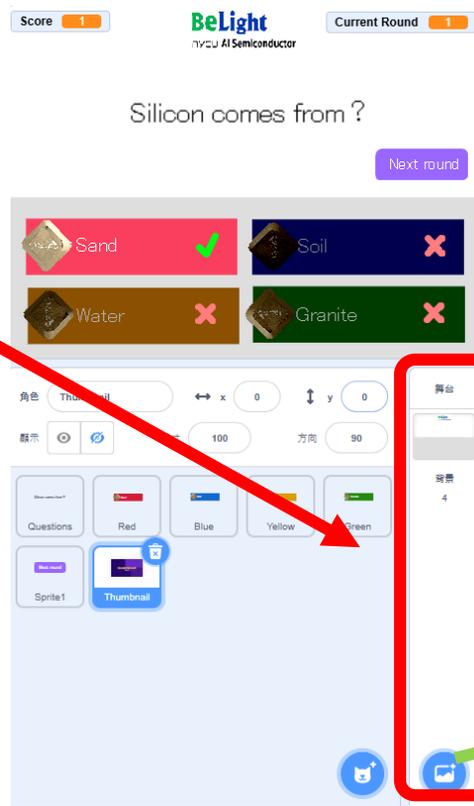
Semihoot遊戲:

Semihoot 非常適合搭配線上教學，有效提高學生專注度、學習成效、成就感。請操控 rabboni 來選擇正確的答案吧



Semihoot遊戲(1/4) 選擇背景

1 選擇背景



2 選擇生成背景方式



上傳自己下載的圖片
隨機背景
小畫家
搜尋

Semihoot遊戲(2/4) 選擇角色

選擇音效 3

選擇造型 2

1 選擇角色

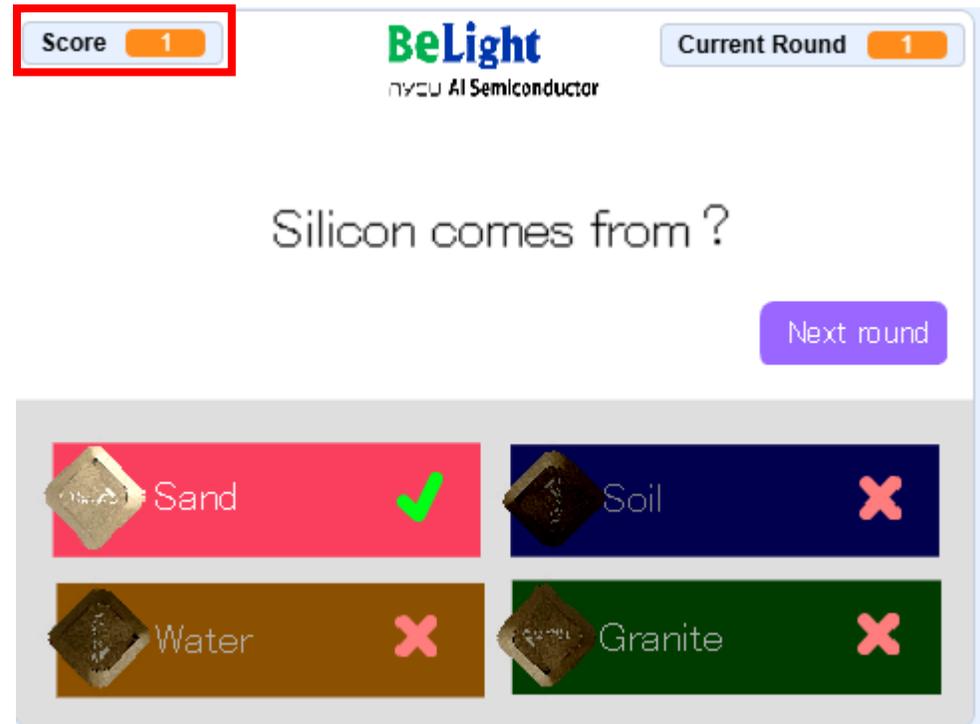
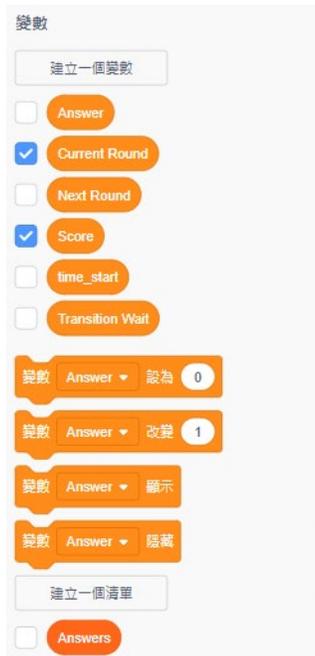
Semihoot遊戲(3/4) 編輯程式

編輯角色程式

Semihoot遊戲(3/4) 編輯程式



打勾可以顯示到遊戲畫面(方便debug)



Semihoot遊戲(3/4) 編輯程式

程式

- 動作
- 外觀
- 音效
- 事件
- 控制
- 偵測
- 運算
- 變數
- 函式積木**
- Sipp Rabboni

Rabboni加速度、角速度…….

Sipp Rabboni

- RAB status
- RAB info
- RAB 驅動
- RAB 記錄數
- RAB 加速度 X ▾
- RAB 角速度 X ▾

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

- 1.新增題目
- 2.新增答案
- 3.調整遊戲參數

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目

複製以新增題目

What is the melting point of Silicon?

複製

Which nation mines the most Silicon ?

Next round

United States ✗

China ✓

Saudi Arabia ✗

Germany ✗

Questions

Red Blue Yellow Green

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目

複製以新增選項

複製

Silicon comes from ?

Sand Soil Water Granite

Red Blue Yellow Green

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

2.新增答案

添加變數以新增答案

Score 1 BeLight NYCU AI Semiconductor Current Round 3

Which nation mines the most Silicon?

