BeLight™
nycu AI Semiconductor

悅讀AI半導體

Rabboni 的AI半導體世界

Rabboni
AI semiconductor

J Junior High School

編輯 溫瓌岸
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

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。

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.

課程地圖

JS1 JS2 JS3 JC1 JA1 JA2

強調重點

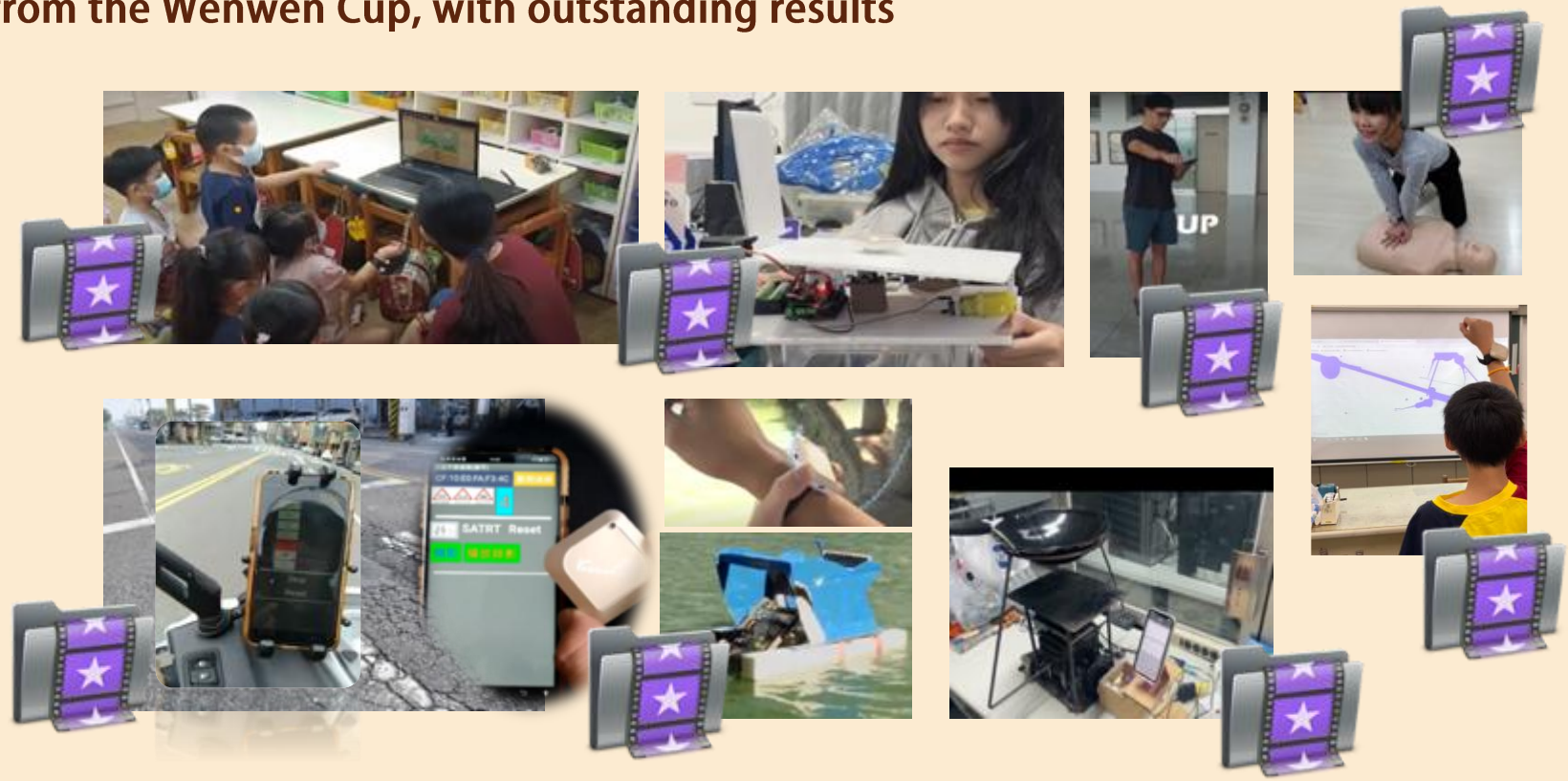
		G 5/G6	CODE	G7/G8/G9	CODE	G10/G11/G12	CODE
半導體	材料	P 型半導體/N 型半導體是甚麼	PS1	半導體材料	JS1	新一代半導體材料	HS1
	元件	二極體 Diode 是甚麼	PS2	三極電晶體 PMOS/NMOS	JS2	新一代半導體元件 FINFET GAA	HS2
	製程	半導體的奇幻工廠	PS3	IC沙子到半導體	JS3	3D 製程封裝技術	HS3
IC	邏輯閘	神奇的積體電路世界	PC1	Binary + Gate	JC1	Gate vs. Transistor	HC1
	EDA			淺談積體電路	JC2	設計流程	HC2
	IC/xPU					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

BeLight™ nycu AI Semiconductor

Play with semiconductor sensors

Seeing young people apply semiconductor intelligent sensing to various fields of life from the Wenwen Cup, with outstanding results



背景說明-2/2

從文文盃成功延伸半導體科普，成果卓越

Lecture notes by colleage students

Lecture notes by high school students.

English Lecture by High School Girl Student

5

課程地圖

課程建議順序，請教師依學習狀況調整

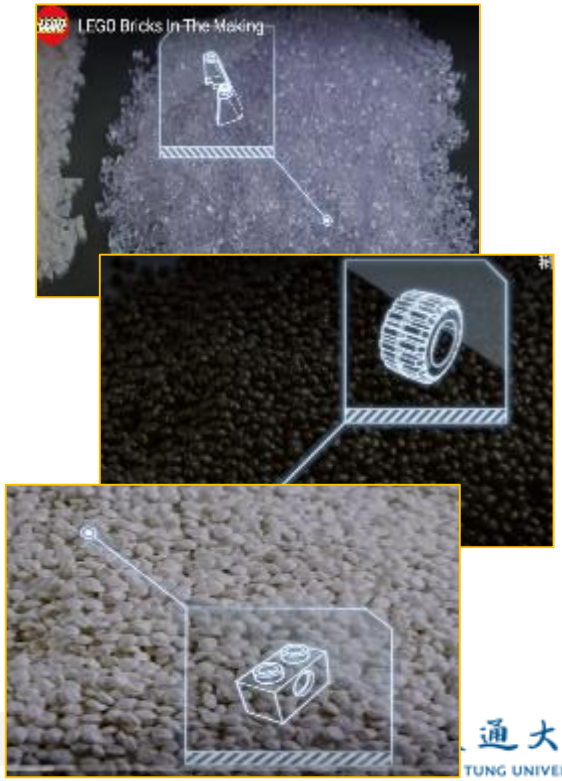
JS1 — JS2 — JS3 — JC1 — JC2 — JA1 — JI

		G 5/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	半導體元件	JS2	新一代半導體元件 FINFET GAA	HS2
	製程	半導體的奇幻工廠	PS3	沙子到半導體到封裝 用樂高做場效電晶體(Option)	JS3	3D 製程封裝技術	HS3
IC	邏輯閘	神奇的積體電路世界	PC1	數位積體電路-0與1的奧秘	JC1	邏輯閘：數位世界的積木	HC1
	EDA			邏輯閘：數位世界的積木	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	半導體感測器+AI	JA1	半導體感測器+AI	HA1
	認識AI **					「啟發 AI 的六堂課」	HA2
產業	產業	AI 半導體創新路	PI	產業分工	JI	AI 半導體產業與展望	HI
	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

材料 — 元件 — 製程



Lego bricks in making

Gate — EDA — xPU

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

JS1

大師第一講：

■半導體材料

半導體材料

什麼半導體？

半導體（英語：Semiconductor）是一種電導率在絕緣體至導體之間的物質或材料。

半導體是製作晶片的原材料，這種物料介於導電的導體與不可導電的絕緣體之間，所以名為「半導體」

半導體用於製造「電晶體」，是一些讓電流以特殊方式通過的元件，而電子產品裡的晶片，包括處理器和記憶體是一種積體電路（IC），裡面包含有數以千萬計的電晶體元件。

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

矽，半導體的王者

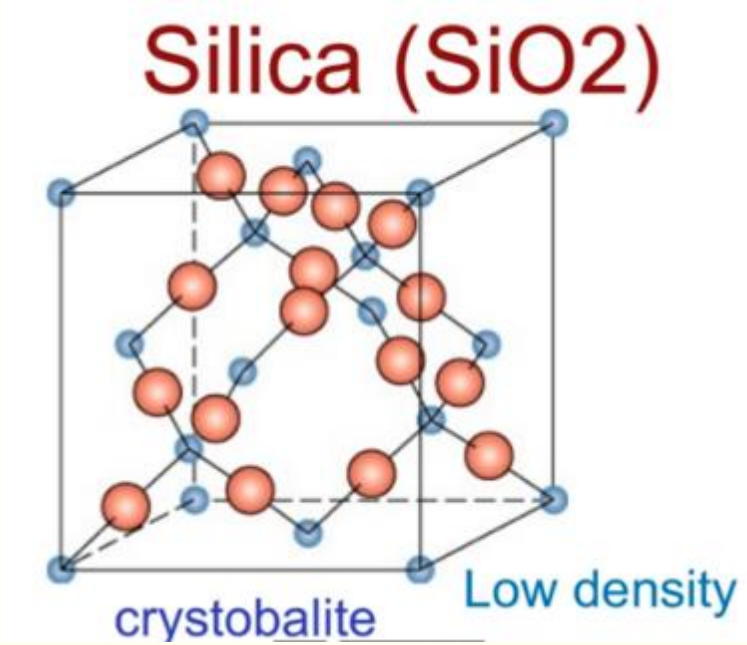
- 矽和矽的化合物的使用歷史悠久，而且用途非常多樣，像是在建築業的黏土或水泥、瓷器玻璃、甚至是各種金屬或化工工業上都需要矽。當然半導體、太陽能板、光纖等高科技產業也是不可缺少。因此，不論是科學家或是工程師都對矽元素和應用一點都不陌生。
- 純矽材料在常溫長壓下，各原子之間會形成共價鍵，此時並沒有多餘的自由電子。

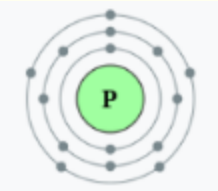
滿天飛舞的沙➔ 矽

沙子一般成分為二氧化矽(SiO2)，常以石英的形式存在，我們常見的泥沙經水洗將泥土分離後成矽砂。

矽砂化學性質穩定和質地堅硬，從建築混凝土、耐火材料、工業噴砂、玻璃製品、玻璃纖維…有非常廣泛用途。

矽砂繼續精煉可產出矽晶棒。

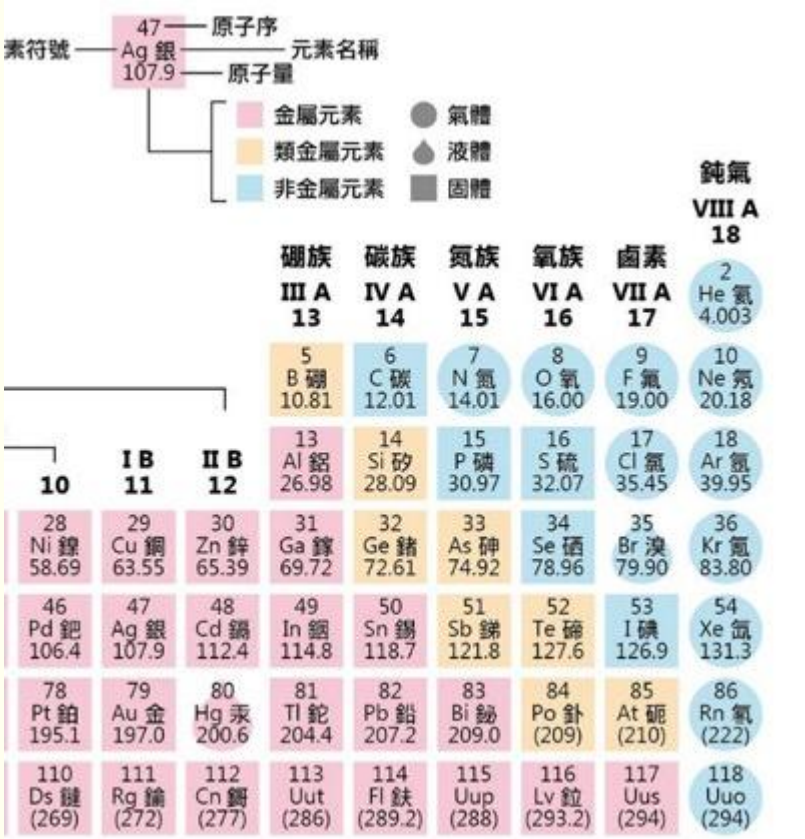




常見的半導體材料

- 常見的半導體材料
  - ➢ 矽(Si)、鍺(Ge)、砷(As)…
- 八隅體規則(八電子規則):

  原子最外一層電子層有八個電子，便會趨向穩定，若不滿8個時，原子間會互相共享或交換電子達到平衡穩定。
- 每個矽原子有4個價電子
  - ➢ 在常溫情況下，各原子之間會形成共價鍵
  - ➢ 此時並沒有多餘的自由電子

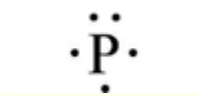


- 價電子: 原子最外層電子殼層的電子

為了讓矽原子同時具有**導電性**，需在其中參雜少量元素，產生電子、電洞

https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%AB%E9%9A%85%E9%AB%94%E8%A6%8F%E5%89%87

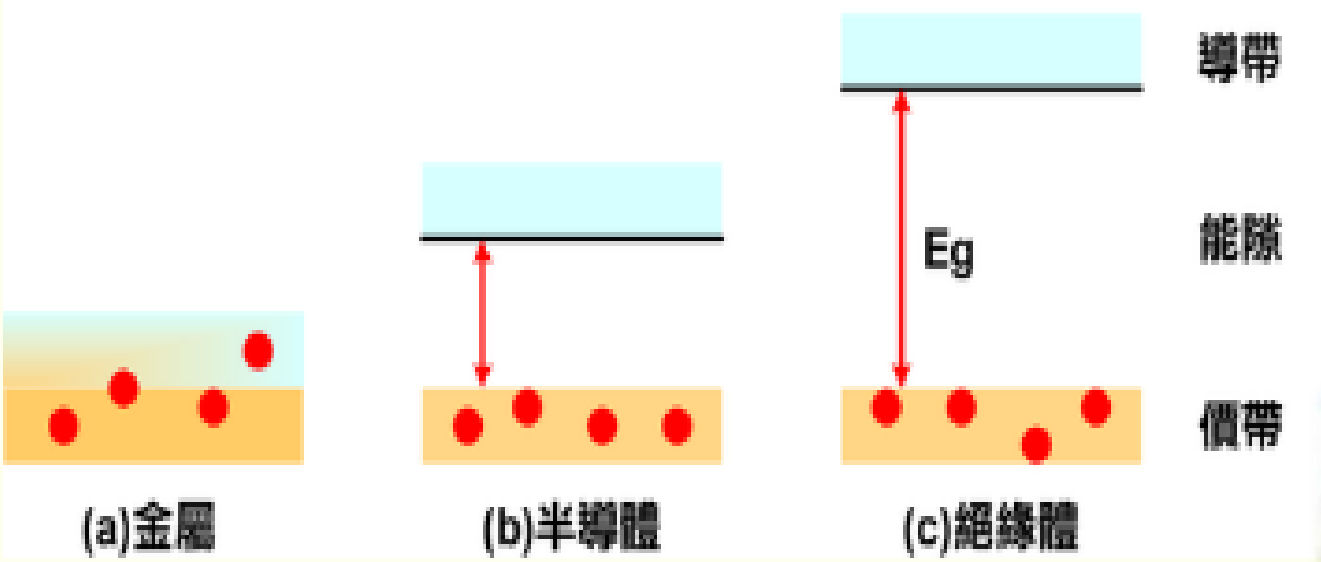
Reference: Not Suggested in Popular Courses



能帶理論

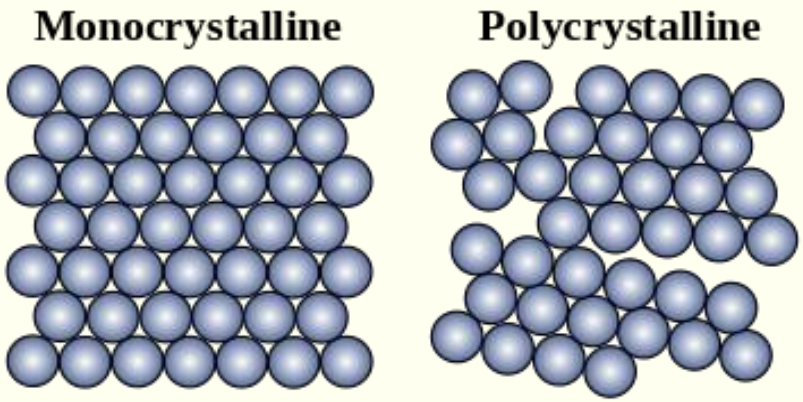
能帶理論（英語：Energy band theory）是用量子力學的方法研究固體內部電子運動的理論。是於20世紀初期，在量子力學建立以後發展起來的一種近似理論。

電子從價帶獲得能量而跳躍至導帶時，電子就可以在帶間任意移動而導電



導體、半導體、絕緣體特性圖

晶矽定義



太陽能板

單晶矽（Monocrystalline silicon）是指由單一晶體結構組成的矽材料，廣泛應用於現代電子設備中

多晶矽（Polycrystalline），是指固體由多顆大小及方向各異的晶粒所構成，而這些晶粒一般都由大量微小的單晶或微晶（微結晶、結晶粒、結晶子）組成[1]。

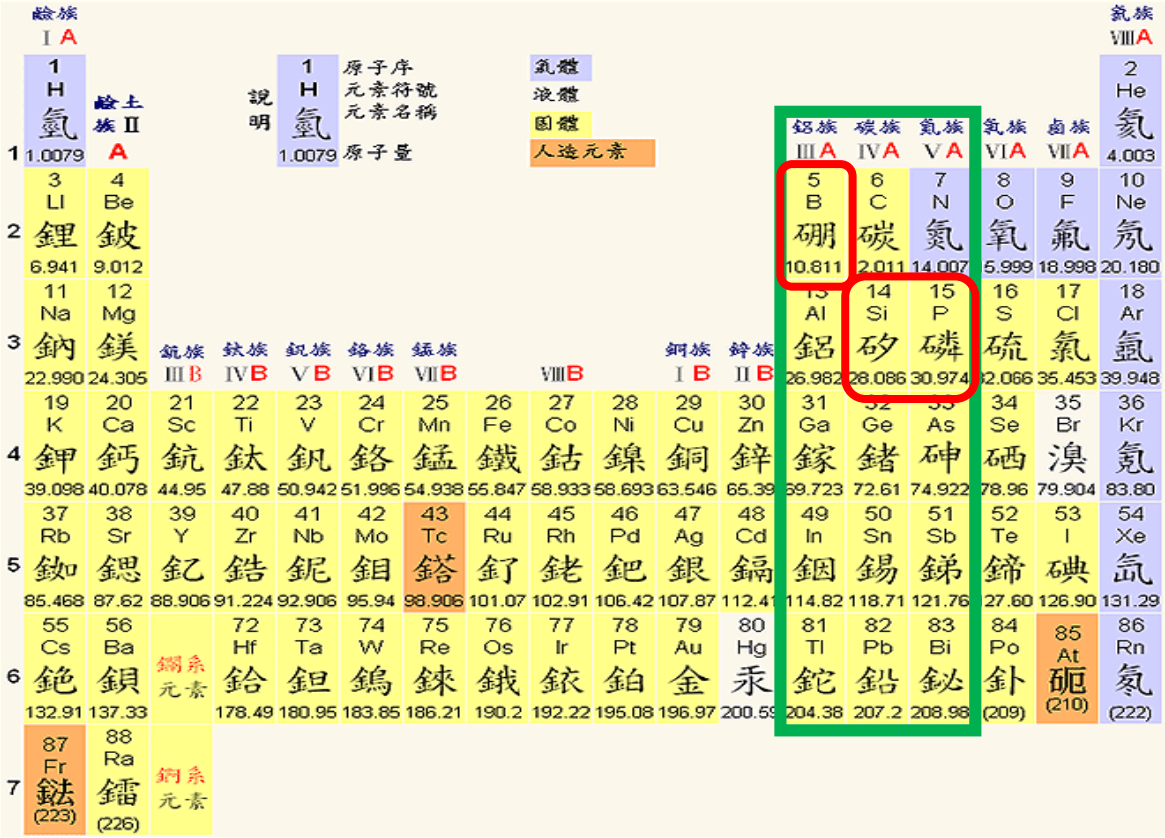
有的晶體是由許許多多的小晶粒組成，若晶粒之間的排列沒有規則，這種晶體稱之為多晶體，如金屬銅和鐵。
但也有晶體本身就是一個完整的大晶粒，這種晶體稱之為單晶體，如水晶和金剛石。
晶體中各原子或離子定向有序排列的就是單晶體，反之則是多晶體，在一定條件下多晶體可轉變為單晶體，同理單晶體也可轉變為多晶體。
生活中還有許多非晶體材料，如玻璃等 amorphous materials

從矽到半導體

摻雜：矽的微整形

純矽中摻雜三價材料(如硼、鋁、鎵、銦)，少1個電子形成電洞成為**P型**半導體。

純矽中摻雜五價材料(如磷、砷、銻)，多1個電子成為自由電子，成為**N型**半導體。

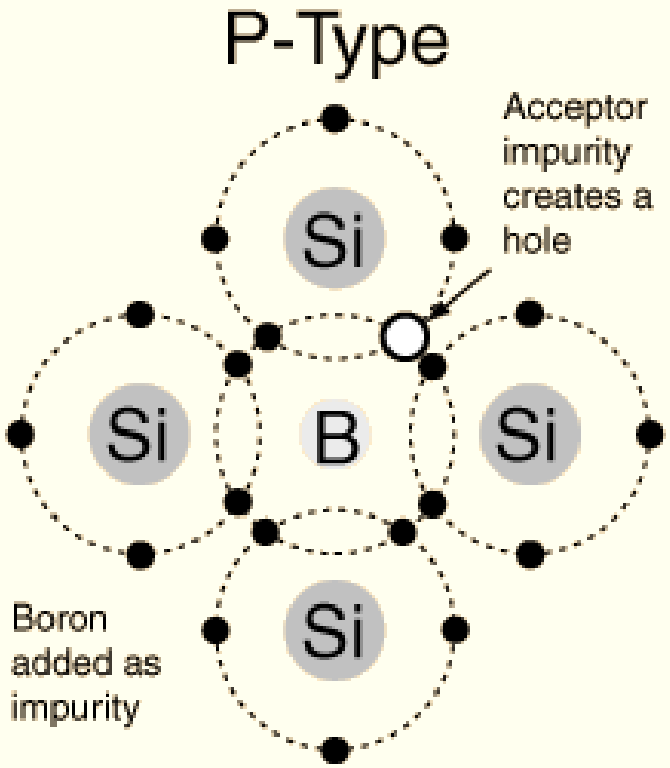


資料來源:[6]

矽摻雜三價元素

電洞
（帶正電荷）

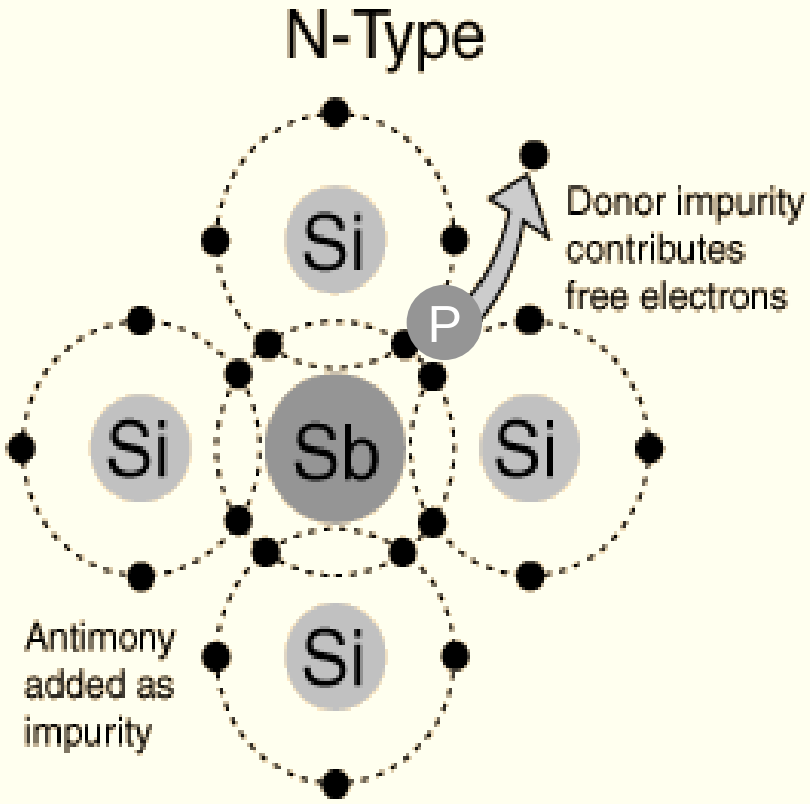
- 與周圍矽產生鍵結時，會缺少一個電子，為滿足八隅體規則，將會搶(吸引)周圍電子，可視為此共價鍵有一個電洞，形成P型半導體
- 常用三價元素：硼 (B,Boron)



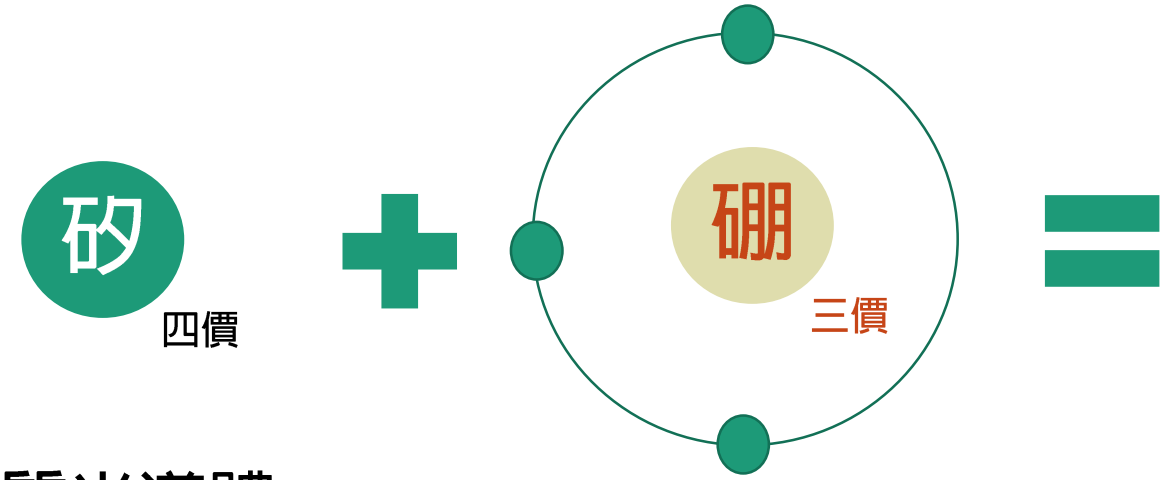
矽摻雜五價元素

- 與周圍矽產生鍵結時，會多出一電子，為滿足八隅體規則，將會丟出一電子，此時產生一自由電子，形成 N型半導體
- 常用五價元素：磷 (P,Phosphorus)

自由電子
（帶負電荷）

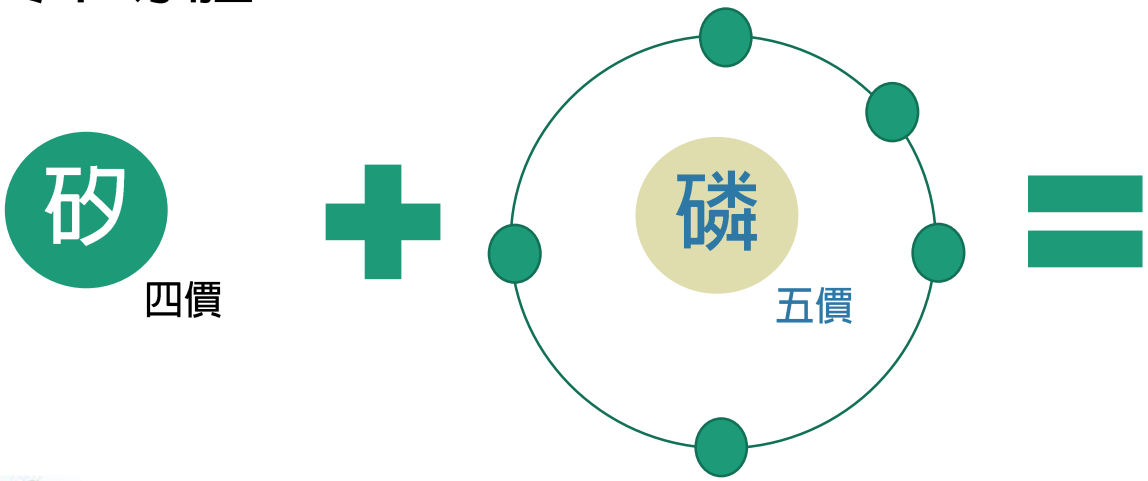


什麼是 P 型半導體 and N 型半導體



P型
半導體

本質半導體



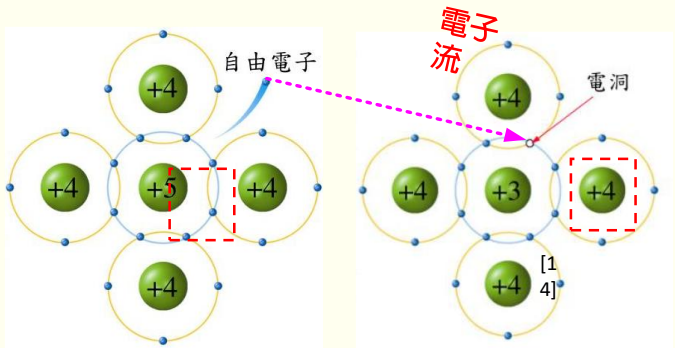
N型
半導體

電子 & 電洞 vs 電(洞)流

- 元素間形成共價鍵後，因為多出or缺少電子形成電子or電洞
  - 電子: 為形成共價鍵後，多出的自由電子。
  - 電洞: 為共價鍵中缺少一電子，造成共價鍵上留下空位的現象
- 當電子與電洞產生時，自由電子會往電洞的方向移動，把電洞補足，使其滿足八隅體，而形成電子流。

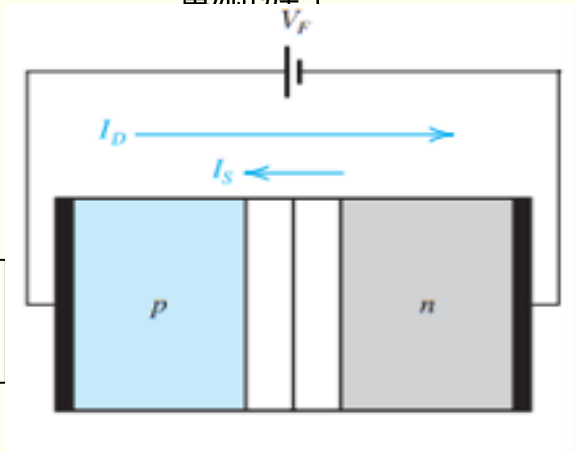
自由電子的形成　　電洞的形成

[12]



[14]

電流的產生



➡ 電(洞)流的方向與自由電子移動方向(電子流)相反

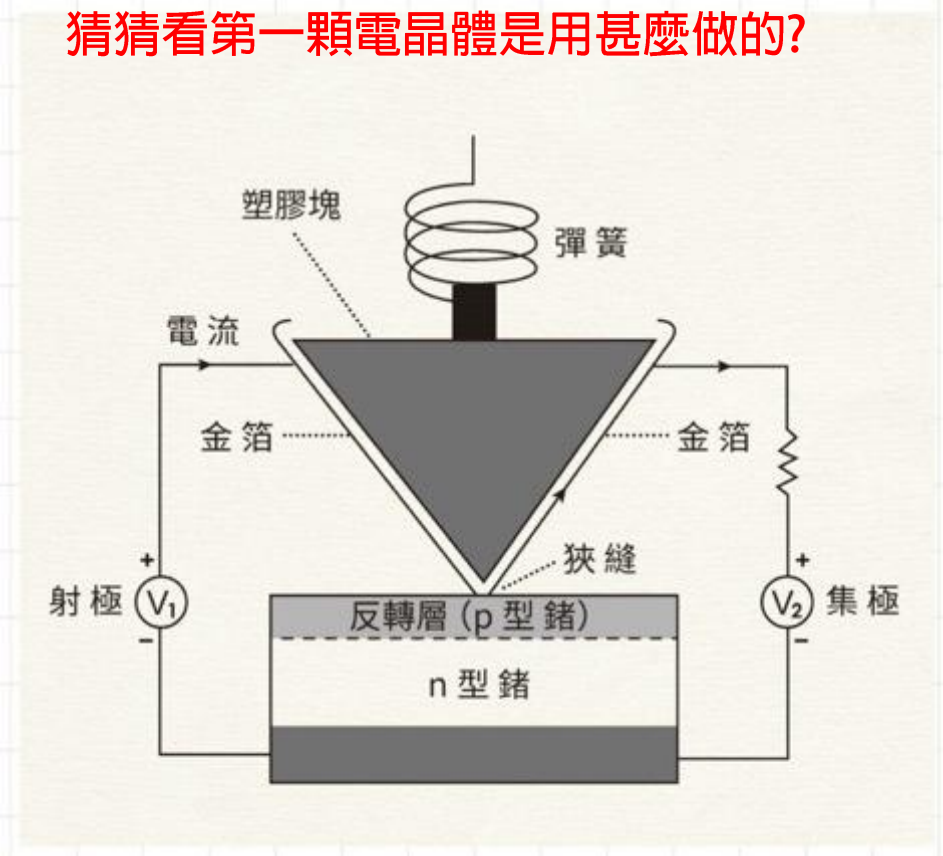
要使 矽 具有 導電性→ 需要 電子、電洞 的產生
→ 參雜特定元素，使其與 矽元素 形成共價鍵後產出電子、電洞

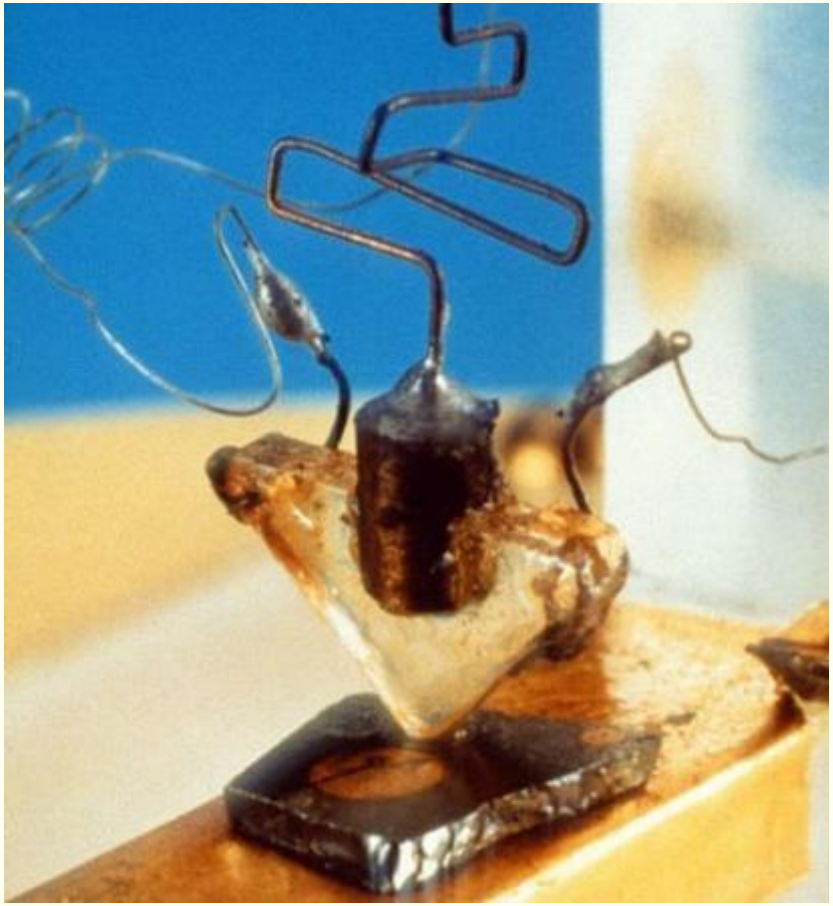
(III A & V A 元素)

圖片出處: https://mypaper.pchome.com.tw/carled31599/post/1380321203

第一顆電晶體

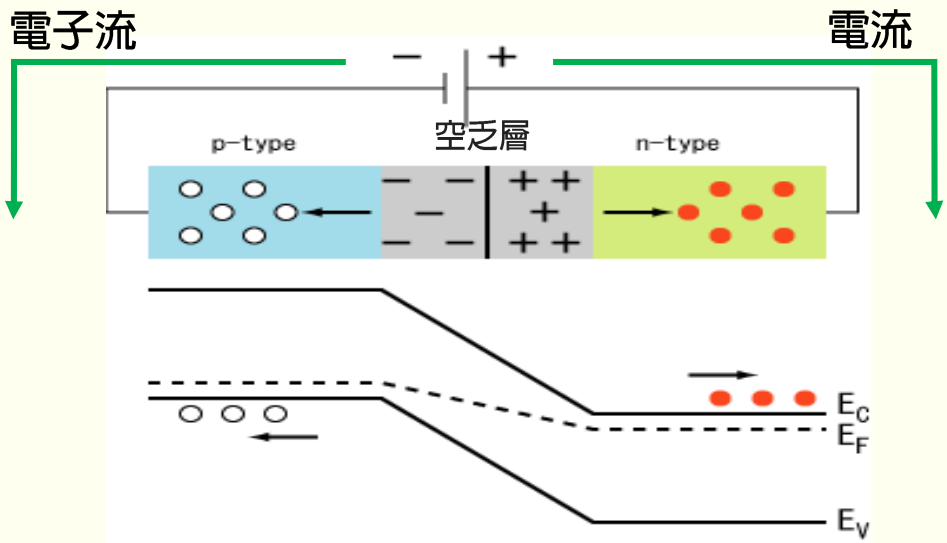
猜猜看第一顆電晶體是用甚麼做的?





https://pansci.asia/archives/351828

材料的神奇:
半導體材料可以做成電晶體，用來當作開關
(一會兒導，一會兒不導=半導體)



在空乏層內部存在「內電場」：N型側帶正電，P型側帶負電。

兩塊區域的交界處為PN接面，晶體允許電子（外部來看）從N型半導體一端，流向P型半導體一端，但是不能逆向流動[15]。

1. (Ec)（導帶邊緣能量）：導帶的最低能量水平。當電子獲得足夠的能量（例如，通過熱激發或光激發）時，它們可以從價帶躍遷到導帶，這樣就能夠自由移動，導致導電性。
2. (Ef)（費米能級）：是費米能級，表示在絕對零度下，系統中電子的最高能量狀態。它是用來描述電子在半導體中的分佈情況的。費米能級的位置會受到摻雜（如n型或p型摻雜）的影響，並且在平衡狀態下，費米能級通常位於導帶和價帶之間。
3. (Ev)（價帶邊緣能量）：是價帶的最高能量水平。價帶中的電子在正常情況下是被束縛的，並且不參與導電。當電子從價帶躍遷到導帶時，會留下空穴（hole），這也是導電的一種形式。

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 …

JS2

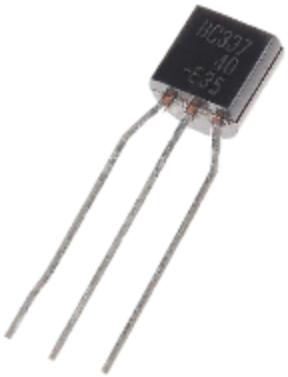
大師第二講：
半導體元件

- 回顧二極體
- 談談三極電晶體

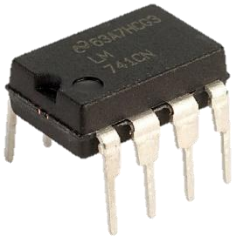
半導體可以用來做什麼➔從元件開始

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:

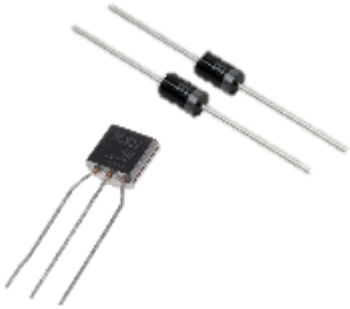


「細胞」是組成生物體的最小單位
「不同的細胞」排列組合形成不同種類的生物體
「半導體元件」是組成積體電路的最小單位
「不同的半導體元件」排列組合形成不同功能的積體電路



BJT圖片出處：https://littlebirdelectronics.com.au/products/transistor-npn-bc337
Diode圖片出處：https://www.indiamart.com/proddetail/1n4007-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%5

常見的半導體元件有哪些?



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

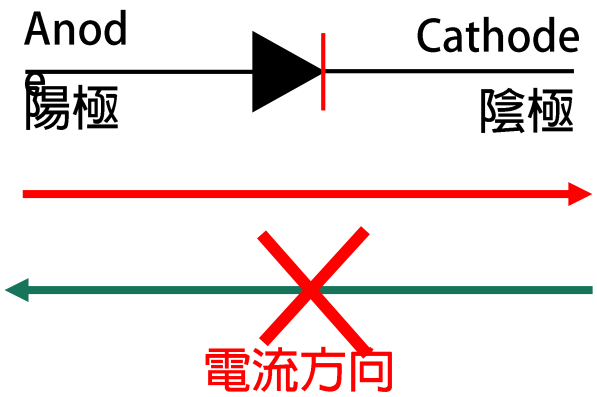
例如電阻、電容、電感

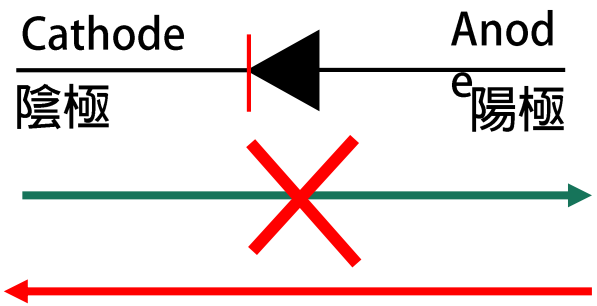
- 半導體元件
  - 主動元件
    - 二極體
    - 電晶體
  - 被動元件
    - 電阻(R)
    - 電感(L)
    - 電容(C)

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

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





開關圖片出處：https://www.trplus.com.tw/p/000282314

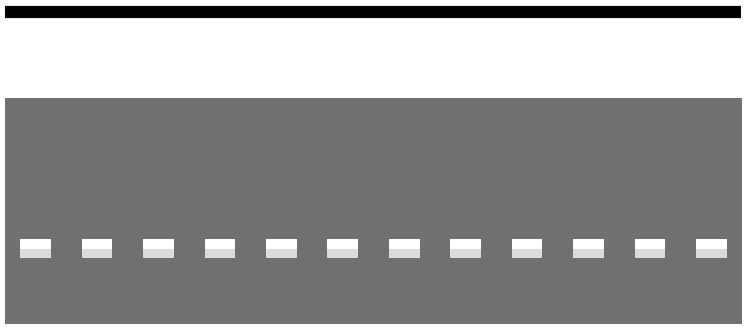
=

PN 接面

二極體的主要功能？

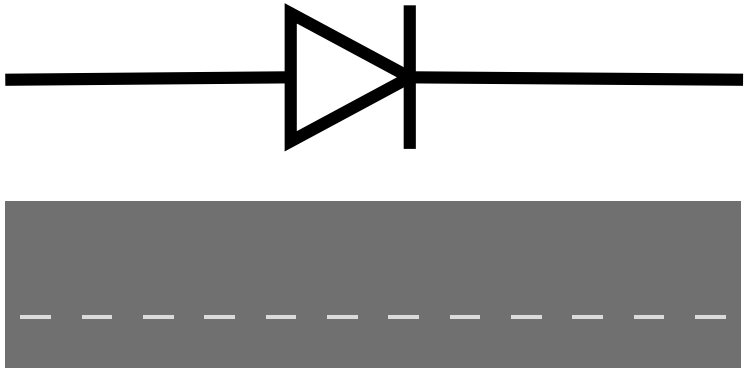
答：**整流！**

一般導線



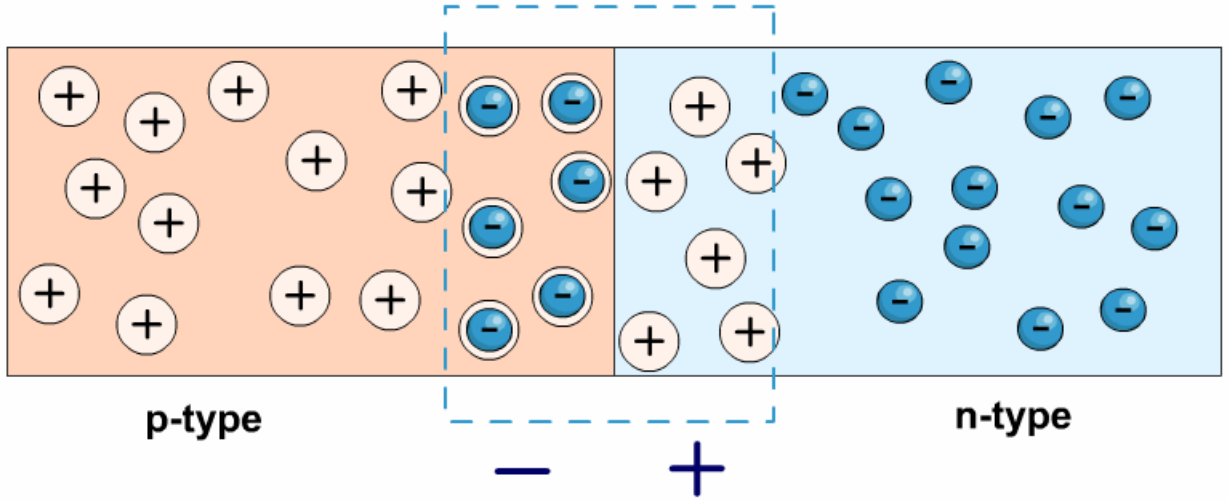
雙向道

二極體



單行道

有電流可導電-PN Junction



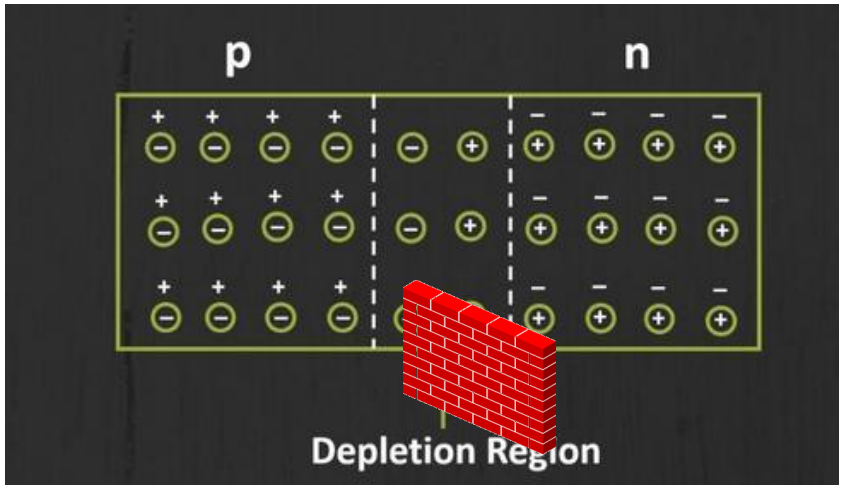
-Semiconductors n-type and p-type are brought together
-Electrons and holes migrate across the junction
-The depletion layer is formed
-A p.d. is set up across the depletion layer

考考各位，要怎樣才能控制這個PN接面導通呢?