Next round

| | |
|---------------|---------|
| United States | China |
| Saudi Arabia | Germany |

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

The screenshot displays the Scratch IDE interface for editing a game script. On the left, the 'Scripts' palette is visible, showing various blocks like 'time_start', 'Transition Wait', and 'Answers'. The main workspace shows a script starting with 'time_start' and a 'Repeat' block. A red arrow points to the 'Repeat' block, which is used to loop through game rounds. The right side of the image shows a preview of the game interface, including a score of 1, current round of 3, and a question: 'Which nation mines the most Silicon?'. The answer options are United States (incorrect), China (correct), Saudi Arabia (incorrect), and Germany (incorrect).

調整回合數以新增回合

Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

調整數字以改變回合時間

調整回合數以新增回合

The screenshot displays the Scratch editor interface for a game titled "Semihoot! (English)". The code is organized into three main sections:

- Clone ID = 1:** Triggers a "Right" answer, showing a "Correct" message, and a "Next Round = yes" condition.
- Clone ID = 2:** Triggers a "Wrong" answer, showing a "Wrong" message, and a "Next Round = yes" condition.
- Round Logic:** Checks if "Current Round" is less than 4. If true, it sets "time_start" to 10, adjusts "RAB" acceleration, and sets "Answer" to "Red".

Annotations include a blue arrow pointing to the "time_start + 10" block and a red arrow pointing to the "4 < Current Round" block.

The preview window on the right shows a game interface with a score of 1, current round of 3, and a question: "Which nation mines the most Silicon?". It lists four options: United States (marked incorrect), China (marked correct), Saudi Arabia (marked incorrect), and Germany (marked incorrect).

Semihoot遊戲(4/4) 完成!

按下這個按鈕 就可以玩遊戲囉!



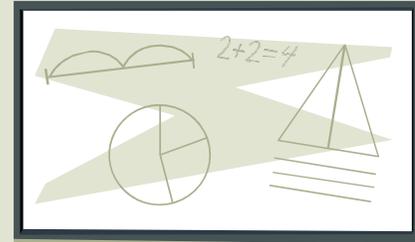
APPENDIX for 初學 Scratch 者



RABBONI 專題實作

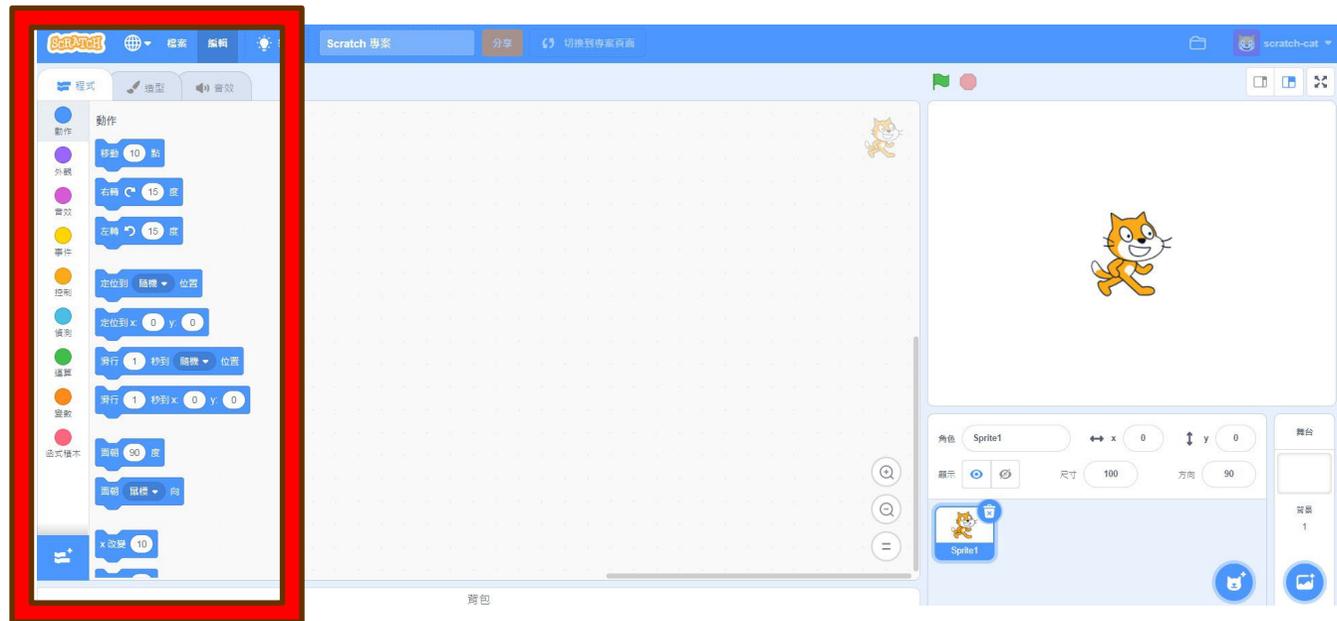
陽明交通大學電機系 蔡孟涵

STEM Education



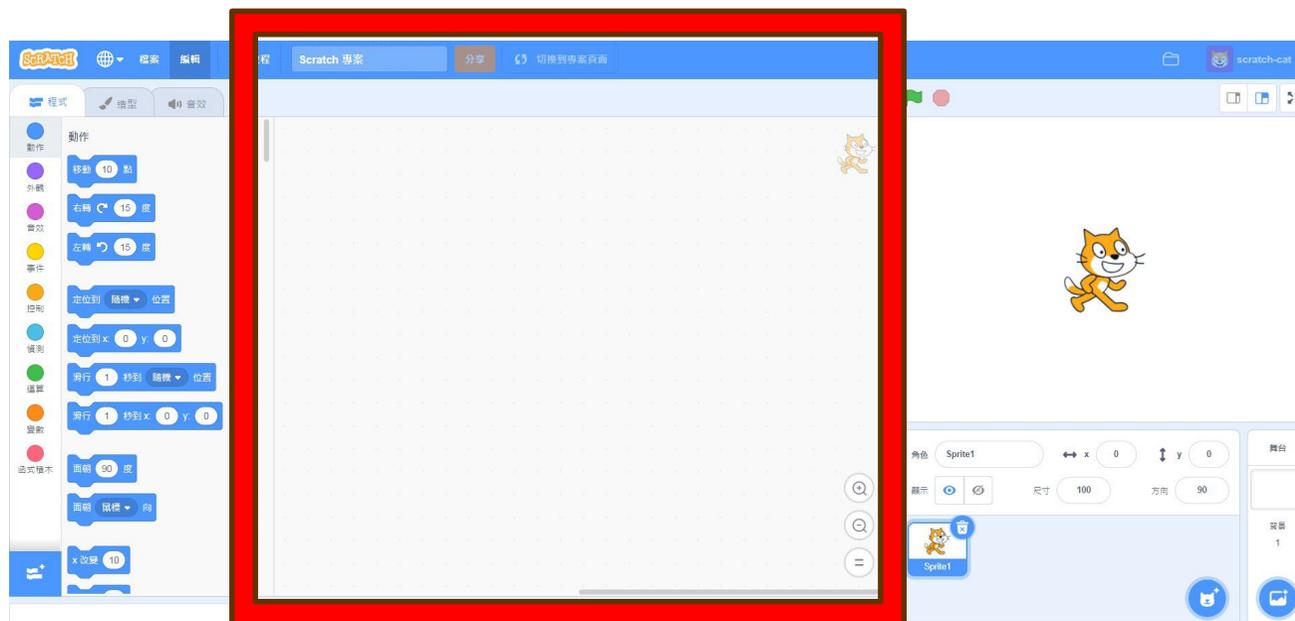
Scratch的介面

- 左側是「指令積木」區，這裡有不同類別的程式積木，例如「運動」、「外觀」、「事件」等。



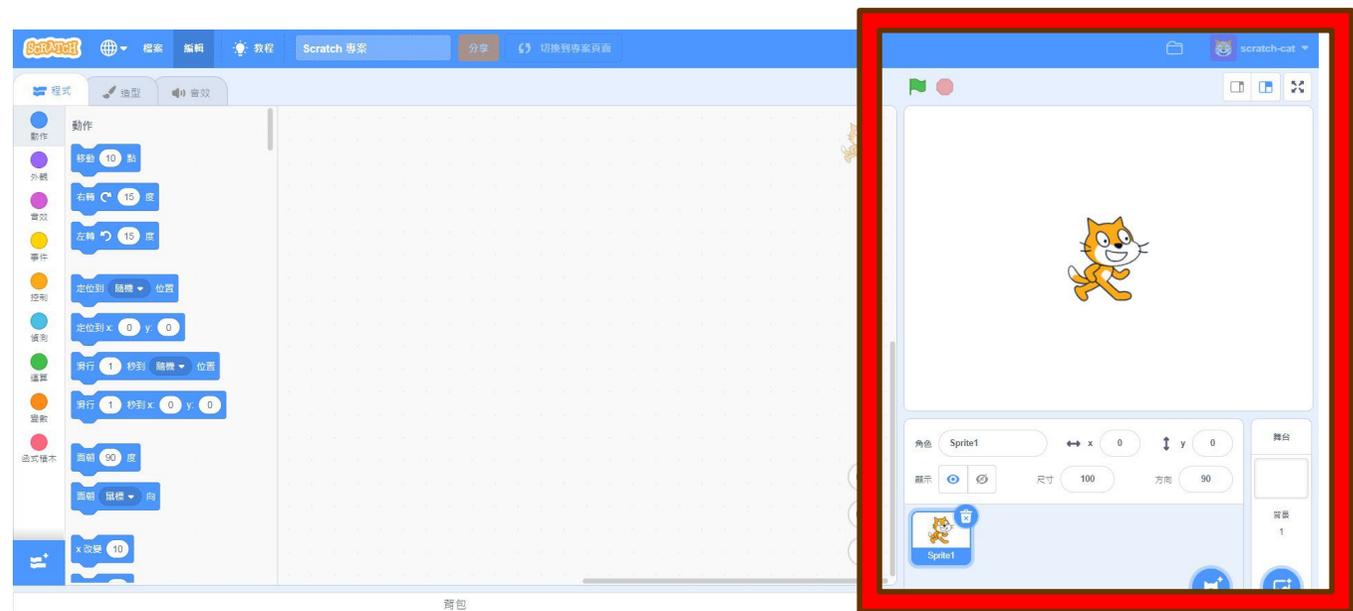
Scratch的介面

- 中間的白色區域是「編輯區」，你可以在這裡把積木拼接起來。



Scratch的介面

- 右側是「舞台」，你的角色會在這裡表演或動作。



Rabboni與Scratch的連接

- 了解Scratch的功能之後，我們要開始寫程式了！
- 在那之前，我們先回到剛剛已經打開的Rabboni APP，點選「編輯名稱」，並將名稱改為「RAB」。（要記得大寫！）