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)！。



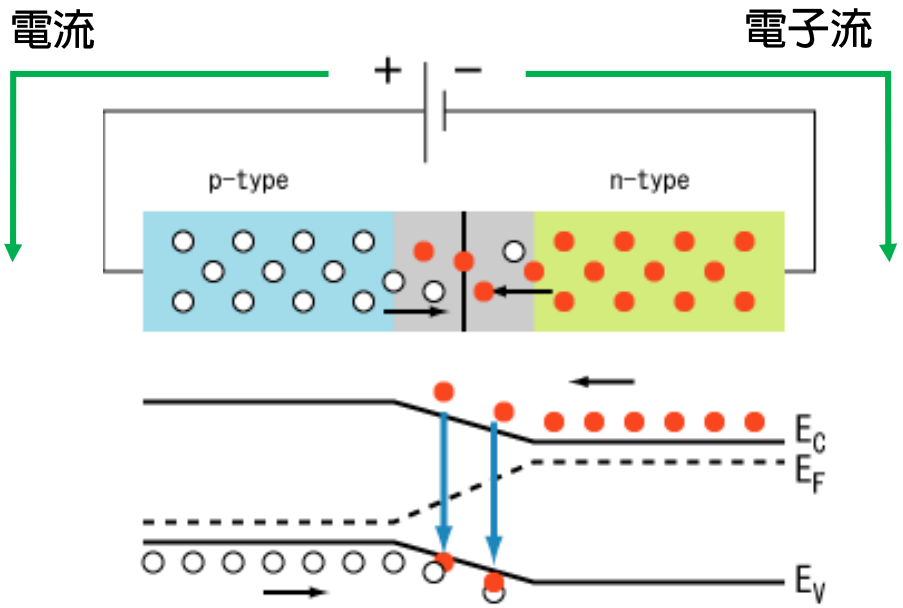
https://www.youtube.com/watch?v=USrY0JspDEg

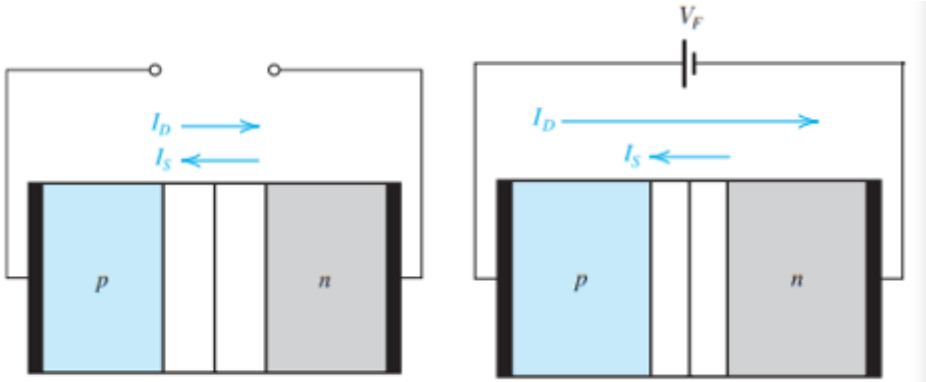
二極體操作模式

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





原始情形　　順向偏壓

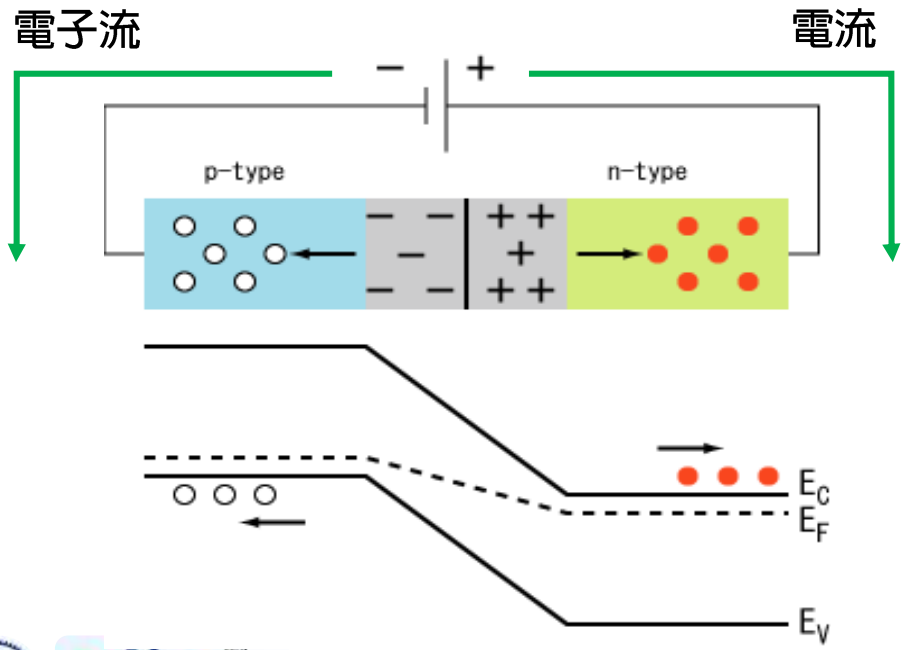
二極體操作模式

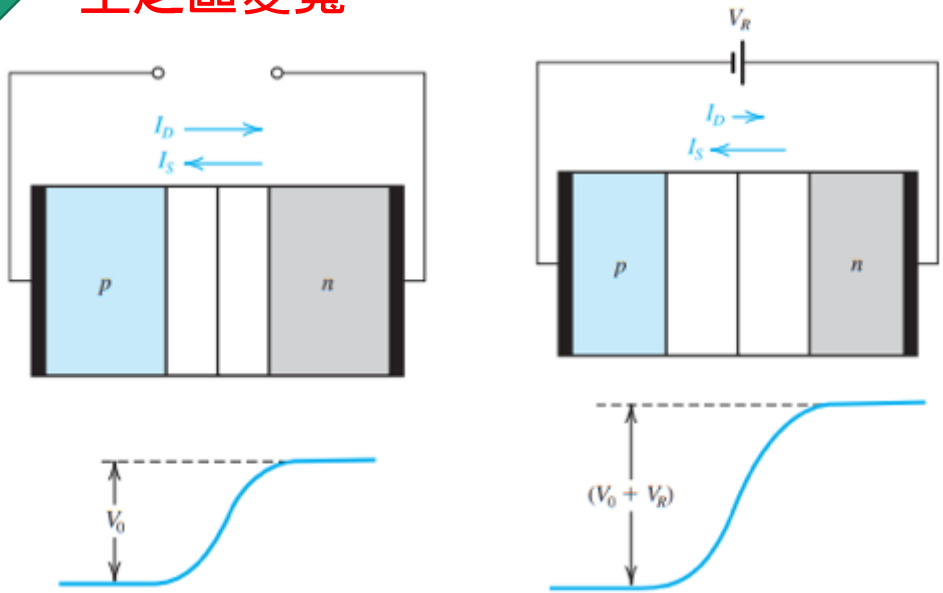
補充

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



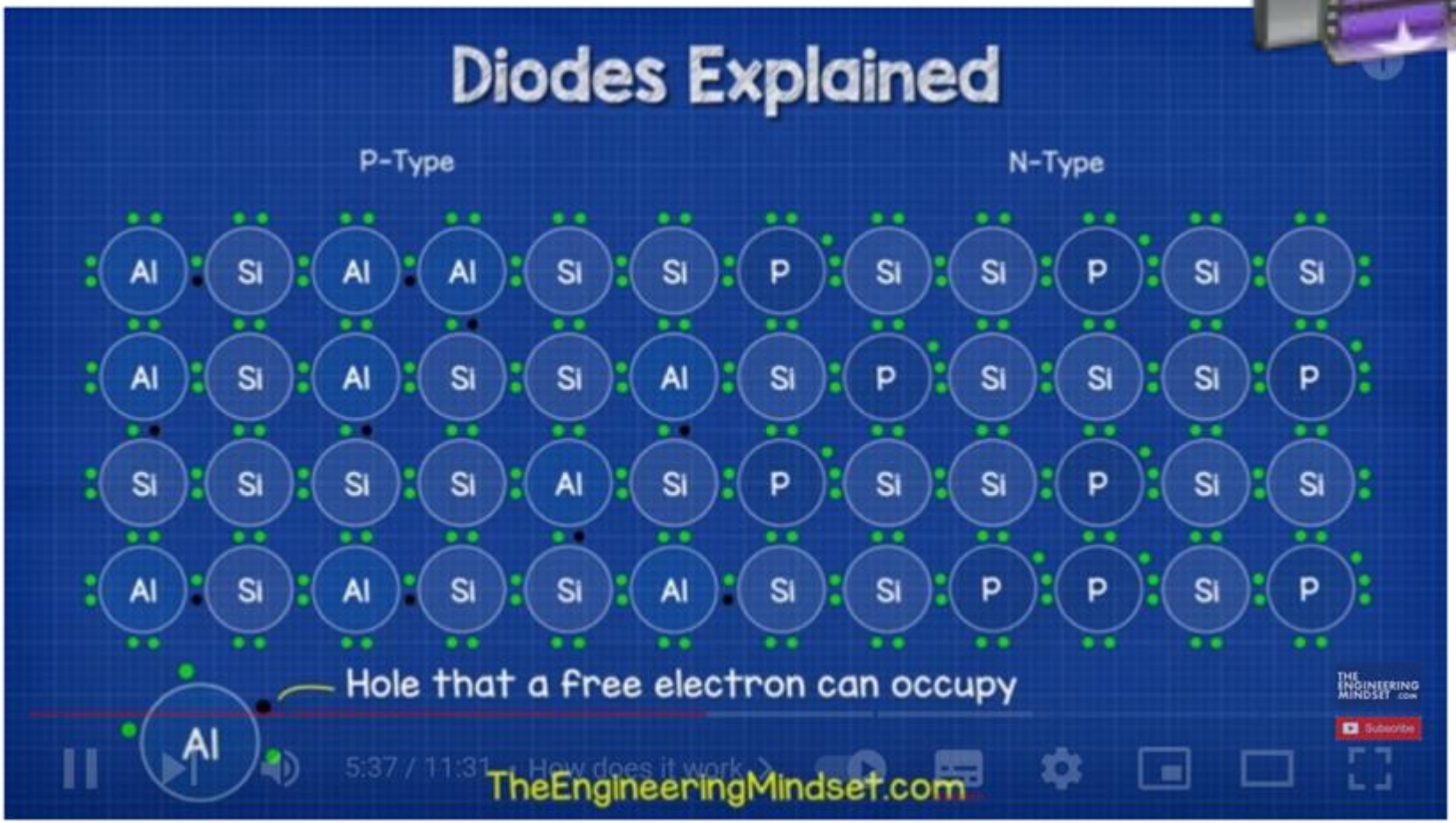


原始情形　　反向偏壓

(Ec)（導帶邊緣能量）(Ef)（費米能級）(Ev)（價帶邊緣能量）

二極體影片

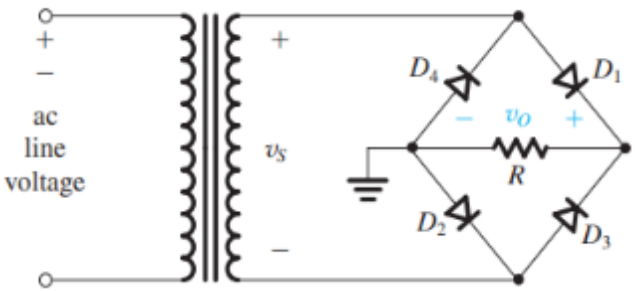
https://youtu.be/I9vCQpwfHms

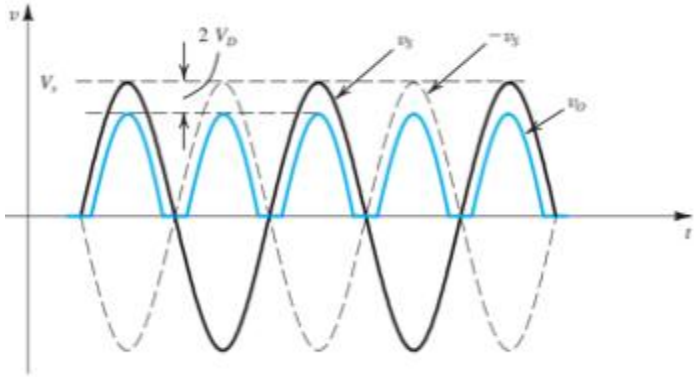


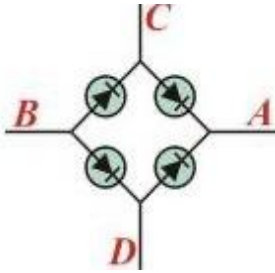
二極體應用

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）

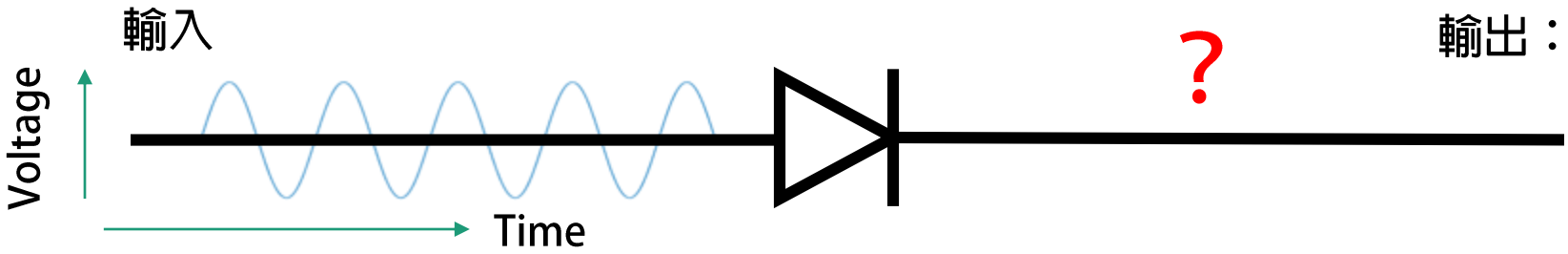
D1、D2導通，D3、D4截止

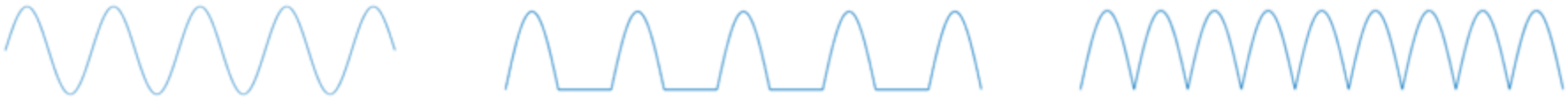
D1、D2截止，D3、D4導通

圖片出處：電子學 Sedra Smith Microelectronic Circuits 7th
橋式整流器圖片出處：https://physexp.thu.edu.tw/~mengwen/edX/EC/PPT-303.pdf

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？

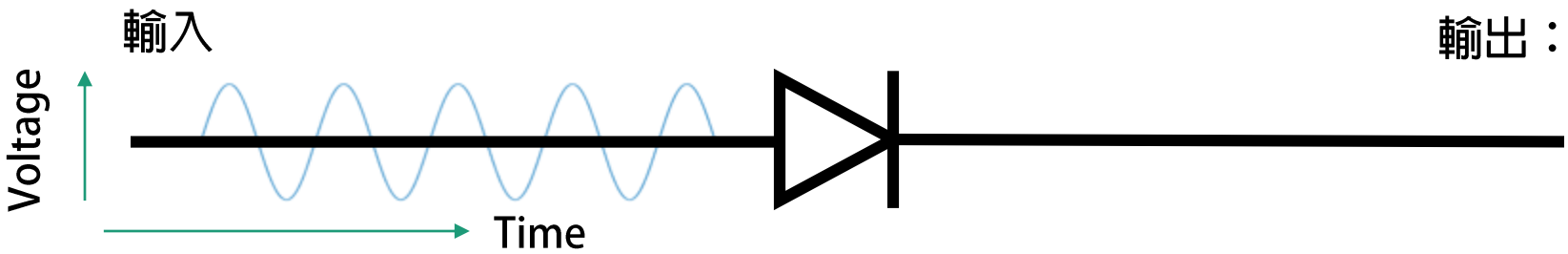


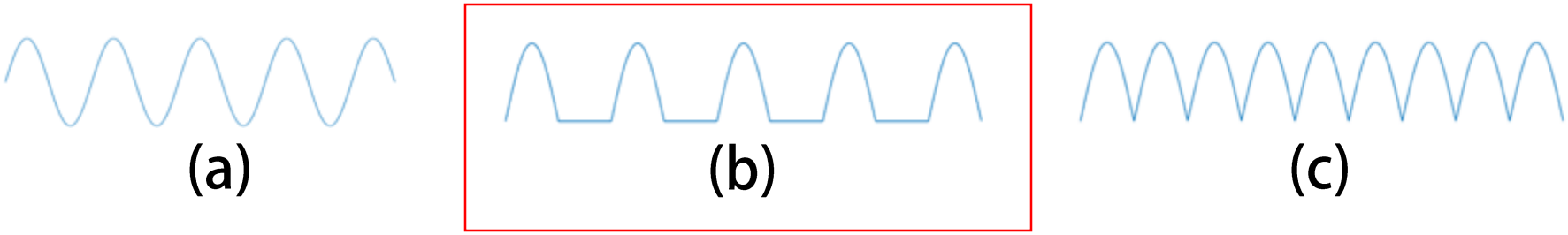


(a) (b) (c)

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？

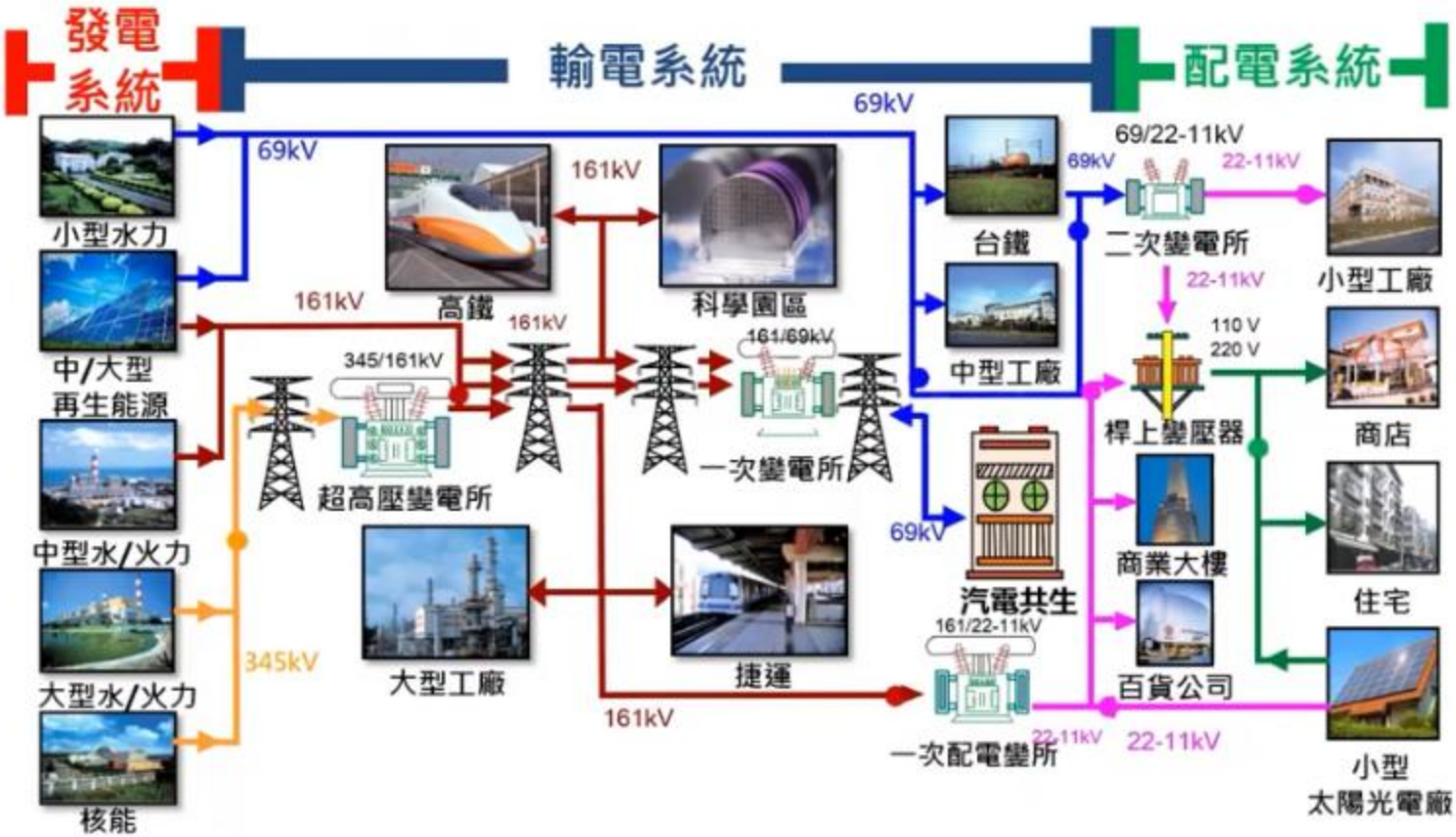




二極體應用

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？



圖片出處：台積電文教基金會

二極體應用

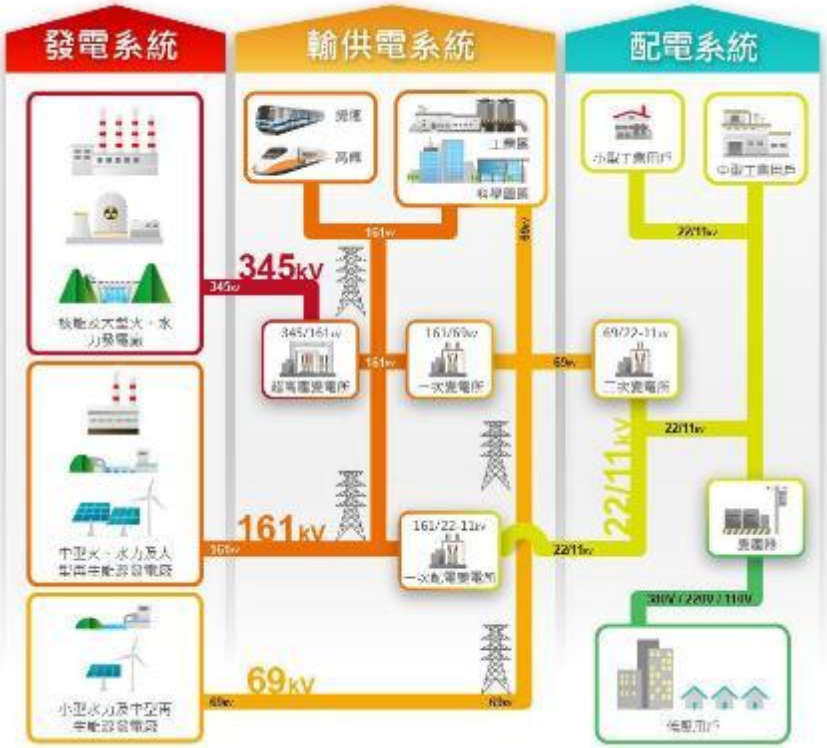
你知道發電廠提供家裡的電是什麼電嗎？ 交流電

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

家用電器多半使用直流電，那該怎麼辦呢？

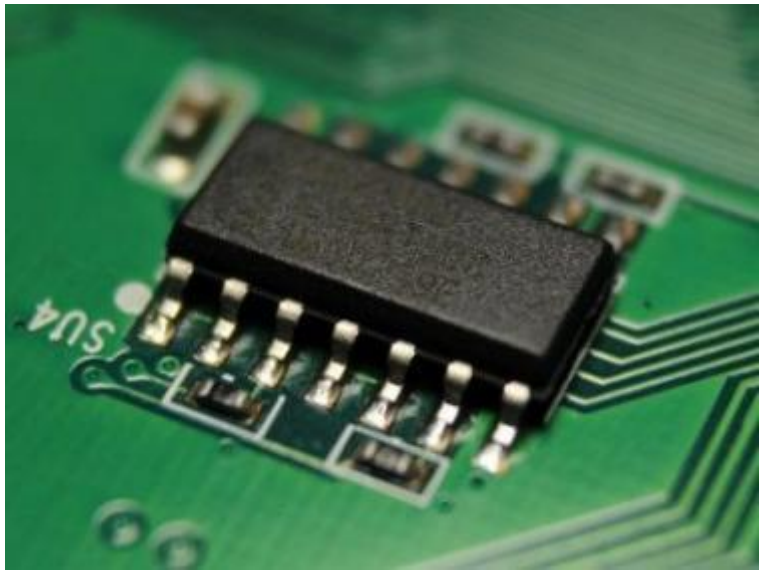
二極體

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

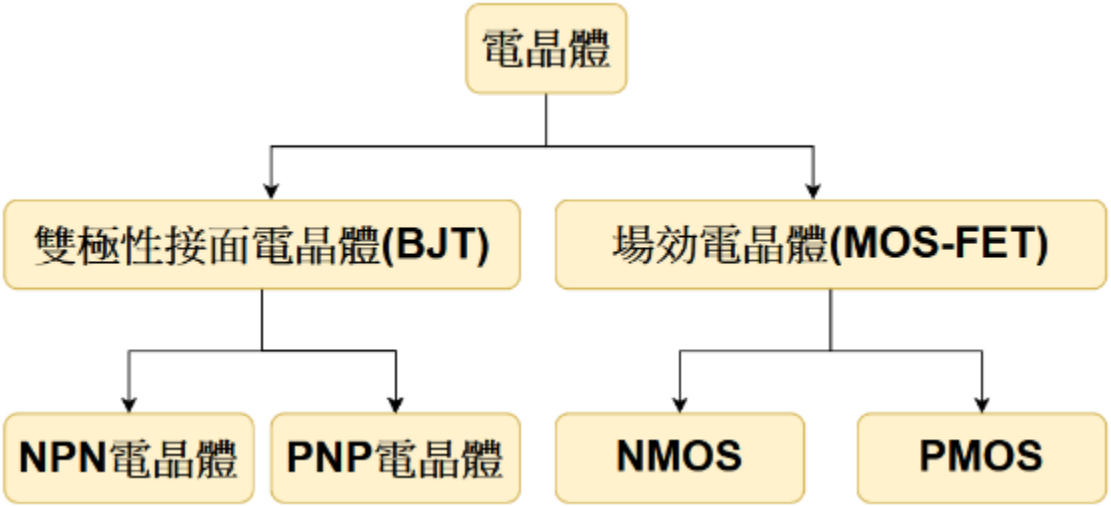


什麼是電晶體(三極體)

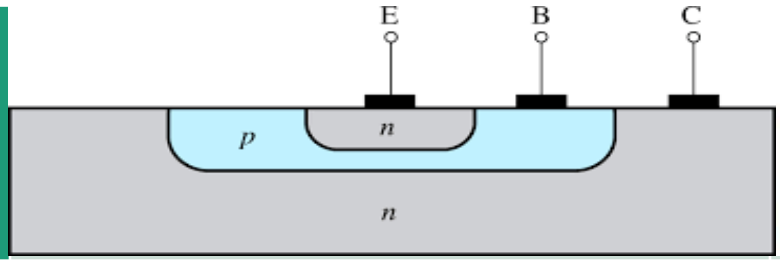
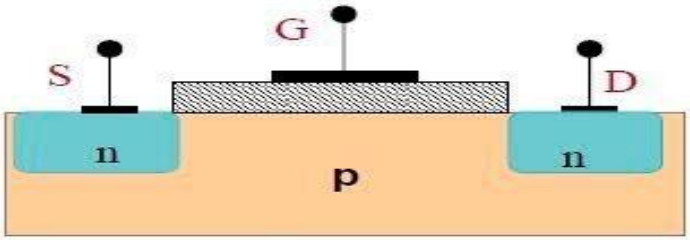
一種具有三個端點的半導體元件(P-N-P or N-P-N)，幾乎存在於任何你想的到的電子產品，為21世紀人們的生活便利做出偉大的貢獻。



電晶體的種類

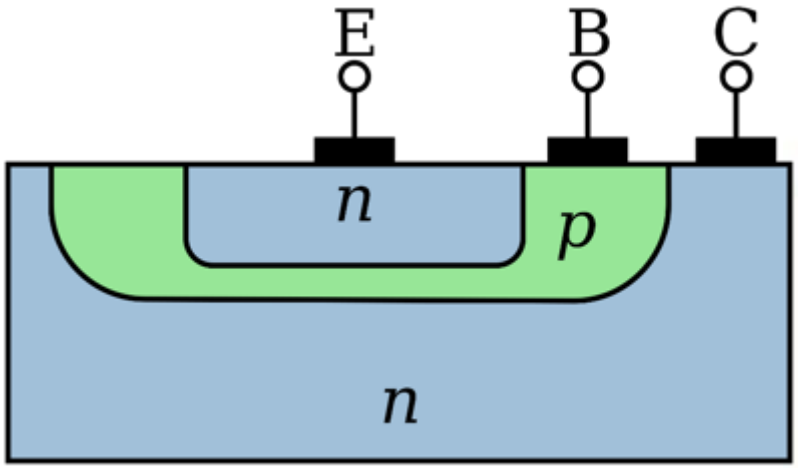


電晶體的種類

	雙極性接面電晶體 (BJT)	場效電晶體 (FET)
圖例		
結構	射極(E)、基極(B)、集極(C)	源極(S)、閘極(G)、汲集(D)
特性	電流控制元件	電壓控制元件
開關	基極(小電流)	閘極(幾乎不漏電)
優點	低電流	高功率
應用	主要使用於類比電路	主要使用於數位電路
使用度	較不廣泛	較廣泛

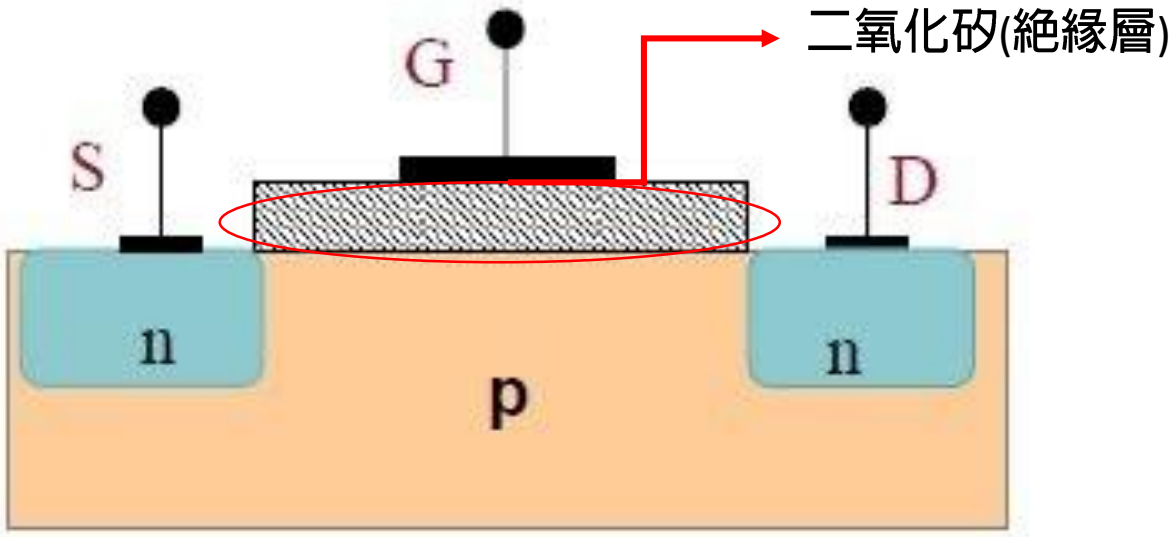
電晶體的介紹

BJT



MOSFET

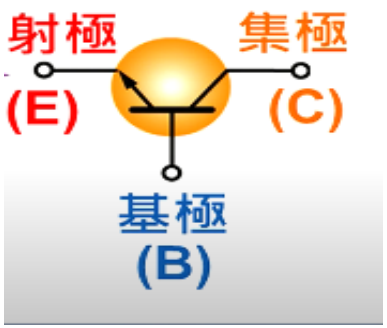
結構比較複雜一點點。。。



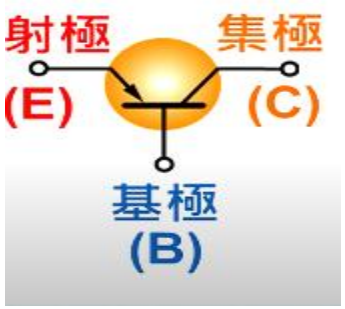
電晶體的介紹

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

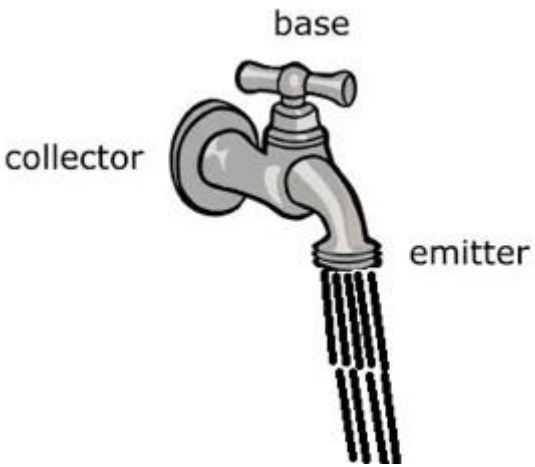
水管的構造來比喻電晶體的動作原理。電晶體有三根引腳。
分別為「射極(emitter)」、「基極(base)」和「集極(Collector)」，
「基極」就像是水管閥門，「集極」就像是水龍頭，而「射極」則像是配管
只要用輕微的力量來控制水管閥門(進入基極的輸入訊號)，
即可將水龍頭所流出來的水量進行調整(進入集極的電流)



NPN電晶體



PNP電晶體



電晶體來源：https://www.youtube.com/watch?v=Z-5OX1vwmPI
水龍頭出處：https://ettron.com/what-is-a-transistor-types-uses-of-transistors/

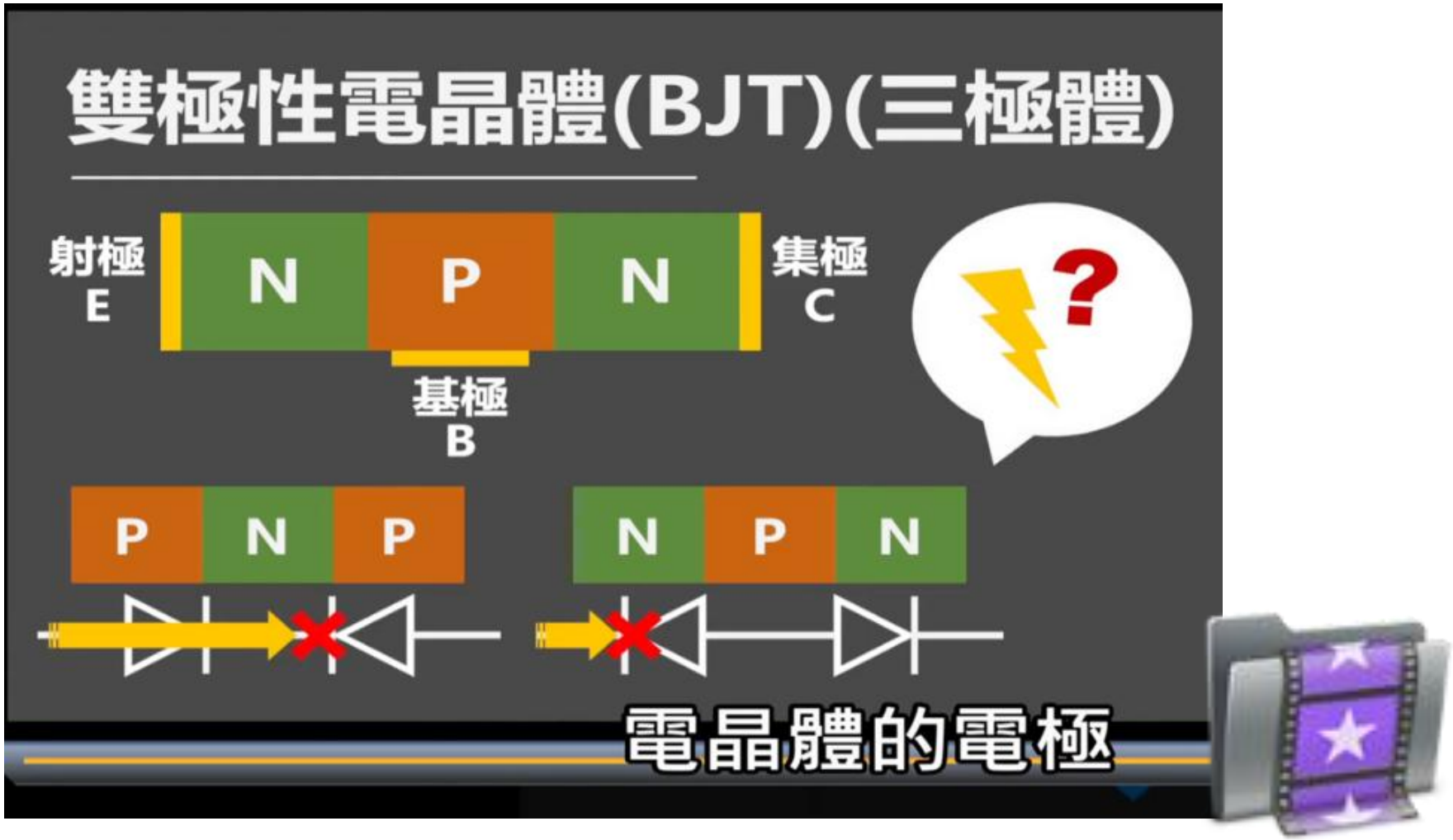
雙極性電晶體(BJT) Bipolar Junction Transistor

E: Emitter

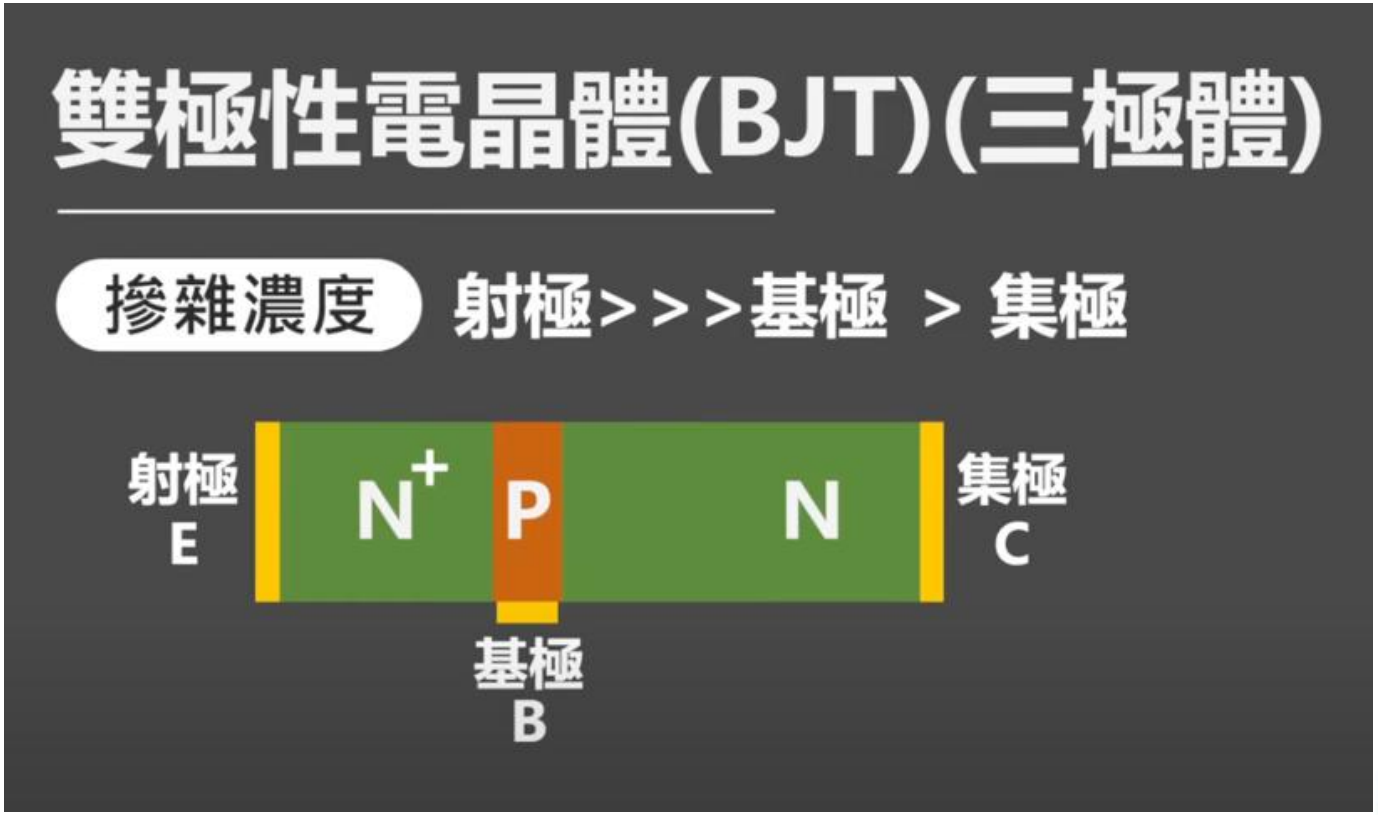
B: Base

C: Collector

【VTuber圖解】電晶體原理解說！MOSFET、雙極性電晶體簡介 – 電子電路基礎知識系列（四）【台灣VTuber荷瑞斯】 (youtube.com)



【VTuber圖解】電晶體原理解說！MOSFET、雙極性電晶體簡介 – 電子電路基礎知識系列（四）【台灣VTuber荷瑞斯】 (youtube.com)



【VTuber圖解】電晶體原理解說！MOSFET、雙極性電晶體簡介 – 電子電路基礎知識系列（四）【宮灣VTuber荷瑞斯】(youtube.com)

電晶體的工作模式

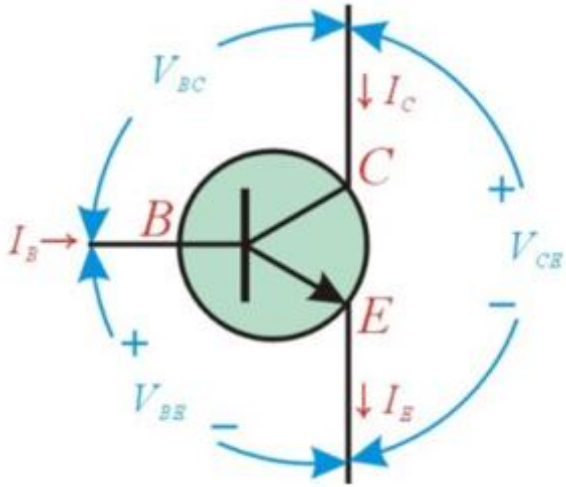
雙極性接面電晶體（BJT：Bipolar Junction Transistor)

(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。

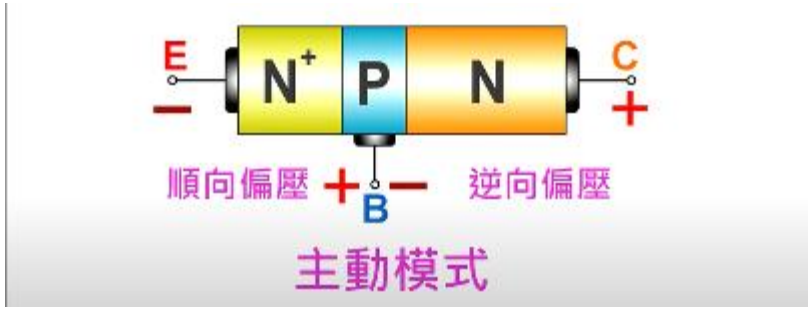
補充

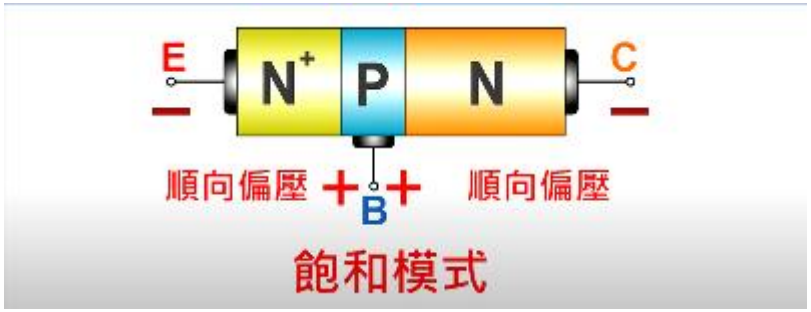
電晶體的工作模式

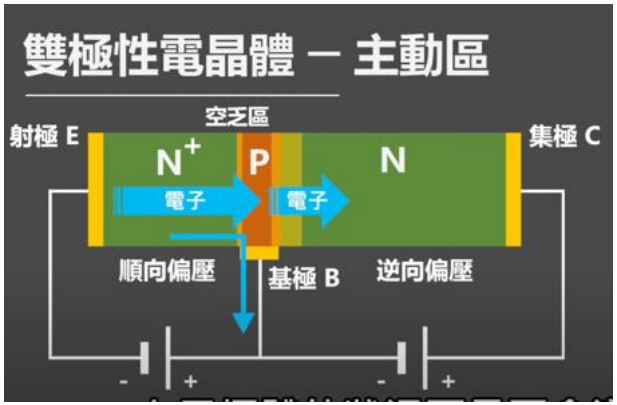
雙極性接面電晶體（BJT：Bipolar Junction Transistor)

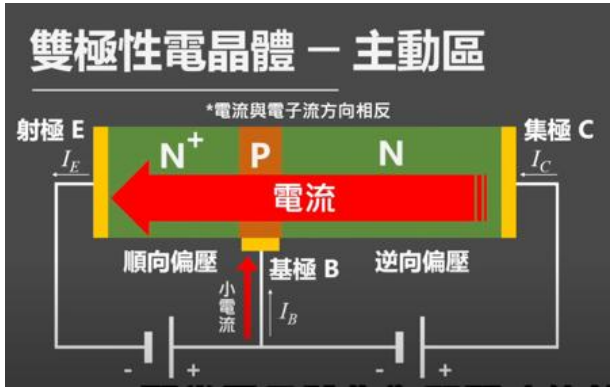
順向偏壓與逆向偏壓：主要看B是否為正，就是B有沒有大於C、E

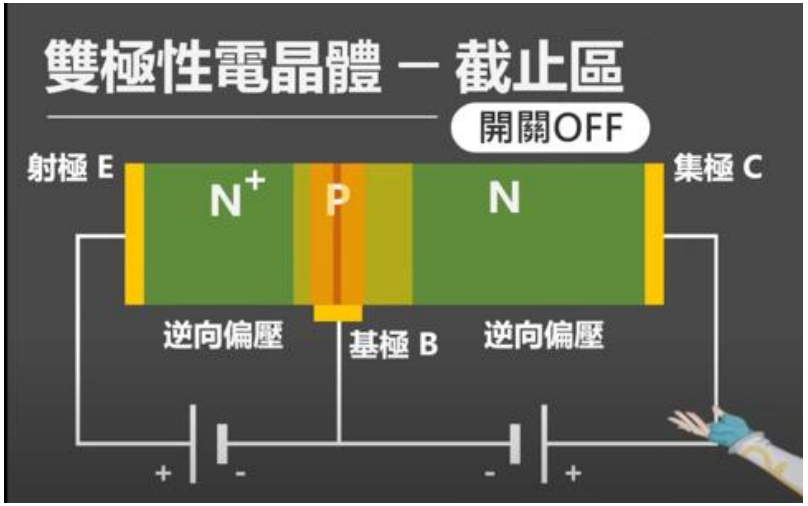
有以下三種模式：主動模式、飽和模式、截止模式

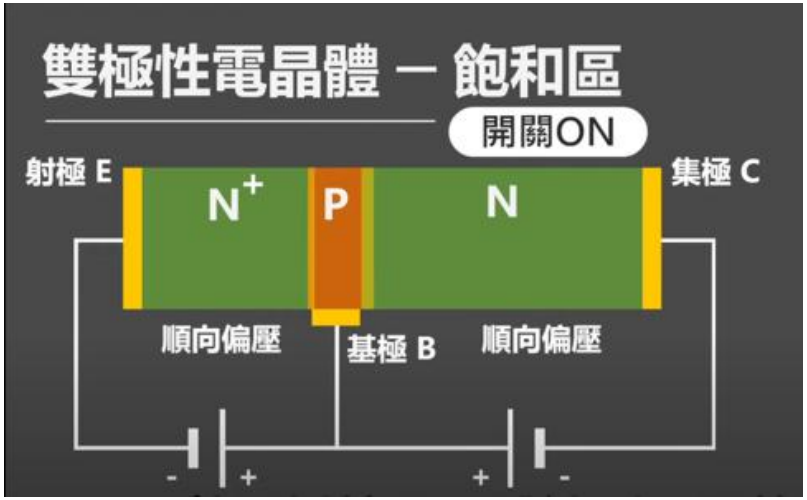










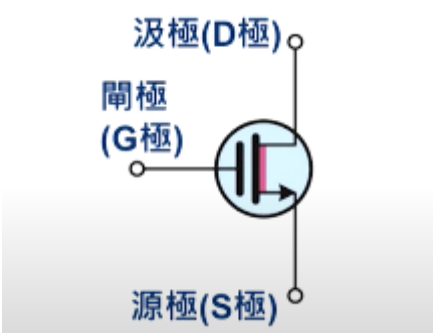


【VTuber圖解】電晶體原理解說！MOSFET、雙極性電晶體簡介－電子電路基礎知識系列（四）【台灣VTuber荷瑞斯】(youtube.com)

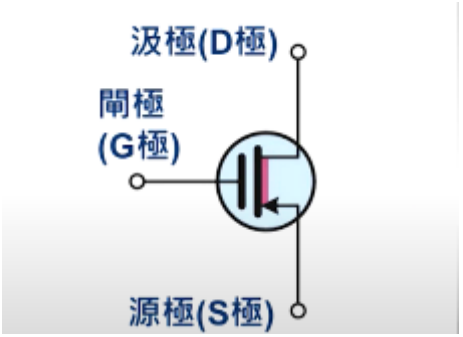
電晶體的介紹

金屬氧化物半導體場效電晶體
（MOSEFT：Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)

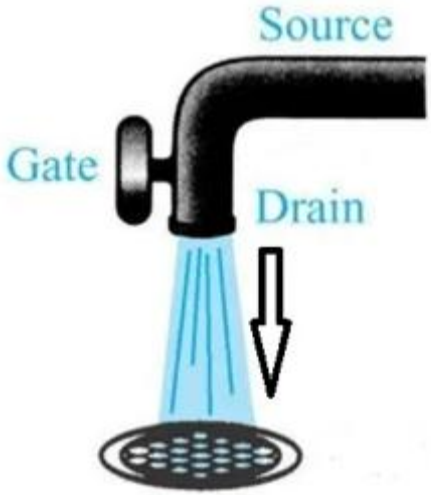
用水管的構造來比喻電晶體的動作原理。電晶體有三根引腳。
分別為「源極(Source)」、「閘極(Gate)」和「汲極(Drain)」，
「閘極」就像是水管閥門，「源極」就像是水的來源，而「汲極」是水流出的地方，
只要用輕微的力量來控制水管閥門(進入閘極的輸入訊號)，
即可將水龍頭所流出來的水量進行調整(進入汲極的電流)



NPN電晶體



PNP電晶體

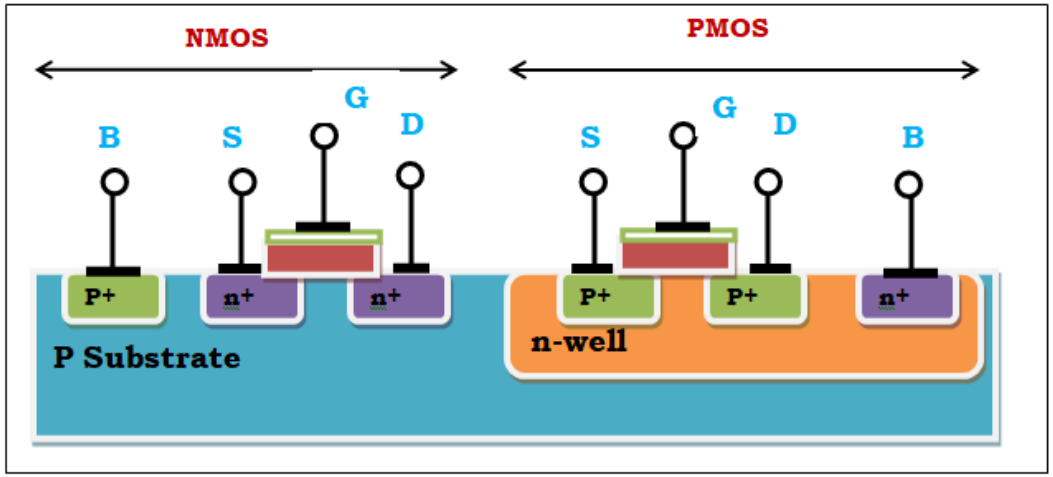


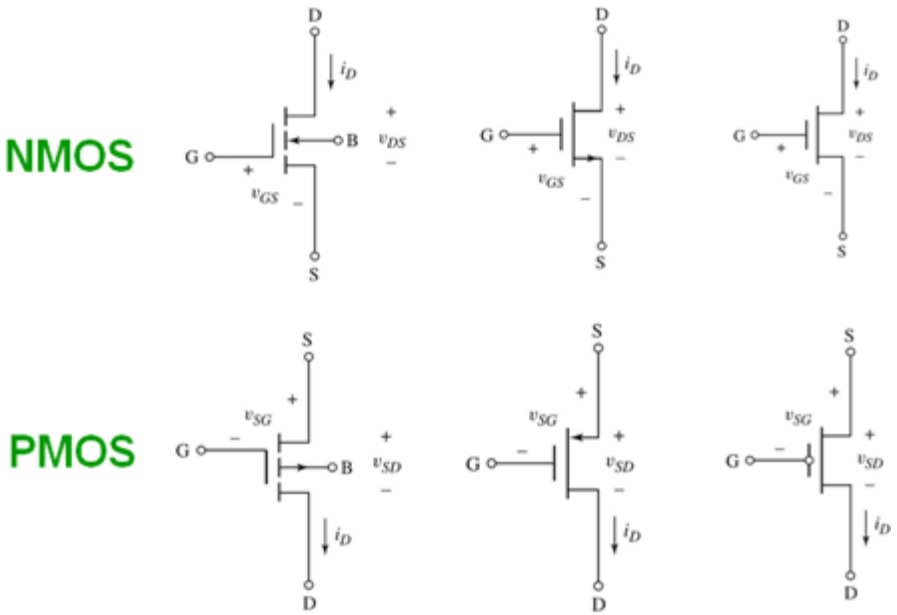
電晶體圖片來源：https://www.youtube.com/watch?v=dzu2Pp8It-s
水龍頭圖片出處：https://ettron.com/what-is-a-transistor-types-uses-of-transistors/

電晶體的介紹

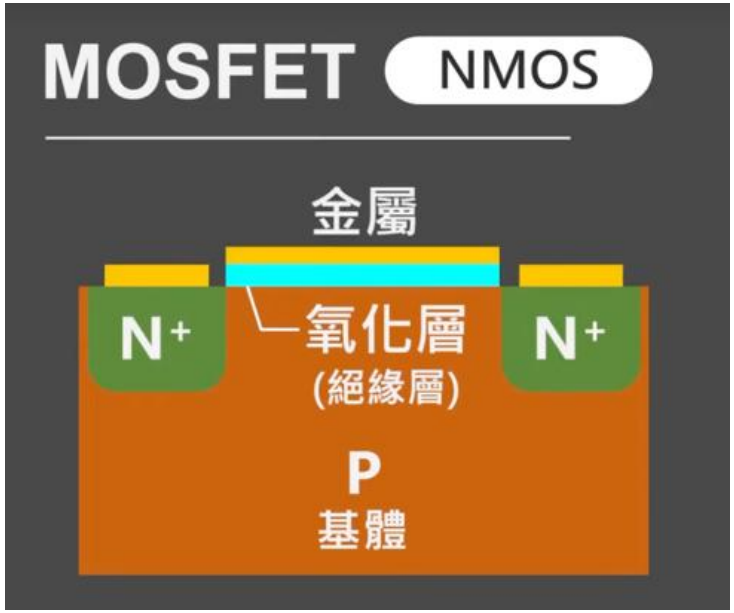
金屬氧化物半導體場效電晶體
（MOSEFT：Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)

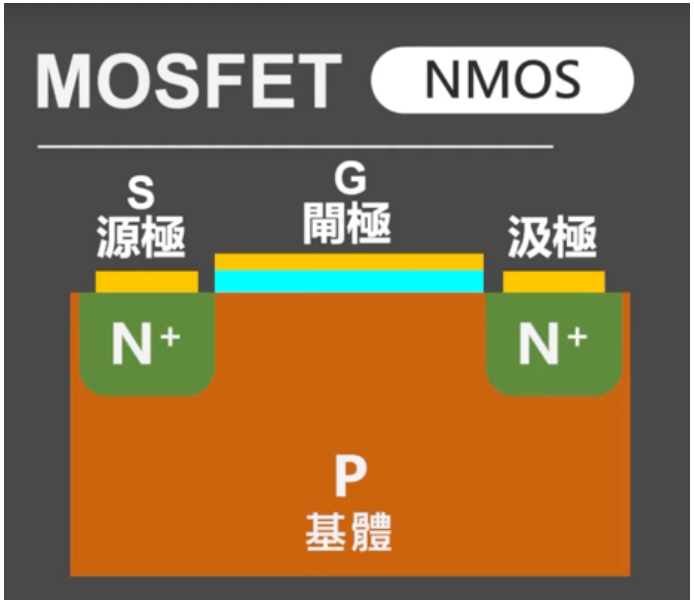
有NPN電晶體與PNP電晶體兩種構造，如圖所示



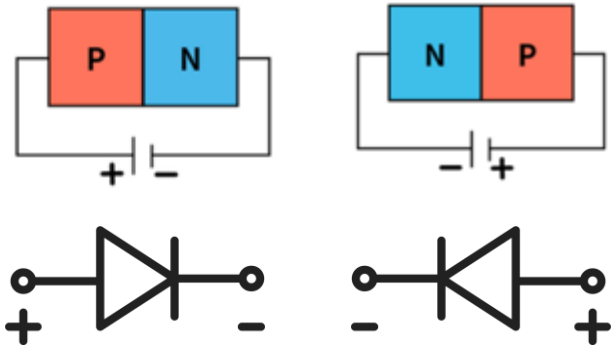


電晶體圖片來源：https://hackmd.io/@BYHUANGJ/Sk2oVJDa5
電晶體電路圖片來源：https://hackmd.io/@Eli/EEPractices_Lab11#MOSFET%E7%B0%A1%E4%BB%8B

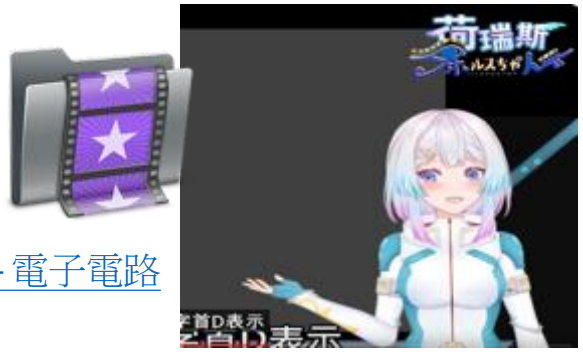




How About PMOS ?