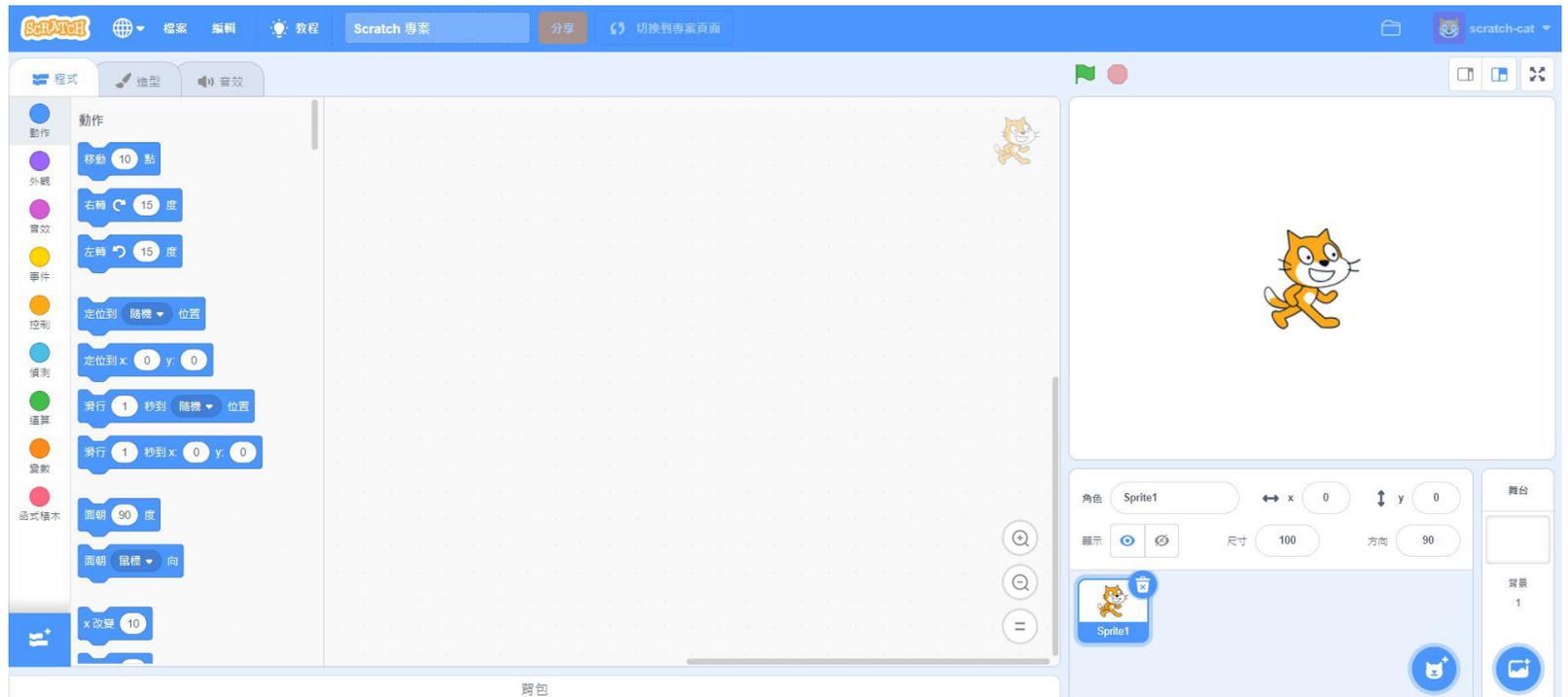
Rabboni與Scratch的連接

- 點選「程式撰寫」，並點擊「SCRATCH」



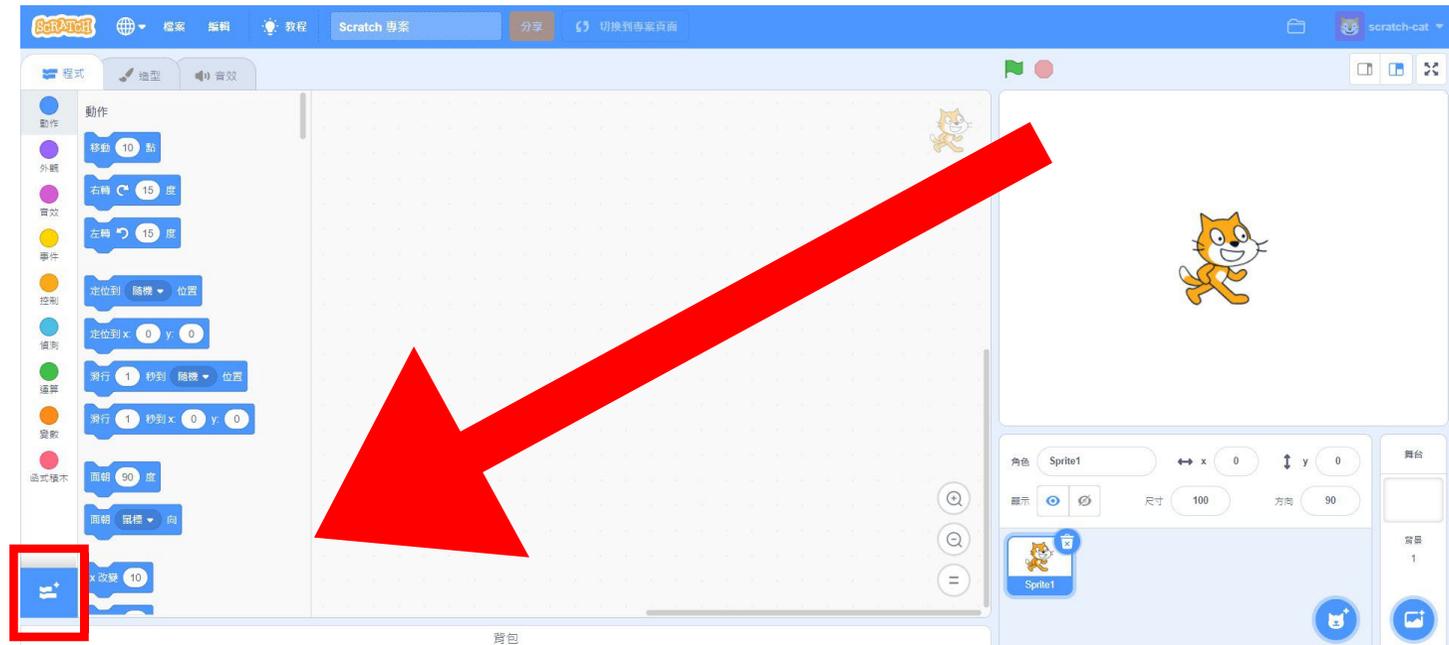
Rabboni與Scratch的連接

- 此時會自動導向至scratch網頁介面



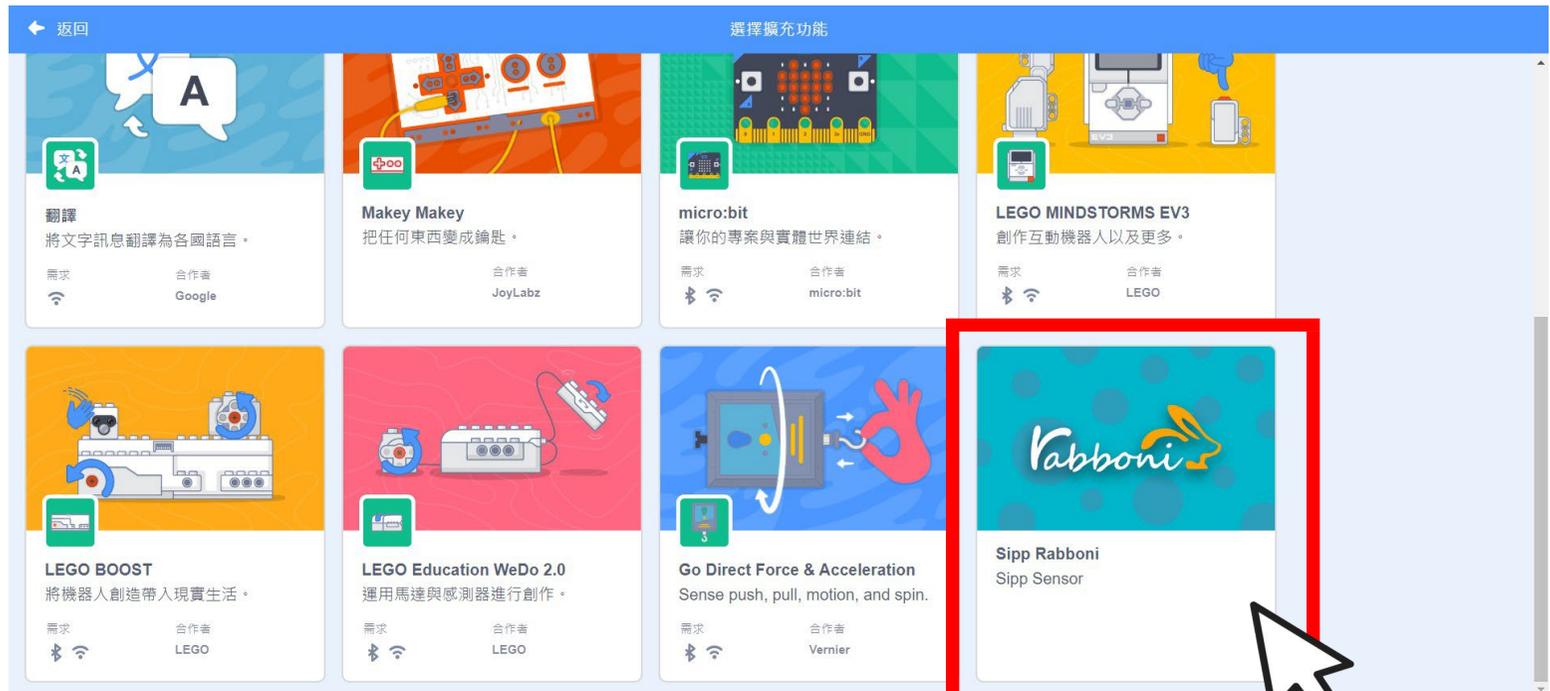
Rabboni與Scratch的連接

- 點選左下角有+符號的按鈕



Rabboni與Scratch的連接

- 點選「Sipp Rabboni」



Rabboni與Scratch的連接

- Rabboni的黑色積木會加入至左側指令積木區，這時候即可開始編寫程式了！

補充小站

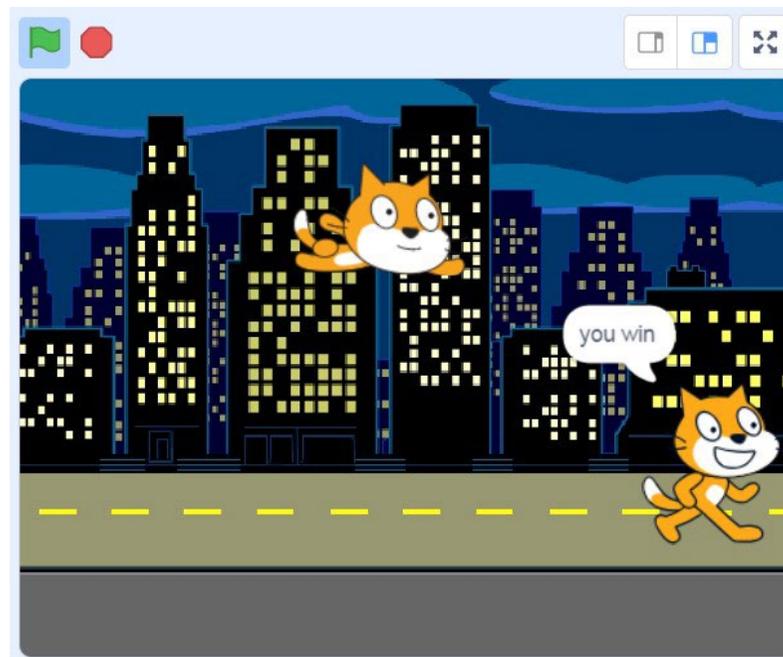
我們可以看到積木中預設名稱為「RAB」，這也是為什麼

我們要在Rabboni APP中將名稱也編輯為「RAB」，名稱一樣Rabboni跟Scratch才會連接成功喔！



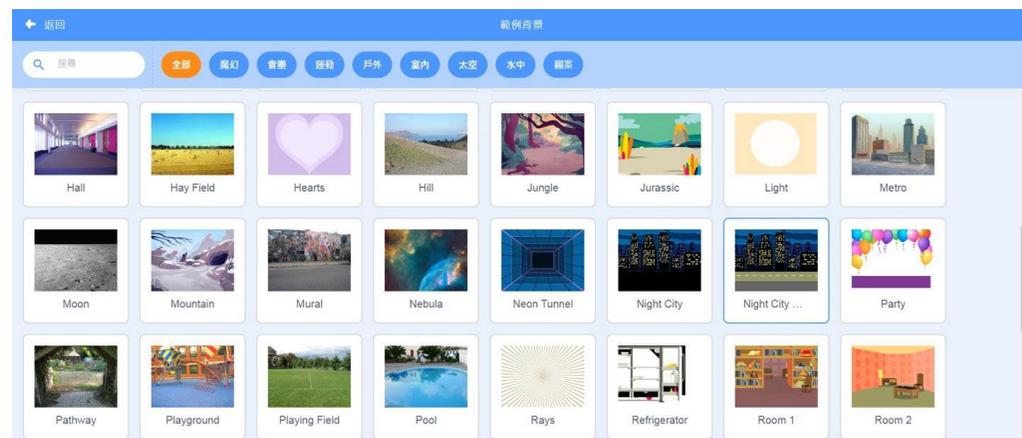
開始寫遊戲：貓咪賽跑比賽

- 我們要寫出一隻玩家角色「跑步貓咪」，以及電腦角色「飛天貓」，只要你跑贏飛天貓，就會說出「you win」；如果跑輸了，就會說出「you lose」。



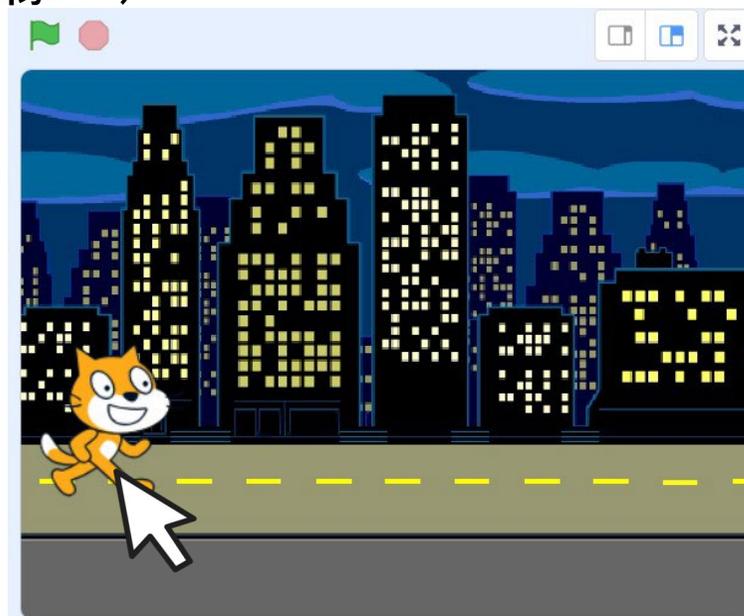
任務一：讓貓咪跑起來

- 首先我們在右下角「選個背景」，挑一個自己喜歡的圖



任務一：讓貓咪跑起來

- 先將舞台畫面正中間的貓移到馬路靠左邊的位置
(注意：不可以碰到邊緣！)



任務一：讓貓咪跑起來

- 依照畫面指示，將左側的積木拖曳到中間的編輯區

The image shows two side-by-side screenshots of the Scratch software interface. The left screenshot shows the 'Events' palette with a red box around the 'Events' category (1) and a red box around the 'When green flag is clicked' block (2). The right screenshot shows the 'Actions' palette with a red box around the 