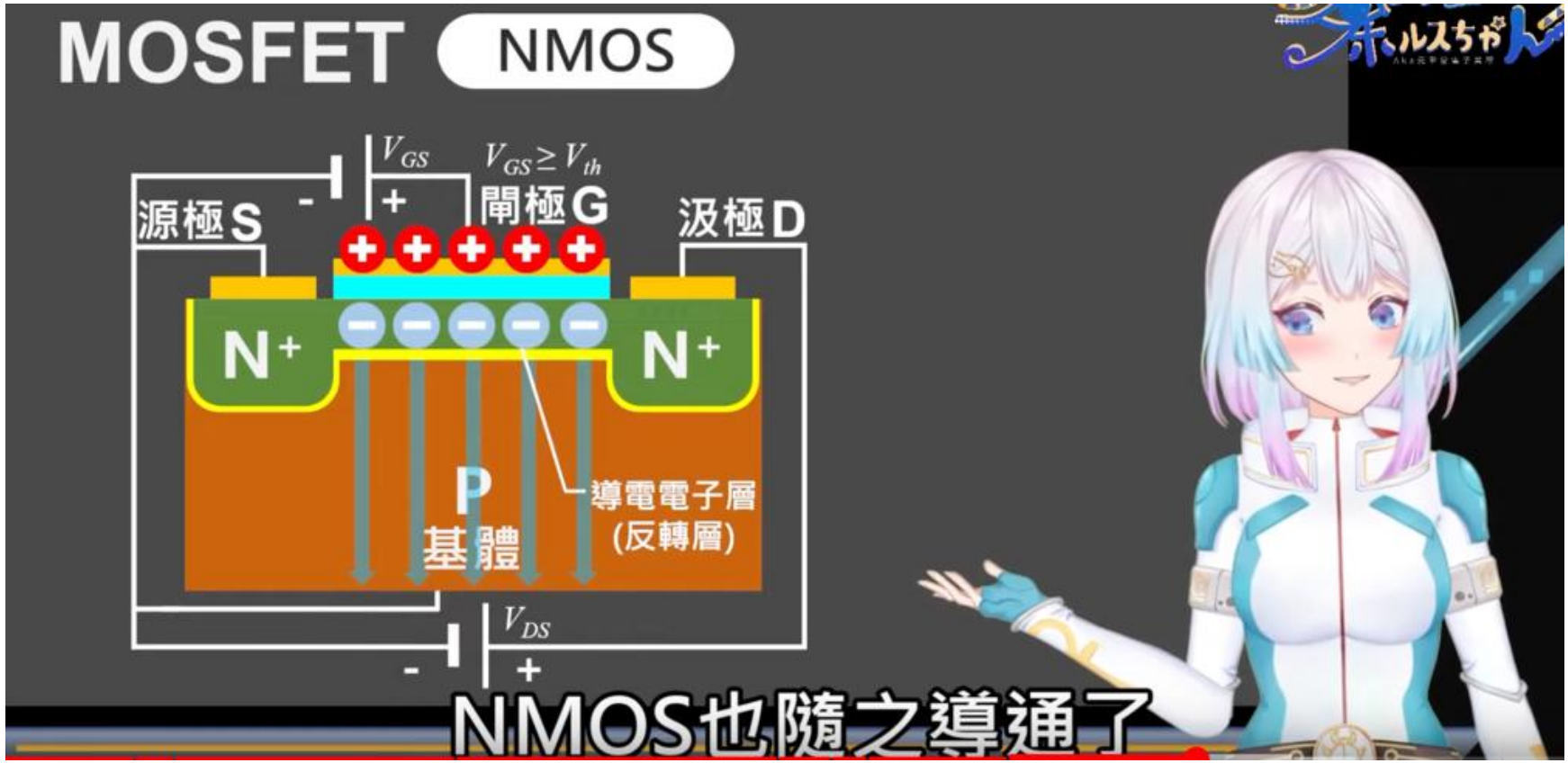


要這樣接才通上，上圖這樣，不通拉！！

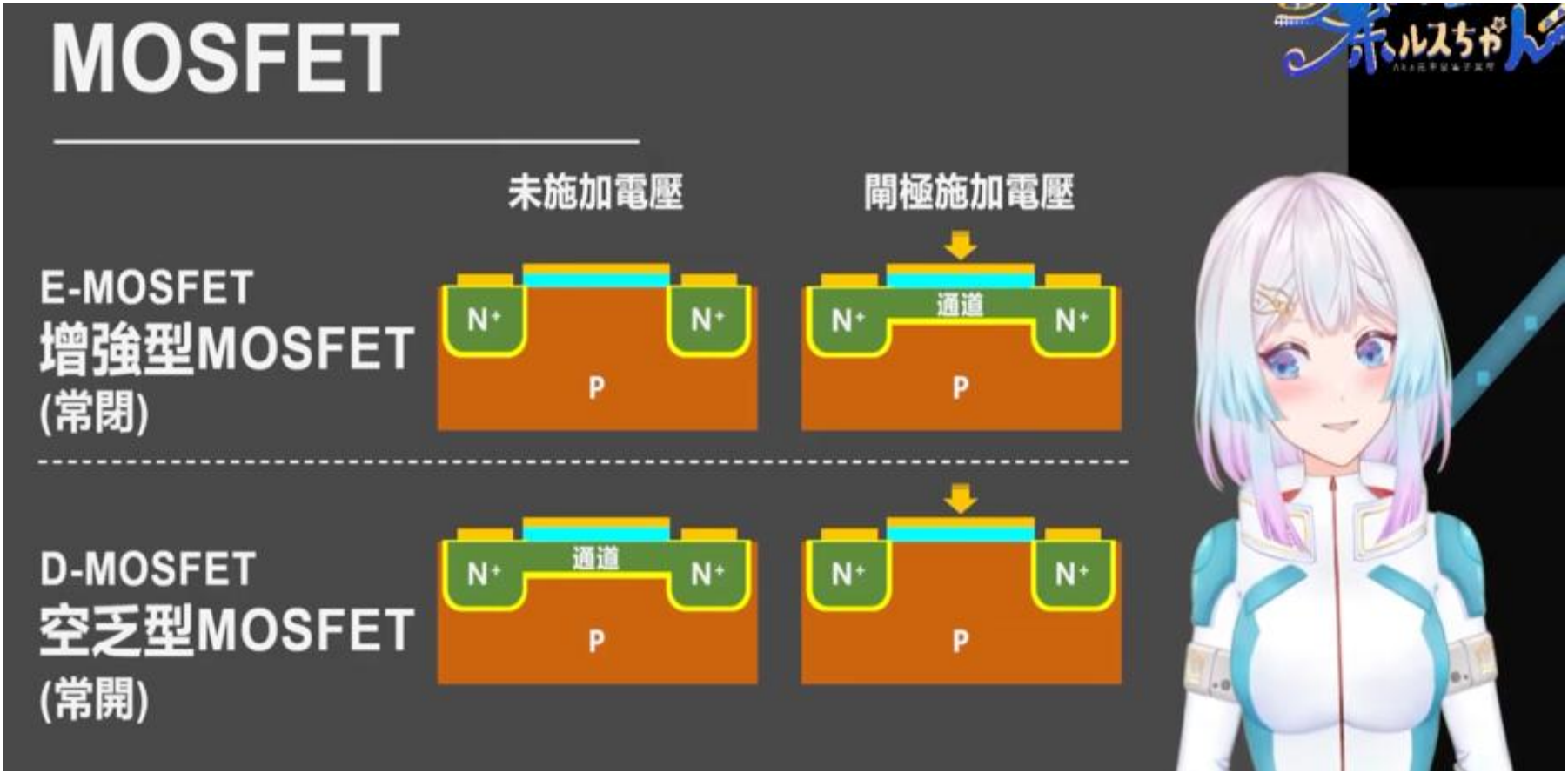


[【VTuber圖解】電晶體原理解說！MOSFET、雙極性電晶體簡介 – 電子電路基礎知識系列（四）【台灣VTuber荷瑞斯】(youtube.com)]

只要在Ｇ加上電壓，ＳＤ就導通了！！
一下導，一下不導，就可以開開關關 0101　囉！



等一下我們來製作 NMOS 的時候還可以做成兩種樣子，一種是平常關，
閘極加壓才導通，另一種相反。
MOSFET 是不是像百變金剛？



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 …

JS3

大師第三講：

- **半導體製程**

沙子到半導體到封裝

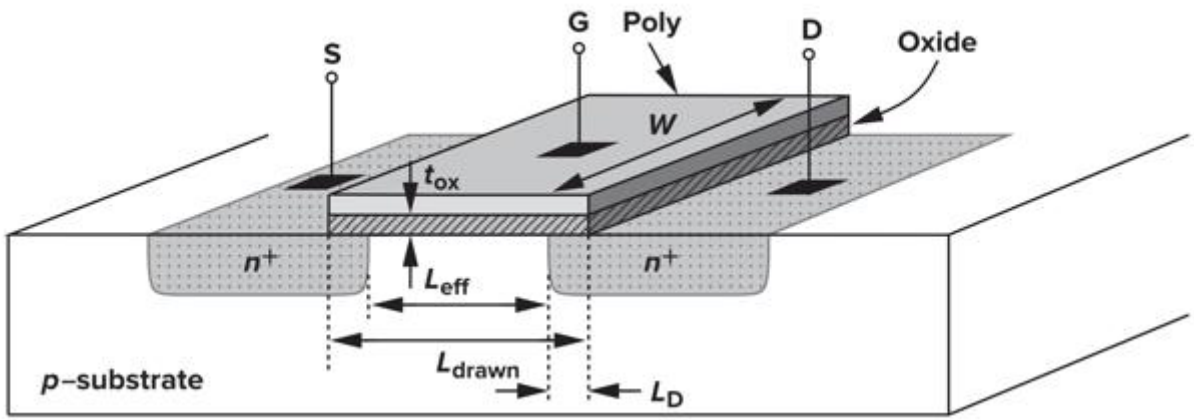
躍進半導體之電晶體製程

1.電晶體的相關知識
2.從沙子到晶片
3.半導體製程的基本技術
4.用樂高積木介紹半導體製程

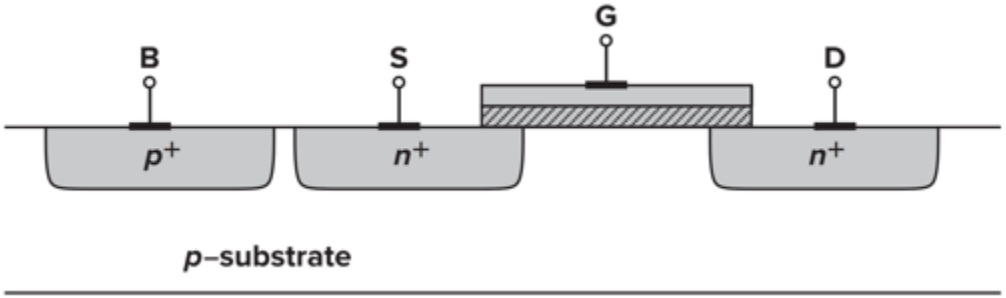
電晶體的相關知識

金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)

三隻腳位分為gate(閘極G）、drain(汲極D)、source(源極S)



有時亦會注意基板的電位，故其實還有一隻平常不會太提到的腳位(B)，稱為bulk(體極)或是body(基極)。



B. Razavi, Design-of-Analog-CMOS-Integrated-Circuit-2nd-Edition

從沙子到晶片

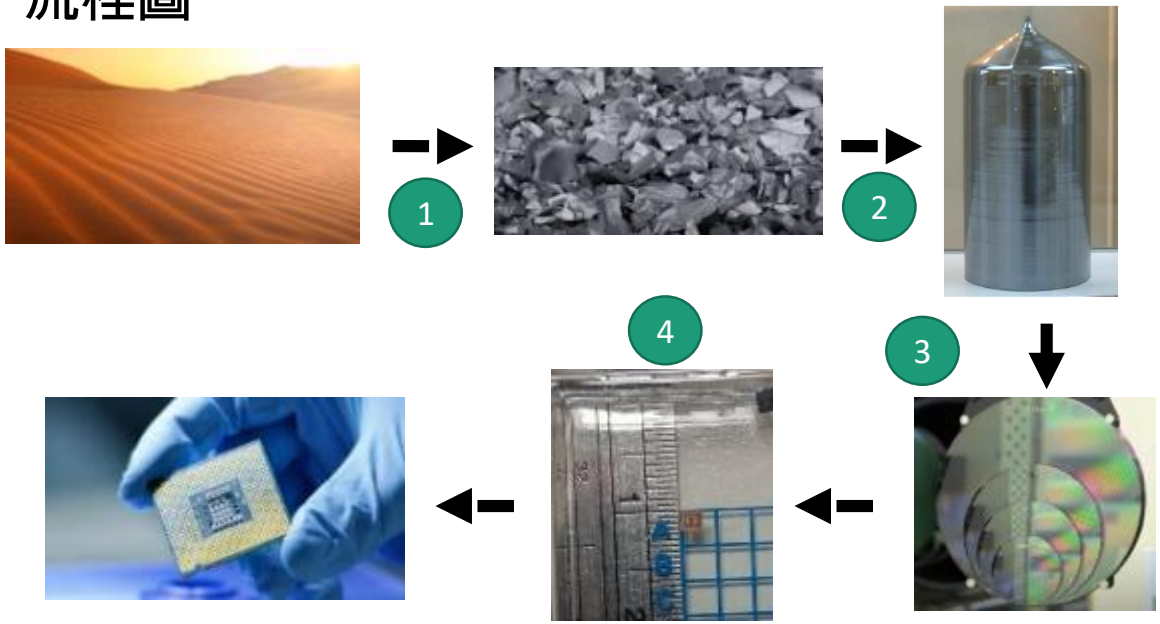
從沙子到晶片

1. 矽元素純化
2. 矽晶棒(柱)長晶
3. 矽晶棒(柱) ➡ 晶圓
4. 晶圓 ➡ 晶片

   (IC 積體電路)

流程圖

從沙子到晶片



需要用到高端儀器、設備、環境





圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

從沙子到晶片

1 矽元素純化

- 核心過程:將砂土與煤、焦炭、木片放入高溫爐進行反應
- 目的: 去除砂土中不必要的雜質
- 反應方程式:

$$SiC(\text{固態}) + \boxed{SiO_2(\text{固態})} \rightarrow Si(\text{固態}) + SiO(\text{氣態}) + CO\ (\text{氣態})$$

- 最終產物: 高純度多晶矽砂

高純度多晶矽砂

圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

從沙子到晶片

2 矽晶棒(柱)長晶

- 目的: 使矽原子排列整齊
- 核心過程:將高純度多晶矽砂放入高溫爐並緩慢長晶
- 最終產物: 高純度單晶矽晶棒(柱)(silicon ingot or bull)
  - 純度: 1個雜質原子/10^7個矽原子

    ※1千萬個矽原子中只有個雜質原子

高純度單晶矽晶棒(柱)

1.

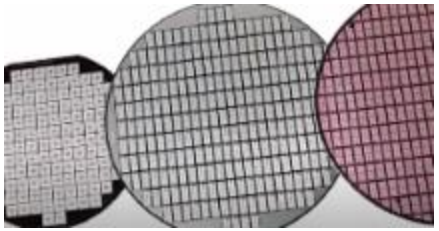
2.

圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies
https://m.xinshipu.com/zuofa/709395
https://www.deco-relief.fr/en/plastic-molds-for-chocolate-classic-designs/12908-chocolate-mold-24-rounds-cylinders-diam-21x28-10-gr.html

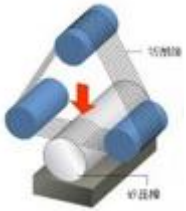
從沙子到晶片

3 矽晶棒(柱)➡晶圓

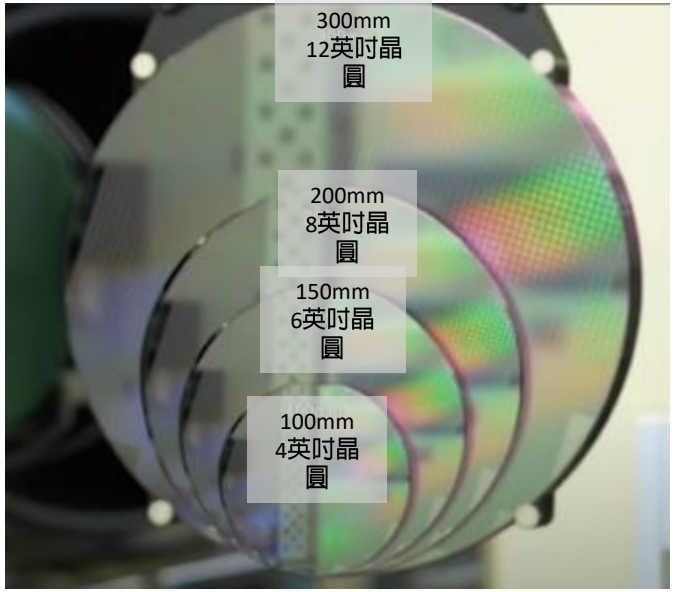
- 圓柱體高純度單晶矽
- 根據製程不同，矽晶棒的直徑也有所不同
- 不同直徑的晶錠可裁切出不同半徑的晶圓(wafer)
  - ➢ 晶棒(柱)直徑=晶圓直徑
  - ➢ 晶圓切割厚度非常薄
  - ➢ 切完後再進行研磨



電路印刷於晶圓上的情況



横向切割



圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies
https://www.macsayssd.com/wafer-fabrication

從沙子到晶片

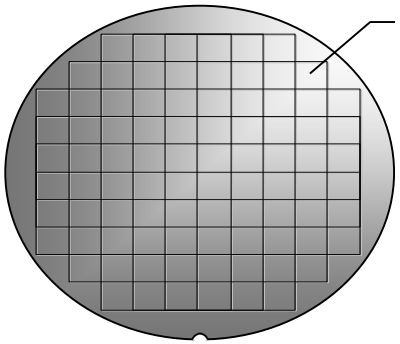
看起來平整的紙張如果放大到與地球一樣大?
那紙張的表面就會像小山丘般起伏，有
15層樓高的高低差。

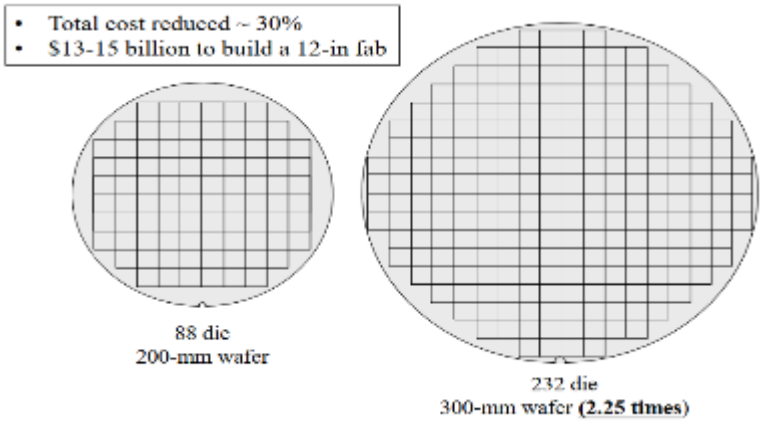
如果我們也把12吋晶圓放大到與地球一樣大?
一望無際的晶圓表面只有芝麻般凹凸

想想看

Q:晶柱越胖越好,還是越細越好?

Ans:越大越好,一片晶圓上就有更多晶片,可以降低成本,不過還是要顧及良率





圖源:
https://www.kurehacarbonproducts.com/kreca-fr.html
陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

從沙子到晶片

Silicon Wafer Manufacturers

GlobalWafers Co., Ltd.
環球晶圓股份有限公司

Powerchip
力晶科技股份有限公司

台灣美光晶圓科技股份有限公司
Micron

如何在晶圓上做電子元件?

圖源:https://www.dcard.tw/f/funny/p/237074205

半導體製程是用於製造積體電路(Integrated Circuit)的處理製程，用於製造積體電路上面的電子元件和電晶體。其中重要的是電晶體，電晶體是類似於閥門的的固態半導體元件，可以用於放大訊號、開關、穩壓、訊號調變等等的許多功能。

右圖為第一個電晶體

由貝爾實驗室(Bell labs)於1947年利用多晶鍺所製程的接觸點型的鍺電晶體,並於1956獲得諾貝爾獎。

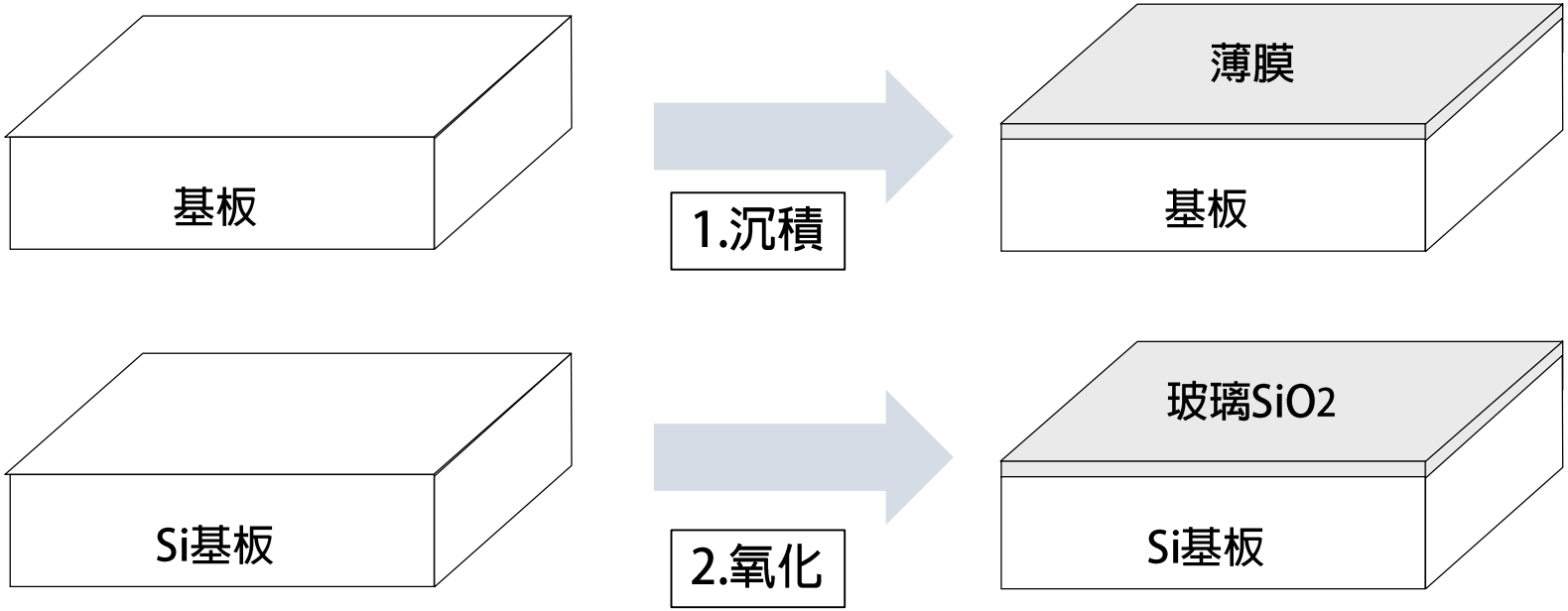
因為其尺寸小,低功率,更快的反應時間,所以鍺電晶體快速的取代真空管。

圖源:https://www.cs.nccu.edu.tw/~lien/BCC/Introduction/semicon.htm

半導體的基本製造步驟-分層

4大基本步驟: 分層、微影、蝕刻、摻雜

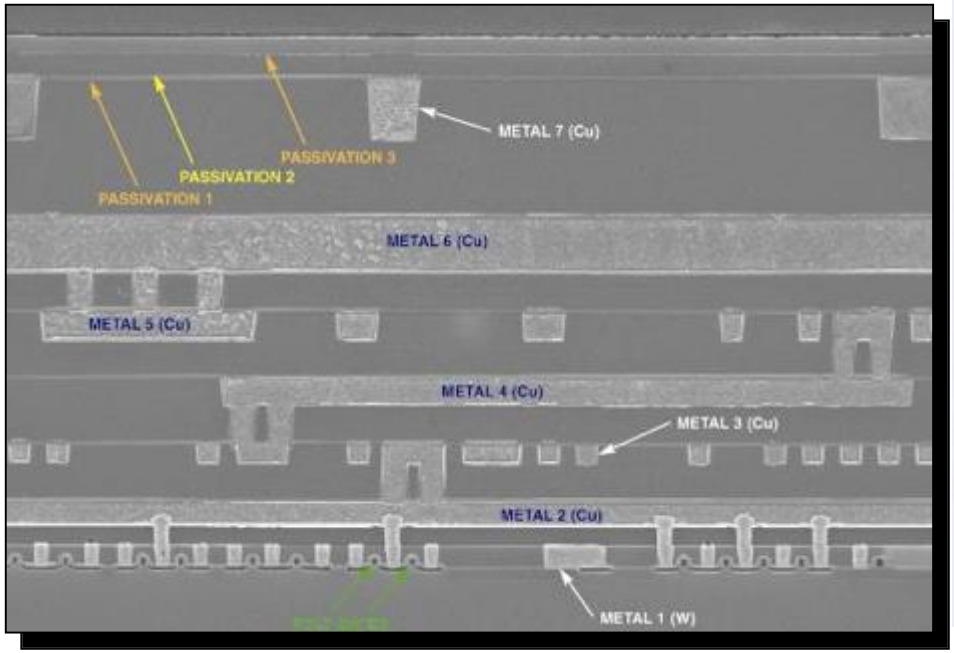
分層(Layering):在表面利用物理和化學方法沉降和沉積一層薄膜或者進行化學、物理反應將表面變成不同的層狀結構。



圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

半導體的基本製造步驟-分層

如同做蛋糕一樣，需要分層，一層一層這樣地疊上去

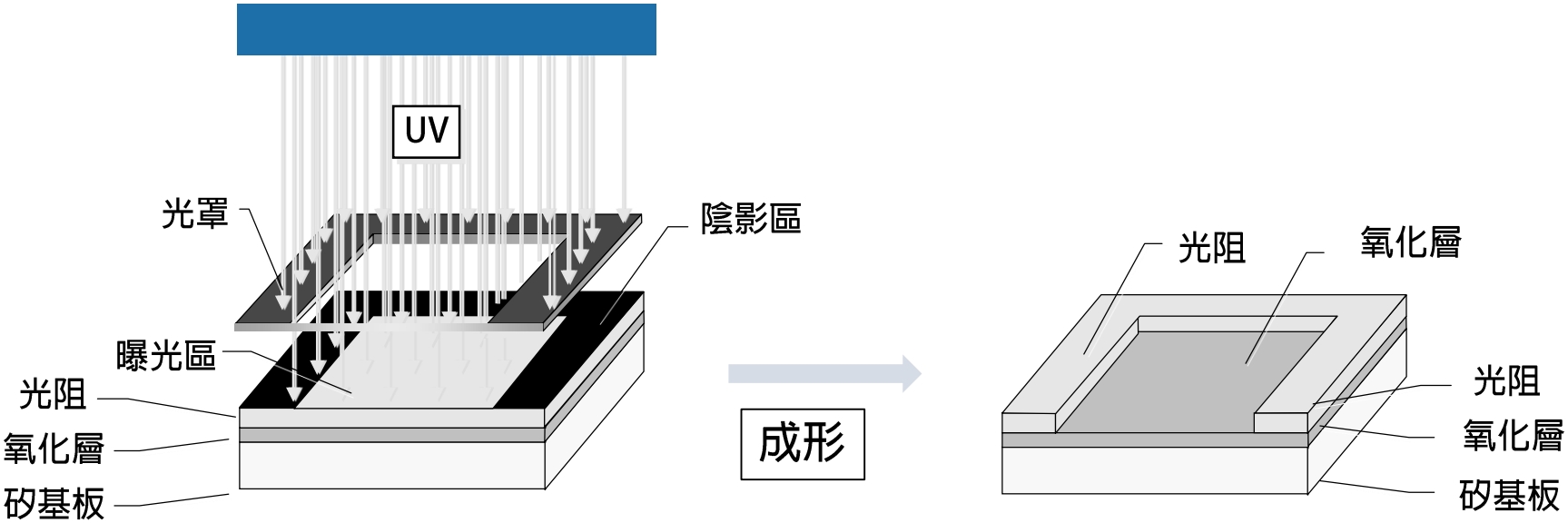


圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義
圖源: KAIMIFEI凱蜜菲甜點舖

半導體的基本製造步驟-微影

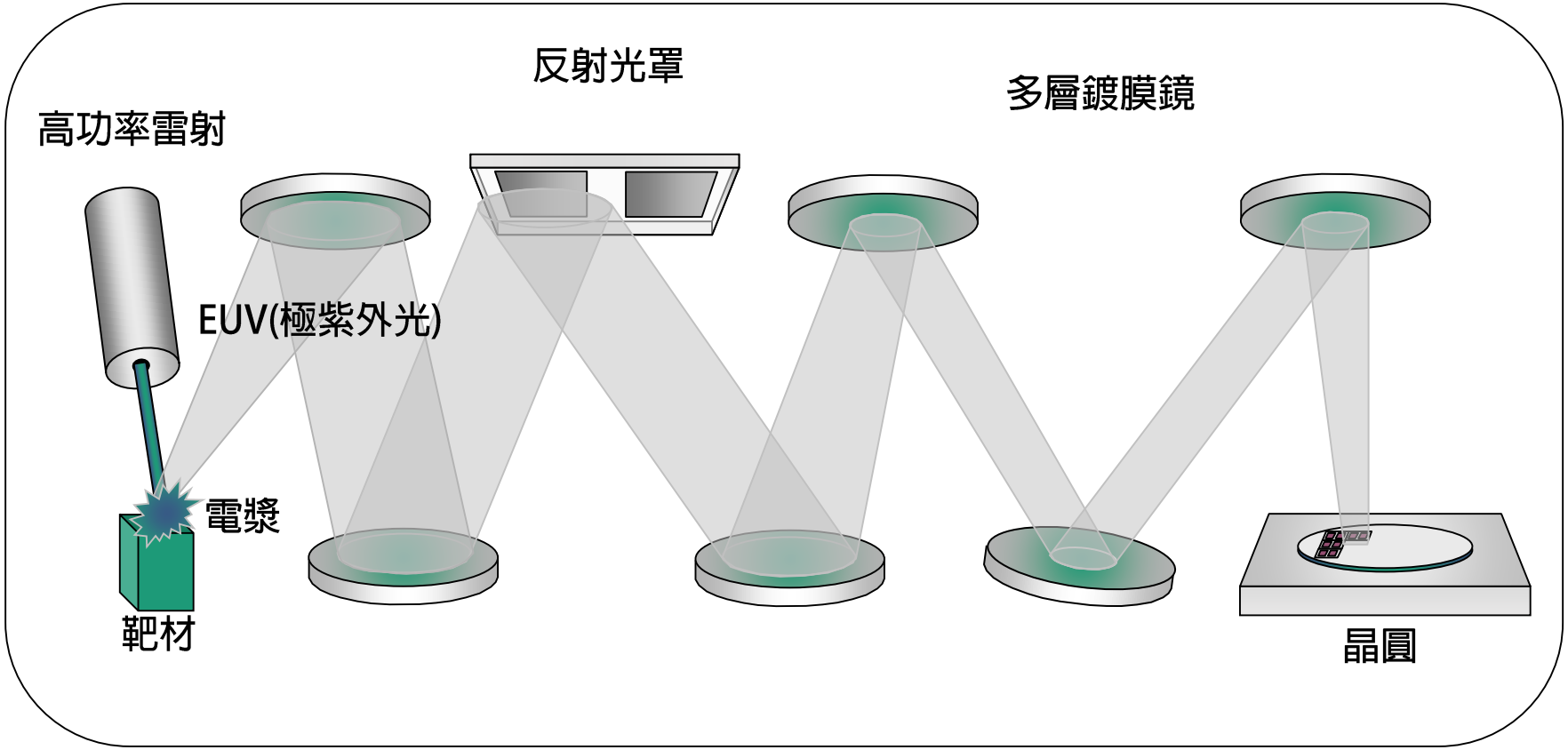
4大基本步驟: 分層、微影、蝕刻、摻雜

微影(photolithography)(成形(Patterning)):
將圖案轉印到元件結構中，常用的步驟:上光阻,曝光,顯影,蝕刻(見後面),去光阻
下圖是曝UV(紫外光)



圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

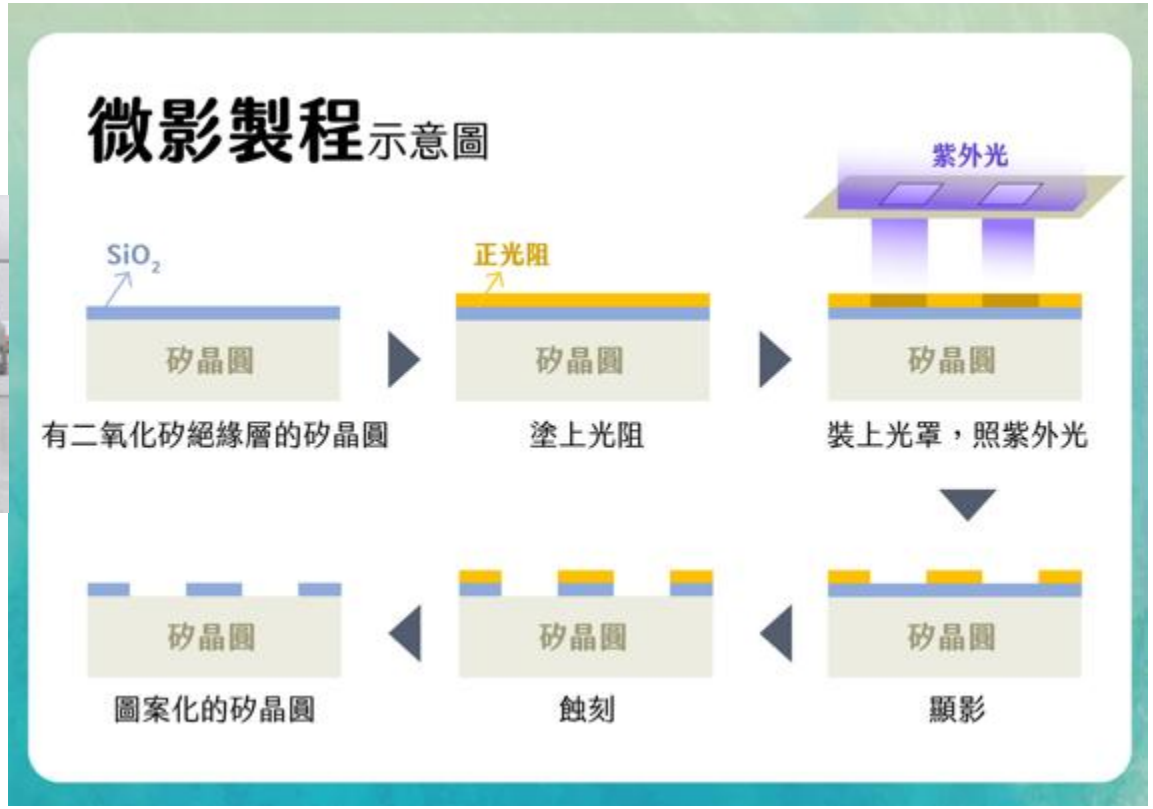
要將電路圖型轉印在晶片，需要利用光的聚焦或反射來成型，才有可能。



圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

微影設備本身的原理，和相機非常相似。我們可以把微影設備想像成一台巨大的單眼反光相機：

相機VS微影設備：
被拍攝物體＝光罩
聚光鏡＝單眼反光相機的鏡頭
底片＝預先塗上光阻層的晶圓

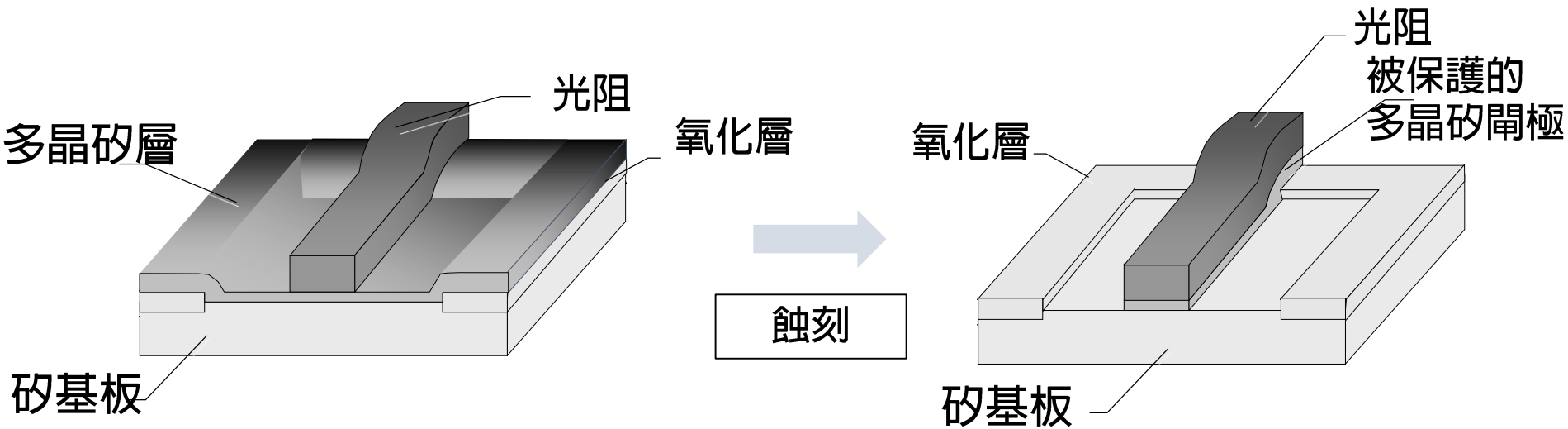


圖源:https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=ba7d1350-814b-409a-8fde-3e1b20d9cd6d
https://www.myfeel-tw.com/tw/media/articles/62bc46ec2f9da2d624f43b17/film-camera

半導體的基本製造步驟-蝕刻

4大基本步驟: 分層、微影、蝕刻、摻雜

蝕刻(Etching):利用化學反應或物理反應將表面的物質清除掉
下面的例子是對光阻的化學反應性差，所以不易蝕刻光阻

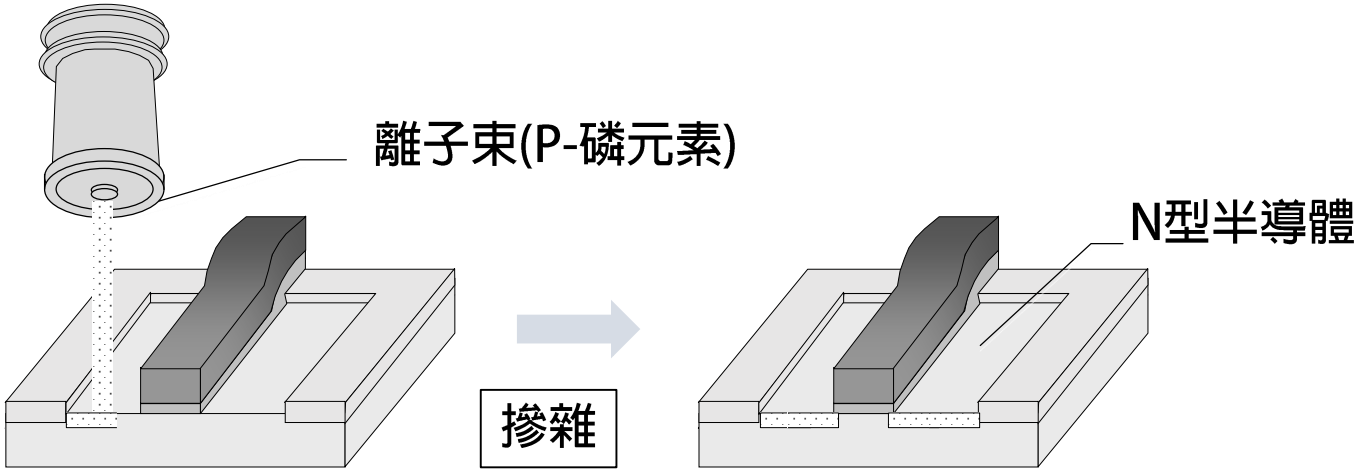


圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

半導體的基本製造步驟-摻雜

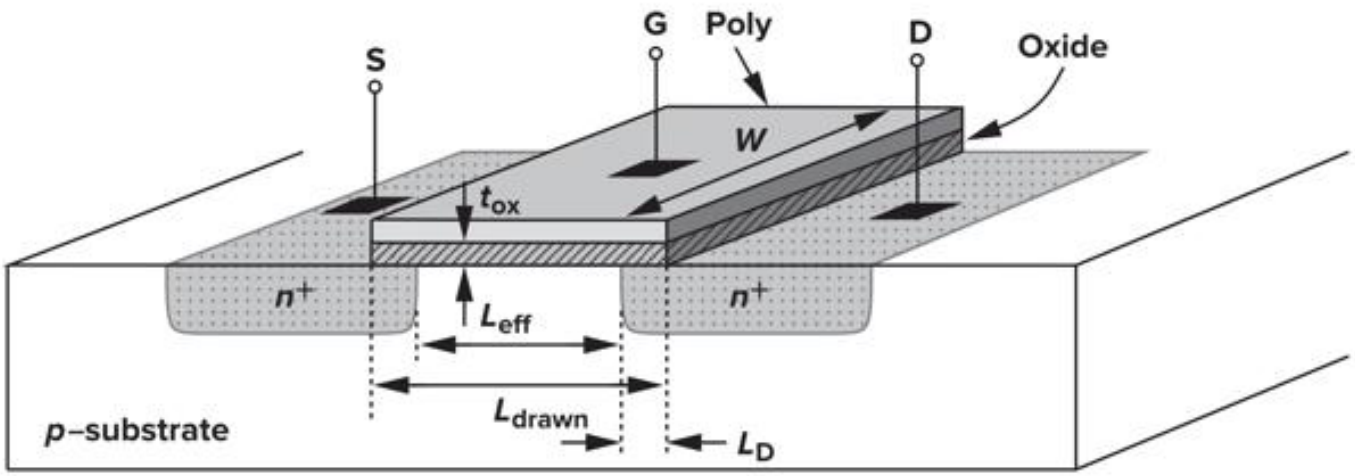
4大基本步驟: 分層、微影、蝕刻、摻雜

摻雜(Doping):半導體裡加入適量的雜質，以達到所需的特性。



圖源:陽明交通大學 趙天生教授 半導體製程講義

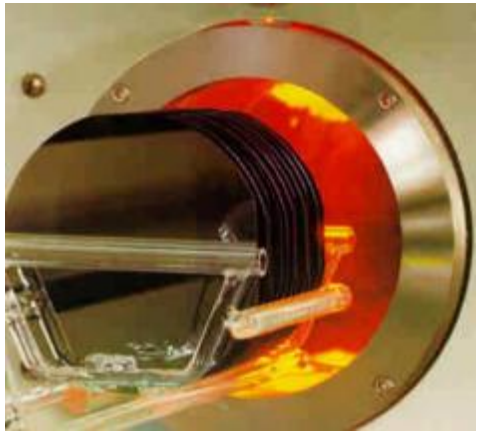
利用上述的半導體基本製造步驟，以下我們練習NMOS怎麼實作

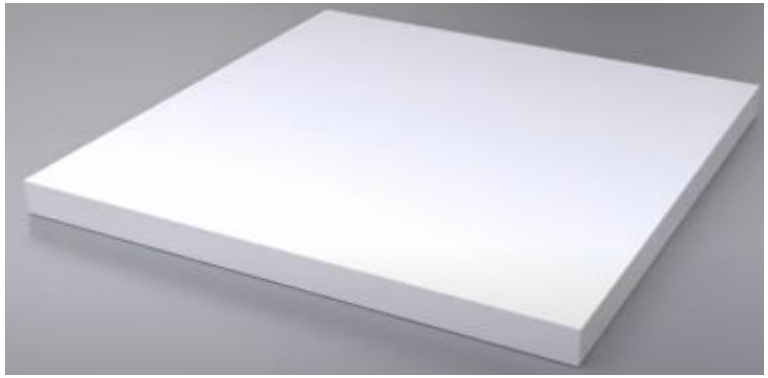


B. Razavi, Design-of-Analog-CMOS-Integrated-Circuit-2nd-Edition

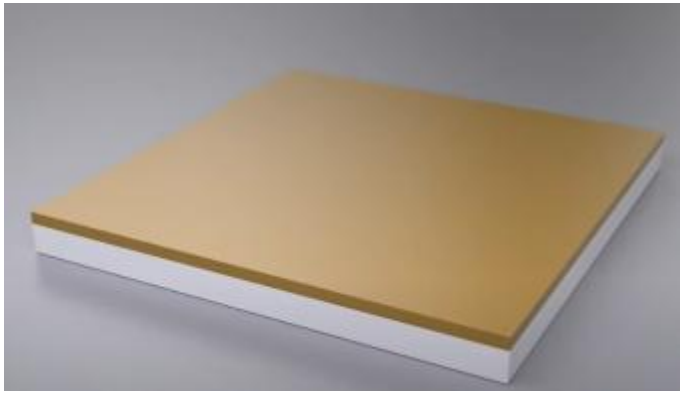
電晶體製造技術— 絕緣層披覆 -氧化 (Oxidation)

- 在矽晶上成長二氧化矽絕緣層。
- 二氧化矽可由矽晶在氧氣中 加熱生成。
- 所需氧化層厚度由加熱時間決定。
- 加熱溫度: 攝氏約1000度間。





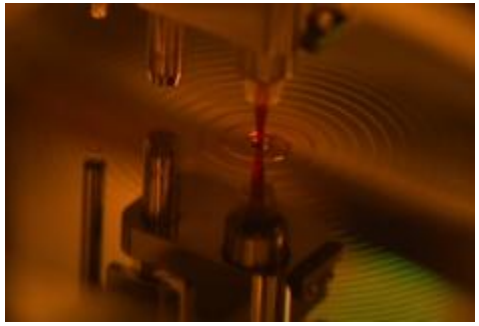
熱處理



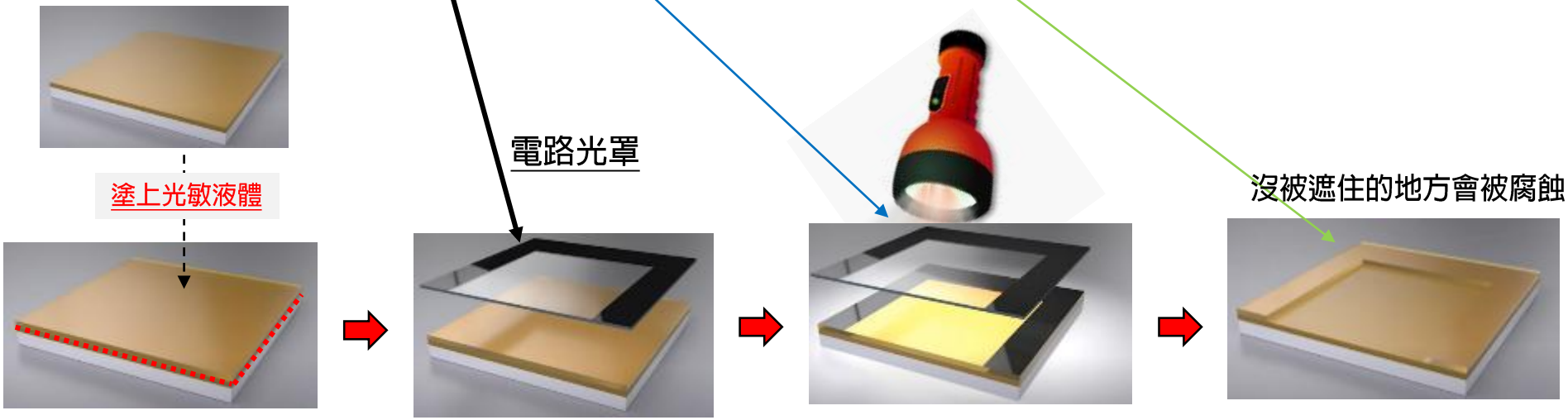
圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造核心技術—微影(Photolithograph)、成形

- 先在空白晶圓上，塗上光敏液體(用途:光阻劑，photoresist)
  - 光敏液體:照光之後會改變附著性
- 再將晶圓經由電路光罩曝光並清洗無法附著的光敏液體



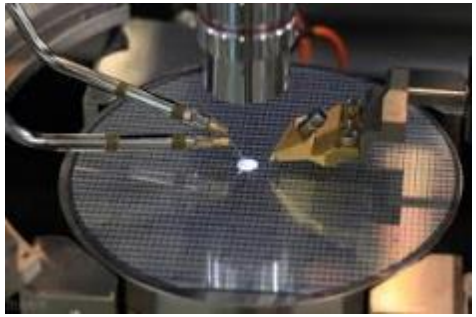
塗上光敏液體的晶圓

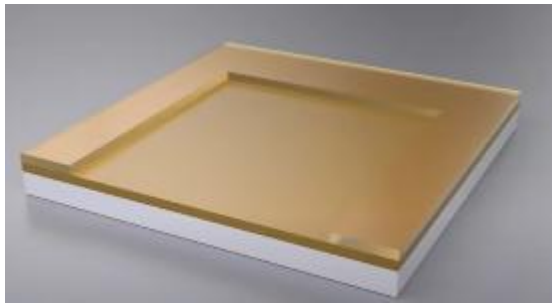


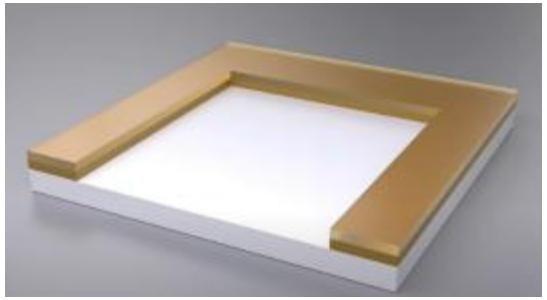
圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造核心技術— 蝕刻(Etch)

- 運用濕式(wet)或乾式電漿(plasma)蝕刻(etch)將非光罩區域的多晶矽蝕刻並清洗掉
- 再去除掉光罩區剩餘殘留的光敏液體
- 較複雜的積體電路，利用微影、蝕刻形成圖形的次數達三十次以上。





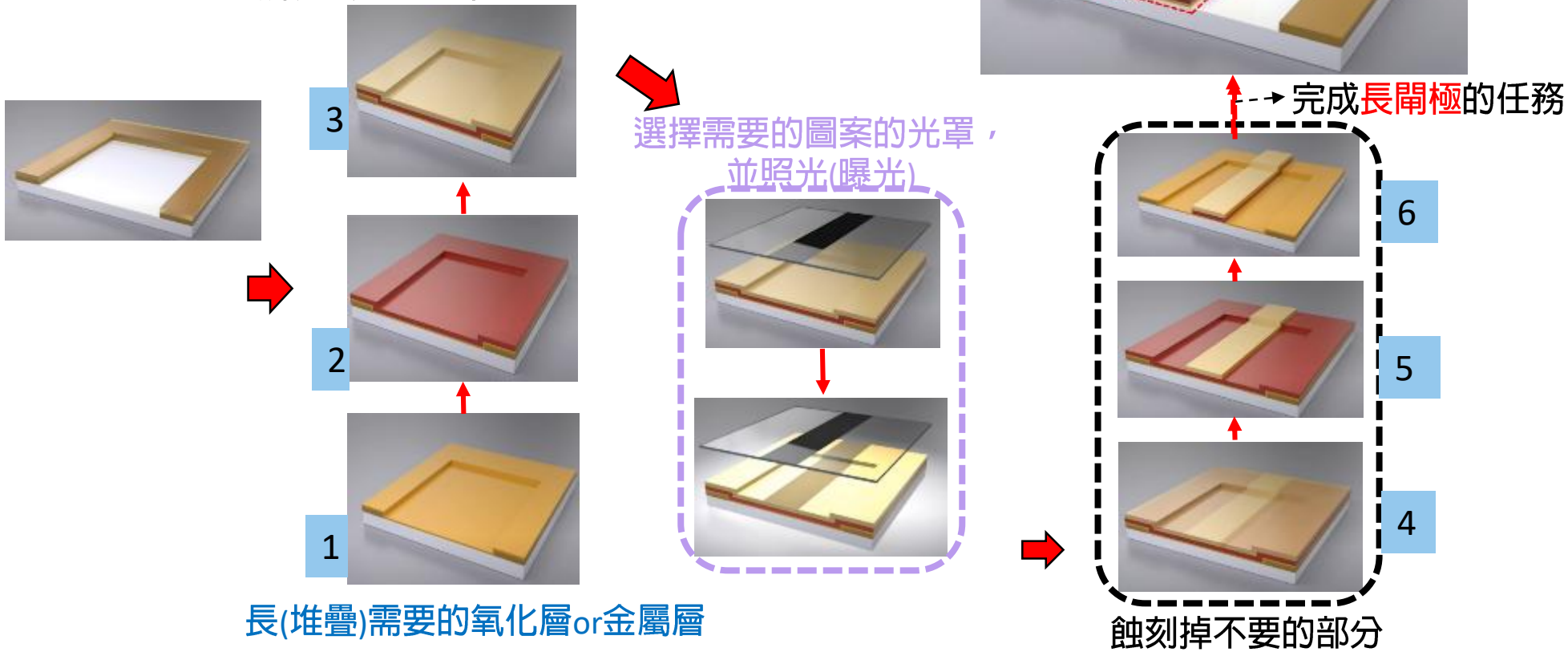


重複多次 微影、蝕刻步驟，即可製作出半導體元件(電晶體)

圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造技術— 多晶矽形成

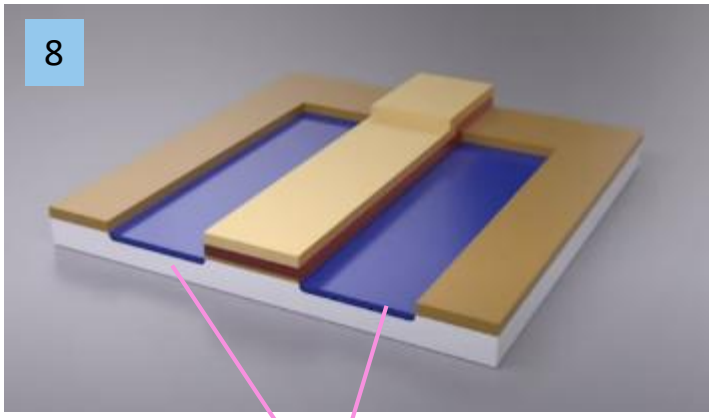
- 運用長晶技術將多晶矽與氧化層疊加上去
- 再經由微影、蝕刻技術保留中間閘極

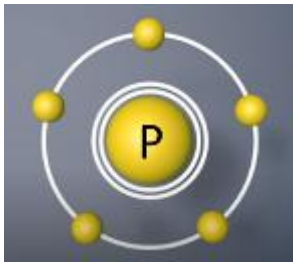


圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

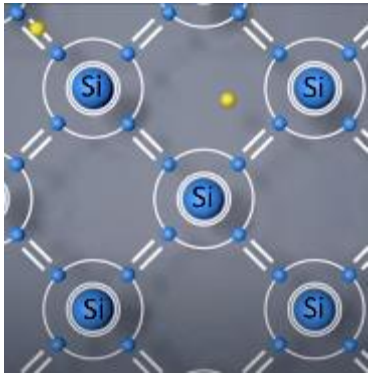
電晶體製造技術— 兩N型半導體形成

- 運用離子佈植技術將參雜元素佈植打入半導體
  - 形成N型半導體
- 最終鋪上氧化層以保護元件

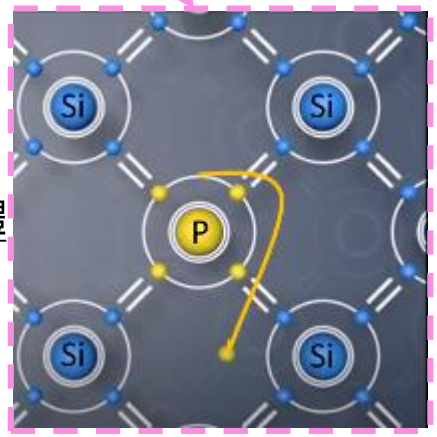




將參雜元素，
打入半導體



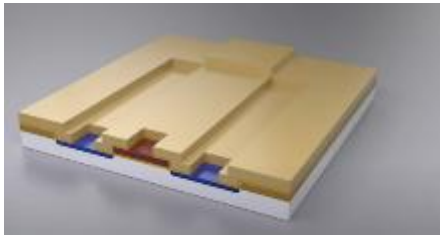
形成N型半導體



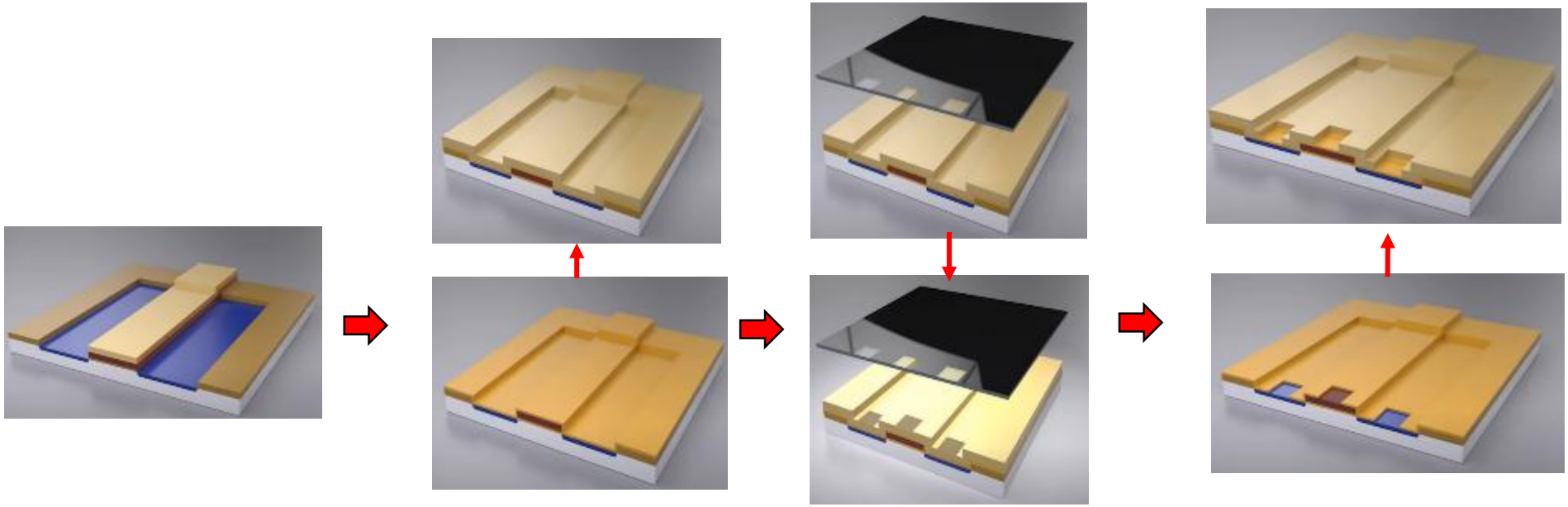
圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造技術— 裝上插頭(via, contact)

- 運用微影、蝕刻技術將N型半導體上方開一小孔
- 注入金屬以形成元件連線

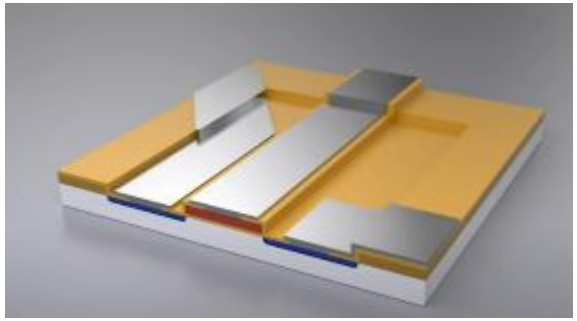


完成開小孔的任務

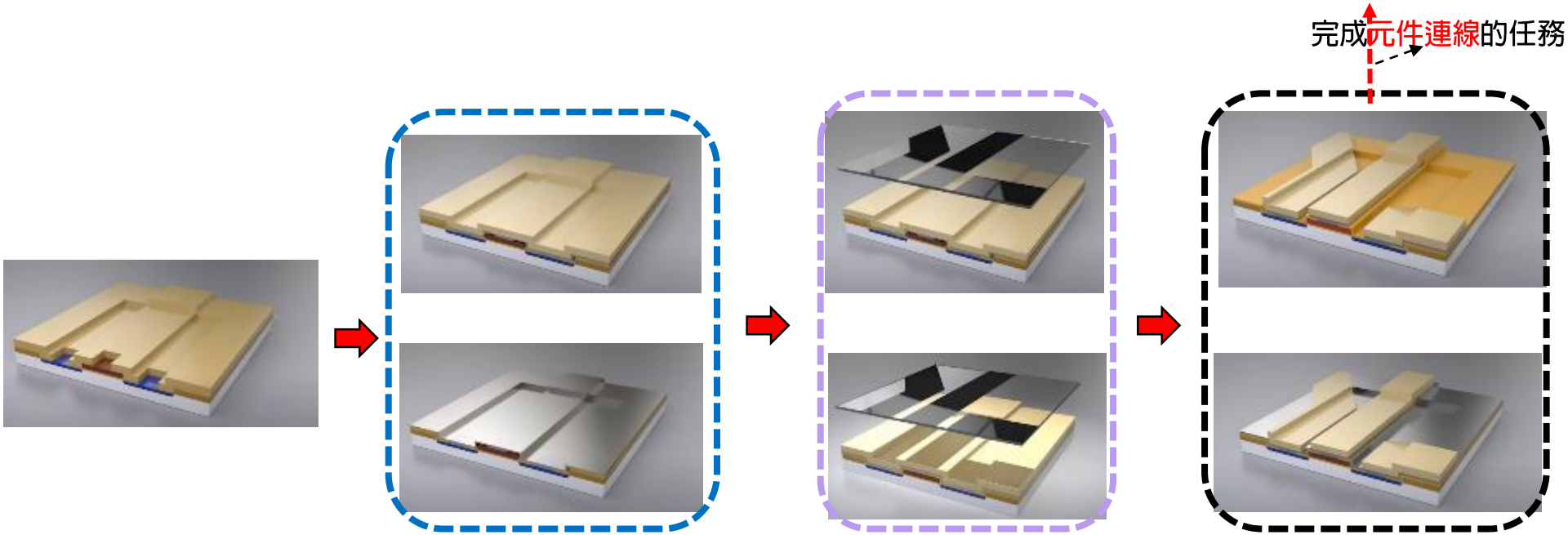


圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造技術— 接上電線(metal)



- 運用微影、蝕刻技術將N型半導體上方開一小孔
- 注入金屬以形成元件連線



圖源:
https://www.youtube.com/watch?v=_Kj58yQ67KI&ab_channel=InfineonTechnologies

電晶體製造技術

Silicon to IC

要得遮住 (光罩)
不要的不遮.
一層一層蓋房子.

房子越高，住的人越多

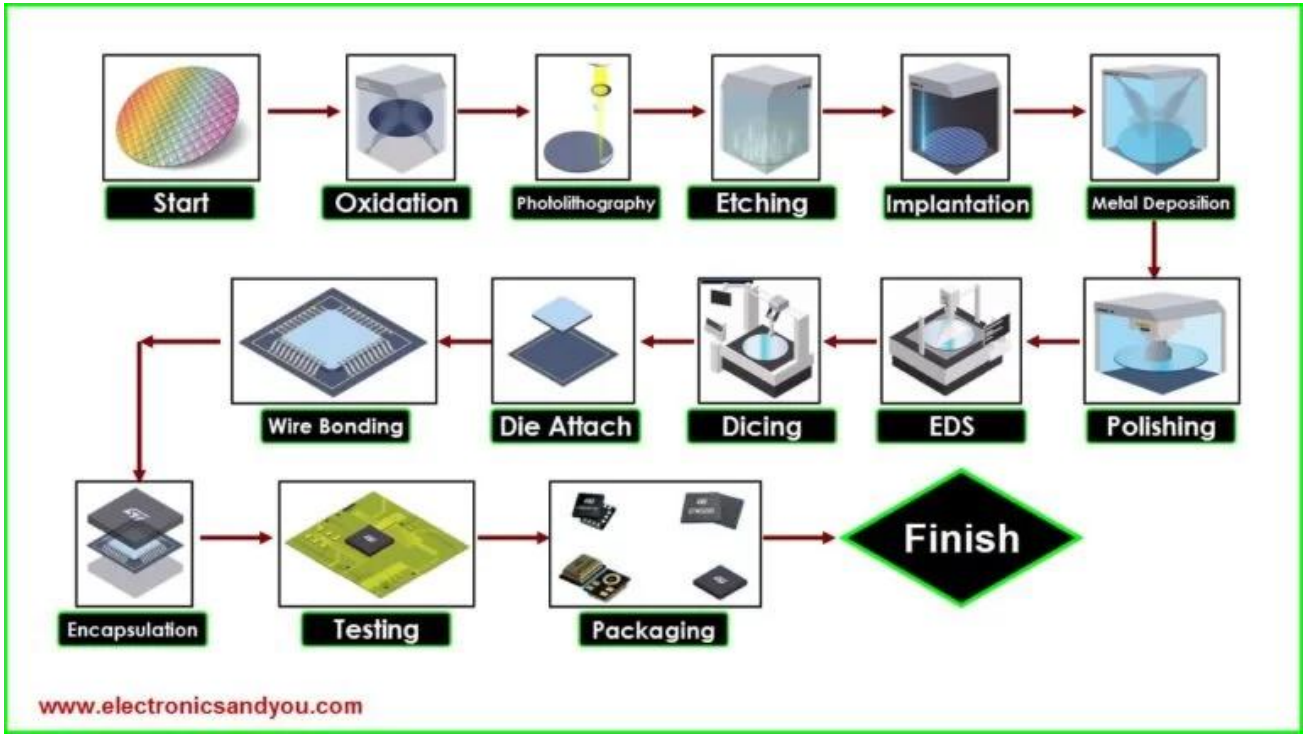
TSMC 範例

圖源:https://www.semi.org/zh/technology-trends/what-is-a-semiconductor

Silicon to IC

Need to cover (mask)
Don't cover what's not needed.
Building a house layer by layer.

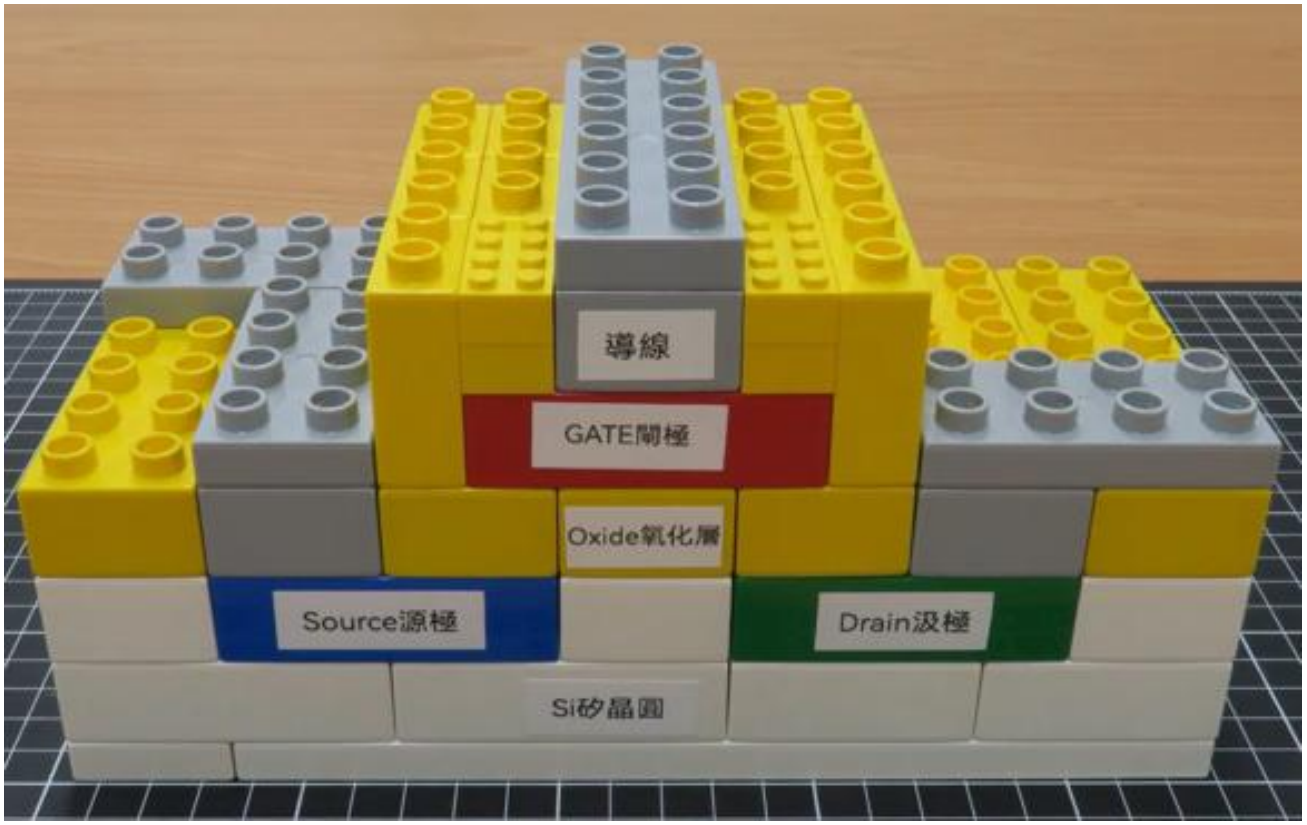
The higher the house, the more people live in it



TSMC Example https://www.youtube.com/watch?v=FjWfSm6TfLI&t=83s

https://www.electronicsandyou.com/blog/semiconductor-manufacturing-process-steps-and-technology-used.html

用樂高積木介紹半導體製程



https://www.youtube.com/watch?v=gnieAZq_-Gc&ab_channel=cwlin

https://www.youtube.com/watch?v=jKqvorv0gt4&ab_channel=cwlin

半導體封裝

定義

半導體封裝是保護晶片的外殼，連接內部電路與外部世界。

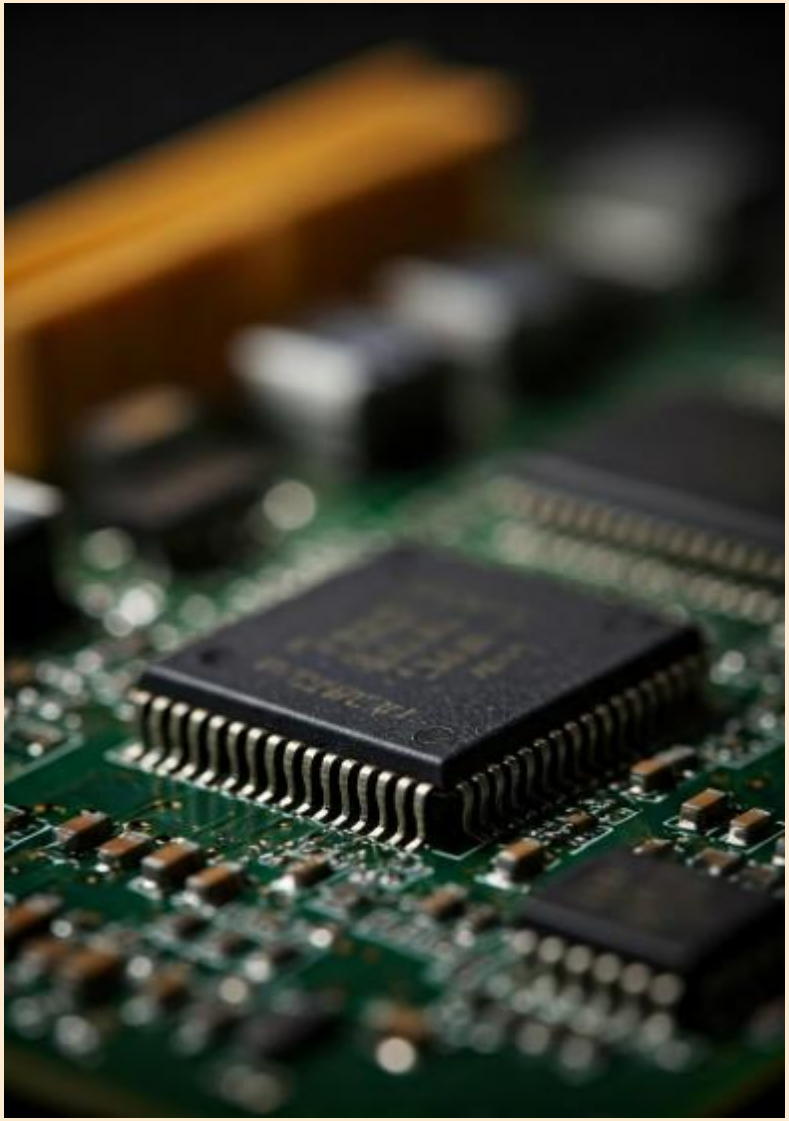
它就像是晶片的房子，提供保護並幫助散熱。

功能

保護晶片不受環境影響。

提供電氣連接渠道。

幫助散熱，延長晶片壽命。



封裝材料知多少

塑膠材料

最常見的封裝材料，成本低廉。

適合一般消費電子產品使用。

陶瓷材料

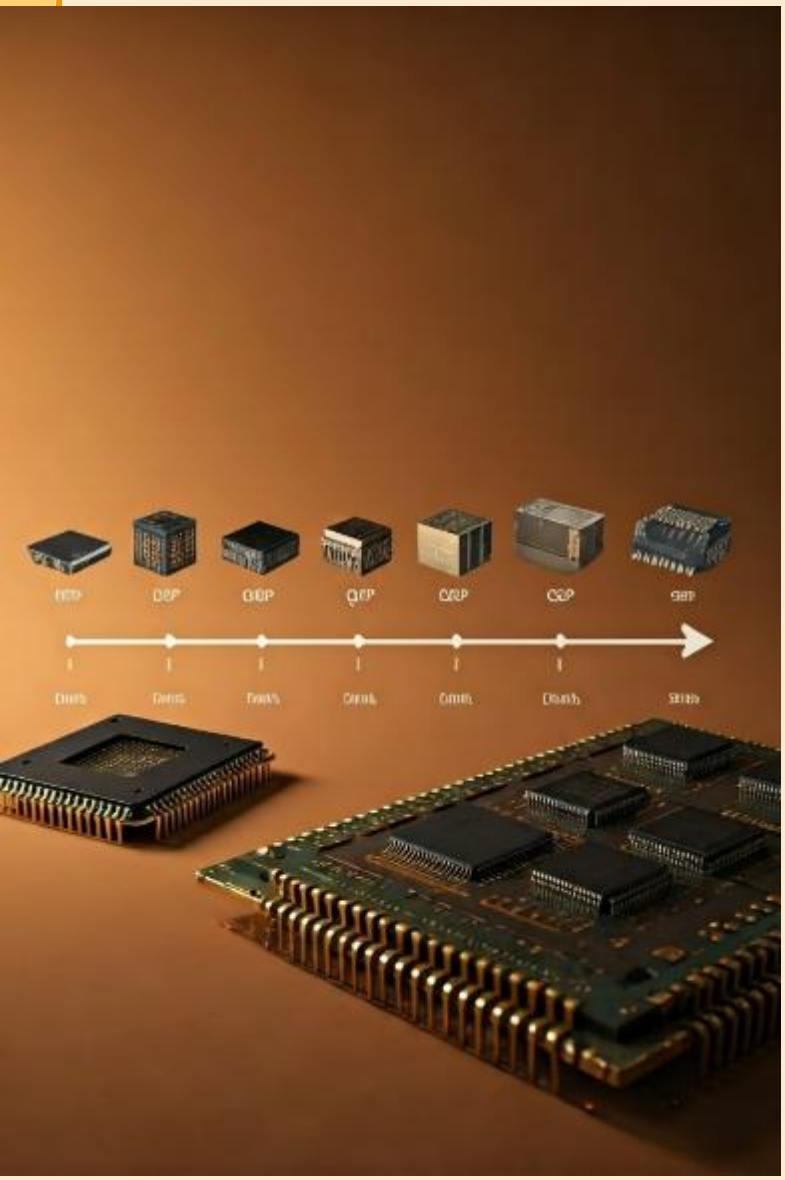
散熱性能好，適合高功率晶片。

常用於軍事和航太設備。

金屬材料

散熱效果極佳，價格較高。

用於高性能計算和通訊設備。



封裝技術的發展史

1960年代

雙列直插封裝(DIP)誕生，體積大但穩定可靠。

1980年代

表面黏著技術(SMT)普及，大幅減小封裝尺寸。

2000年代

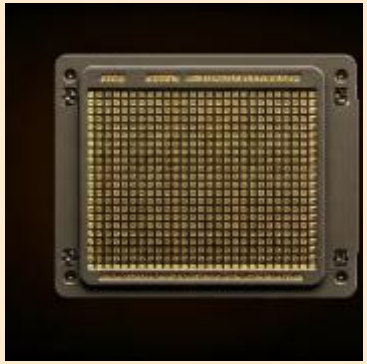
球柵陣列(BGA)技術成熟，提高連接密度。

現今

3D封裝技術興起，堆疊多顆晶片於一個封裝中。

封裝類型大觀園





從早期的雙列直插封裝(DIP)到現代的晶片尺寸封裝(CSP)，封裝技術不斷突破。

認識引腳：晶片的觸角

1

引腳功能

連接晶片與外部電路的橋樑

2

引腳材料

通常使用銅、金或鎳等導電金屬

3

引腳排列

早期為直列式，現代多為矩陣排列

4

引腳數量

從幾十個到上千個不等

從晶圓到封裝的旅程

晶圓製造

在矽晶圓上製作數千個晶片。

晶圓測試

測試每個晶片的功能是否正常。

晶圓切割

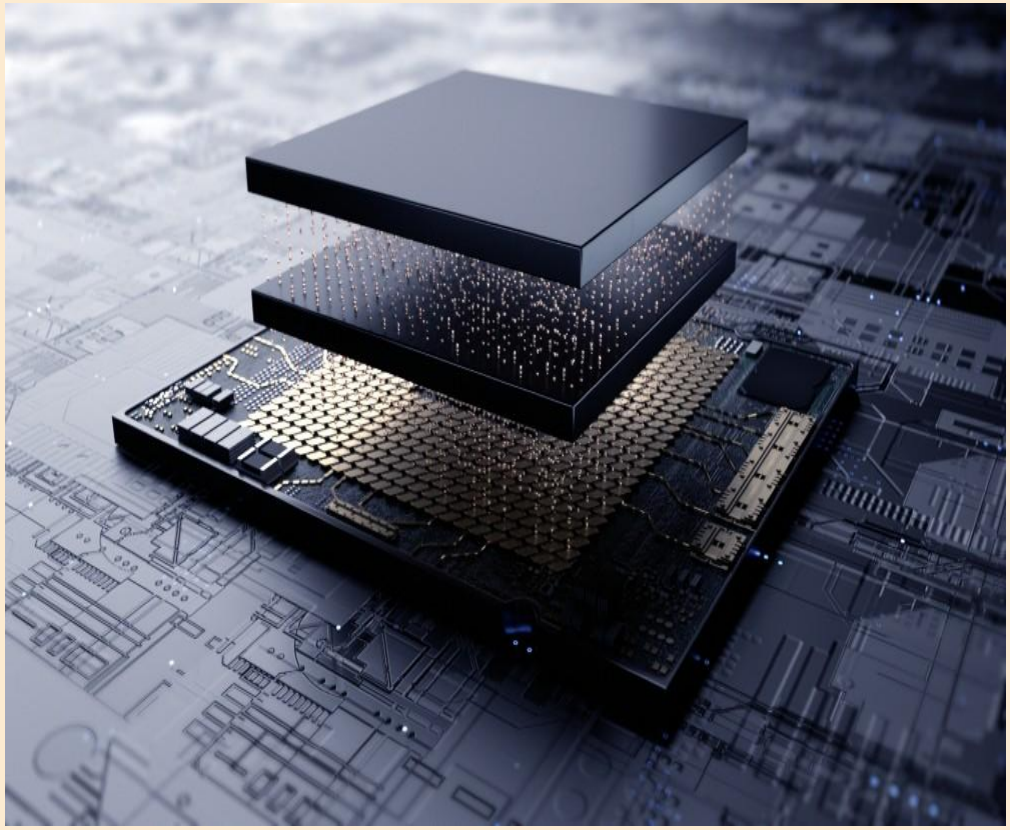
將晶圓切割成單顆晶片。

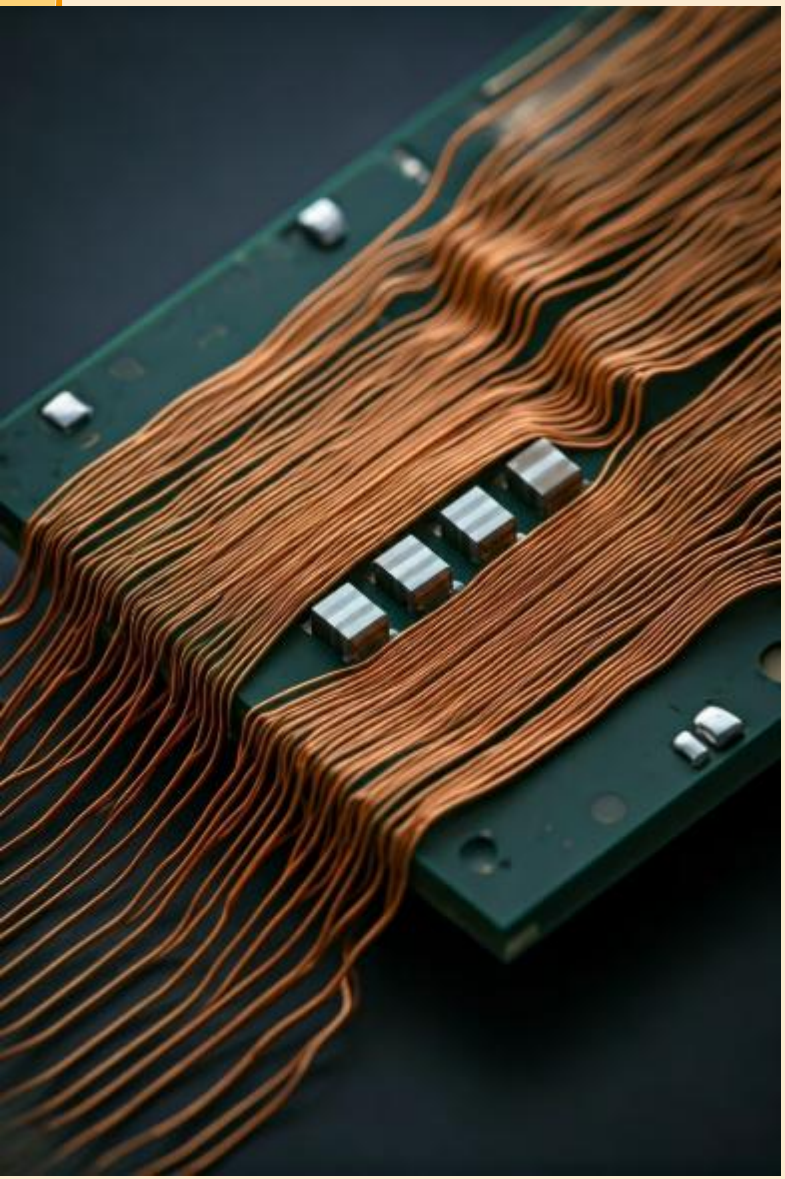
封裝組裝

將晶片安裝在基板上並連接引線。

封裝測試

確保封裝後的晶片功能完好。





打線接合：晶片的細微神經

超細金線

直徑僅約25微米，比人類頭髮還細。

精確連接

將晶片上的接點與封裝引腳連接。

自動化設備

使用高精度機器完成接合工作。

品質檢測

確保每條金線都穩固連接，無斷裂風險。

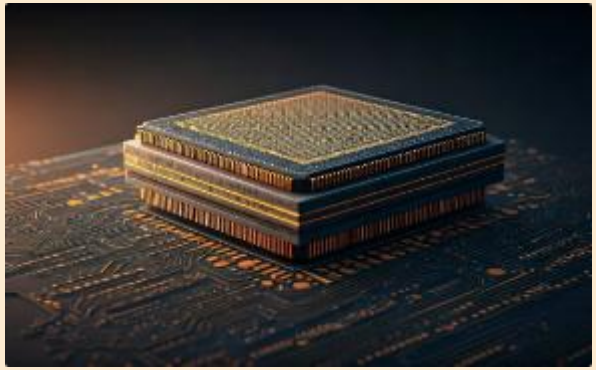
無引腳封裝技術

翻轉晶片技術

晶片正面朝下，直接連接到基板。提供更好的電氣性能和散熱效果。

晶圓級封裝

在晶圓狀態就完成封裝。大幅減小尺寸，適合手機等便攜設備。



矽通孔技術

在晶片中鑽孔實現垂直連接。能堆疊多層晶片，大幅提升性能。

封裝測試：品質的守門員

溫度循環測試

在極冷和極熱環境間循環，檢測耐久性。

X光檢測

檢查封裝內部結構，確保無氣泡或裂縫。

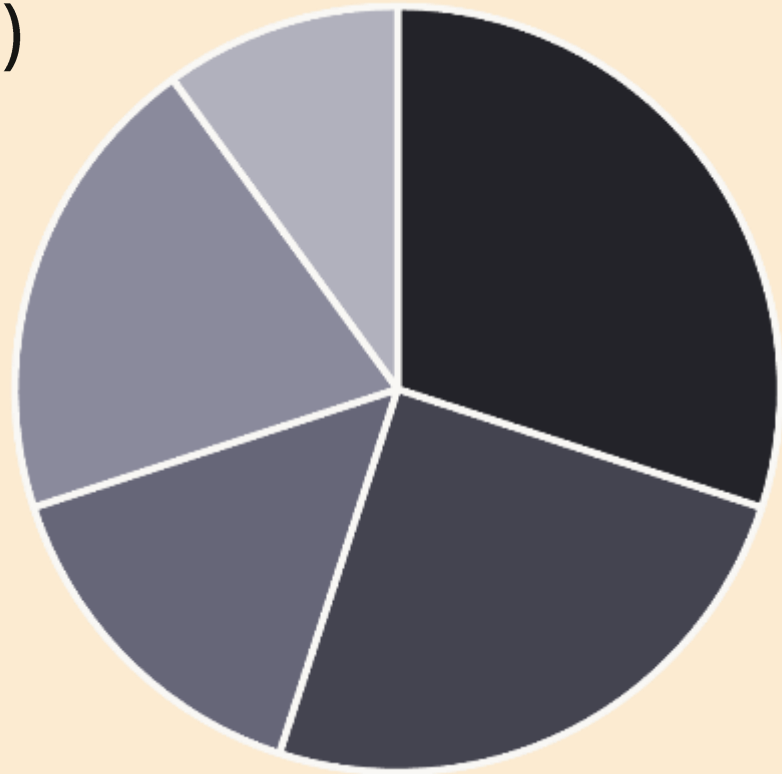
電氣測試

確認所有電氣功能正常運作。

濕度測試

測試在高濕環境下的可靠性。

系統級封裝(SiP)



■處理器 ■記憶體 ■感測器 ■無線通訊 ■電源管理

系統級封裝將多種功能元件整合在一個封裝內，如同一個微型系統。智慧型手錶和耳機常用此技術。

封裝與散熱的關係

溫度控制

晶片溫度過高會影響性能甚至損壞元件。良好封裝能有效散熱，延長使用壽命。

散熱技術

金屬散熱片、導熱膠、散熱風扇等都是常見散熱方案。高效能晶片需要更好的散熱設計。

散熱材料

導熱係數高的材料有助於散熱。銅、鋁和一些特殊陶瓷是常用散熱材料。

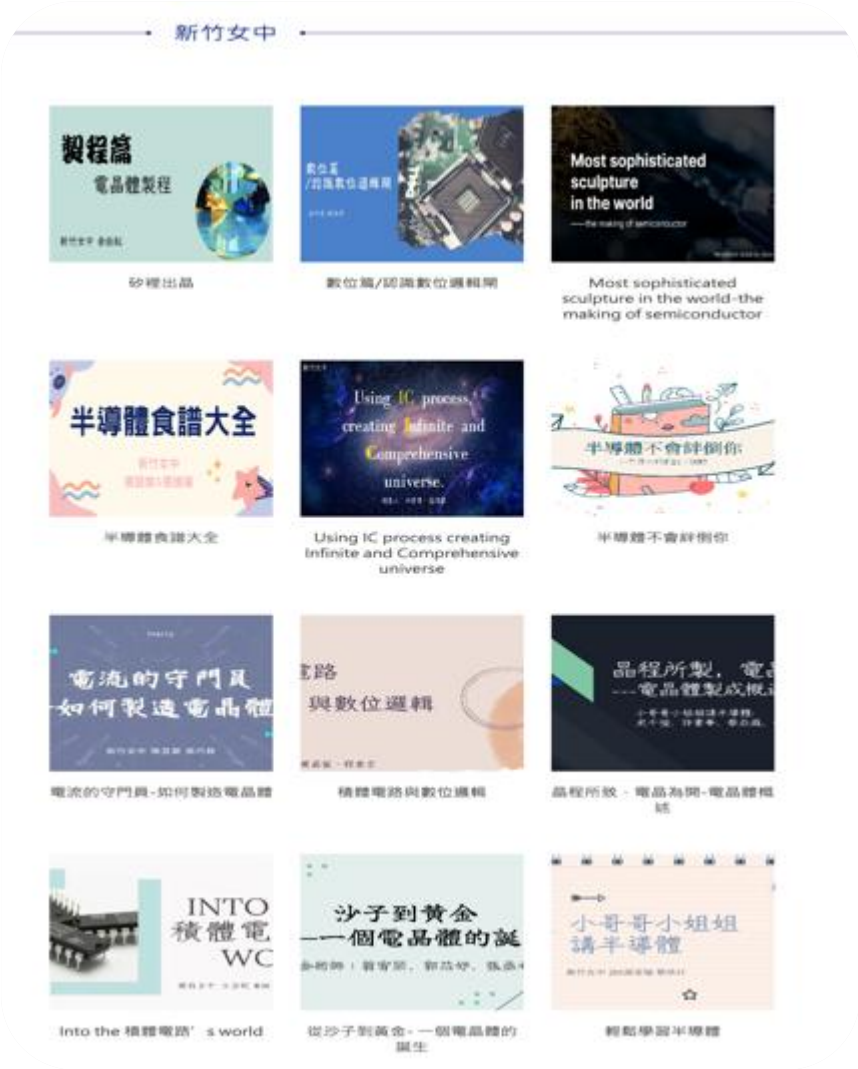
3D堆疊封裝技術

縮小尺寸
垂直堆疊比水平排列節省更多空間

提升速度
縮短信號傳輸距離，減少延遲

節省能源
減少信號傳輸損耗，提高能源效率

聽聽高中生怎麼說



https://12u10.lab.nycu.edu.tw/portfolio/%e6%96%b0%e7%ab%b9%e5%a5%b3%e4%b8%ad/

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 …

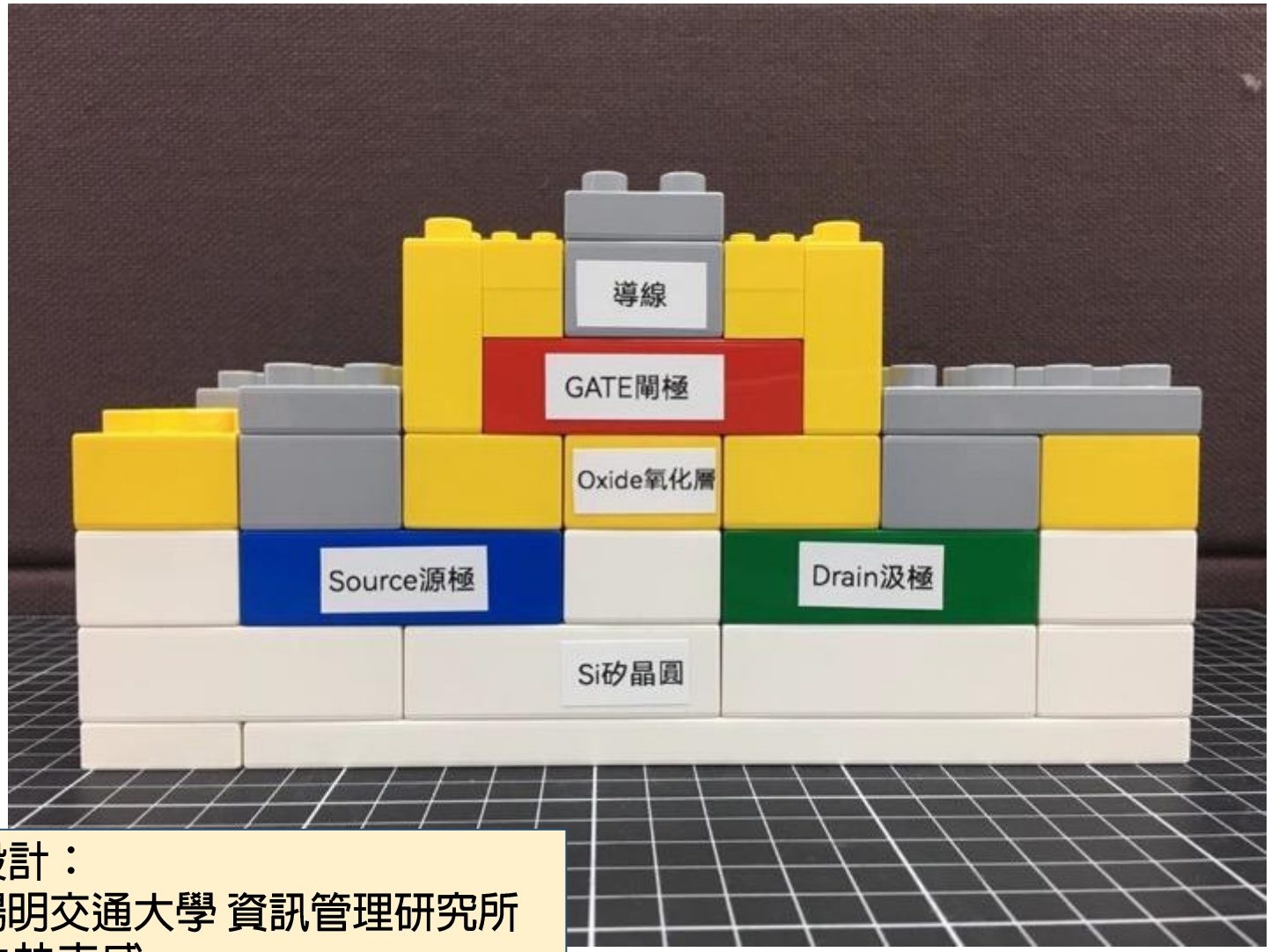
大師第三 +1講：

■用樂高做場效電晶體(option)

https://youtu.be/jKqvorv0gt4?si=mfaJx8K9XMMg7dKH

https://youtu.be/jKqvorv0gt4?si=JMHpyl3_UdMmIKjT

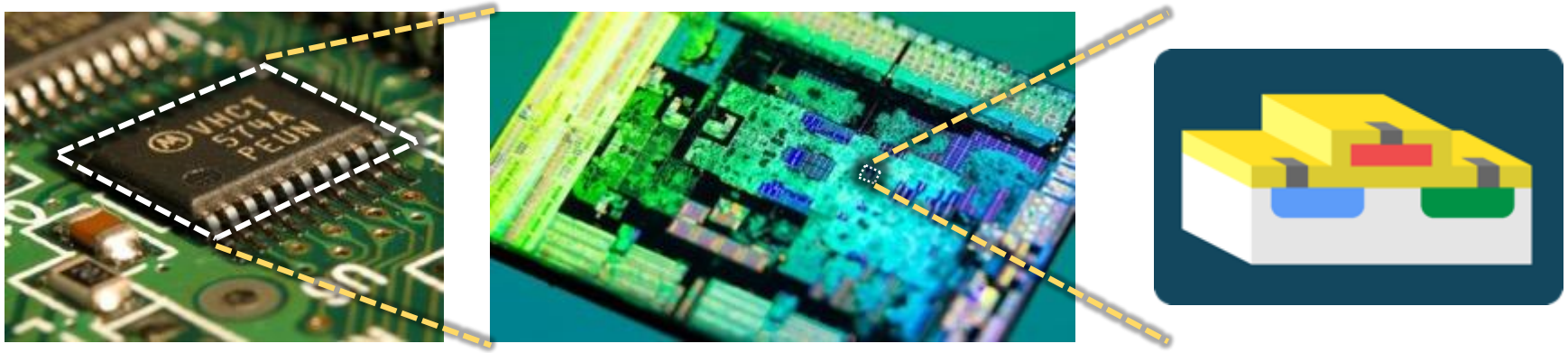
用樂高積木介紹半導體製程



教材設計：
國立陽明交通大學 資訊管理研究所
研究生林志威

電晶體簡介

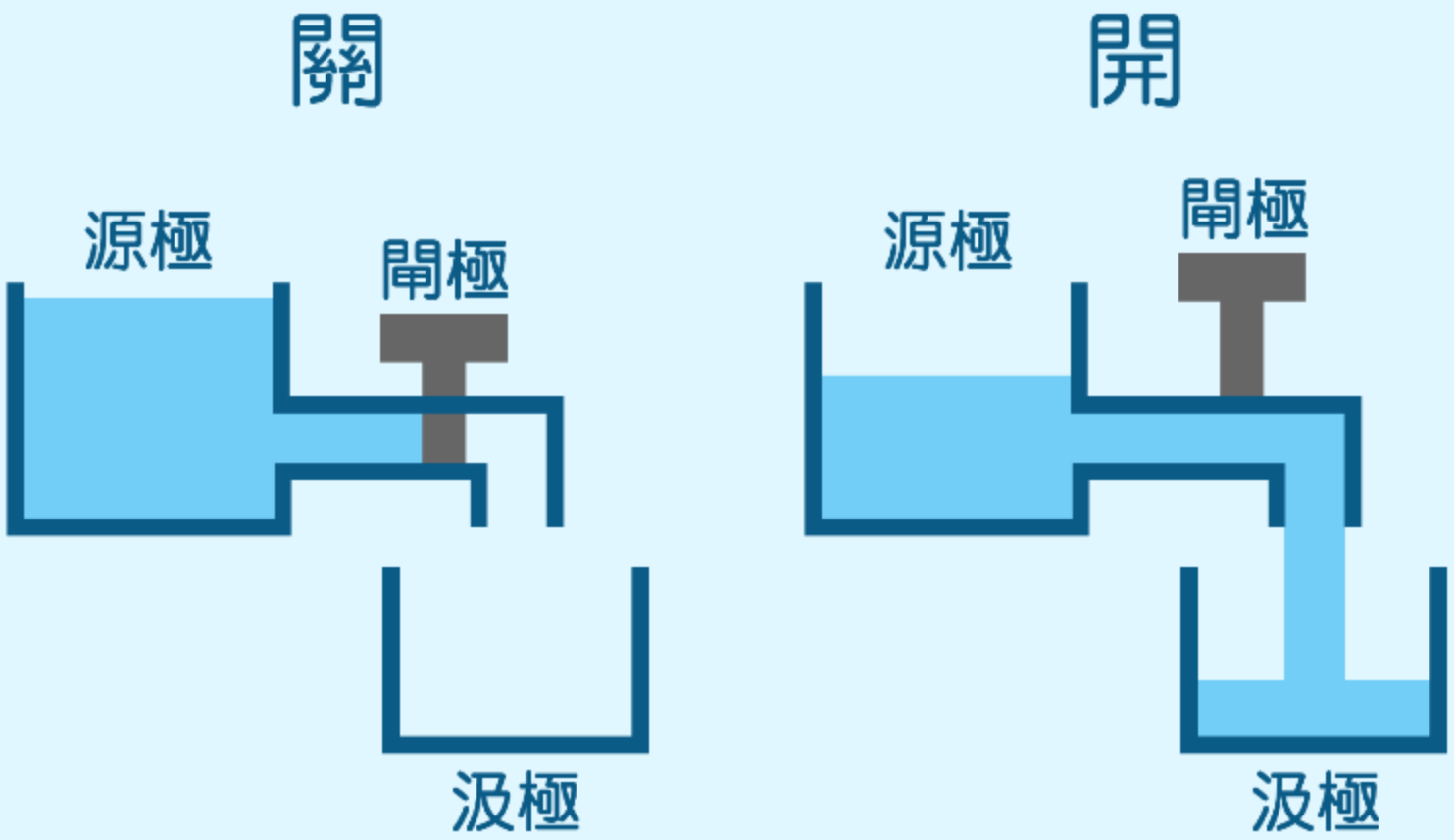
- 電晶體是積體電路(IC)等器件的基本組成單元。
- 電晶體有兩種最主要的作用，可以用來當作開關，也可以用來放大信號。
- 電晶體是用半導體材料(矽等)作出來的電子元件。
- 此講義以場效電晶體作為解說。