'Actions' category (3) and a red box around the 'Move to x: -180 y: -50' block (4). The 'Move to' block has a dropdown menu set to 'Random'.



任務一：讓貓咪跑起來

- 接著，我們要讓貓咪每按下空白鍵就可以移動一步。
- 按照下方的程式將左方積木拖到編輯區並按下綠色旗子，我
貓咪就會移動一步。



- ① 控制→重複直到迴圈
- ② 偵測→碰到邊緣
- ③ 控制→如果...那麼
- ④ 偵測→空白鍵被按下
- ⑤ 動作→移動



任務一：讓貓咪跑起來

- 不過現在的貓咪只能「滑行」，看起來沒有跑步的感覺，怎麼辦？進入外觀→造型換成下一個，放在移動的下方。
- 現在按下綠色旗子，並按一下空白鍵，貓就可以跑起來了！



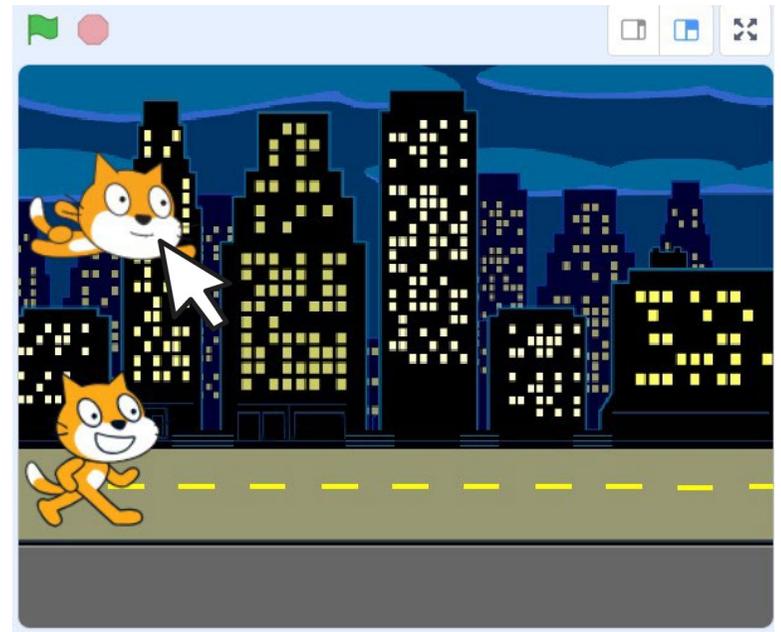
任務二：新增電腦角色

- 我們要再新增一個電腦角色，才能跟電腦一起賽跑。
- 點選右下方的「選個角色」，選擇「Cat Flying」。



任務二：新增電腦角色

- 將這隻飛天貓拖曳至摩天大樓的高度並靠左與貓咪對齊。
(注意：不可以碰到邊緣！)