積體電路　　晶片　　電晶體

圖片來源：Wikipedia
資料來源：科學研習月刊第50卷

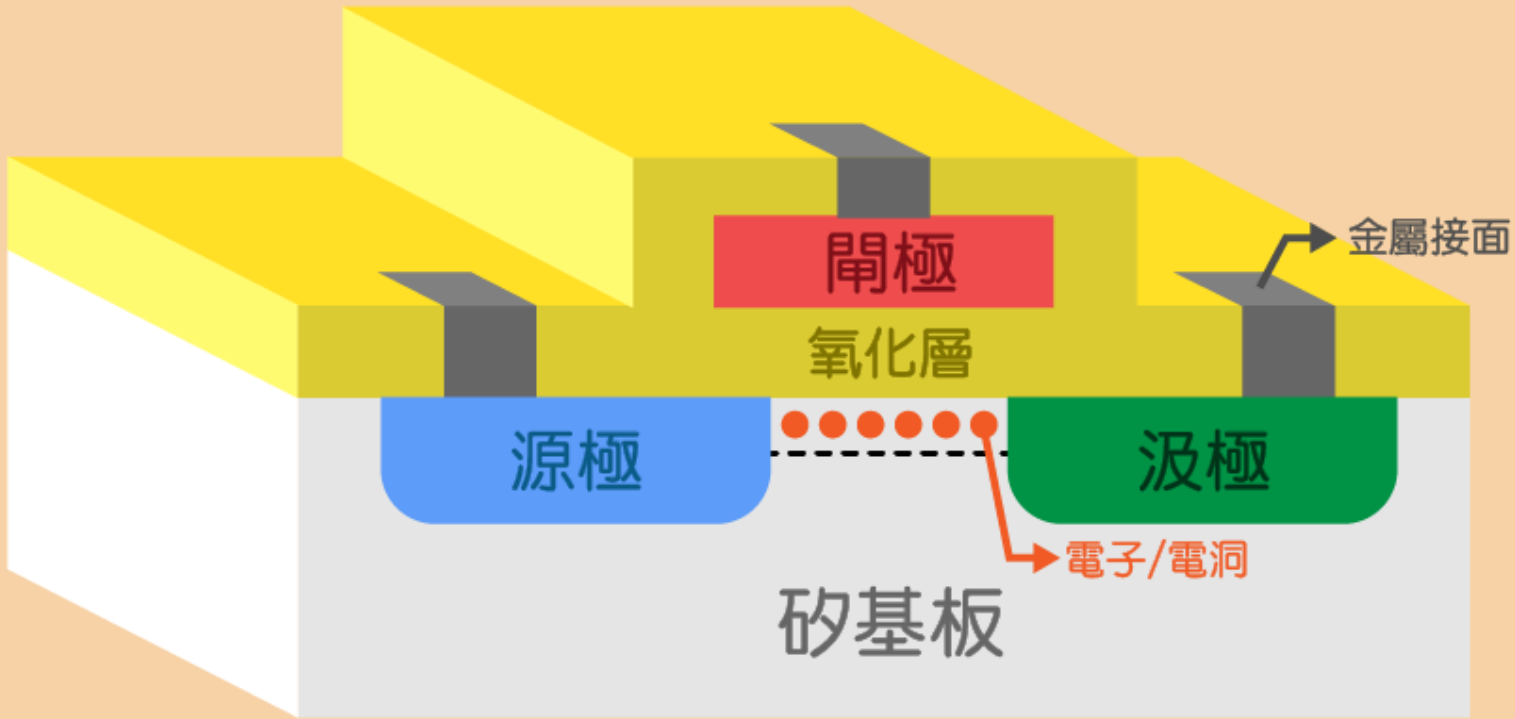
場效電晶體開關原理



製圖：林志威

資料來源：科學研習月刊第50卷

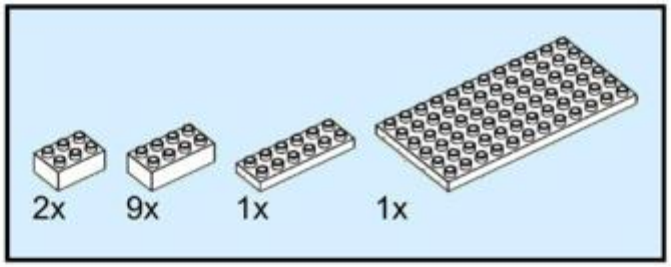
場效電晶體
(Field-Effect Transistor, FET)

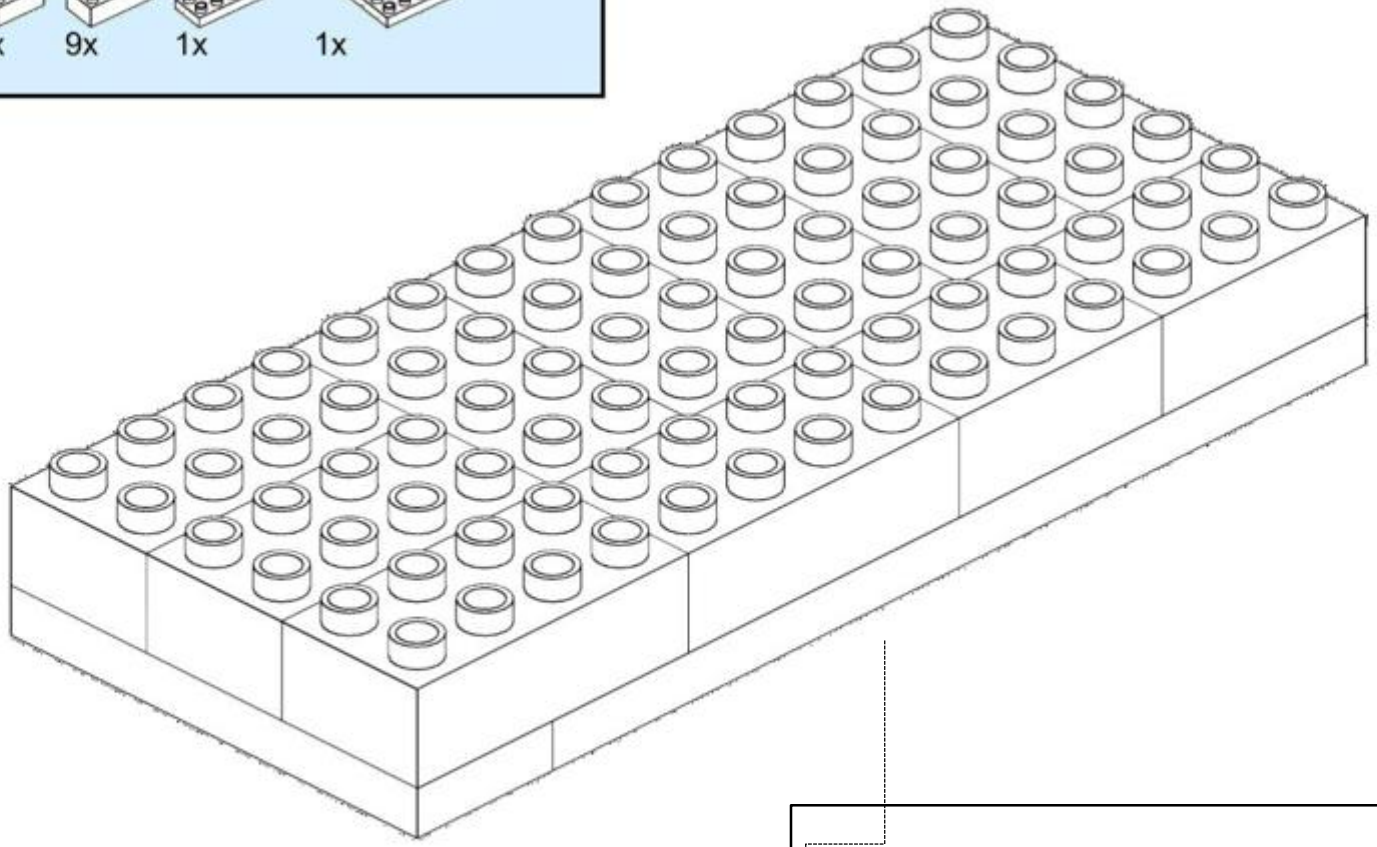


*註：此為簡易版，省略基極

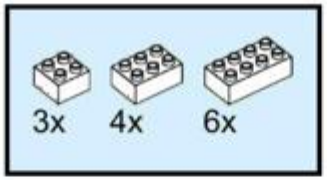
製圖：林志威

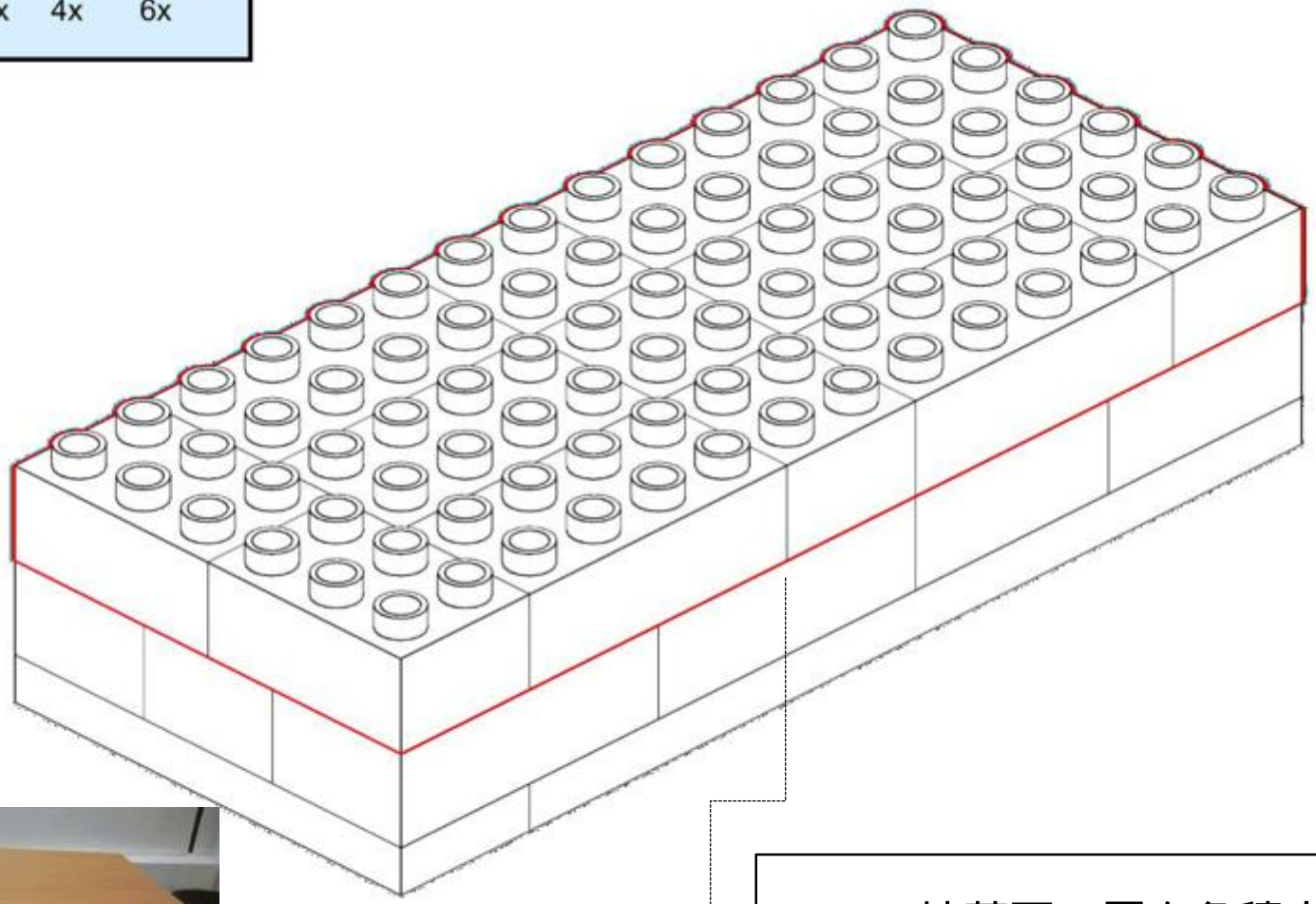
資料來源：科學研習月刊第50卷



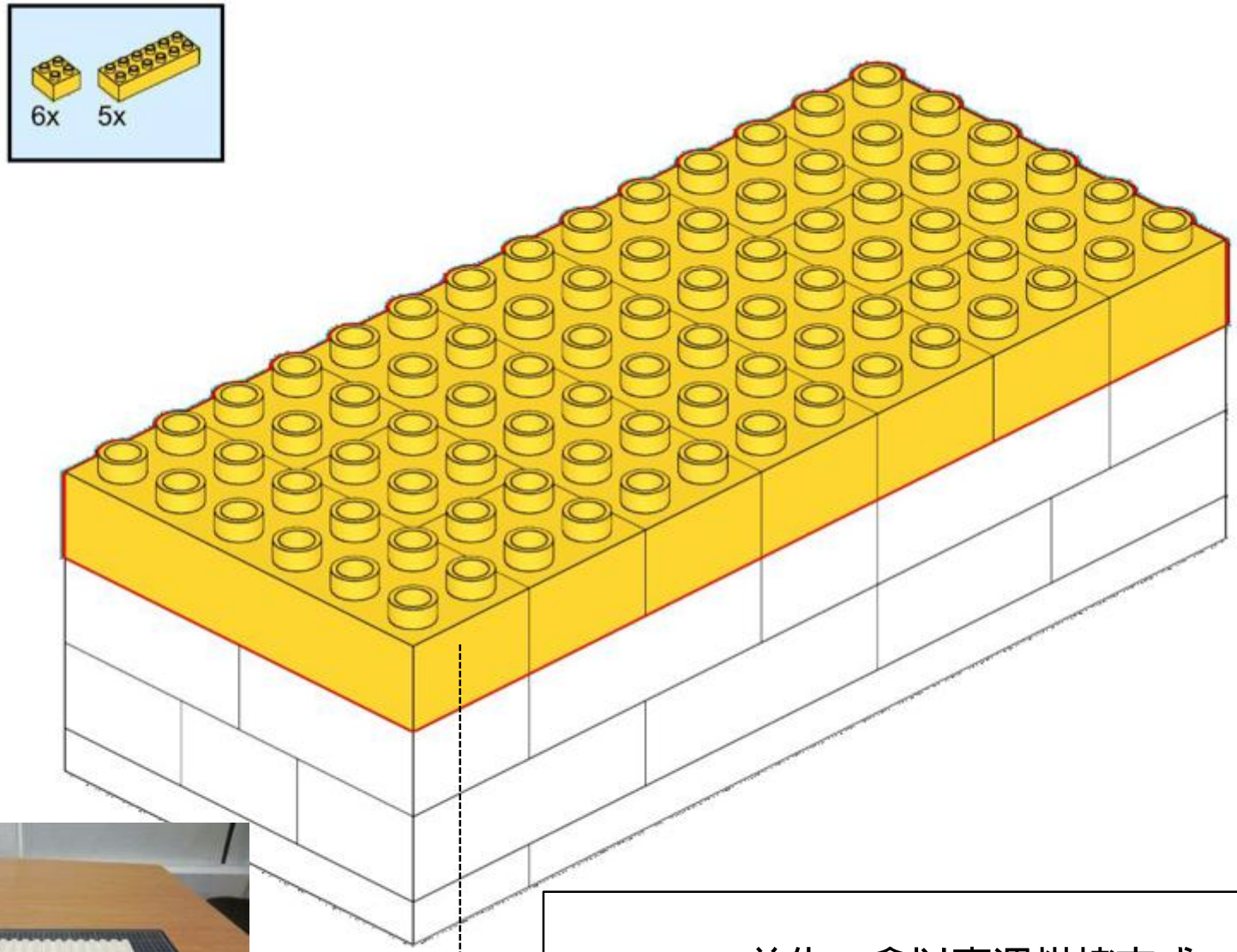


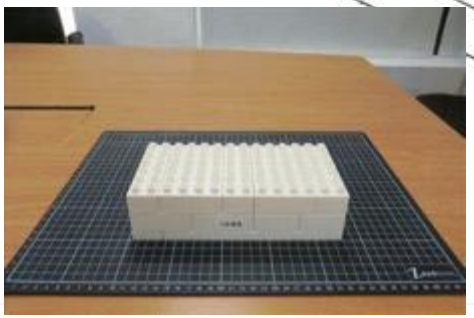
先拼一層白色積木



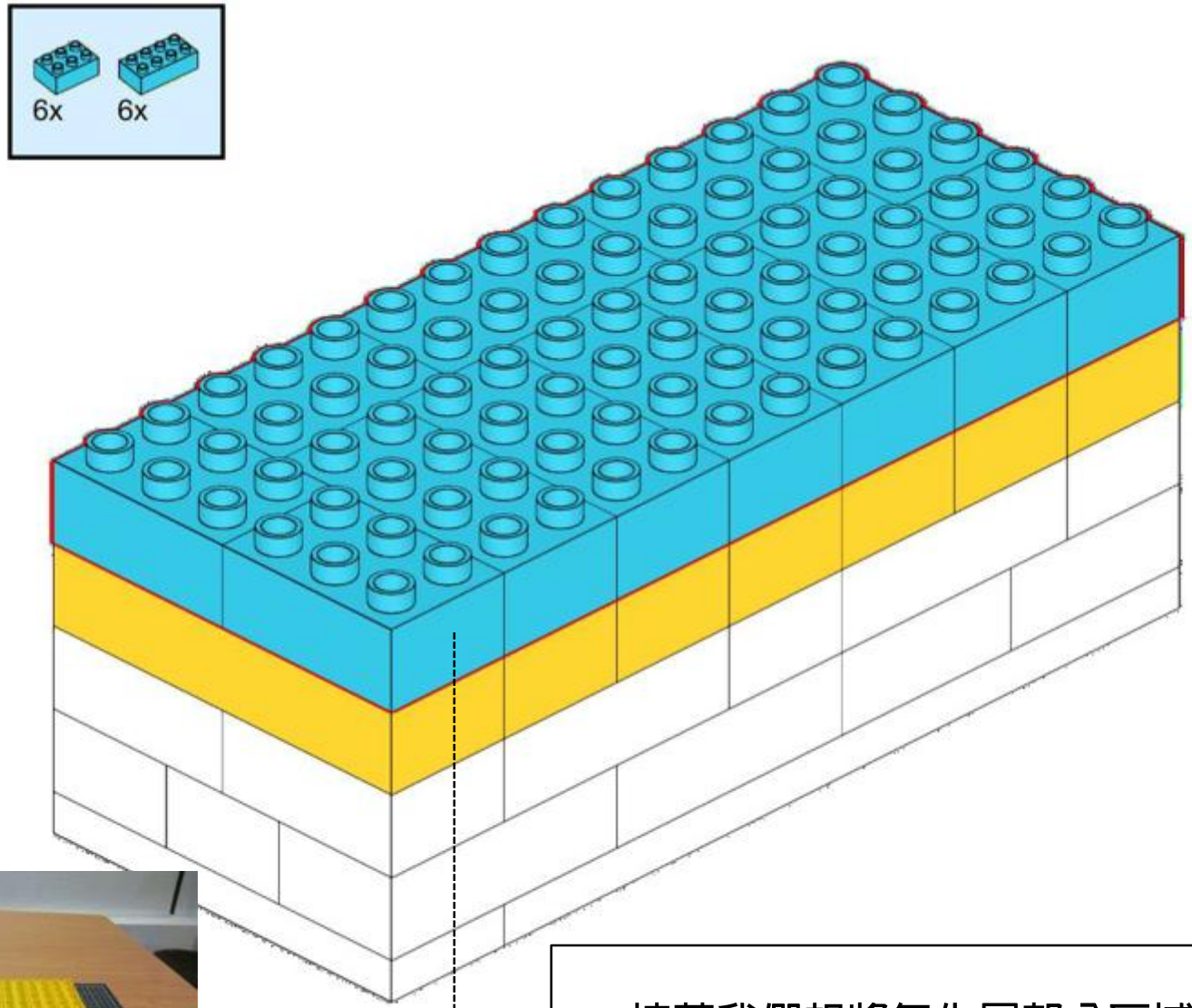


接著再一層白色積木。
白色積木部分為矽晶圓。

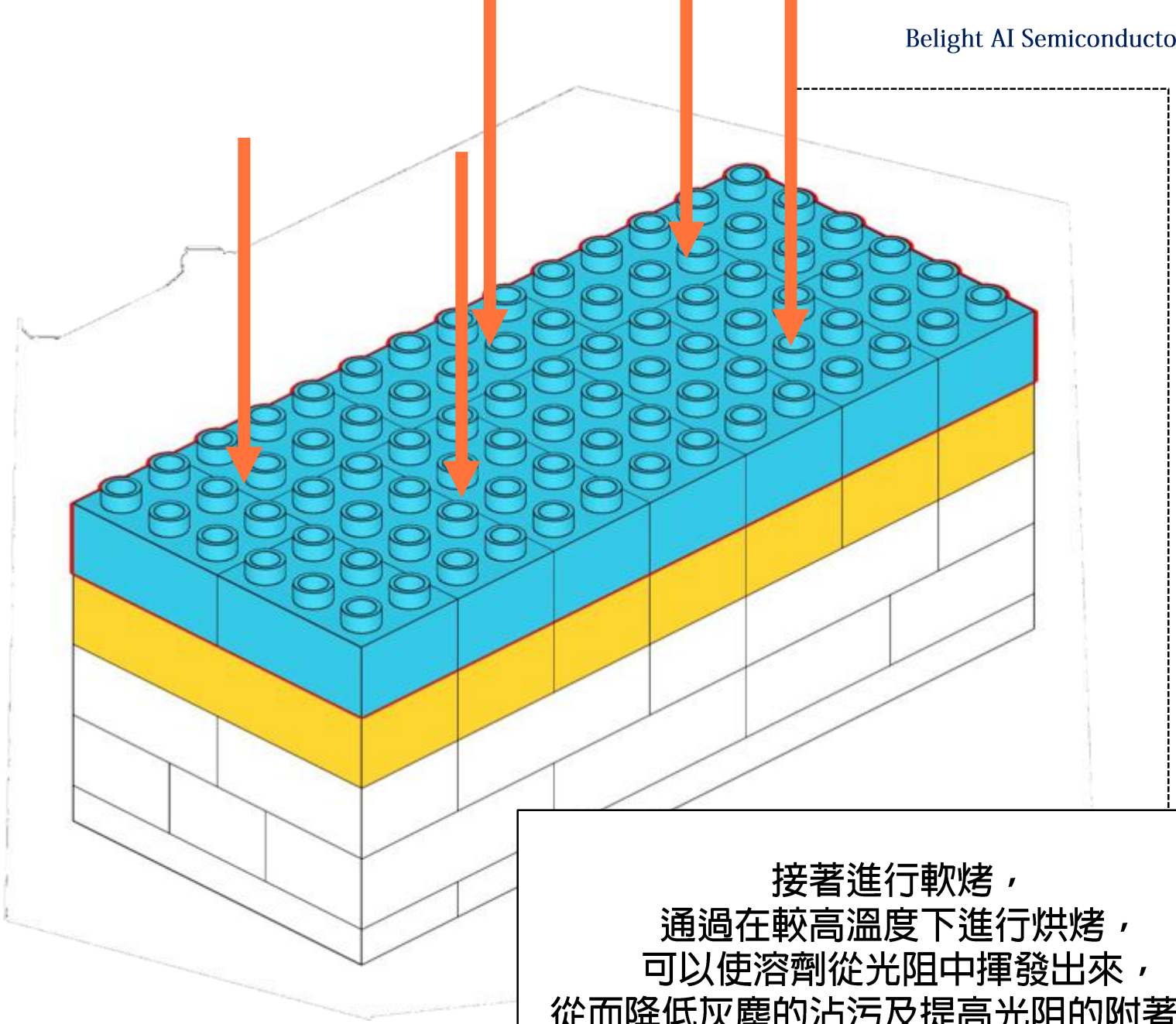




首先，會以高溫烘烤方式，
在表面形成一層絕緣的氧化層(黃色積木)。



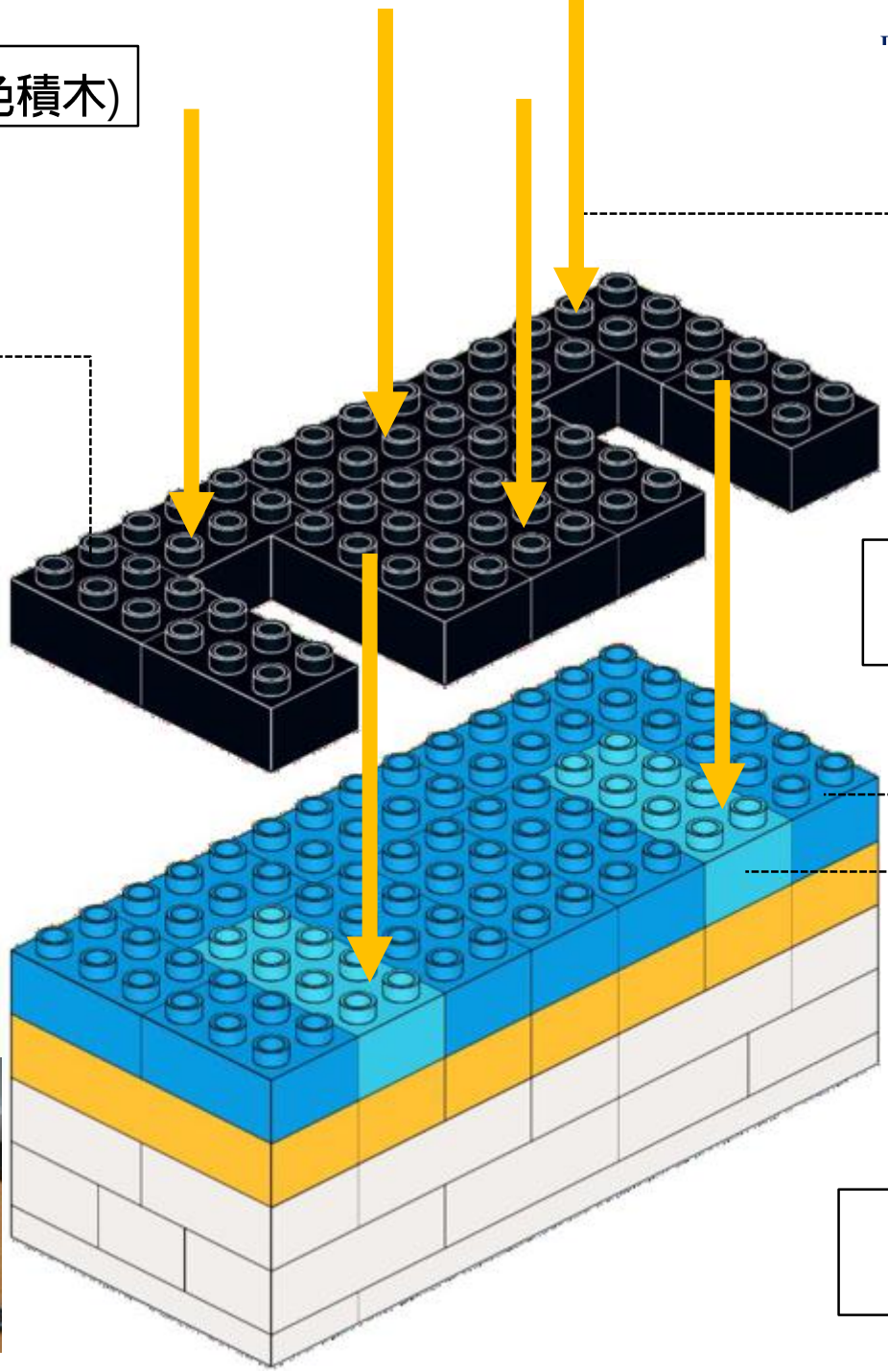
接著我們想將氧化層部分區域去除掉，
先在氧化層上塗抹光阻劑(天藍色積木)。



接著進行軟烤，
通過在較高溫度下進行烘烤，
可以使溶劑從光阻中揮發出來，
從而降低灰塵的沾污及提高光阻的附著性。

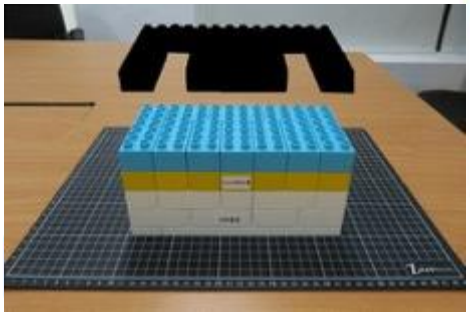
1. 然後放上光罩(黑色積木)

2. 進行曝光(黃色箭頭)
通常為紫外光



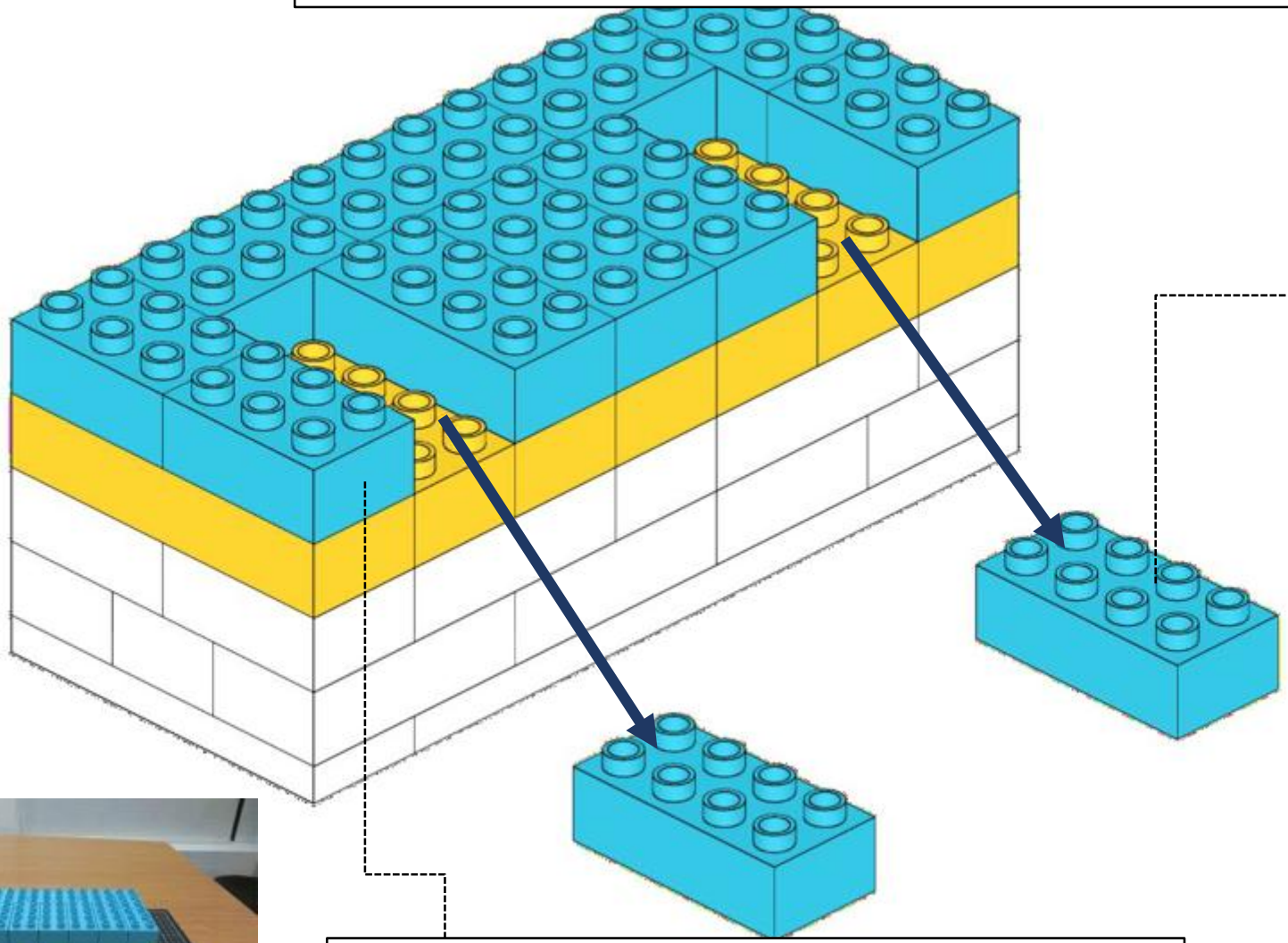
沒被照射到的地方
(深天藍色積木)

被照射到的地方
(藍色積木)

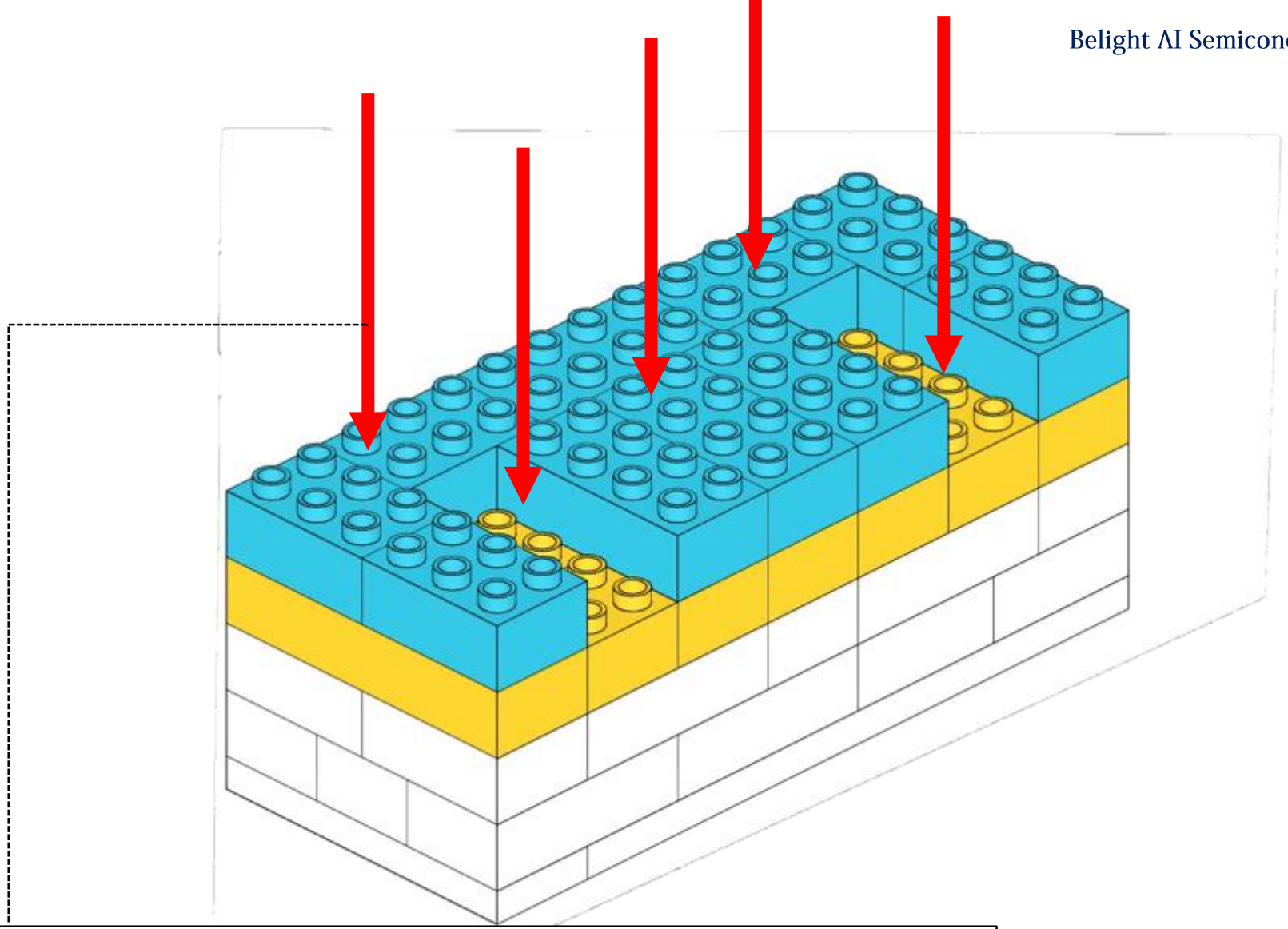


接著是顯影，

剛剛被照射到的光阻劑，會因為當中的感光劑發生光化學反應，
使光阻劑產生化學成分變化，並溶解於特定的顯影液。

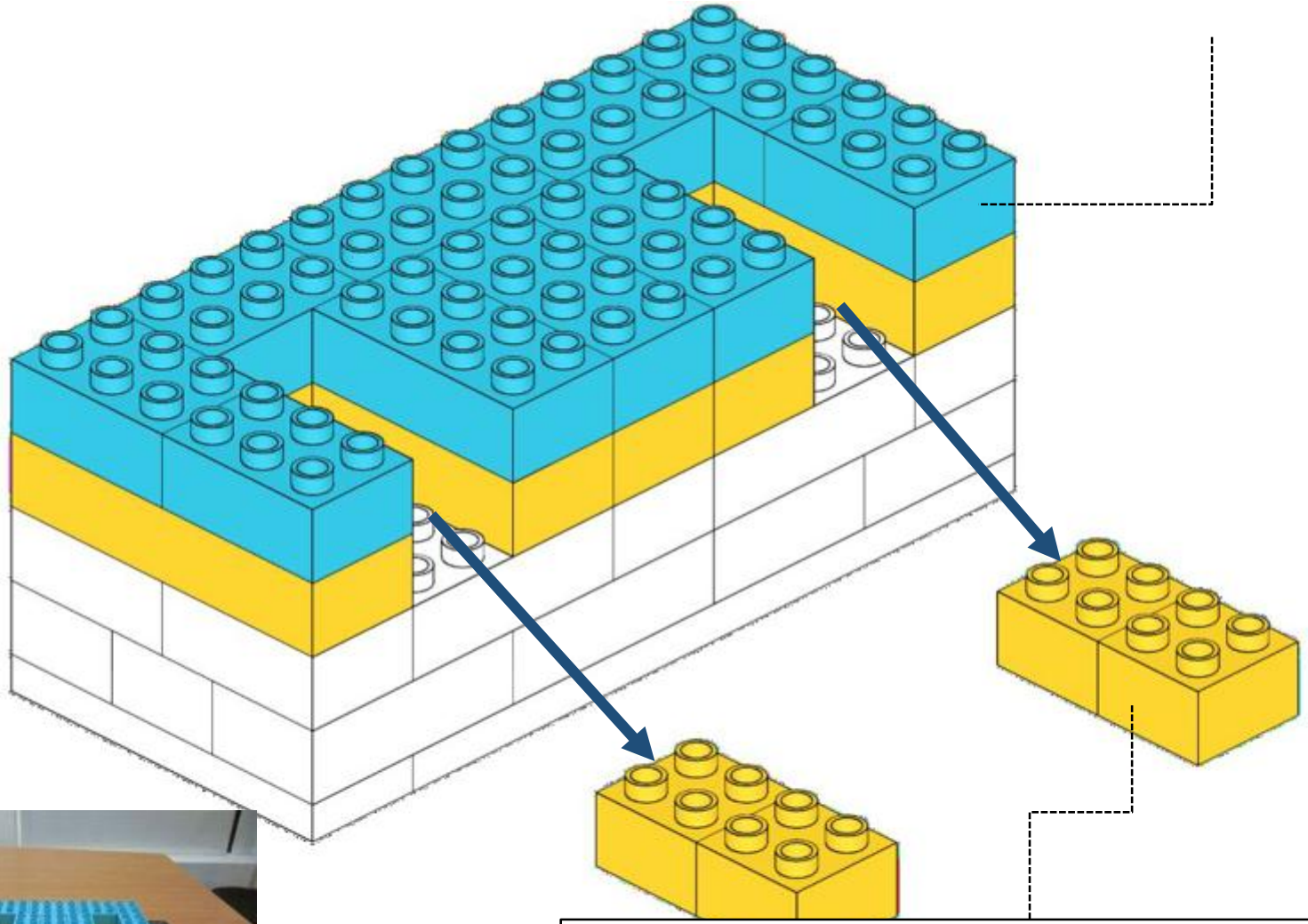


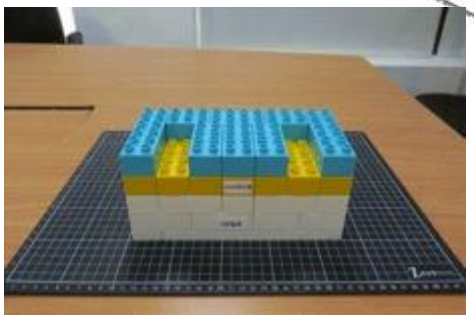
沒被照射到的光阻劑區域，
則不會被顯影液溶解，所以會被保留下來。



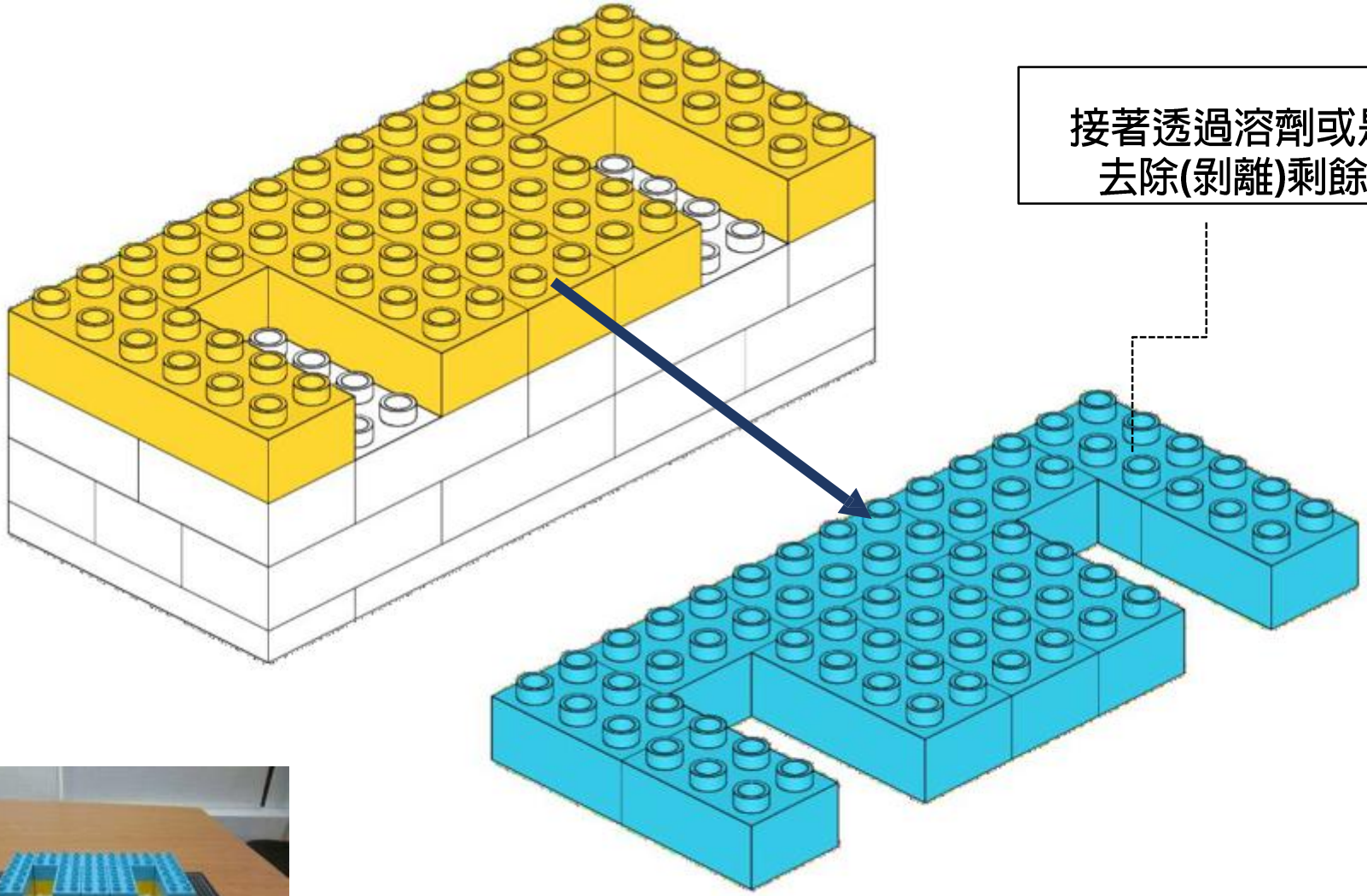
顯影後會進行硬烤，使光阻的性質更為穩定。
在這過程中，利用高溫處理，
提高光阻在隨後蝕刻和摻雜過程中的抗蝕性能力。

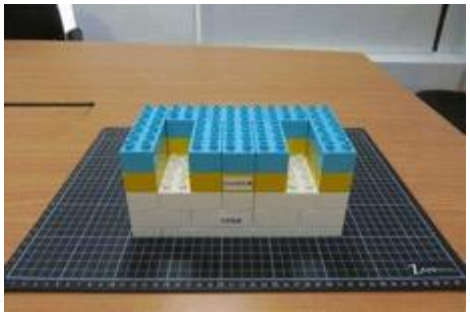
上層還有光阻的
氧化層不會被蝕刻到。

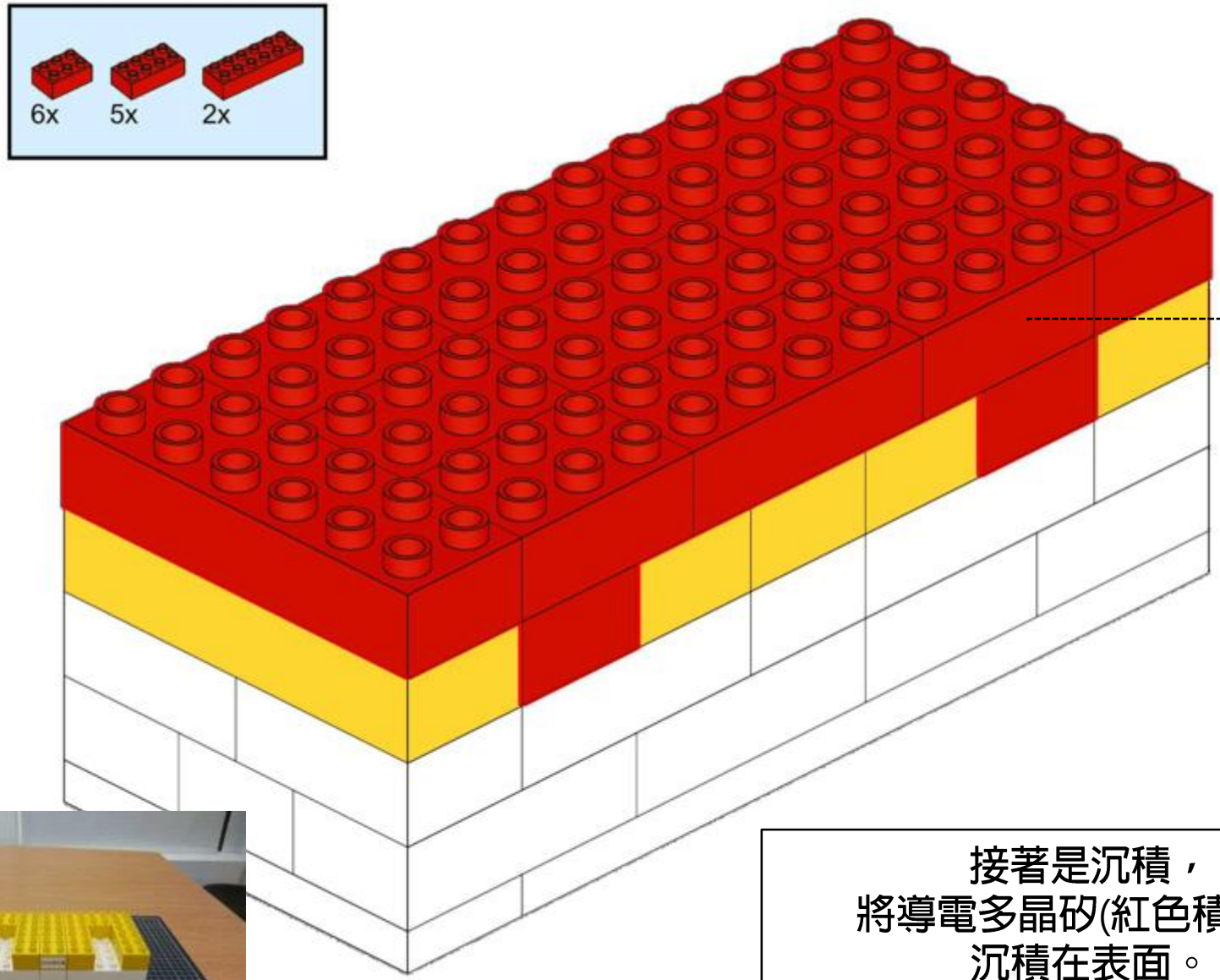


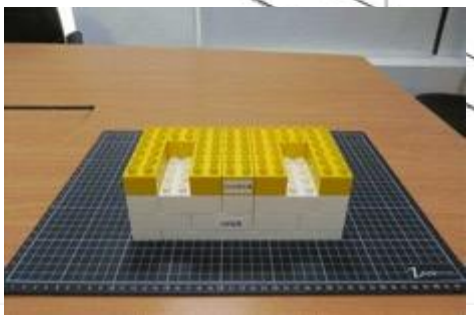


接著是蝕刻，
蝕刻有分濕式蝕刻及乾式(電漿)蝕刻，
都是利用化學反應的方式來削除下方的氧化層。

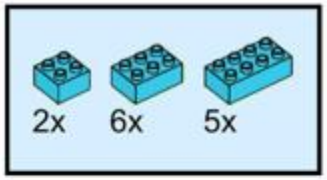

接著透過溶劑或是電漿，
去除(剝離)剩餘的光阻





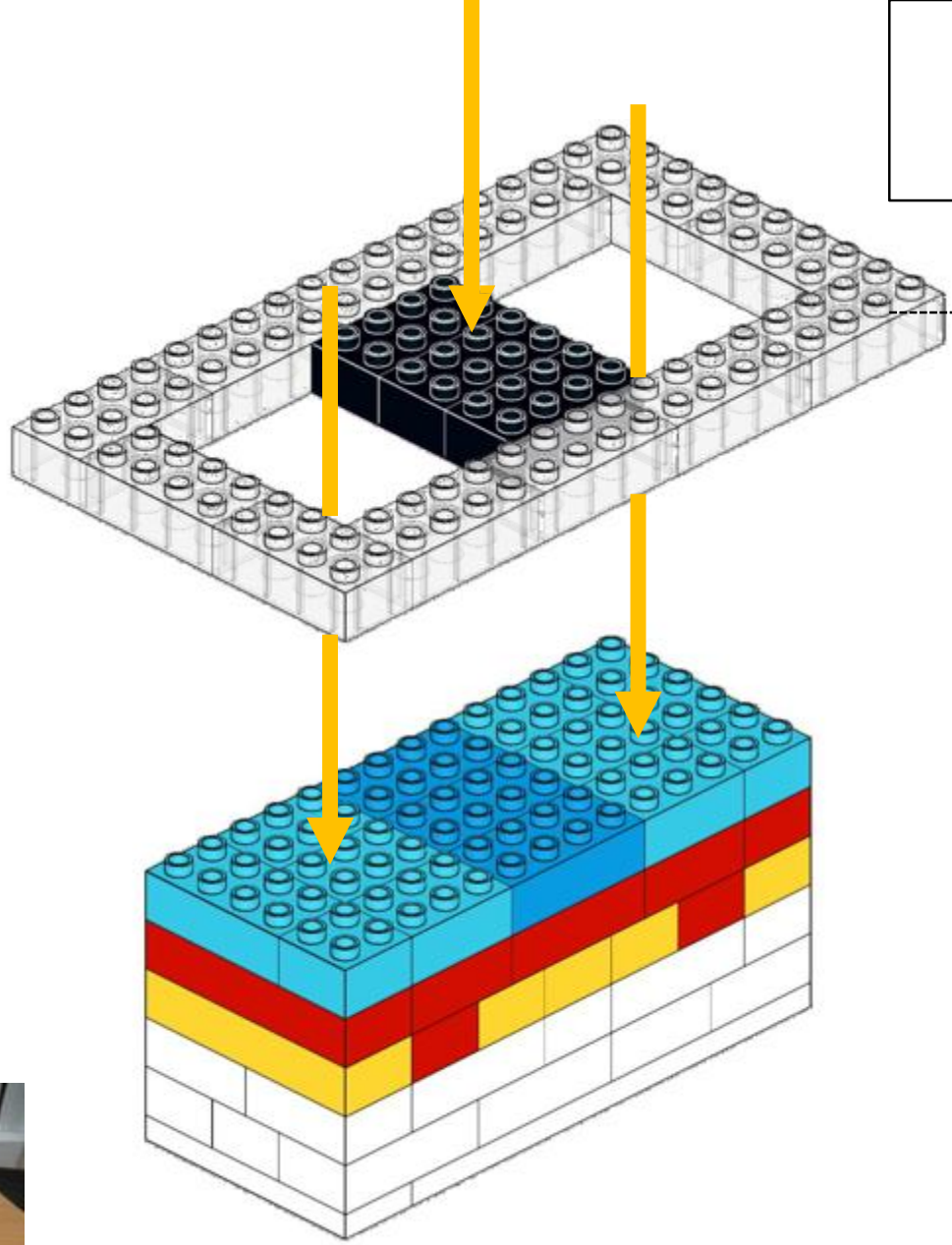


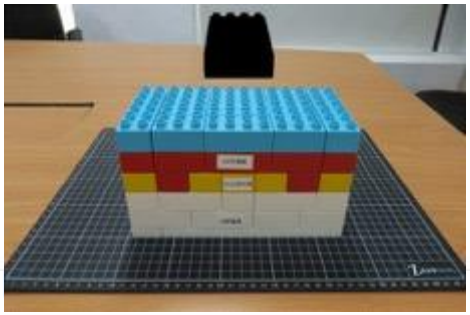
接著是沉積，
將導電多晶矽(紅色積木)，
沉積在表面。

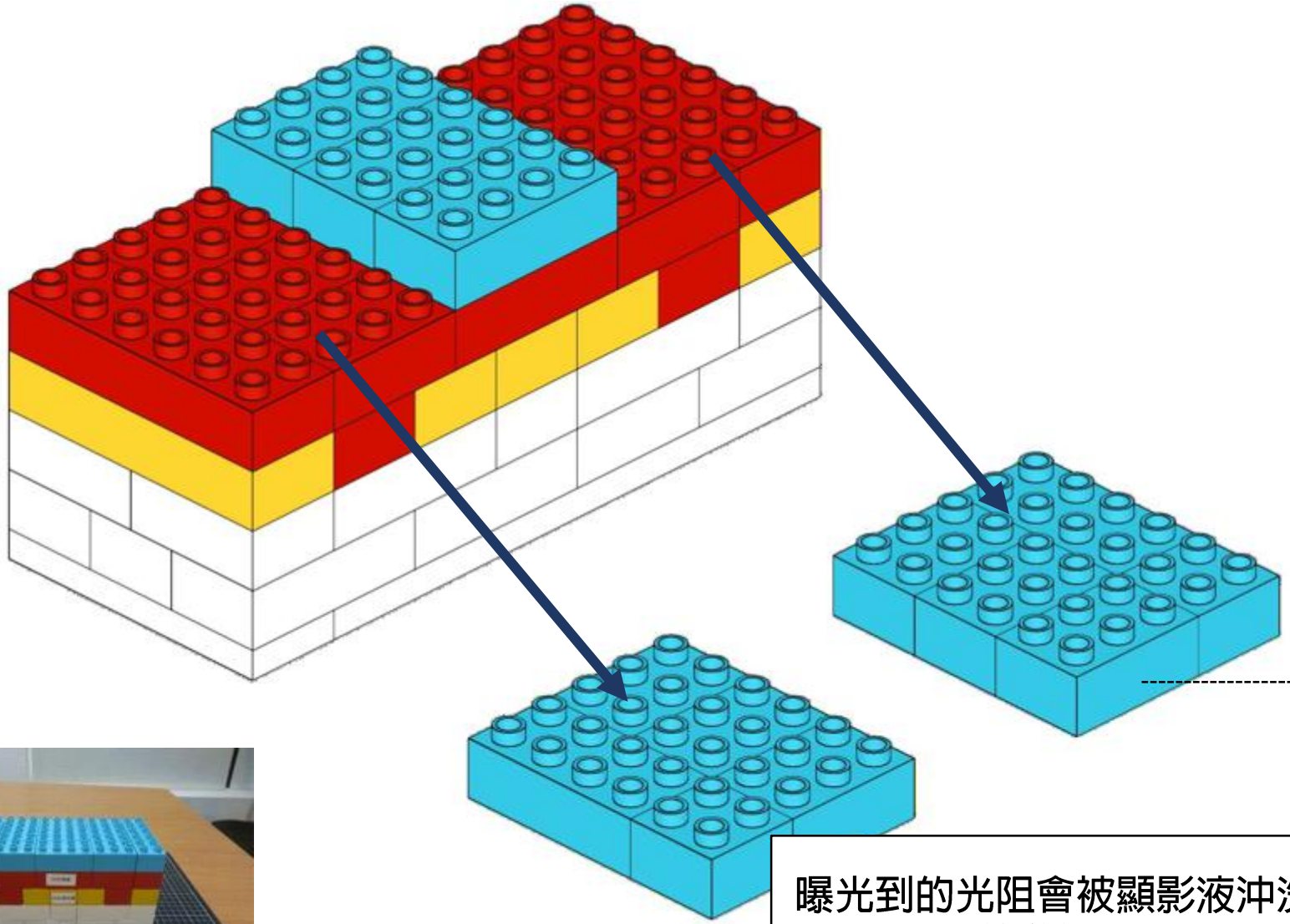


一樣塗抹光阻劑(天藍色積木)，並進軟烤。
而我們只需要中間部分的導電多晶矽來做為閘極(Gate)，
所以需要將旁邊多餘的部分去除。

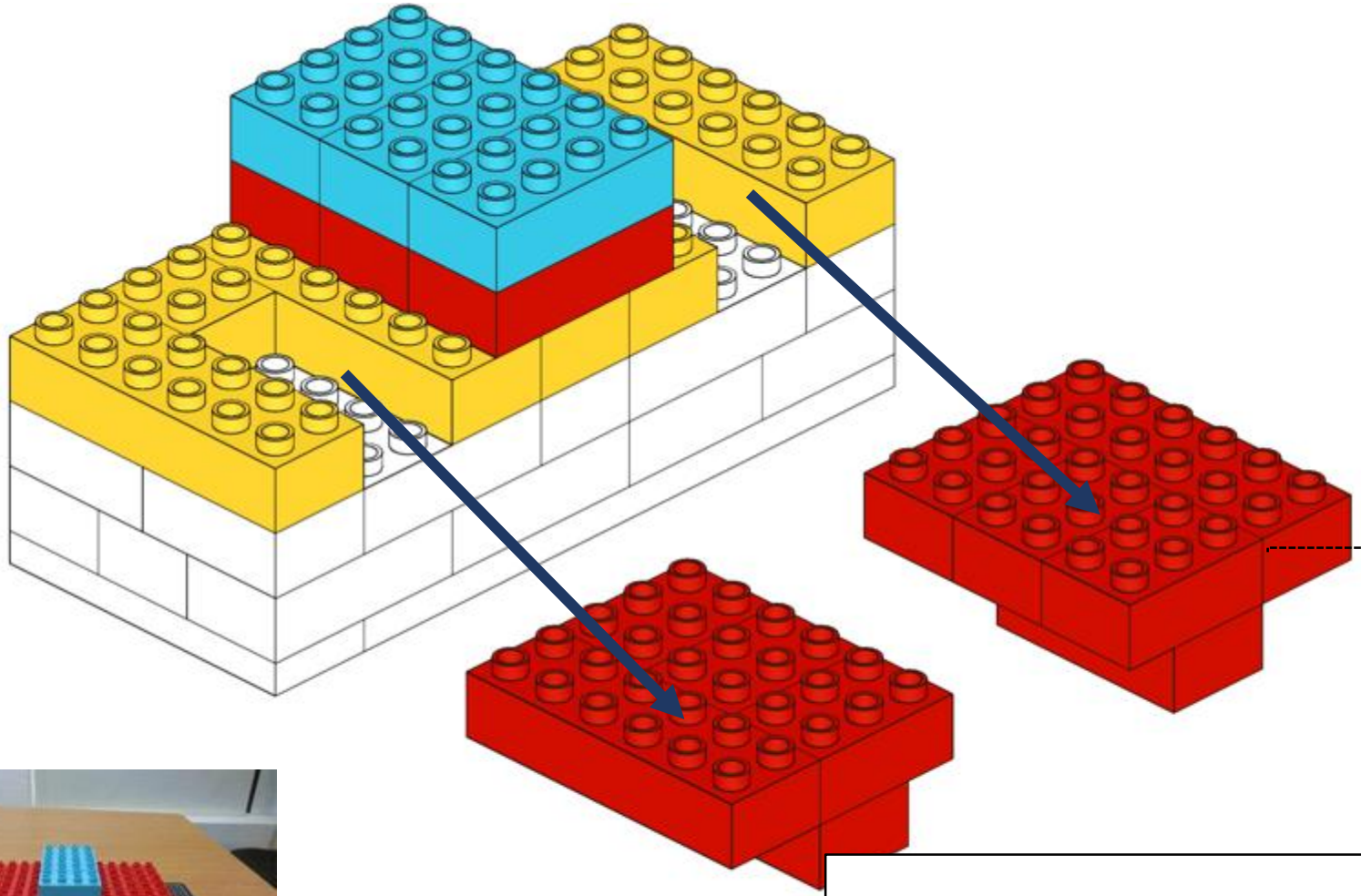
接著一樣裝上光罩後，
進行曝光。



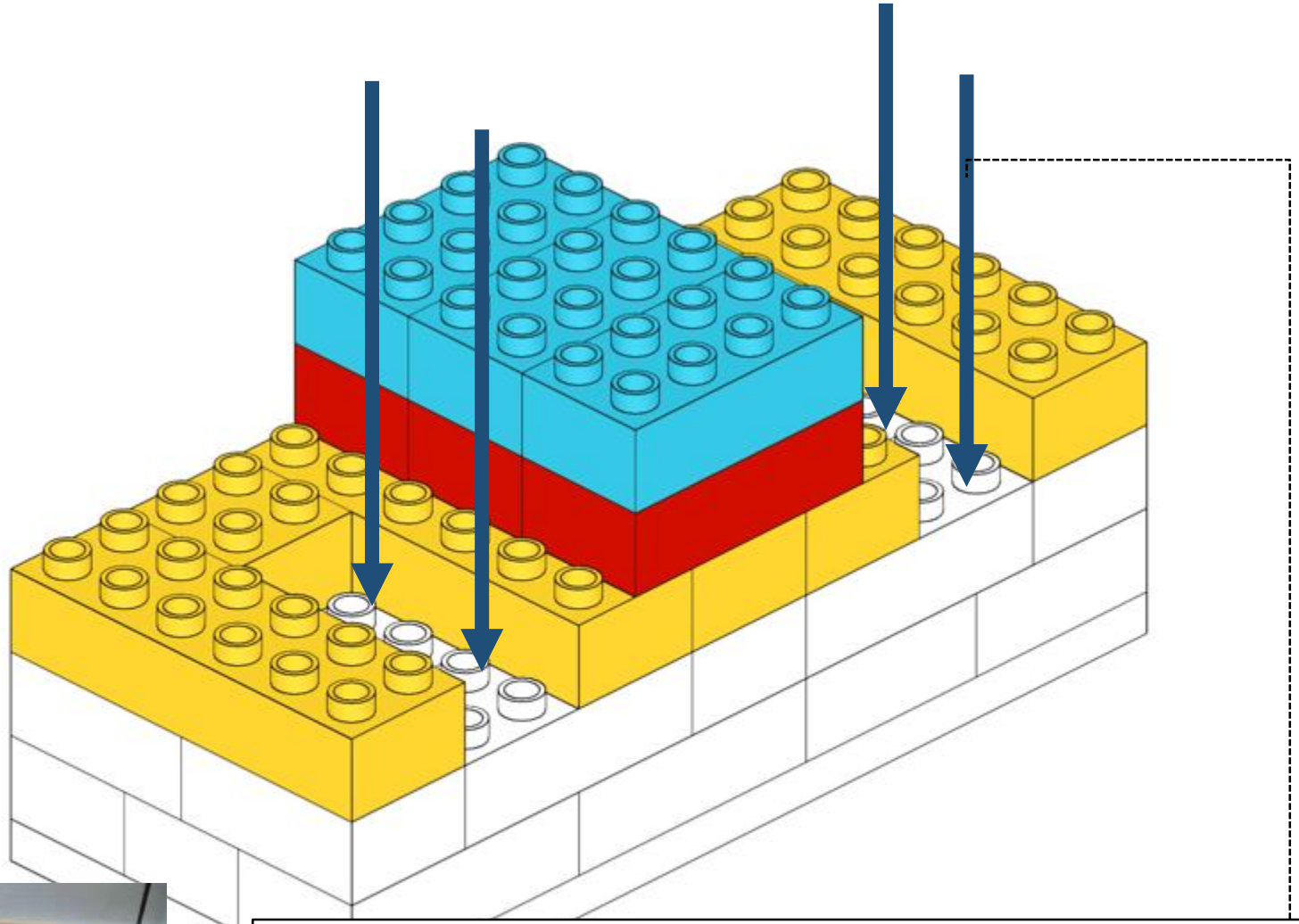




曝光到的光阻會被顯影液沖洗掉，
並進行硬烤。

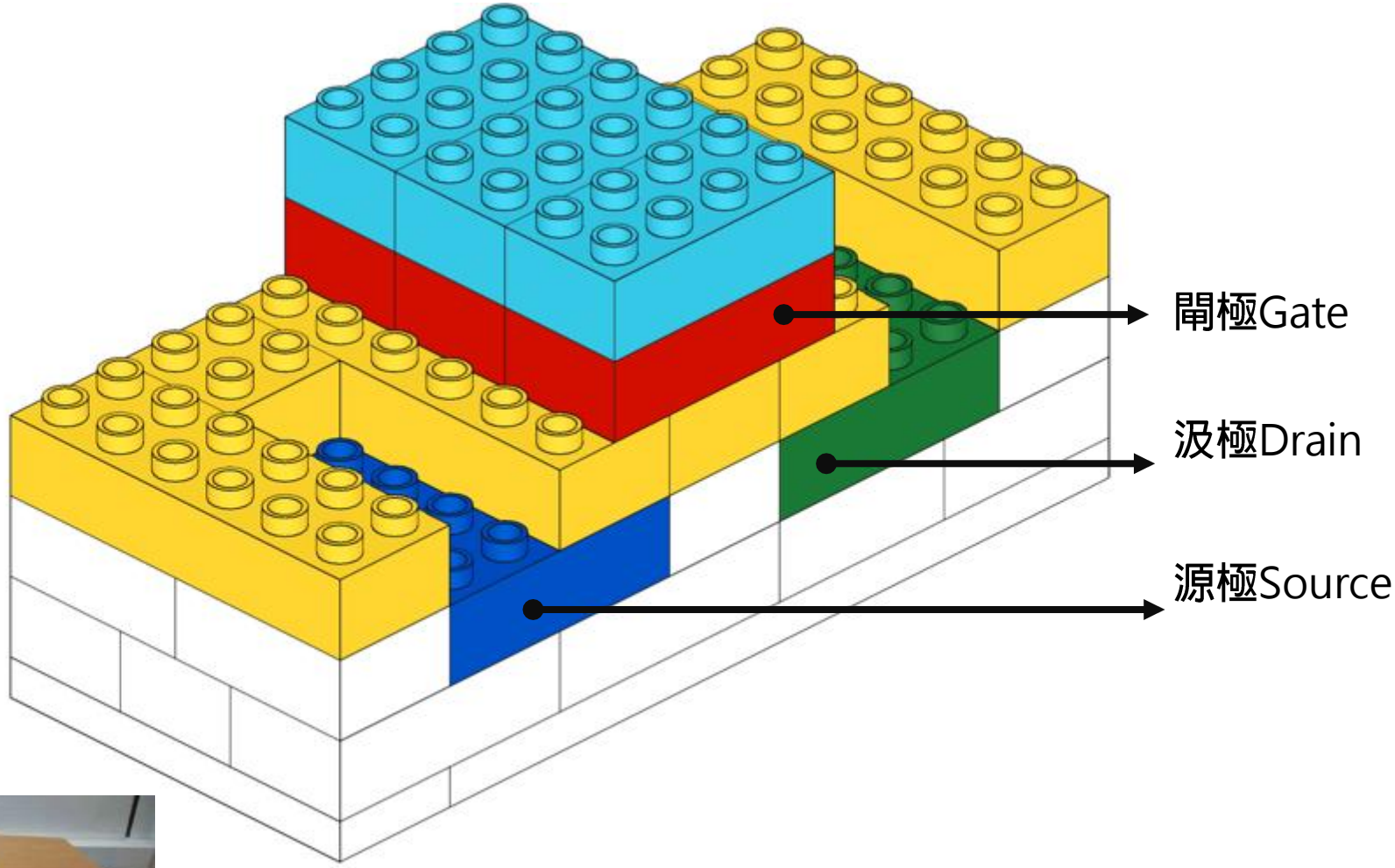


將旁邊的導電多晶矽蝕刻掉。
而上層有光阻的會被保留下來。

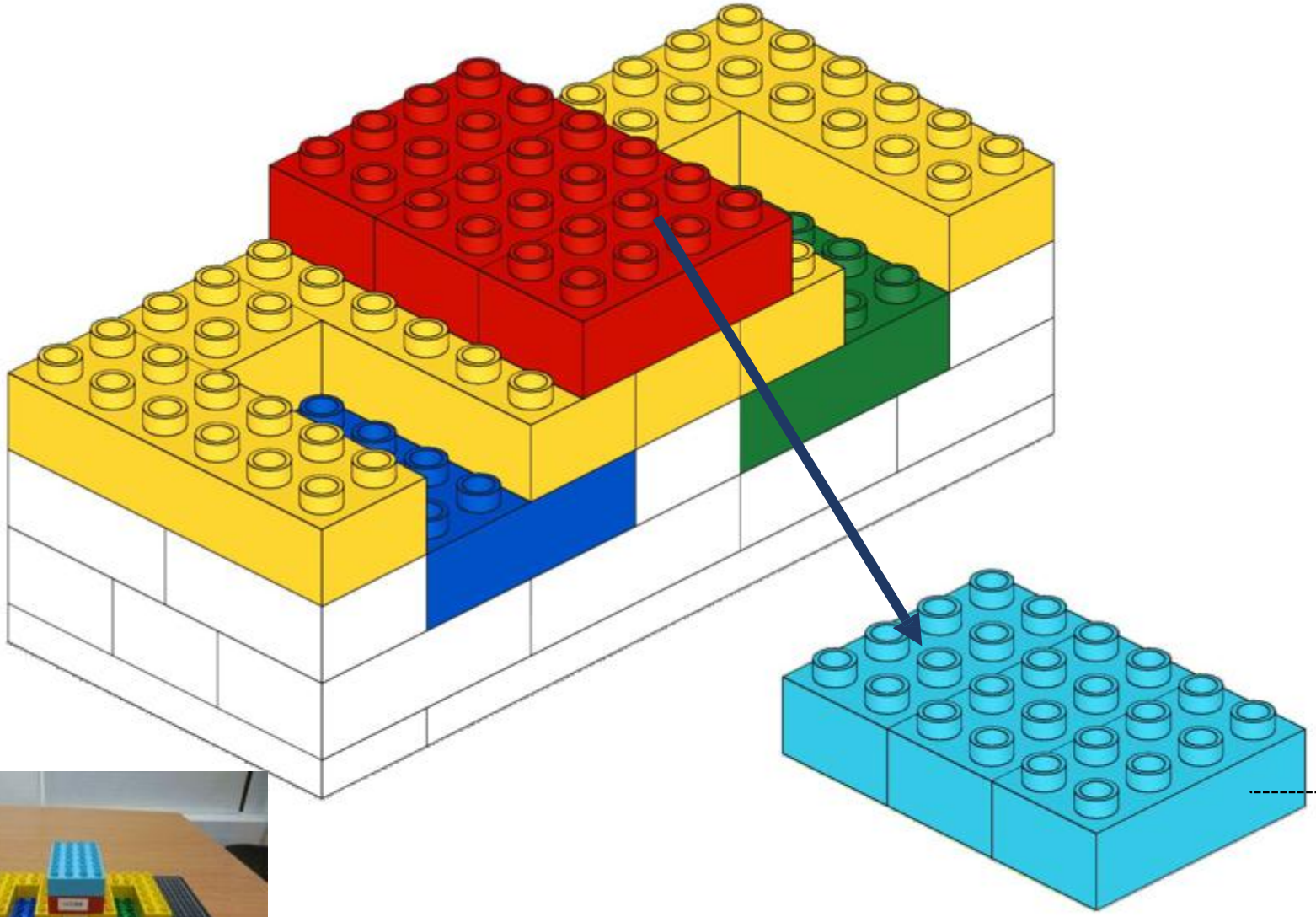


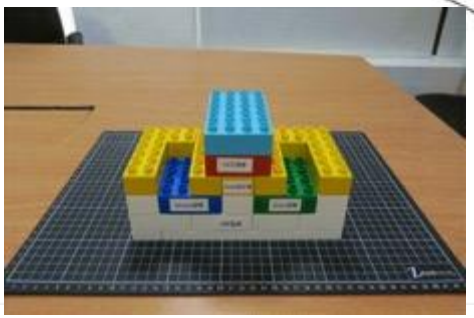
接著是摻雜，
將硼或磷離子(電活性雜質原子，藍色箭頭)植入基底，
使被植入的部分形成半導體元件。
有離子植入法跟擴散法。

完成摻雜(擴散法)後的示意圖

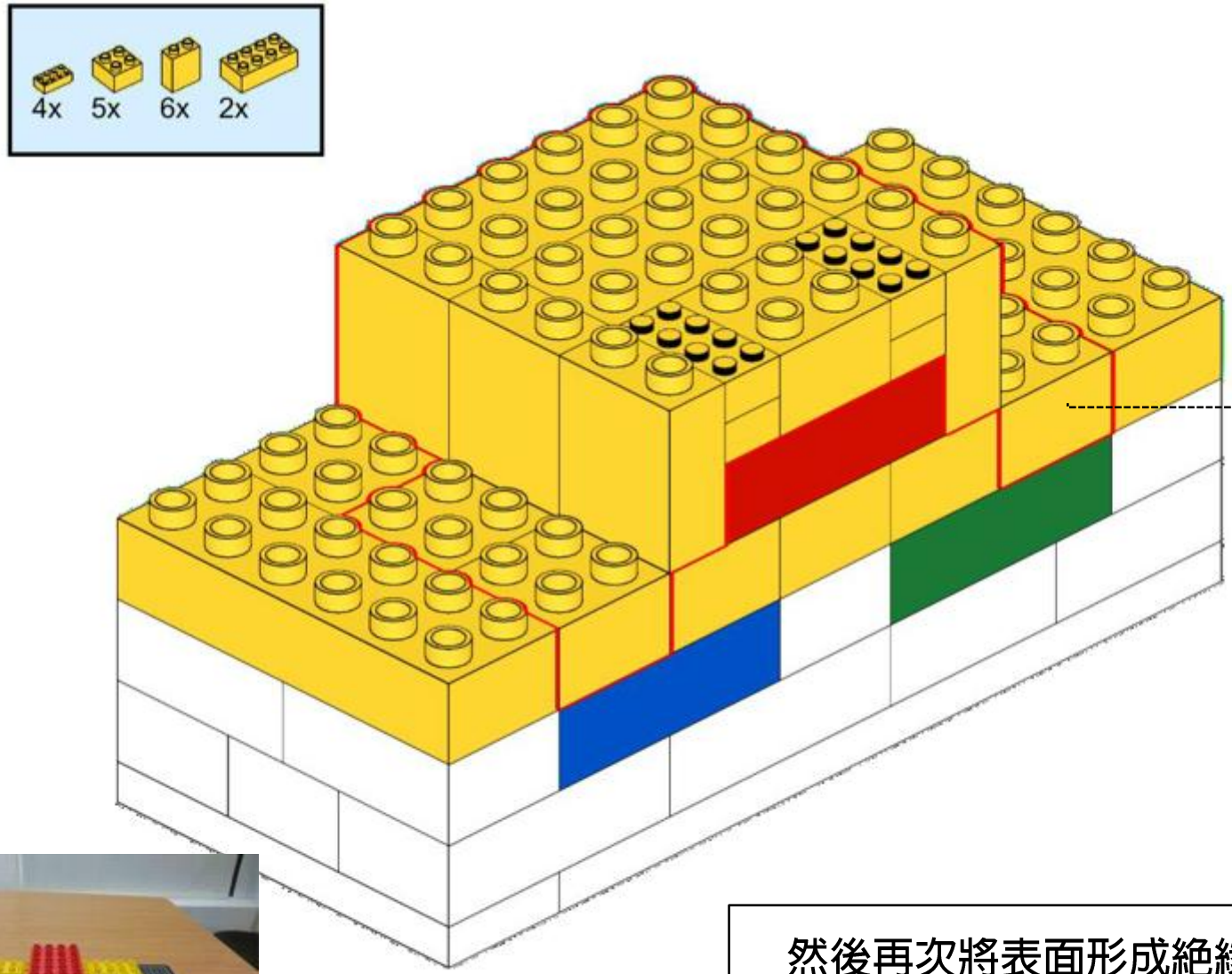


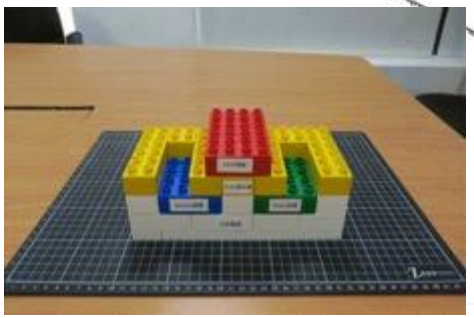
完成後會有三個極性：
閘極（Gate）、汲極（Drain）、源極（Source）。