任務二：新增電腦角色

- 按照下方積木，寫入飛天貓的程式。
- 此時點擊綠旗子執行看看，成功的話應該會看到飛天貓開始飛了喔！



※注意

當我們寫不同角色的程式時，要注意右下角有沒有選取到正確的角色



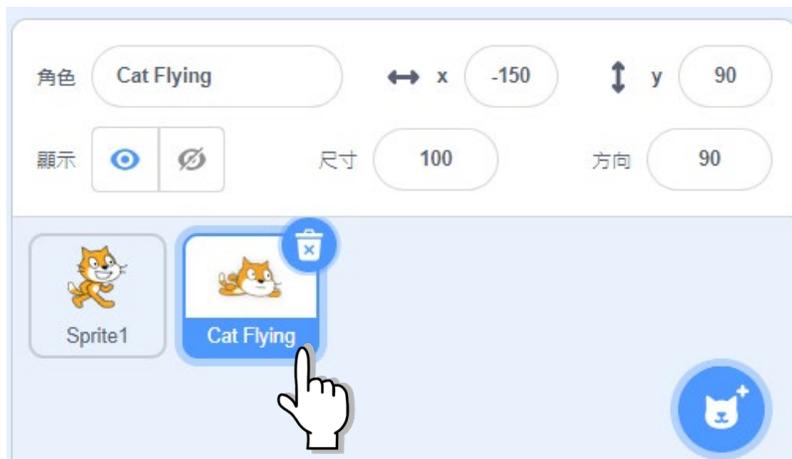
任務三：判斷輸贏

- 在右下角選擇「Sprite 1」，並將添增以下幾行程式碼。



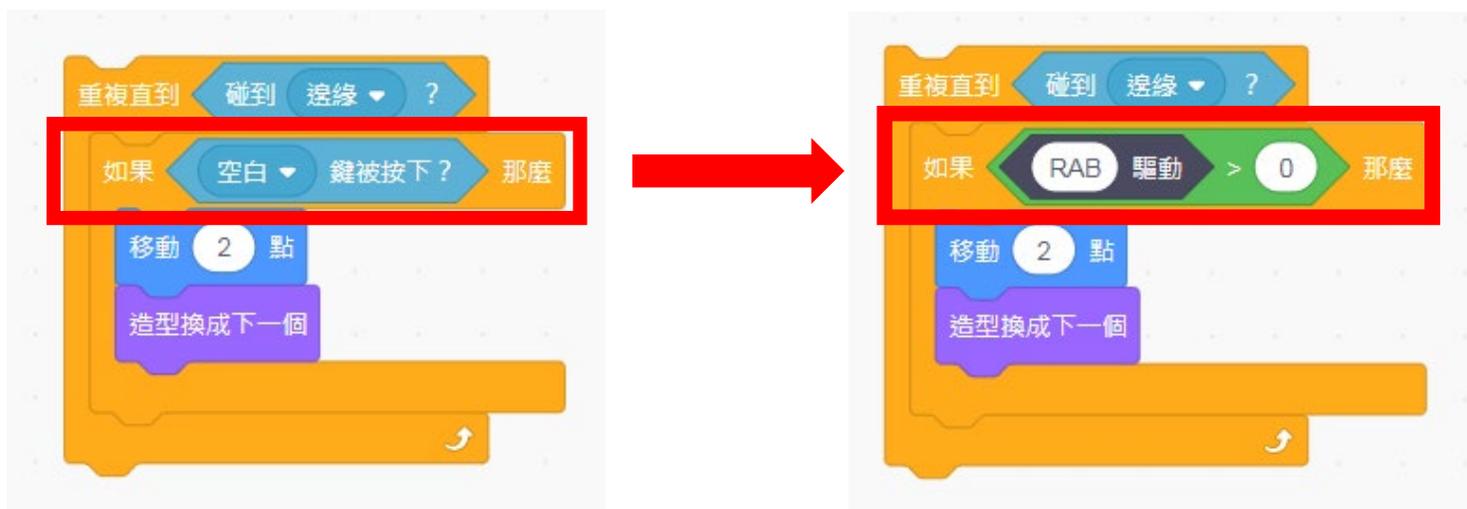
任務三：判斷輸贏

- 再從右下角切換至「Cat Flying」，添增以下幾行程式碼。



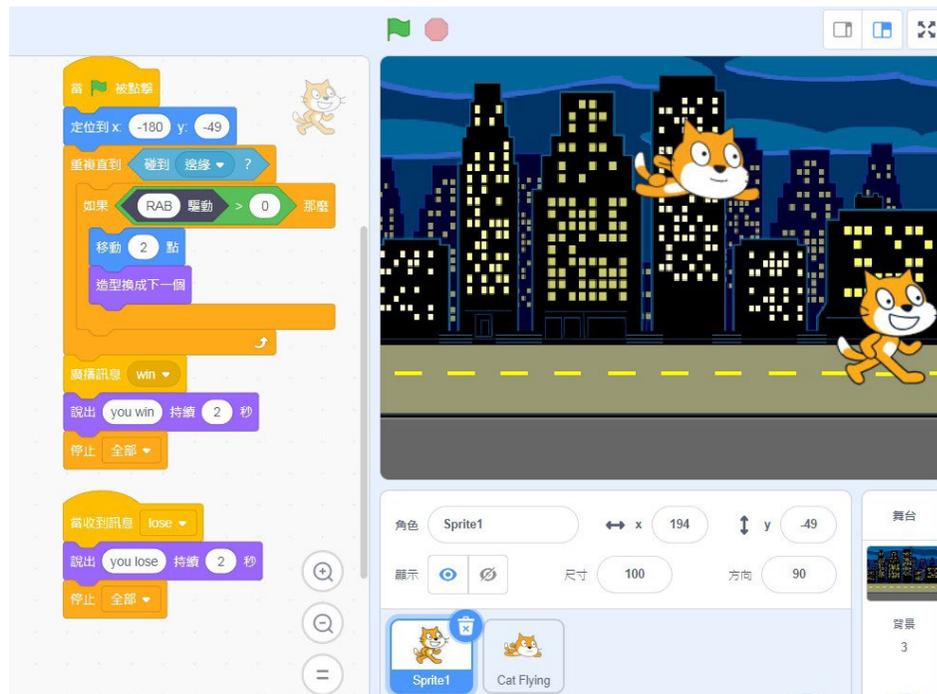