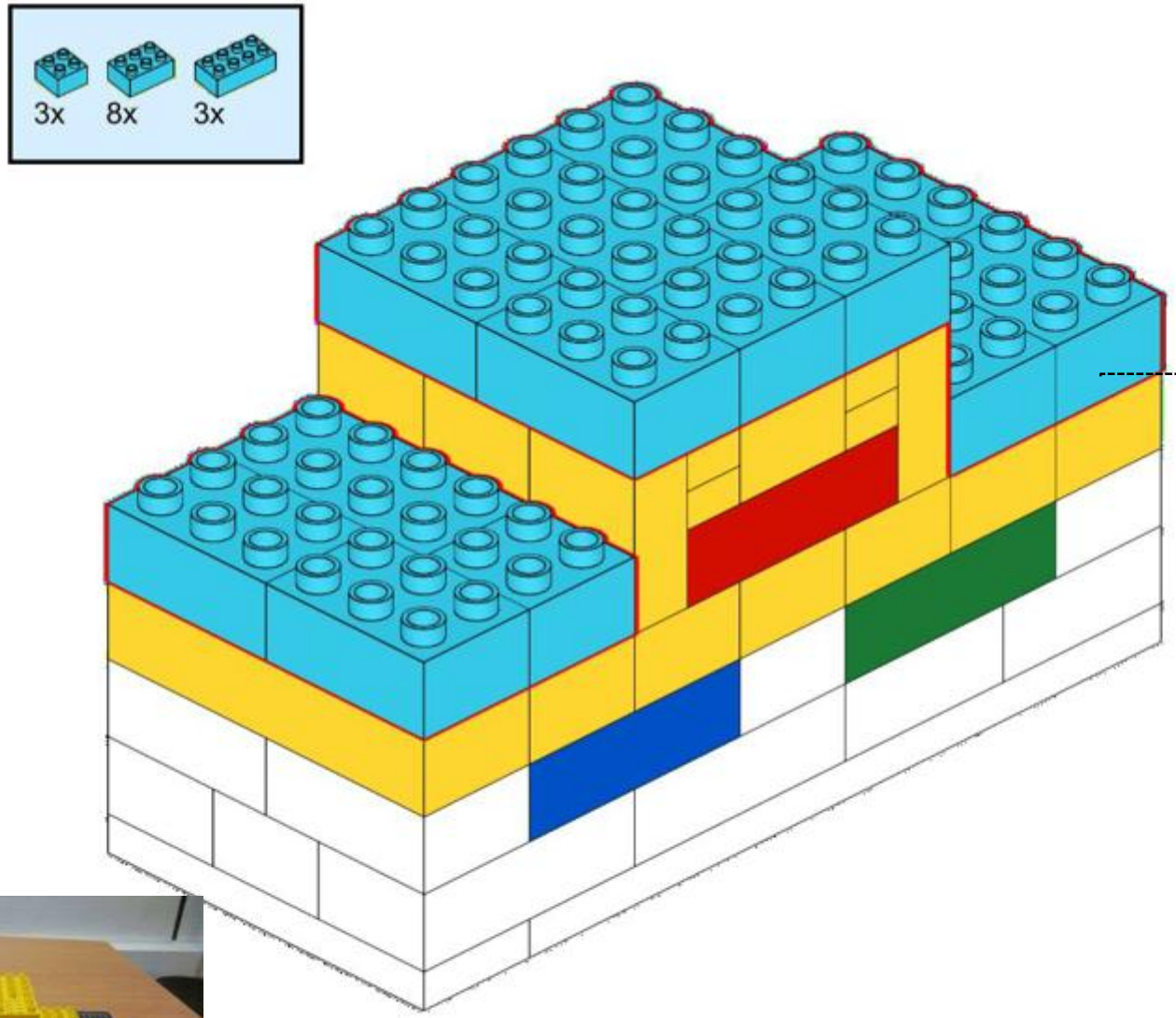


接著一樣把剩餘的光阻劑去除。

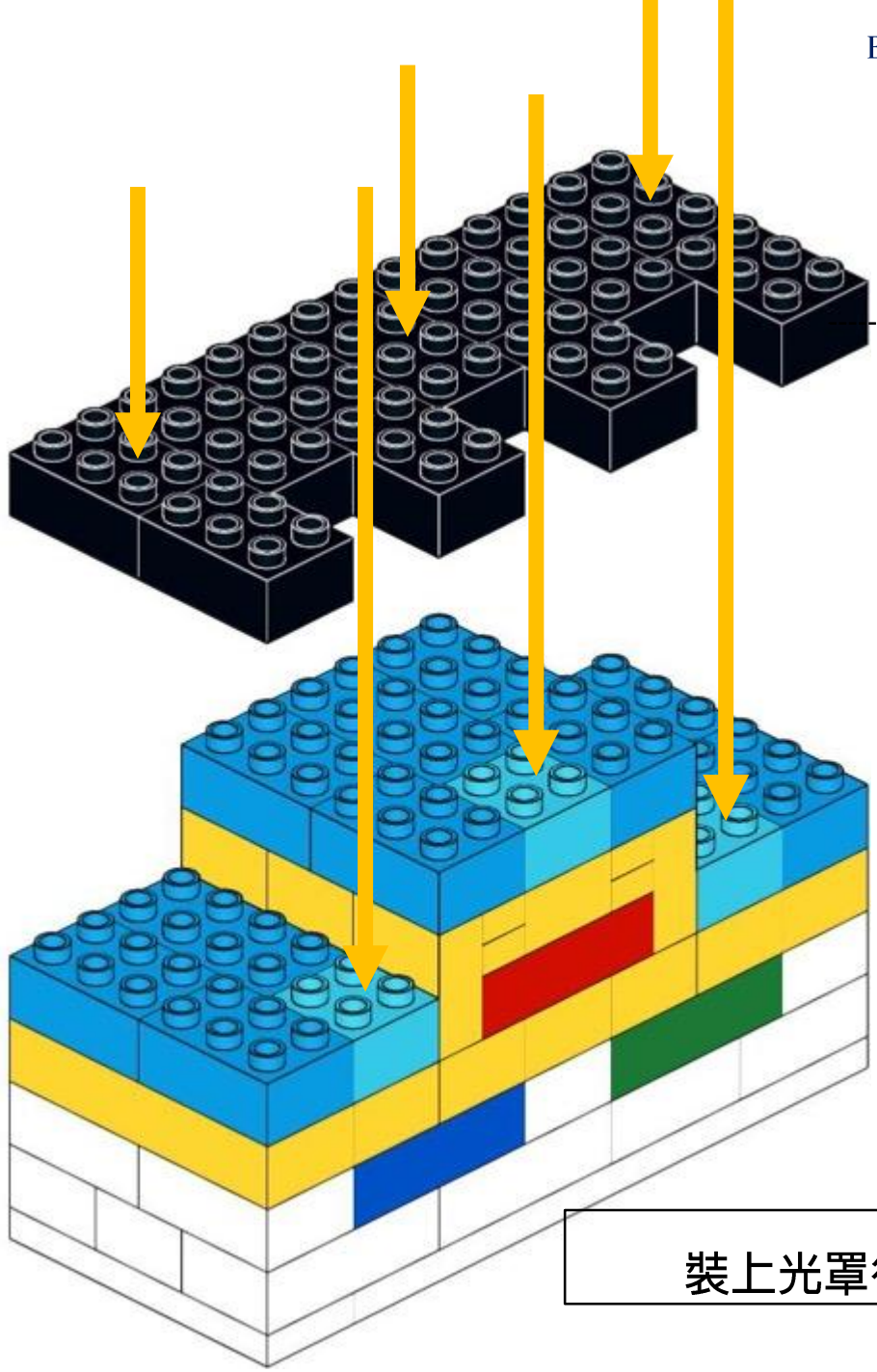


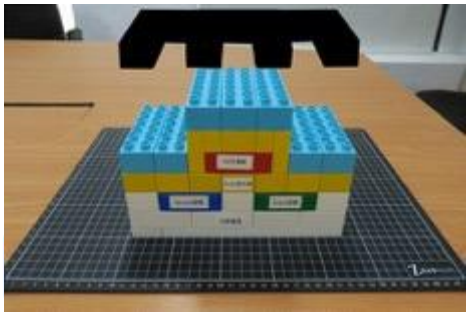


然後再次將表面形成絕緣氧化層。
接著要在三個極上面開井窗，
讓金屬導線可以接入。

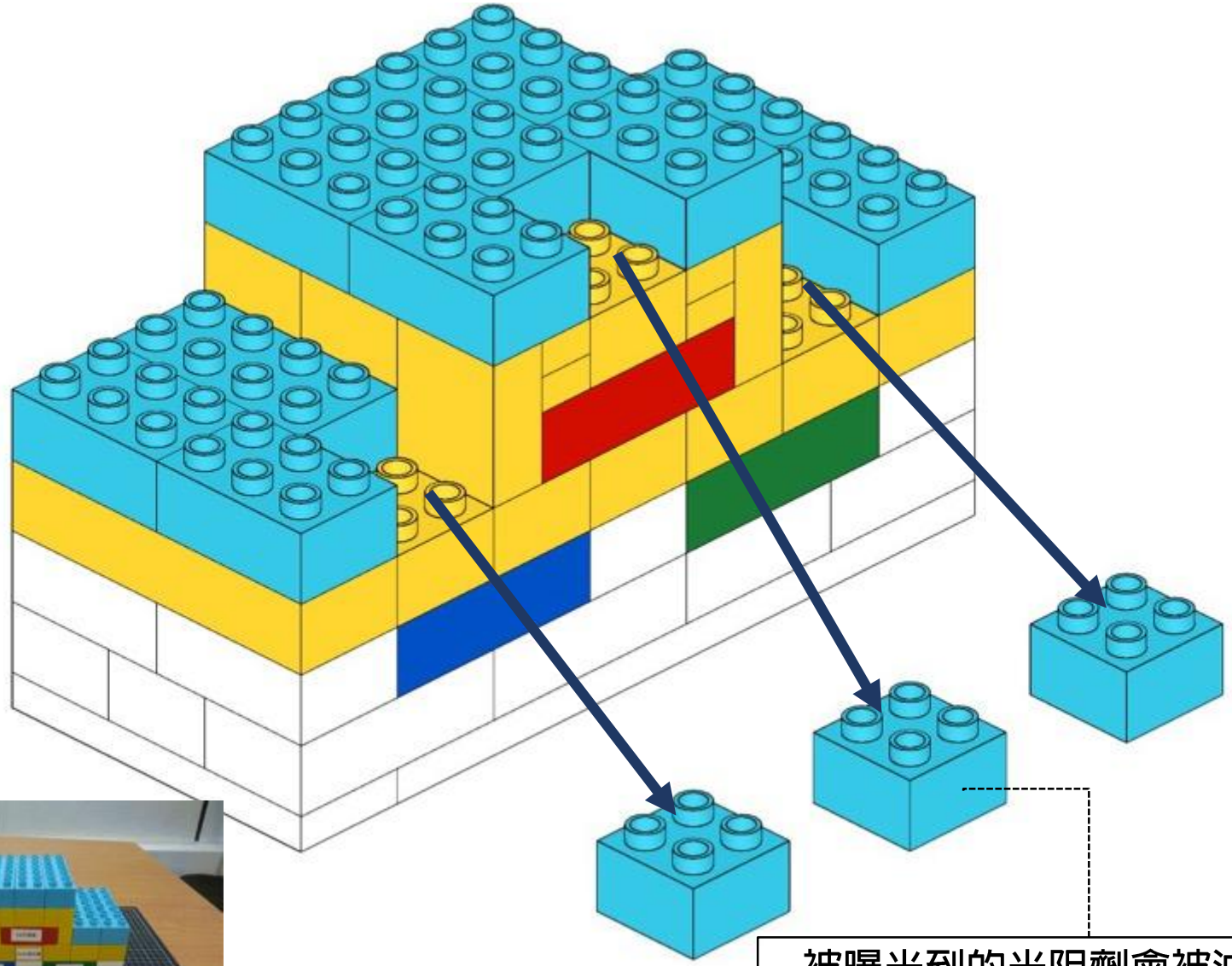


一樣塗抹光阻劑，並軟烤。
以利在這三個極上各開一個洞(通道)，

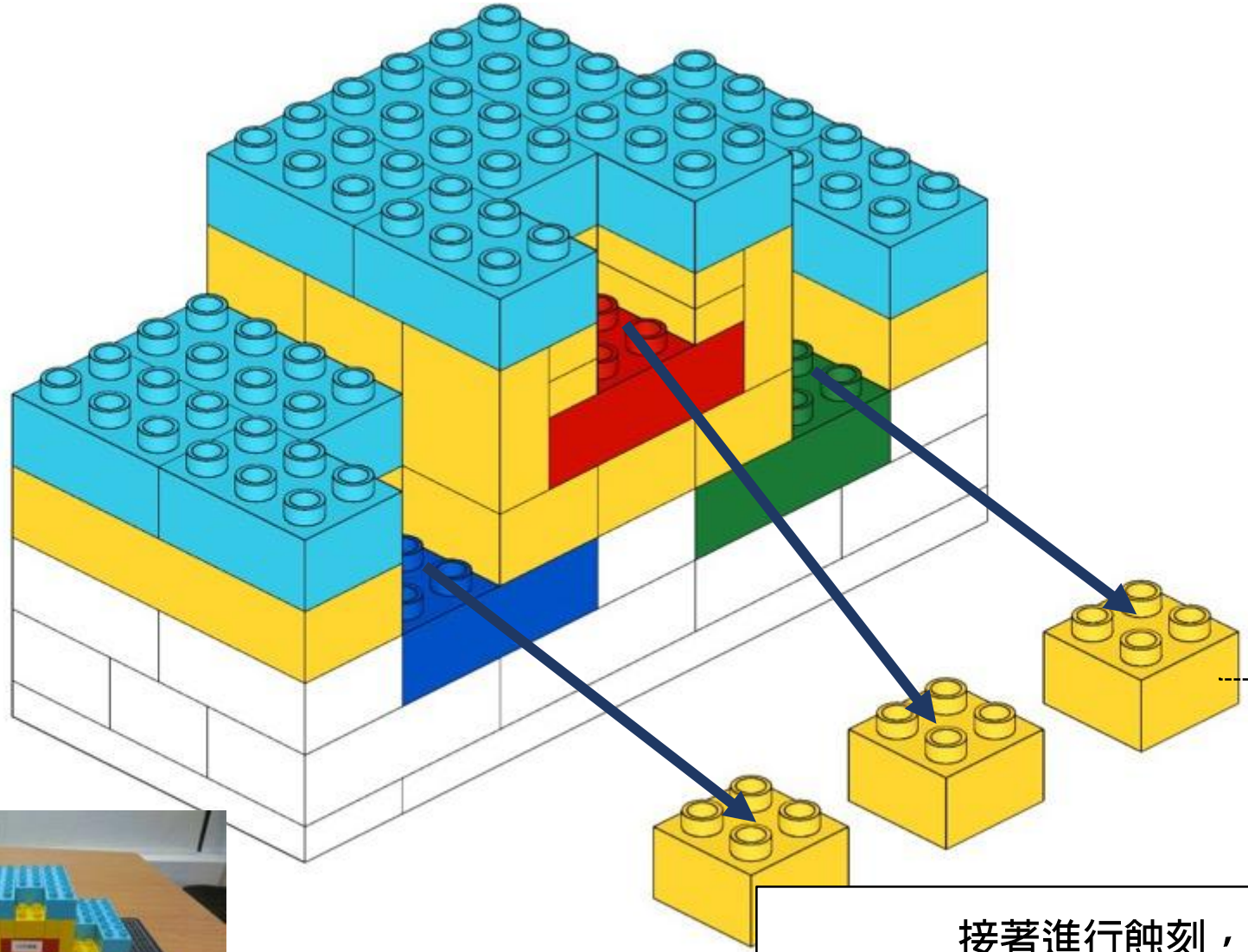




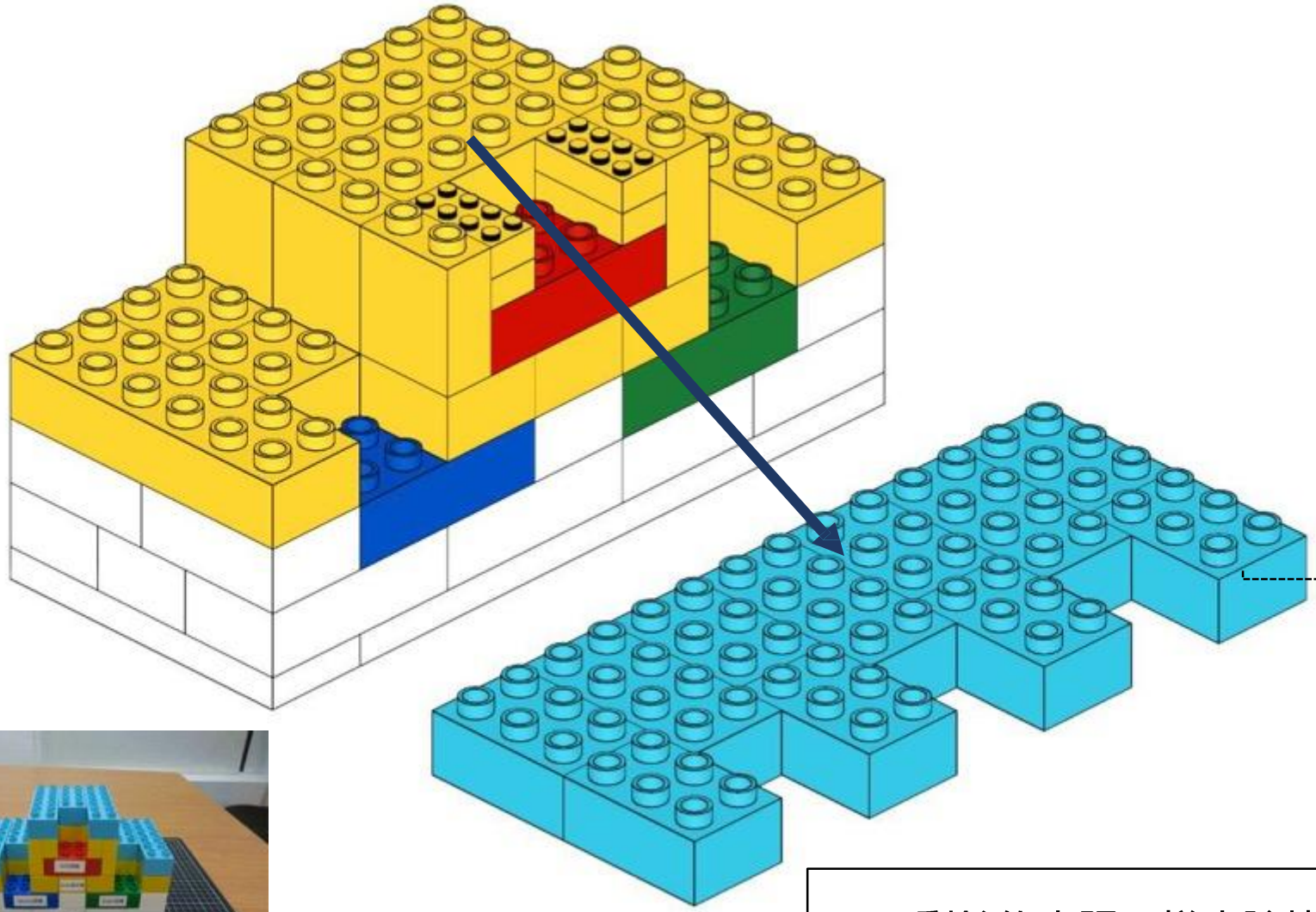
裝上光罩後，進行曝光。

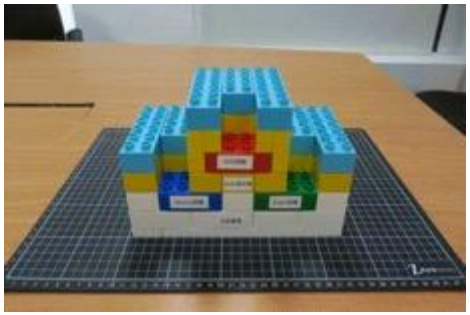


被曝光到的光阻劑會被沖洗掉，
並進行硬烤。

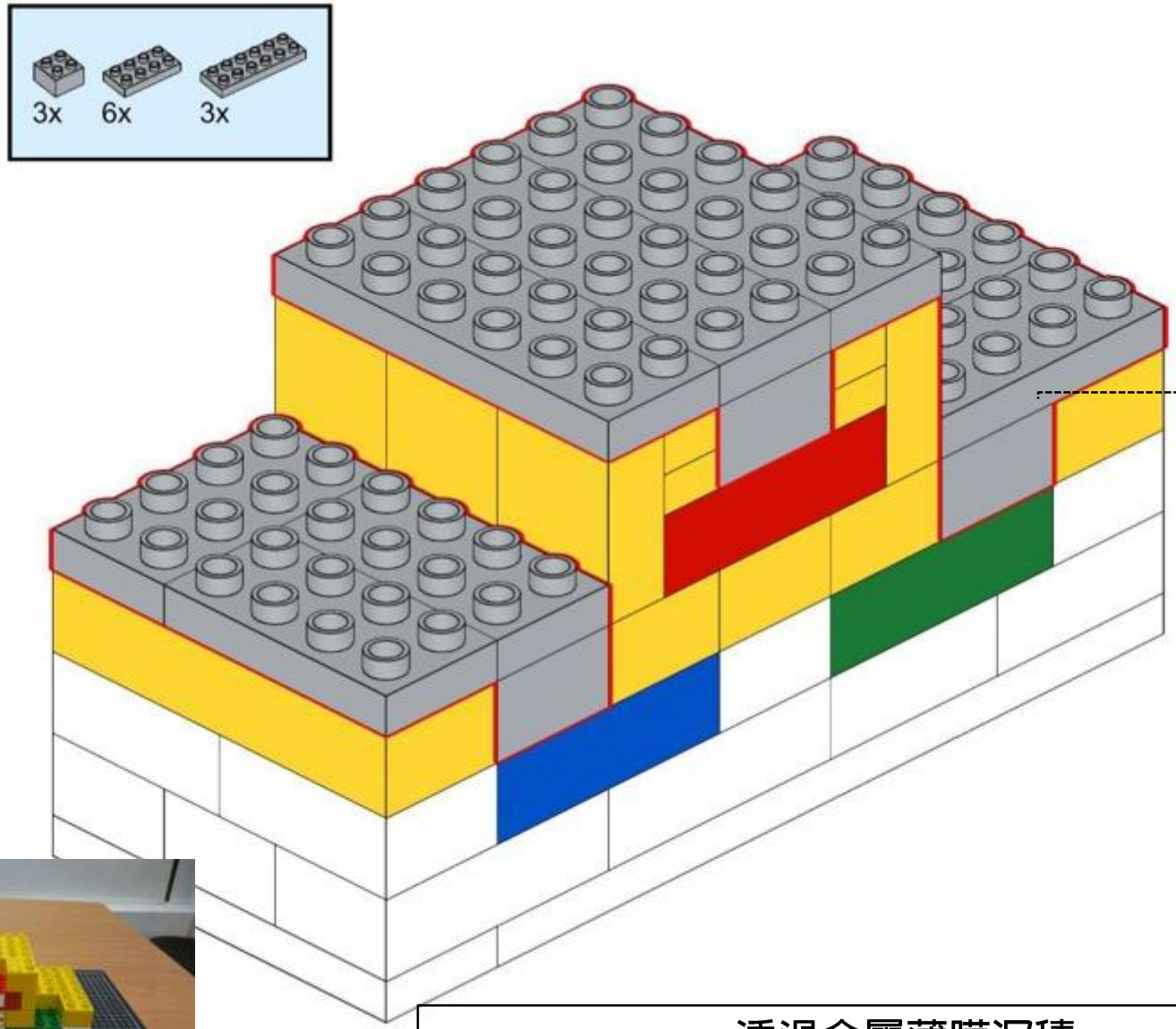


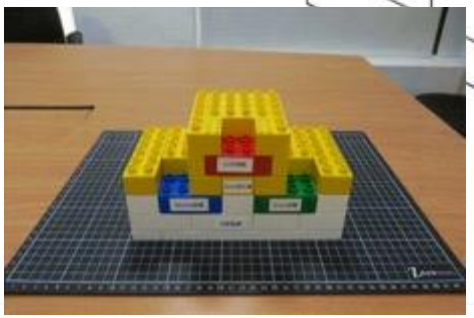
接著進行蝕刻，
將下方的氧化層去除，
如此就可以開出井窗。



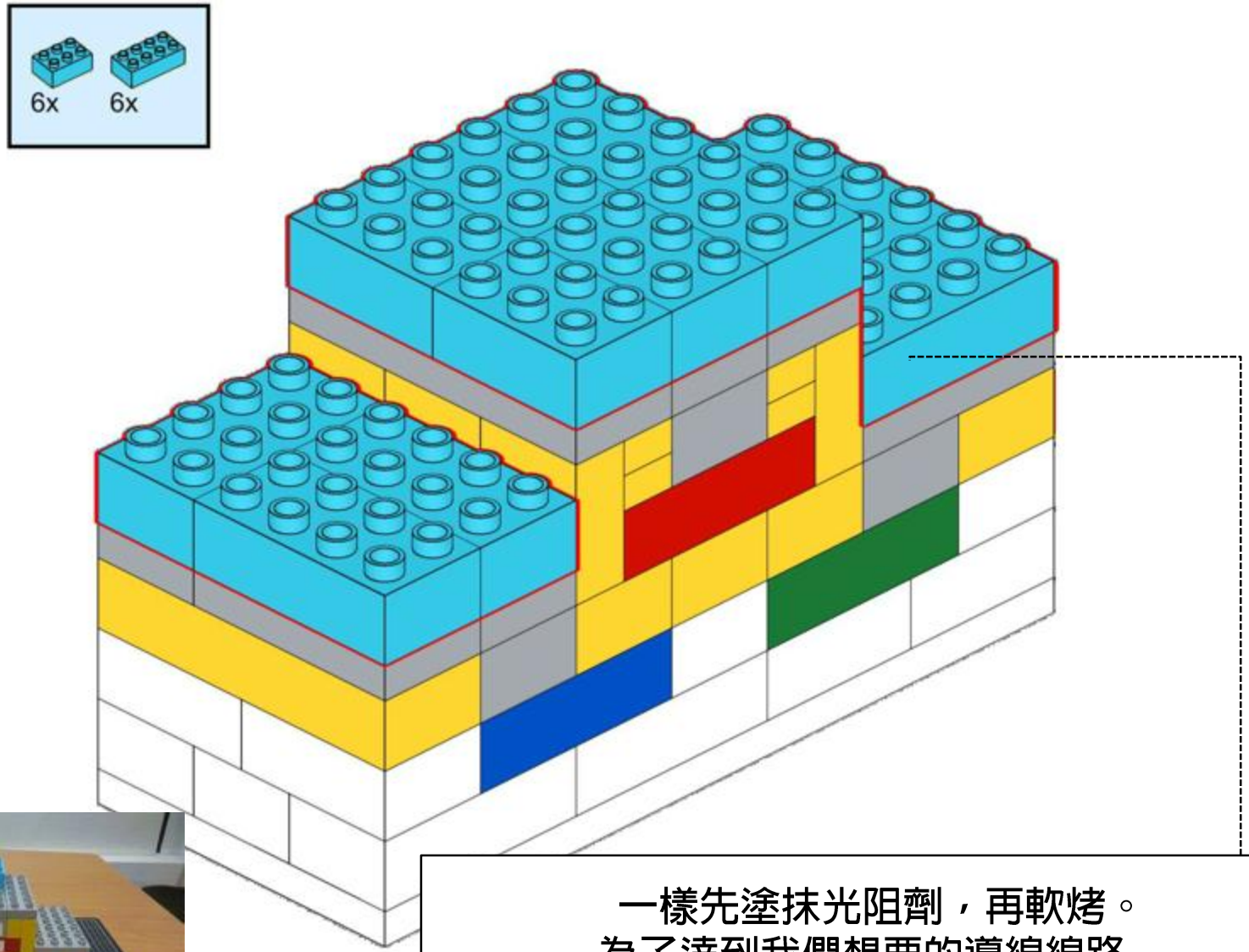


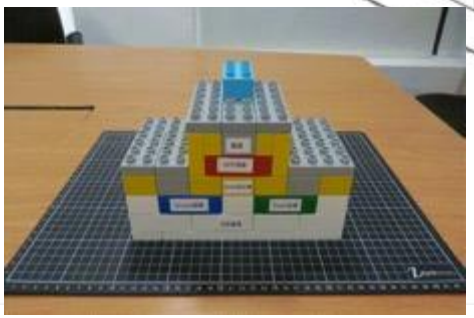
剩餘的光阻一樣去除掉。



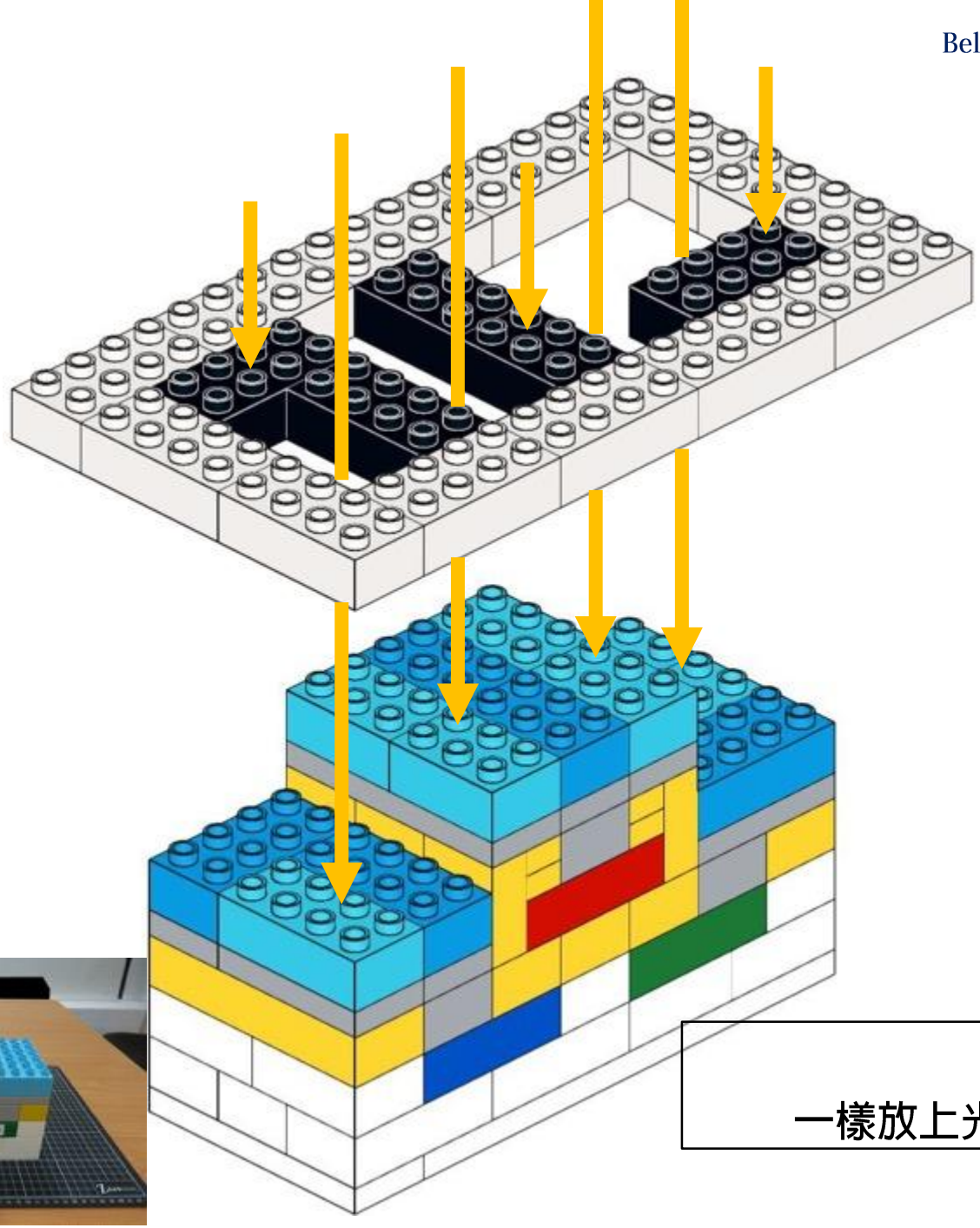


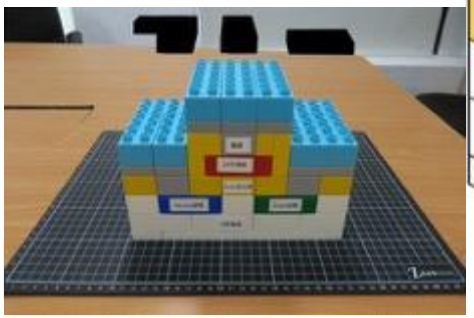
透過金屬薄膜沉積，
在表面形成金屬薄膜(像是鋁) 。



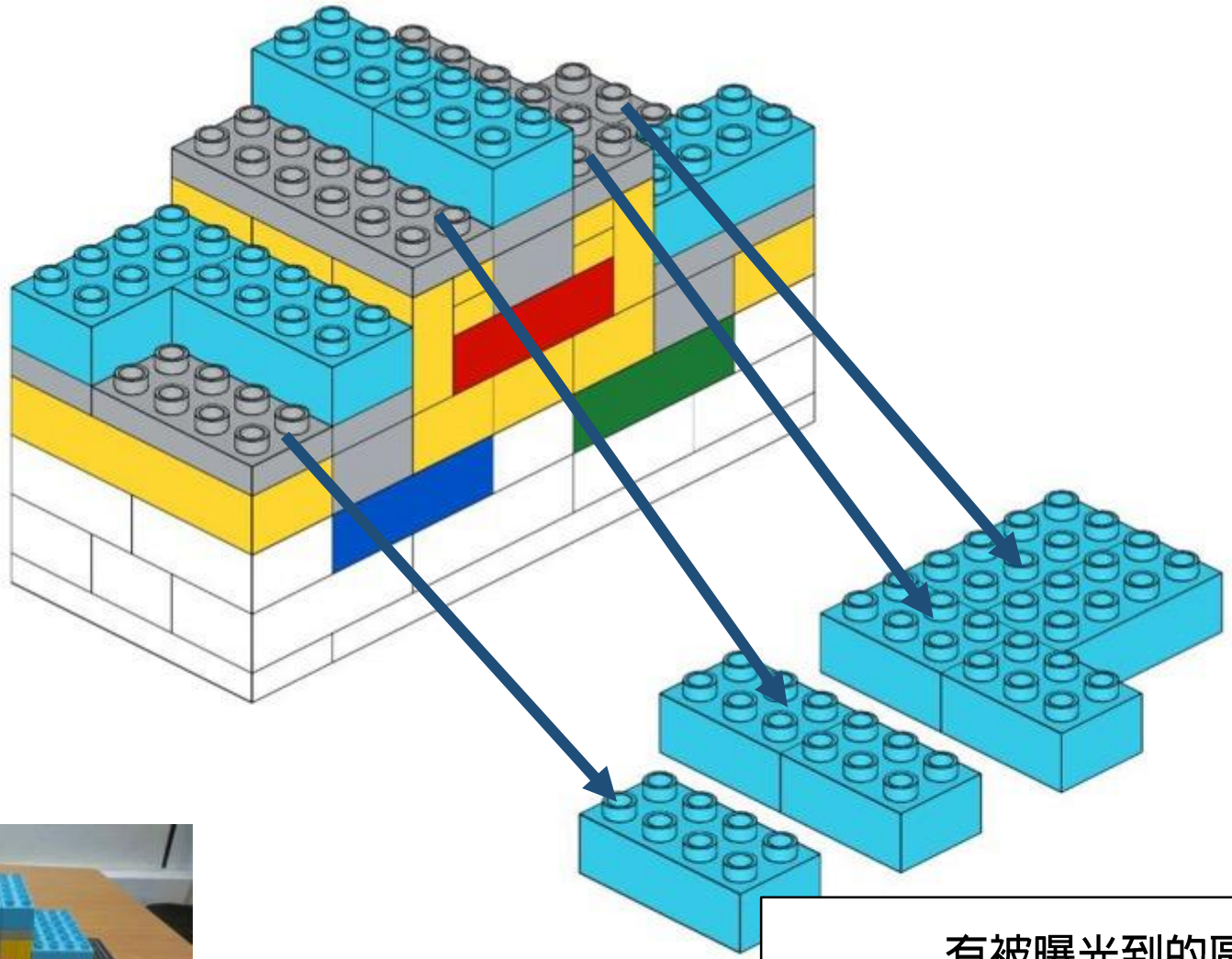


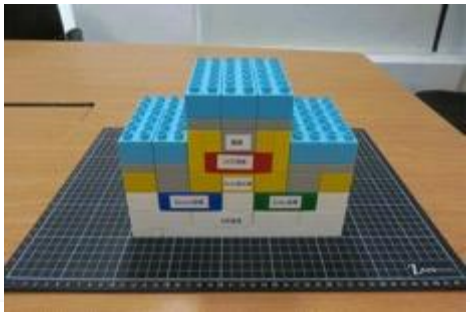
一樣先塗抹光阻劑，再軟烤。
為了達到我們想要的導線線路，
所以也需要利用蝕刻來達到我們想要得圖案(線路)。



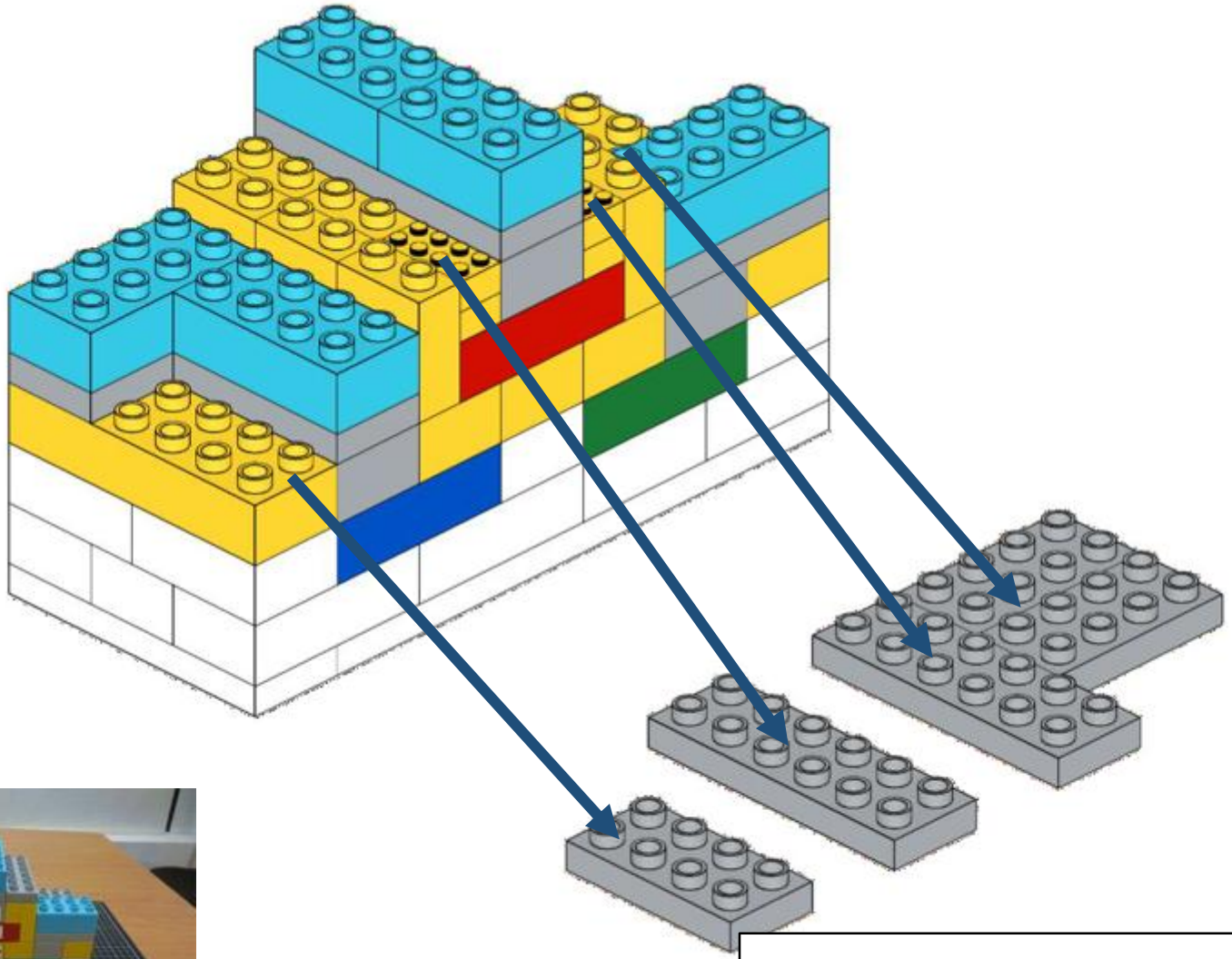


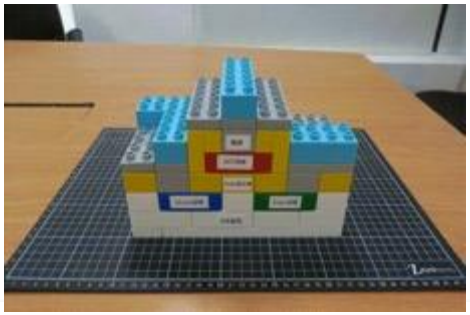
一樣放上光罩後並曝光。



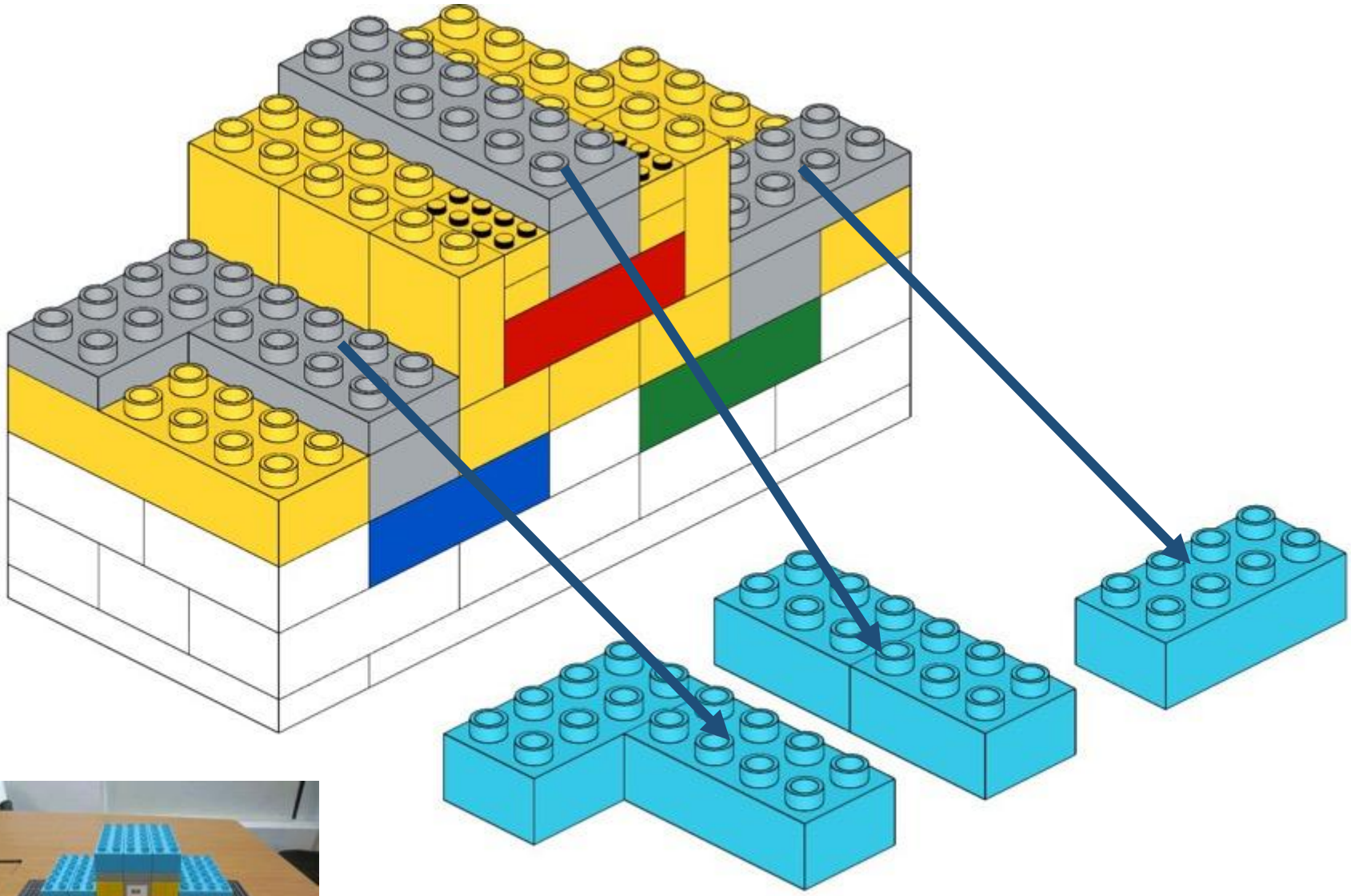


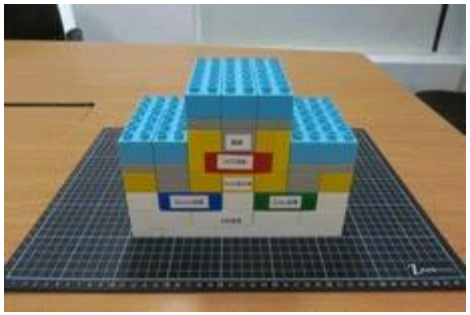
有被曝光到的區域
可以被顯影劑沖洗掉。
並進行硬烤。



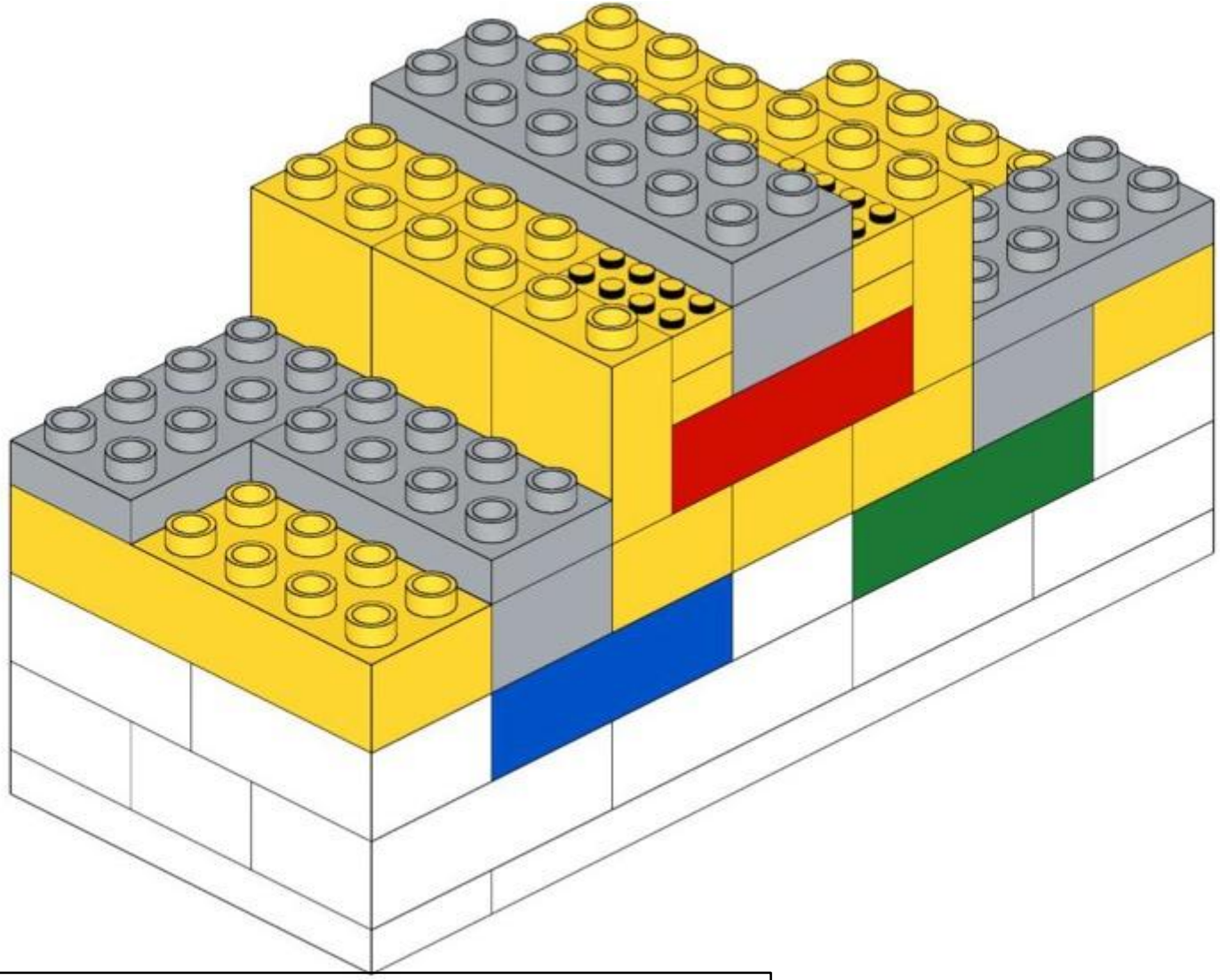


接著蝕刻掉不需要的金屬薄膜。

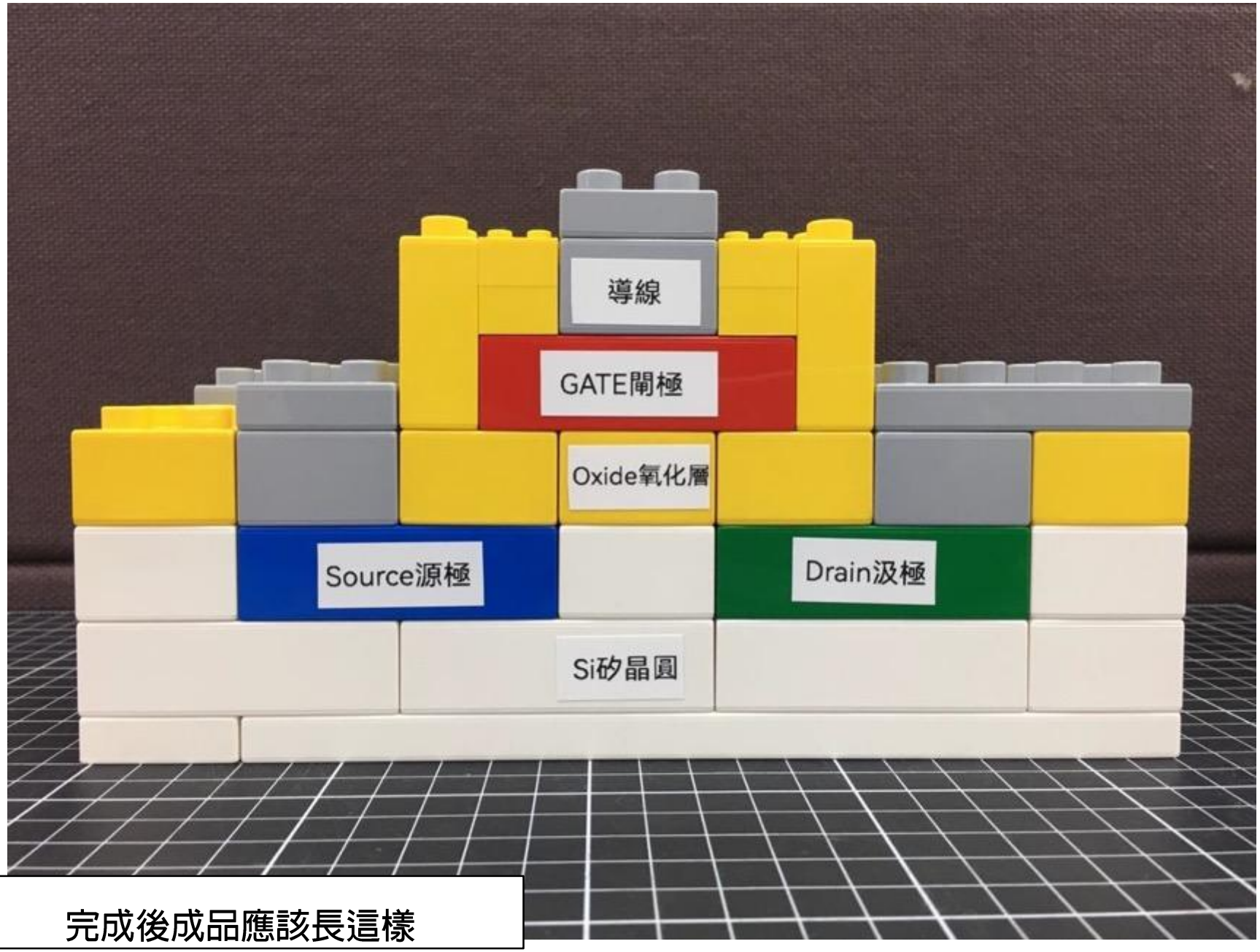




剩餘的光阻劑一樣去除掉。



這樣就完成了一個半導體元件 – 場效電晶體了！



完成後成品應該長這樣

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 …

半導體
Semiconductor

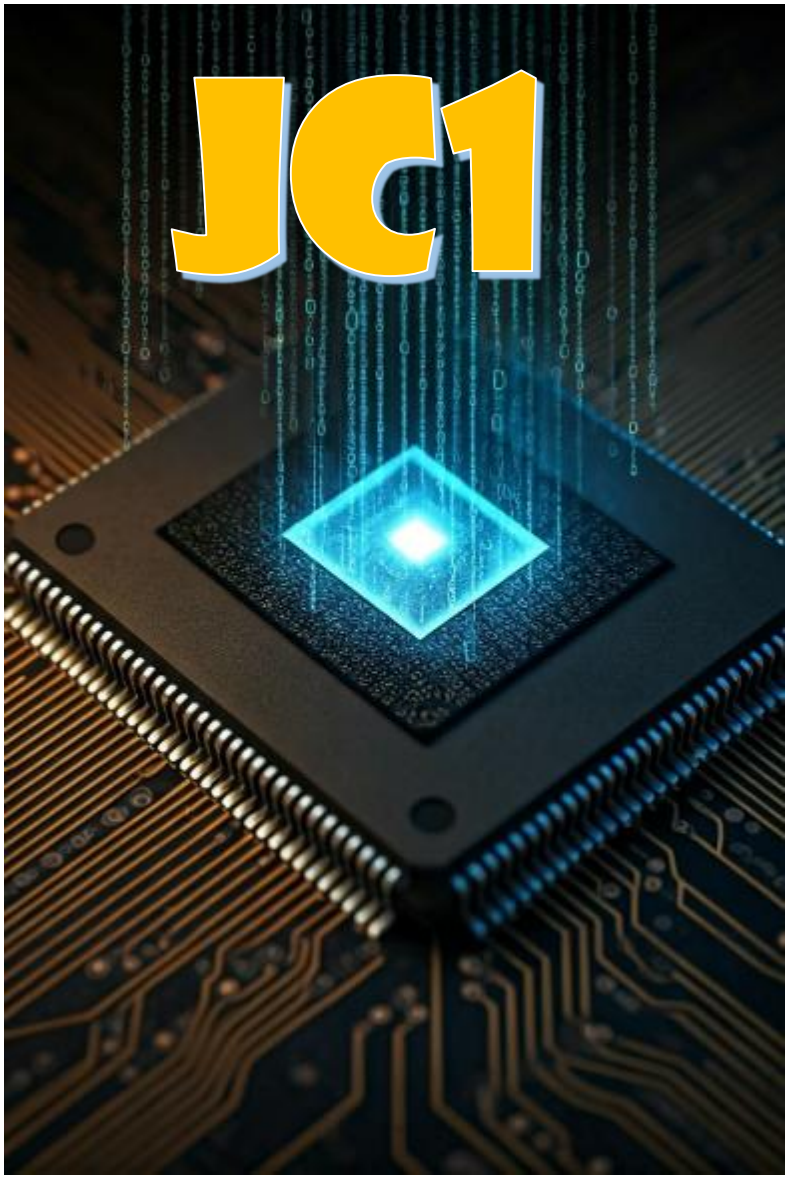
AIoT

大師第四講

數位積體電路：0 與 1 的奧秘

歡迎進入數位世界的核心！這趟旅程將帶你探索現代科技的基石。

我們將一起揭開數位積體電路的神秘面紗，了解它如何以簡單的 0 和 1 創造無限可能。



什麼是數位積體電路？

數位

只有 0 和 1 兩種狀態

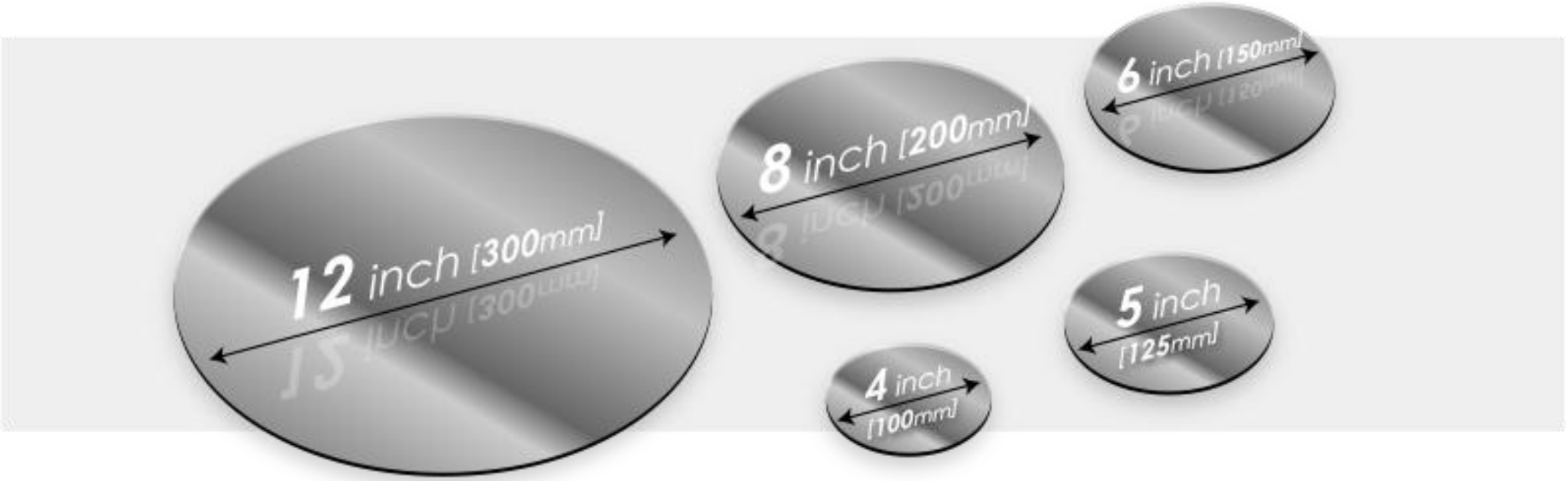
這種二元特性使資訊處理變得簡單高效。

積體電路

將多個電子元件集成在一個小晶片上

這個創新大幅縮小了電路尺寸。

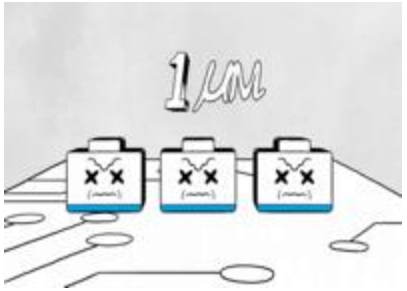
一片晶圓上可以放多少電晶體？
晶圓大小固定，那就只能把電晶體越做越小



於是大家開始發展這些電晶體的技術，從微米級大小...

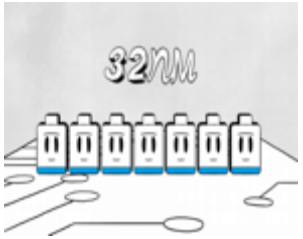
再藉由許多努力，我們終於到達了20奈米

1微米

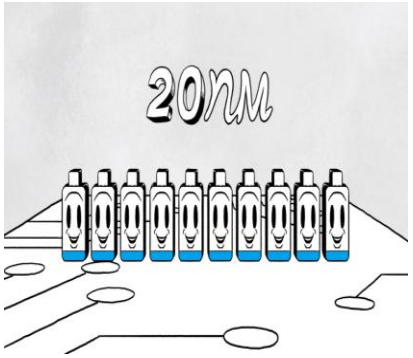


50奈米

32奈米



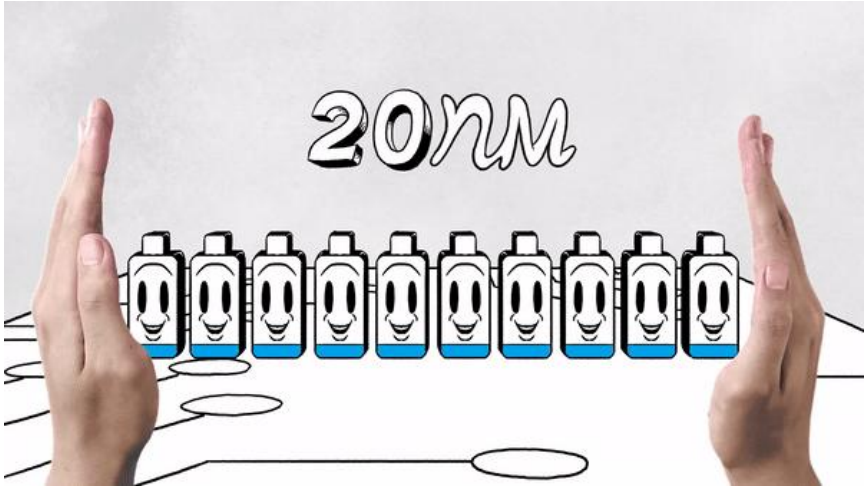
20奈米



[1]
https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

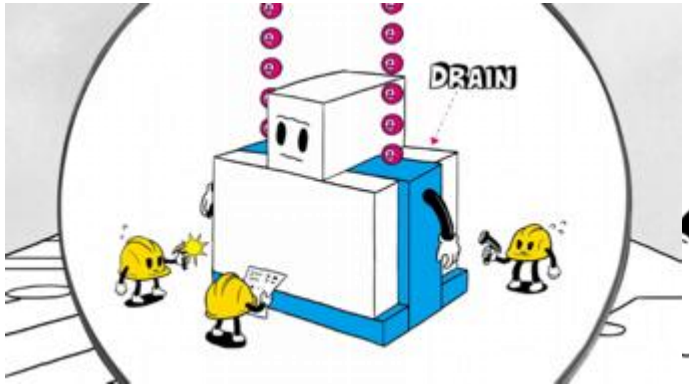
物理上的限制

然而受到物理上空間的限制，我們卻難以再進一步將其縮小。 …



需要技術上的革新

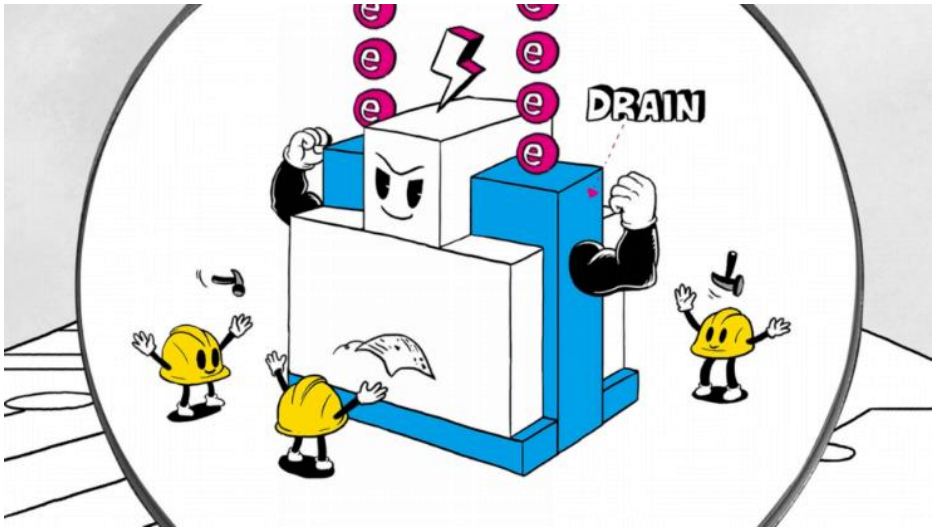
僅憑平面的空間，已經不足以使我們繼續壓縮電晶體的大小了。 …



https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH [1]

鰭式場效應電晶體 (FinFET)

但利用稱作FinFet的技術，成功克服了這項挑戰！他們改進電晶體的構造，使電晶體成為垂直立體的構造，藉此縮小自身體積。



https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

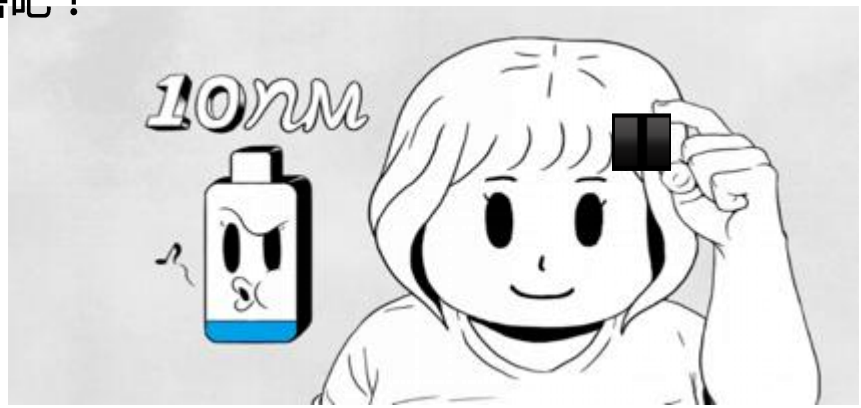
[1]

於是便有了10奈米的誕生!

10奈米有多小?