任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 我們目前是以空白鍵來讓貓咪跑步，如果我要用Rabboni來操控貓咪可以嗎？當然可以！只要改變下方這一行程式碼就好了。



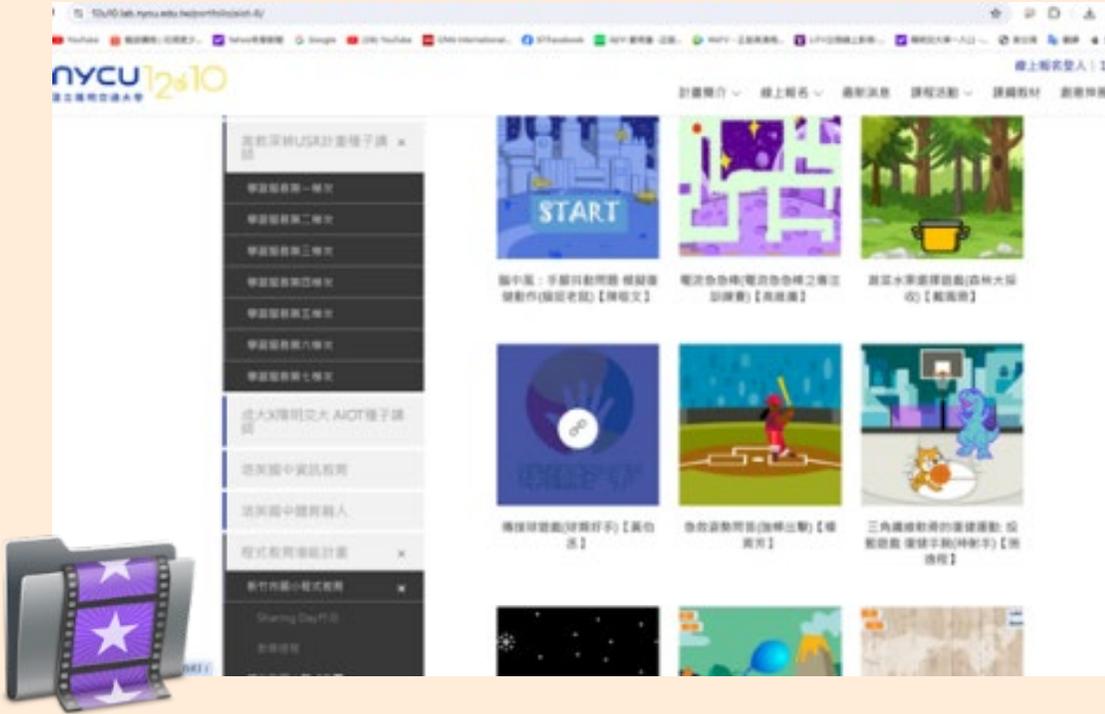
任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 現在可以使勁搖晃Rabboni來贏得賽跑了！

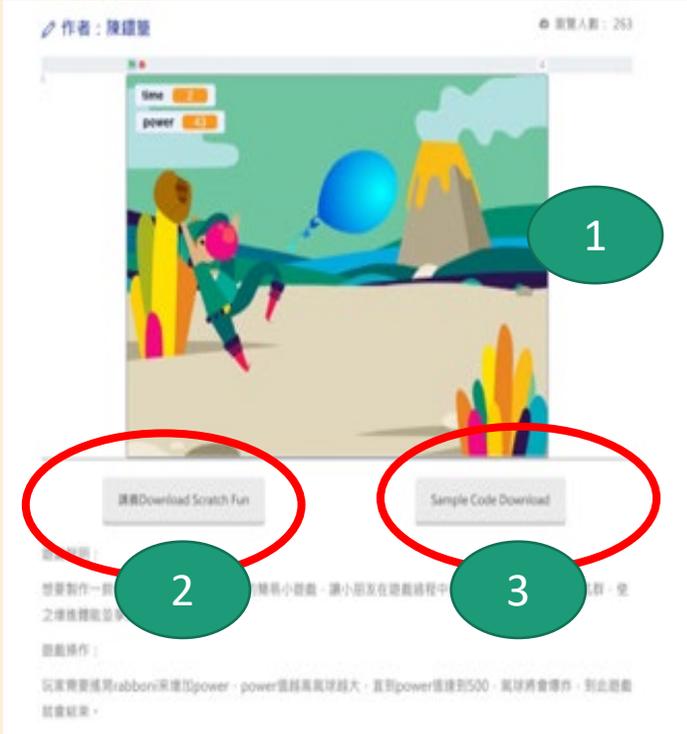


Samples

<https://12u10.lab.nycu.edu.tw/portfolio/aiot-6/>



大哥哥大姊姊帮大家準備了100 + 講義/
程式碼唷



1. 從主畫面觀看視頻
2. 下載 PPT
3. 下載源 sb3. Source Code