頭髮直徑約50微米，細菌的大小約１微米，病毒的大小約１００奈米，而人類現在的技術能夠做出只有病毒１／１０大小的結構！

厲害吧！



[1]

https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

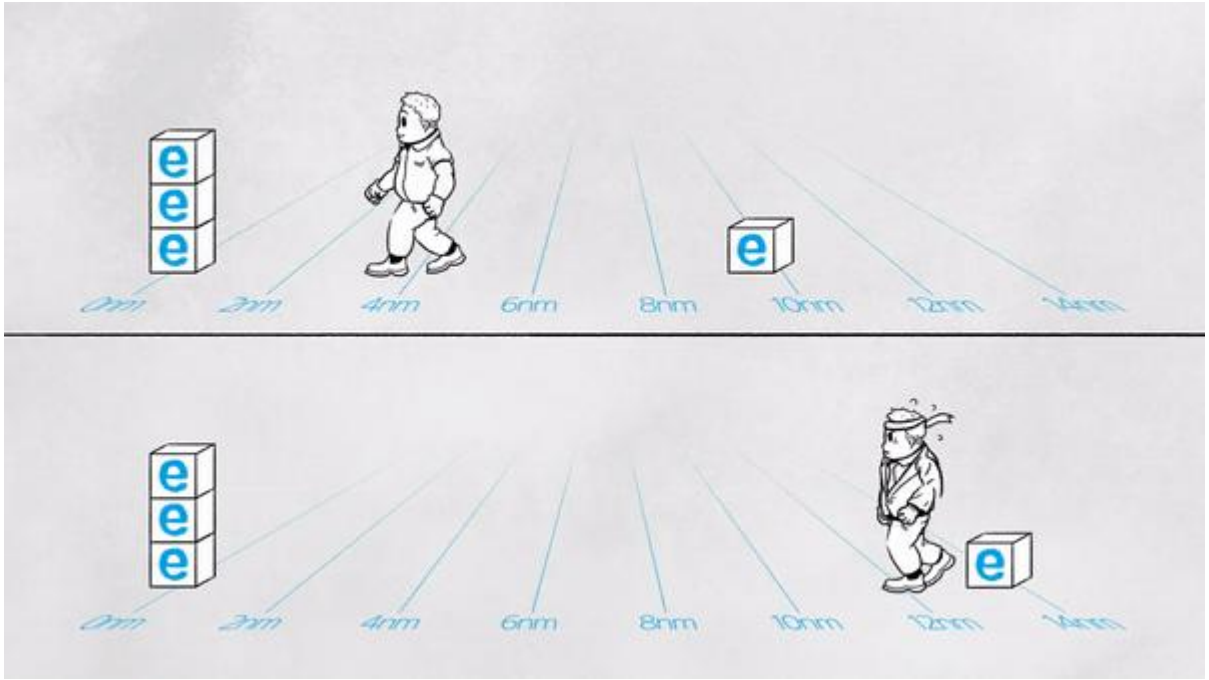
更小的半導體帶給我們

什麼好處?

https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

更快、更有效率的流動

電晶體的大小越小，電子在其中流動的所需的距離就越小、功耗越低、速度也就越快！



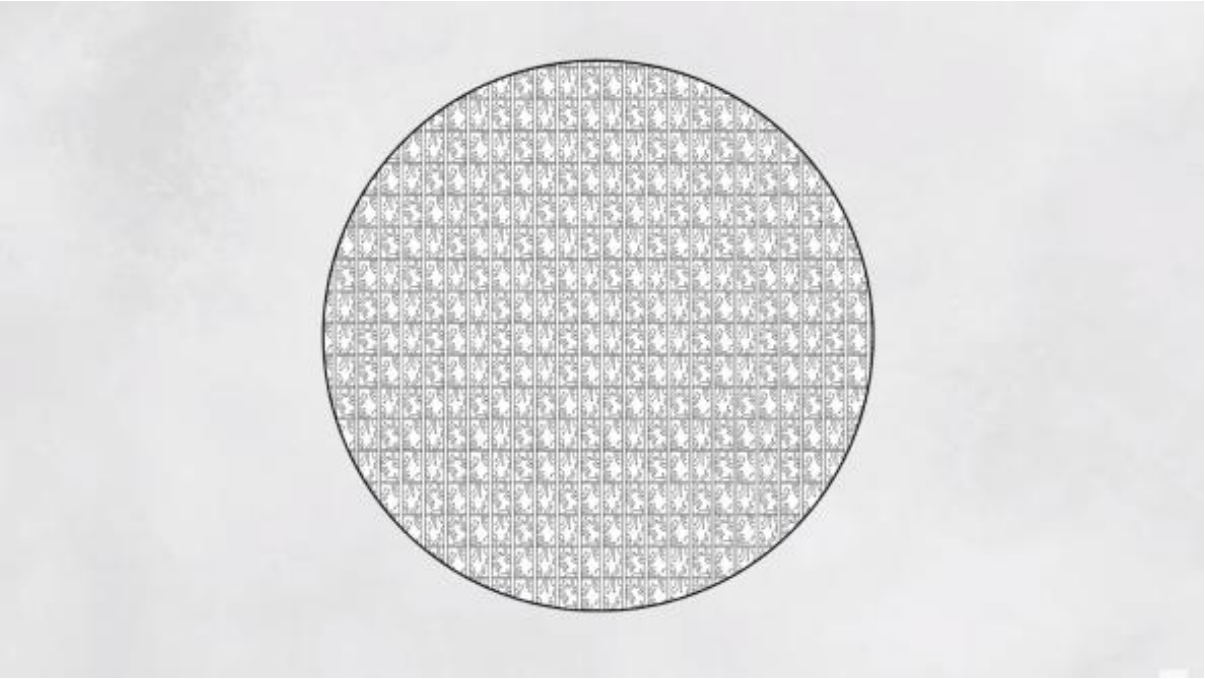
[1]

https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

能塞下更多的電晶體!

當電晶體變得更小，我們在同一塊晶圓上能夠塞下的電晶體就會變得更多！

更多的電晶體，
更低的生產成本，
我們買電子設備時，就能享受更優惠的價格！

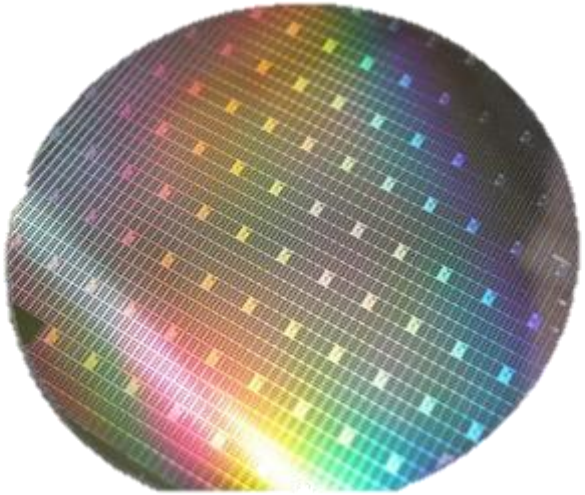


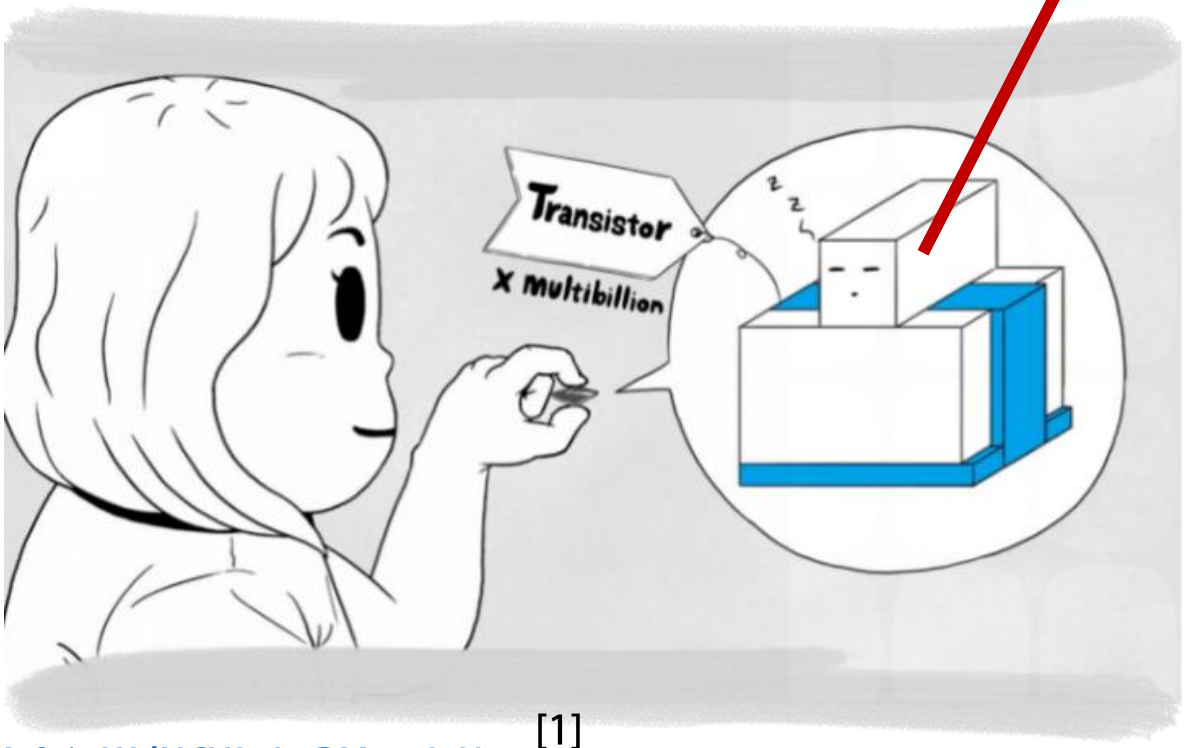
[1]

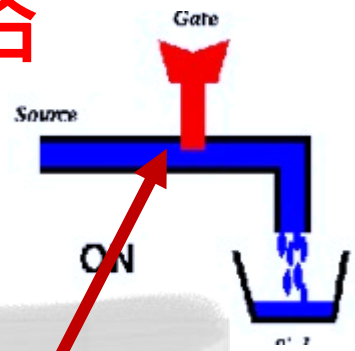
https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

數億的半導體元件組成積體電路

在一個跟手指頭一樣小的半導體晶片上，就有著上億個電晶體(Transistor)在裡面！







[1]

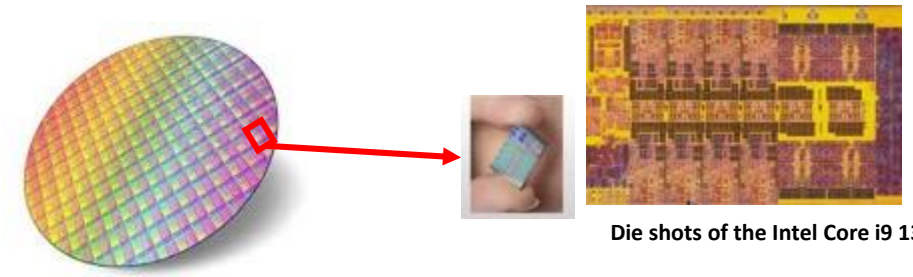
https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

半導體
Semiconductor

還記得積體電路怎麼完成！

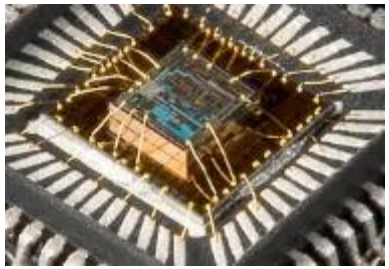
積體電路就是利用半導體的特性製作而成，我們也叫他半導體晶片！

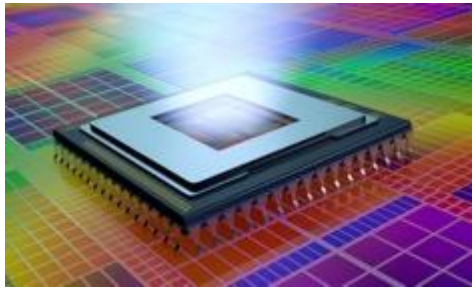
回想一下喔！

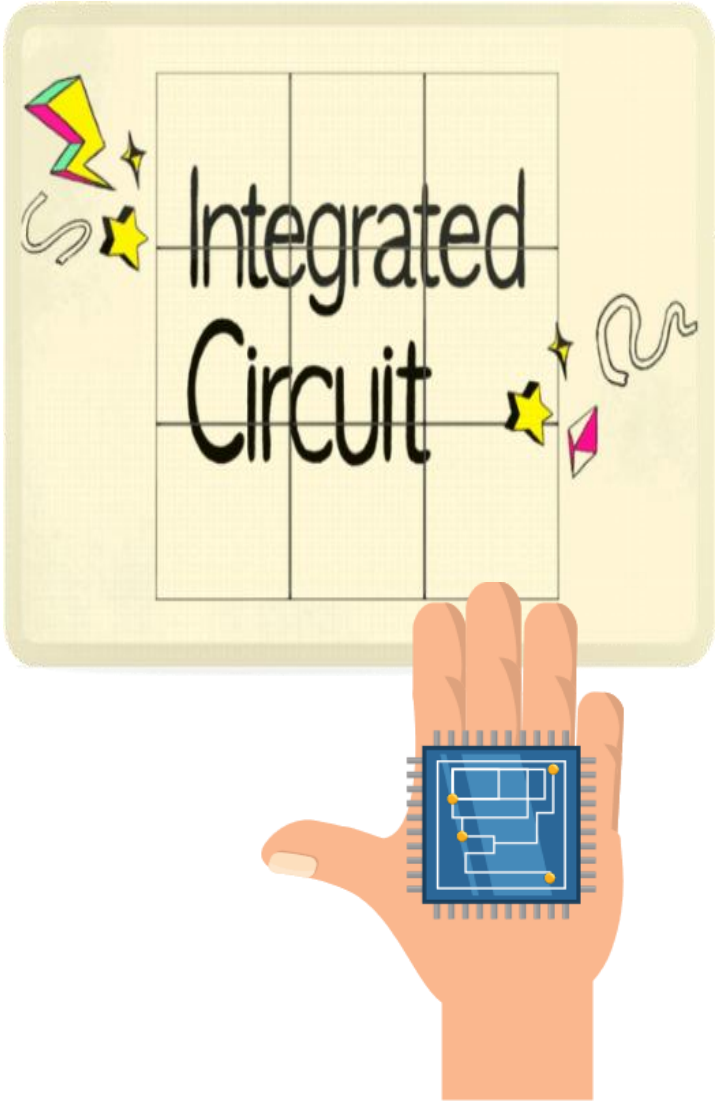


Die shots of the Intel Core i9 13900K

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）







https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

數位世界的基礎：二進制

十進制世界

我們日常使用的計數系統

使用數字 0 到 9

二進制世界

電腦的語言

只使用 0 和 1

為何有差異？

電路特性決定了二進制的優越性

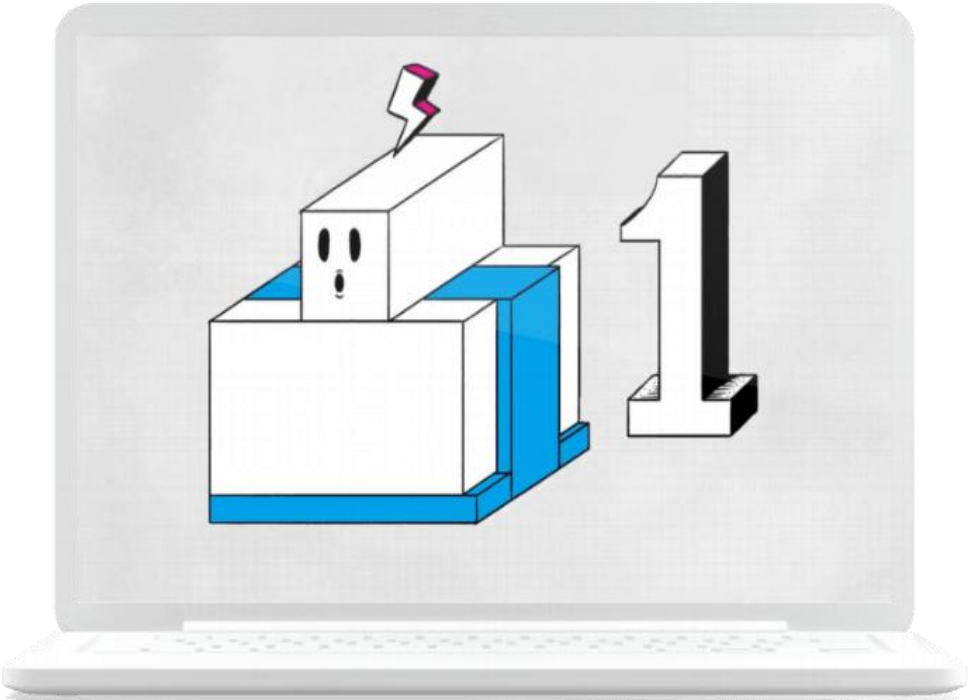
開關狀態對應 0 和 1

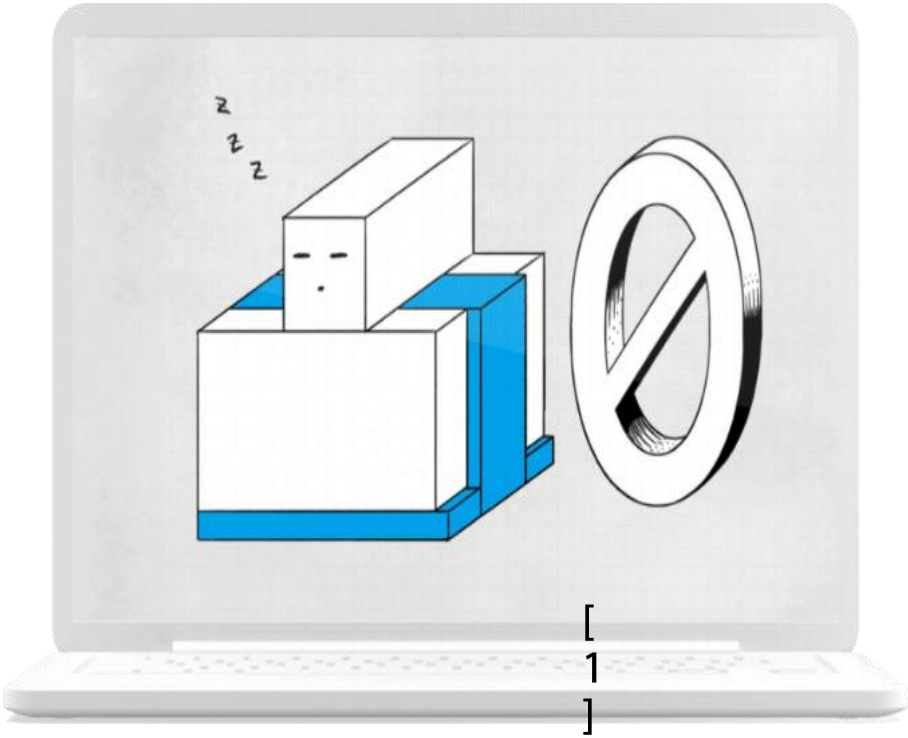
半導體處理資料的方法

這些電晶體就是我們數字代碼的起點。

當一個電晶體有電流通過時，我們把它紀錄為 1 。

反之，當電晶體沒電流經過的時候，我們就把它紀錄為 0 。



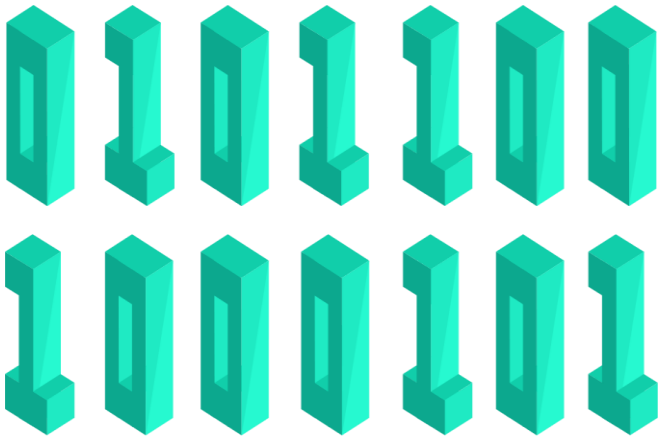


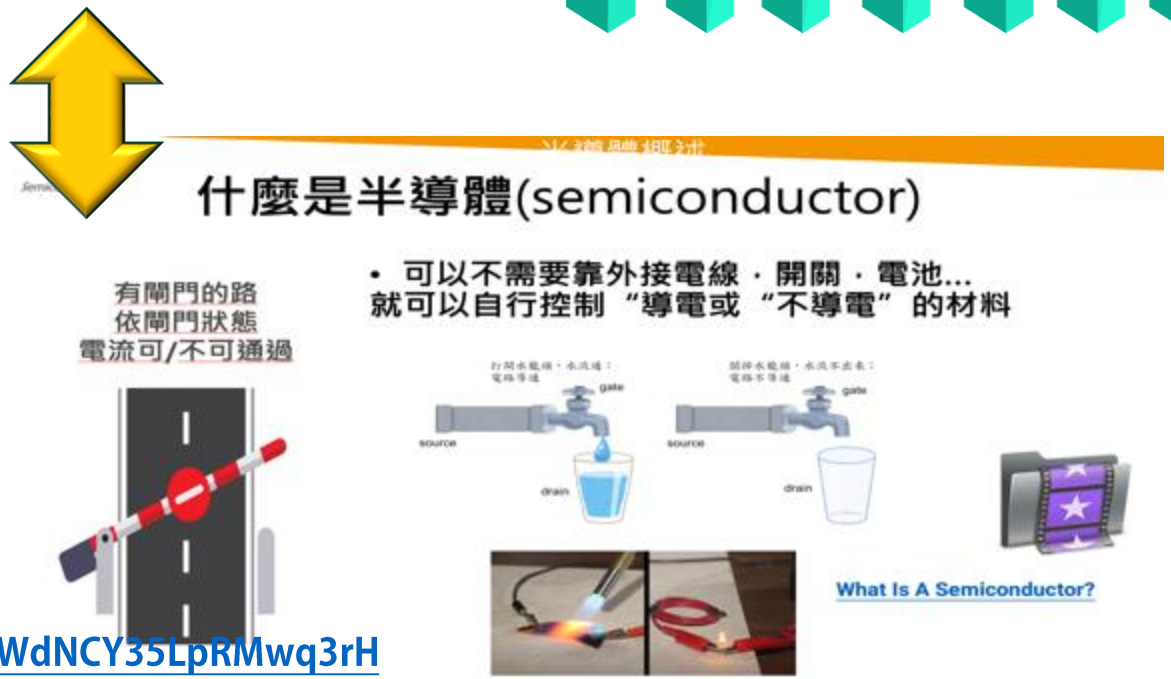
[1]

https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

半導體處理資料的方法

半導體晶片處理的資訊，就是利用**二進制**的方法組成的資料—0還有1。





G5 G6 課程

https://youtu.be/wuLuBroXAKo?si=WdNCY35LpRMwq3rH

0101 可以用來代表文字，也可以算數學噢！

ASCII code
A: 0100 0001

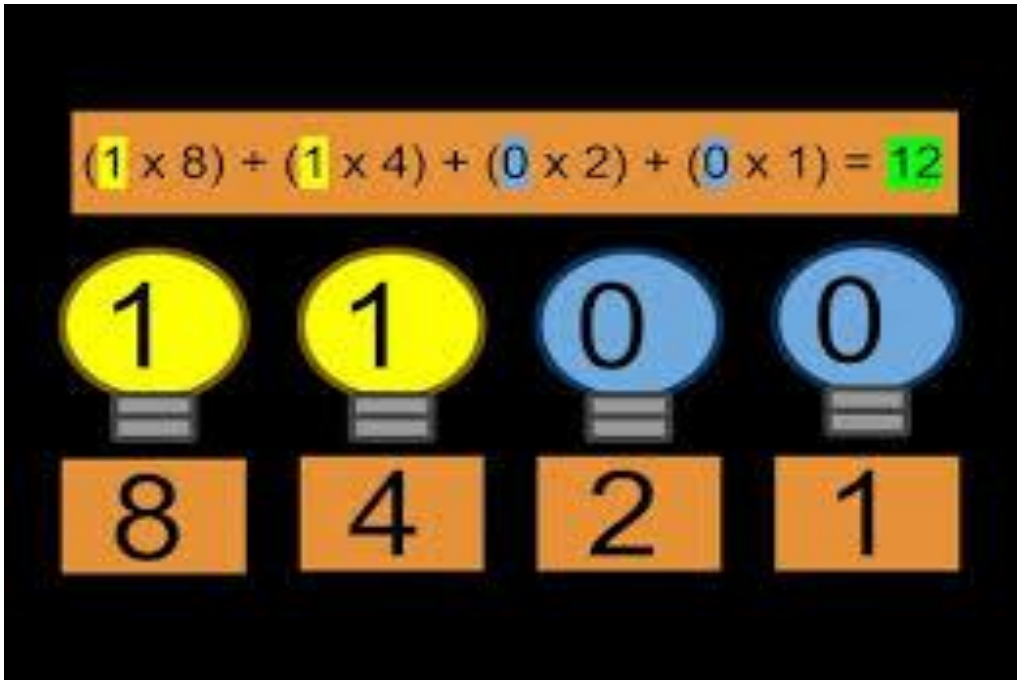
A	■□■■	■■■□	N	■□■■	□□□■
B	■□■■	■■□■	O	■□■■	□□□□
C	■□■■	■■□□	P	■□■□	■■■■
D	■□■■	■□■■	Q	■□■□	■■■□
E	■□■■	■□■□	R	■□■□	■■□■
F	■□■■	■□□■	S	■□■□	■■□□
G	■□■■	■□□□	T	■□■□	■□■■
H	■□■■	□■■■	U	■□■□	■□■□
I	■□■■	□■■□	V	■□■□	■□□■
J	■□■■	□■□■	W	■□■□	■□□□
K	■□■■	□■□□	X	■□■□	□■■■
L	■□■■	□□■■	Y	■□■□	□■■□
M	■□■■	□□■□	Z	■□■□	□■□■

ASCII - Binary Character Table

Letter	ASCII Code	Binary	Letter	ASCII Code	Binary
a	097	01100001	A	065	01000001
b	098	01100010	B	066	01000010
c	099	01100011	C	067	01000011
d	100	01100100	D	068	01000100
e	101	01100101	E	069	01000101
f	102	01100110	F	070	01000110
g	103	01100111	G	071	01000111
h	104	01101000	H	072	01001000
i	105	01101001	I	073	01001001
j	106	01101010	J	074	01001010
k	107	01101011	K	075	01001011
l	108	01101100	L	076	01001100
m	109	01101101	M	077	01001101
n	110	01101110	N	078	01001110
o	111	01101111	O	079	01001111
p	112	01110000	P	080	01010000
q	113	01110001	Q	081	01010001
r	114	01110010	R	082	01010010
s	115	01110011	S	083	01010011
t	116	01110100	T	084	01010100
u	117	01110101	U	085	01010101
v	118	01110110	V	086	01010110
w	119	01110111	W	087	01010111
x	120	01111000	X	088	01011000
y	121	01111001	Y	089	01011001
z	122	01111010	Z	090	01011010

0101 可以用來代表文字，也可以算數學噢！

十進制 和 二進制



次方的複習

任何數字的零次方 = _____

寫出下面幾個數值：

2^5 = _____

10^3 = _____

5^0 = _____

3^4 = _____

6^1 = _____

十進制 Decimal

十進制：基底是10的數字

表示式：$(520.21)_{10}$

展開式：

$$5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 0 \times 10^0 + 2 \times 10^{-1} + 1 \times 10^{-2}$$

十進制數值：520.21

二進制 Binary

二進制：基底是 2 的數字

表示式：$(101.10)_2$

展開式：

$$1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2}$$

十進制數值：5.5 （二進制轉十進制完成）

十進制 轉 二進制

把十進制的數字不斷除以 2，直到結果為 0

得到的餘數就是結果：

53_{10} → binary number

計算	結果	餘數
53/2	26	1
26/2	13	0
13/2	6	1
6/2	3	0
3/2	1	1
1/2	0	1

110101_2

1+1=1?

十進制 轉 二進制

把十進制的數字不斷除以 2，直到結果為 0

得到的餘數就是結果：

53_{10} → binary number

計算	結果	餘數
53/2	26	1
26/2	13	0
13/2	6	1
6/2	3	0
3/2	1	1
1/2	0	1

110101_2

二進制的加法

和小時候學的直式加法差不多!!

00011010 + 00001100 = ?

			1	1				
	0	0	0	1	1	0	1	0
+	0	0	0	0	1	1	0	0
	0	0	1	0	0	1	1	0

Carry (C)

11 → 1

00/01/10 → 0

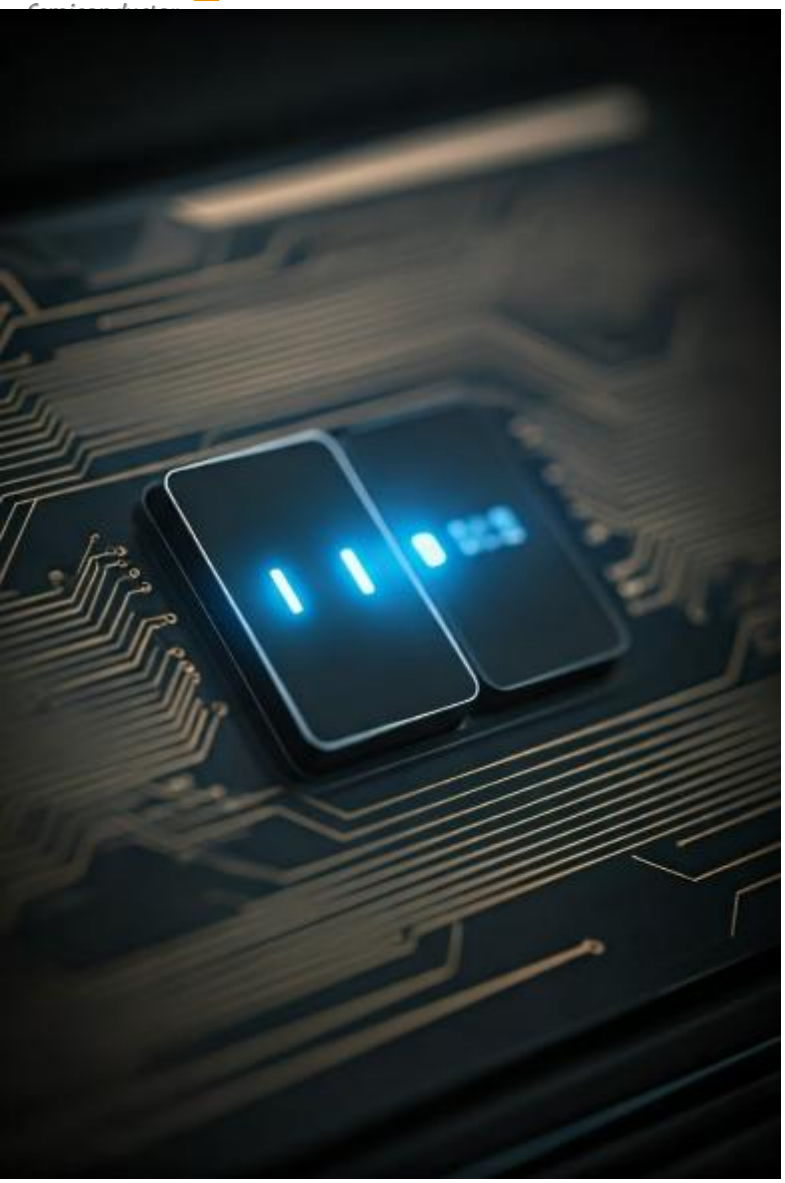
AND!

Sum (S)

00/11 → 0

01/10 → 1

XOR!



為什麼用 0 和 1？

電路的開和關

電流流通對應 1，電流阻斷對應 0。

簡單

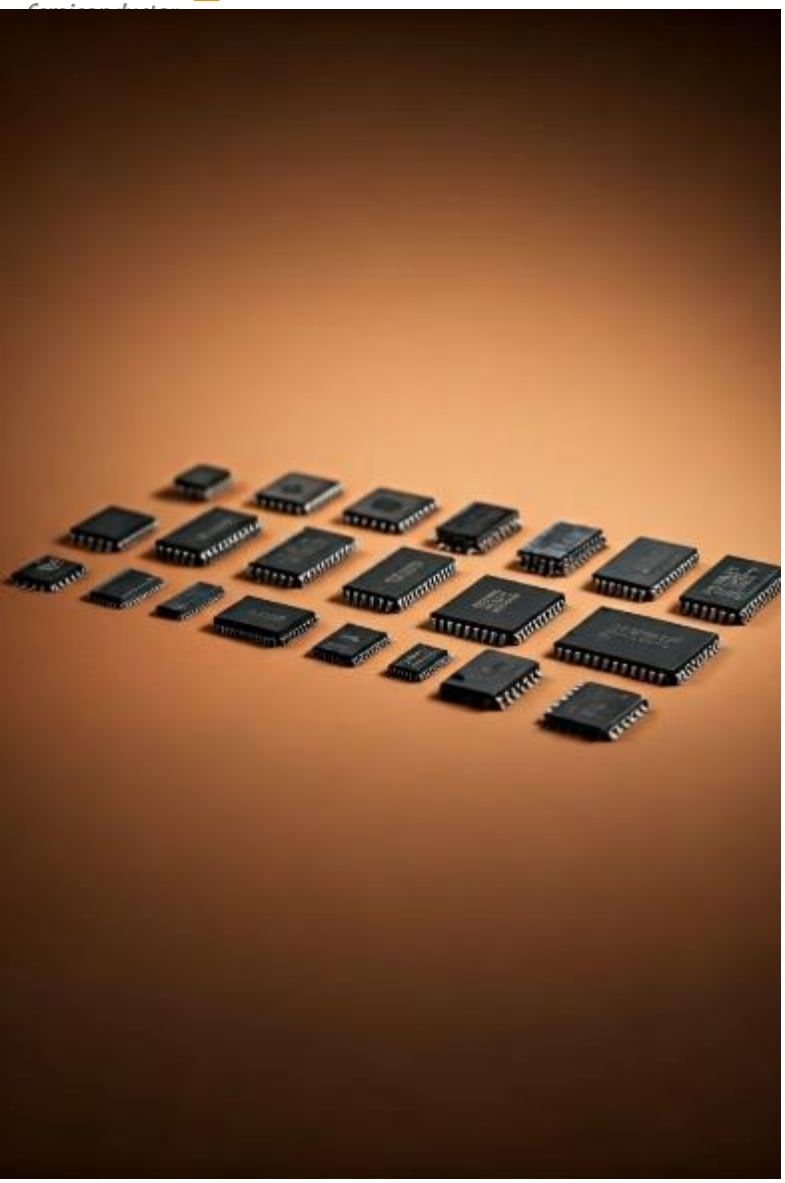
二種狀態比多種狀態更容易實現。

穩定

兩種狀態間有明確界限，不易混淆。

省電

狀態轉換所需能量較少。



數位積體電路的歷史

1 **1958年**
Jack Kilby 發明第一個積體電路

2 **1965年**
Gordon Moore 提出摩爾定律

3 **1971年**
Intel 推出第一個微處理器 4004

4 **現在**
晶片上集成數十億電晶體

半導體
Semiconductor

數位積體電路的應用

智慧型手機

處理資訊、連接網路、拍攝照片

電腦

執行複雜運算、儲存資料、影音處理

智慧家電

自動控制、節能操作、遠端監控

汽車電子

引擎管理、安全系統、導航娛樂

JC2

大師第五講

■二進位與邏輯閘/數位世界的積木

國立陽明交通大學電機工程學系 許配慈

https://www.youtube.com/watch?v=2gtMJ0sSods

邏輯閘：數位世界的積木

功能
執行基本邏輯運算
構成更複雜電路的基礎

結構
由電晶體組成
可組合成更大的功能單元

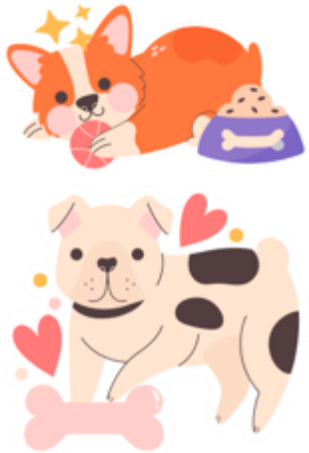
種類
AND（與）閘
OR（或）閘
NOT（反）閘

NOT

輸入	輸出
[A]	[NOT A]
0	1
1	0

圖片來源: https://www.flaticon.com/

OR



只要有一隻是狗狗，結果就是狗狗

輸入		輸出
[A]	[B]	[A OR B]
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

圖片來源: https://www.flaticon.com/

AND

兩隻都是貓貓，結果才會是貓貓

輸入		輸出
[A]	[B]	[A AND B]
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

圖片來源: https://www.flaticon.com/

AND

只要有一隻不是貓貓，結果就不是貓貓

輸入		輸出
[A]	[B]	[A AND B]
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

圖片來源: https://www.flaticon.com/

XOR

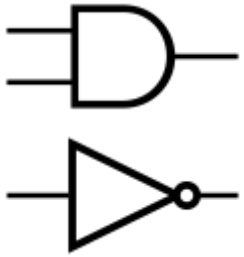
要有兩個不同的物件，才能過聖誕節

輸入		輸出
[A]	[B]	[A XOR B]
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

圖片來源: https://www.flaticon.com/

NAND

小提示：

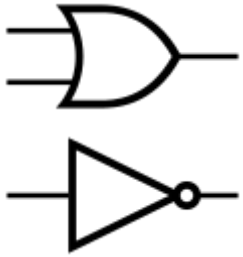


輸入		輸出
[A]	[B]	[A NAND B]
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/邏輯閘

NOR

小提示：

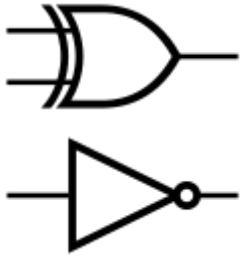


輸入		輸出
[A]	[B]	[A NOR B]
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/邏輯閘

XNOR

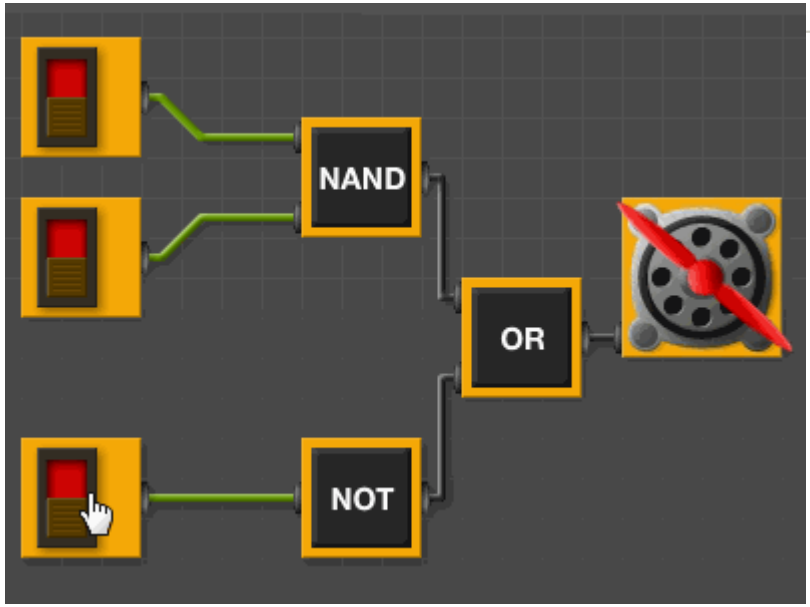
小提示：



輸入		輸出
[A]	[B]	[A XNOR B]
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/邏輯閘

Combined Logic Gates



Common Types

NAND, NOR, XOR

Application Range

Can implement more complex logic functions and build various circuits

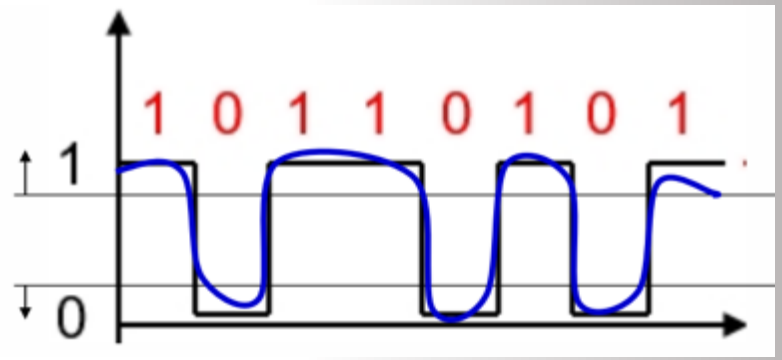
https://www.vivaxsolutions.com/physics/allogicgates.aspx

什麼是數位訊號？

訊號的 1 和 0 是依照電壓高低做判斷：

假設高電壓“電壓源”是 5V，
那麼在 4.5V 之上都為訊號 1。

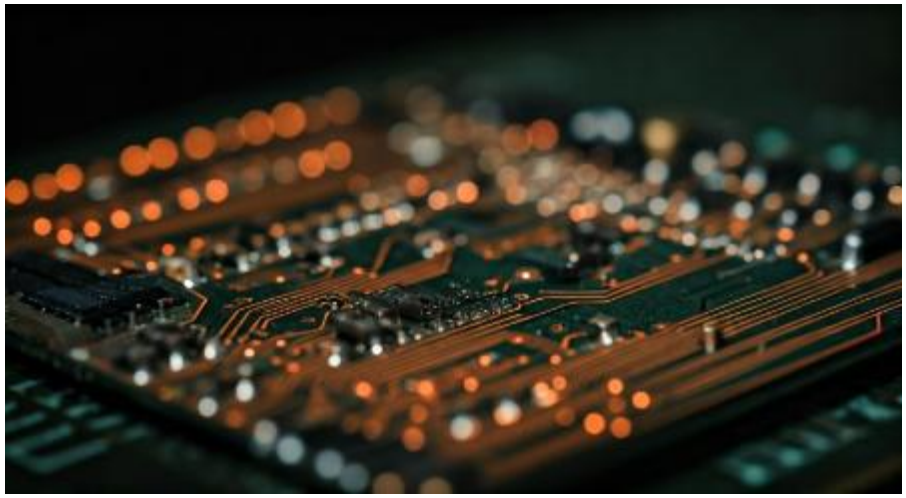
而通常低電壓都是“地”0V，
在 0.5V 之下都為訊號 0。



數位積體電路與類比積體電路

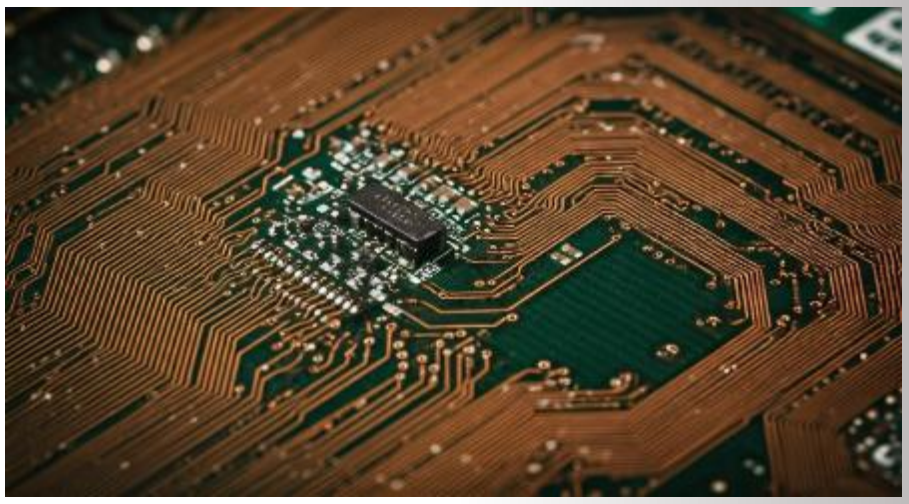
數位積體電路

- 只有 0 和 1 兩種狀態
- 處理離散信號
- 抗干擾能力強
- 適合邏輯運算



類比積體電路

- 處理連續變化的信號
- 無限多個可能值
- 對干擾較敏感
- 適合處理自然信號

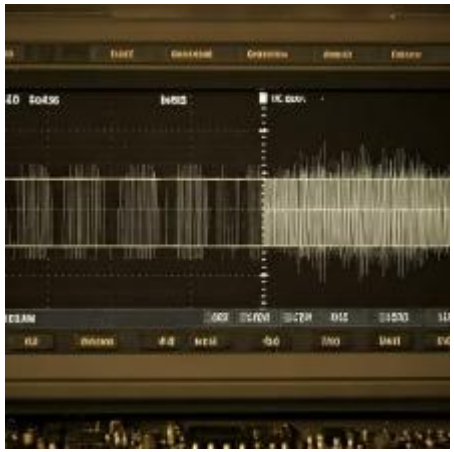


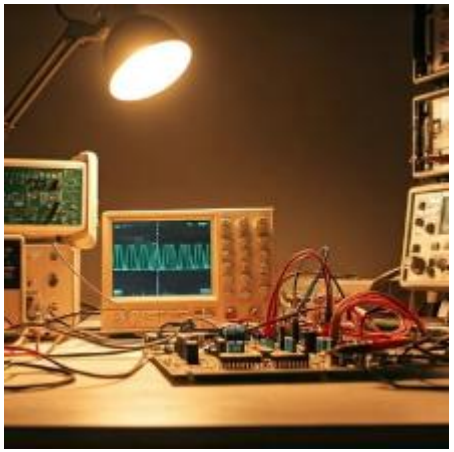
JC2

■ 淺談積體電路

把數億半導體組合就成了積體電路

數位積體電路的優勢






抗干擾能力強
只辨識 0 和 1，忽略微小干擾。

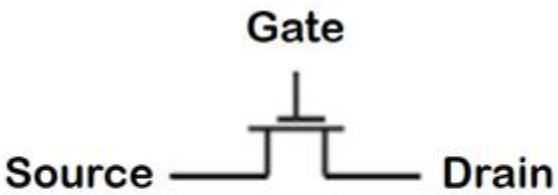
容易存儲和處理
二進制格式便於資料儲存。

可靠性高
狀態明確，錯誤率低。

淺談邏輯閘內部構造
Gate vs. Transister

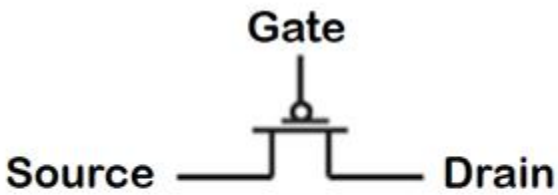
Transistor — MOS

HIGH for ON

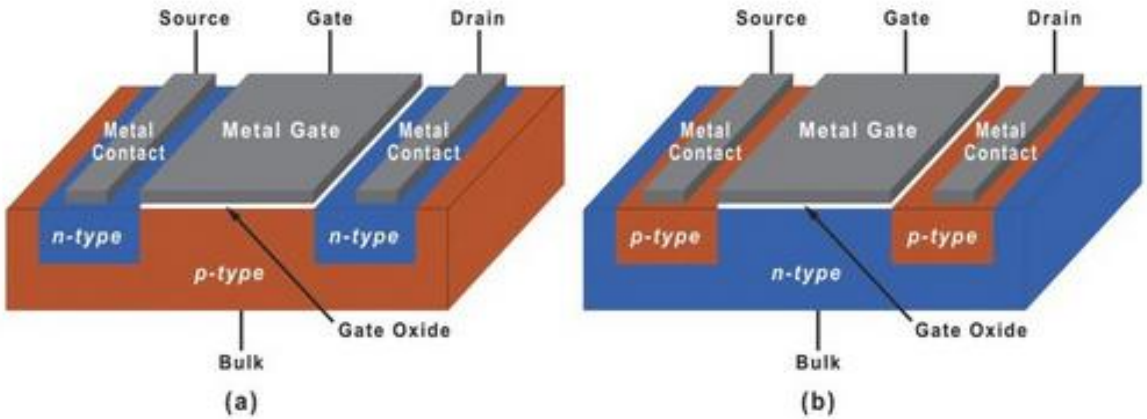


nMOS

Low for ON

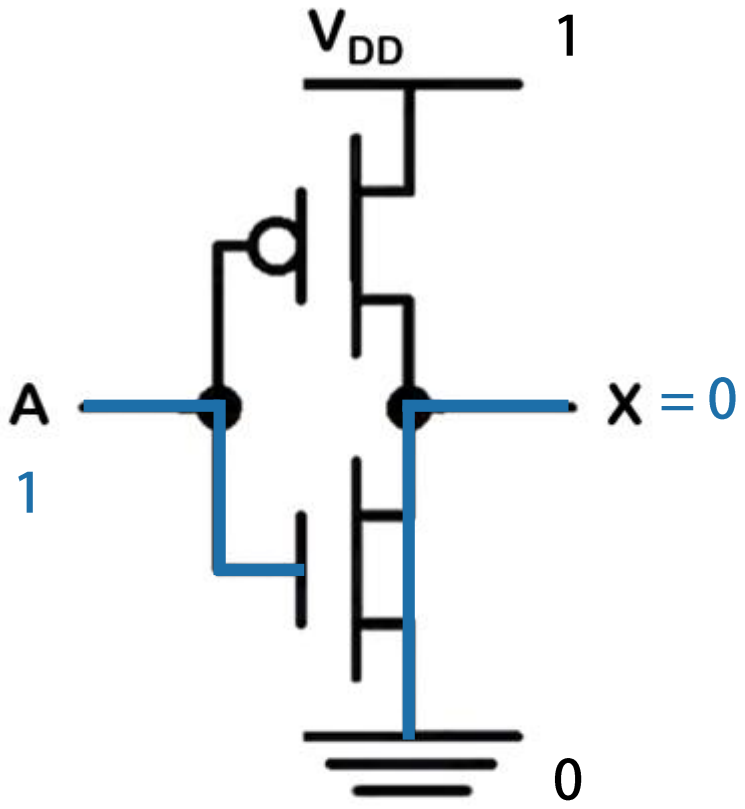


pMOS



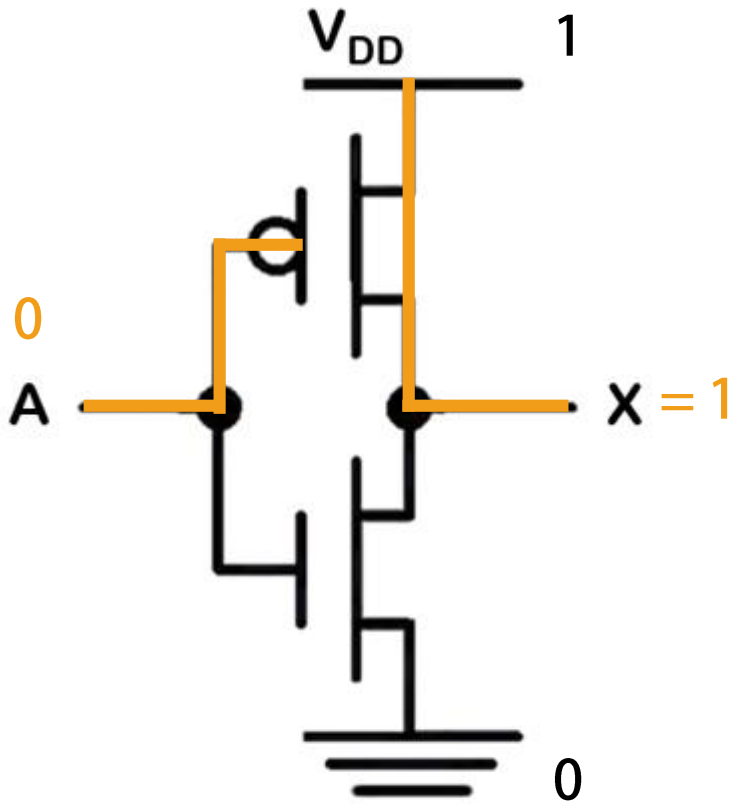
https://www.allelcoelec.com/blog/nmos-and-pmos-guide-how-it-works,pros-and-cons,applications,truth-tables,comparison-of-the-two.html

NOT Gate



圖片來源: https://kopu.chat/transistors-logic-gate/

NOT Gate



How about the others?

圖片來源: https://kopu.chat/transistors-logic-gate/

[OPTION]

1-bit 加法器實作

二進制的加法

和小時候學的直式加法差不多!!

00011010 + 00001100 = ?

			1	1				
	0	0	0	1	1	0	1	0
+	0	0	0	0	1	1	0	0
	0	0	1	0	0	1	1	0

Carry (C)

11 → 1

00/01/10 → 0

AND!

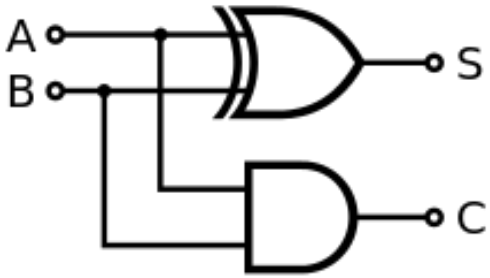
Sum (S)

00/11 → 0

01/10 → 1

XOR!

我們完成了 1-bit 半加法器



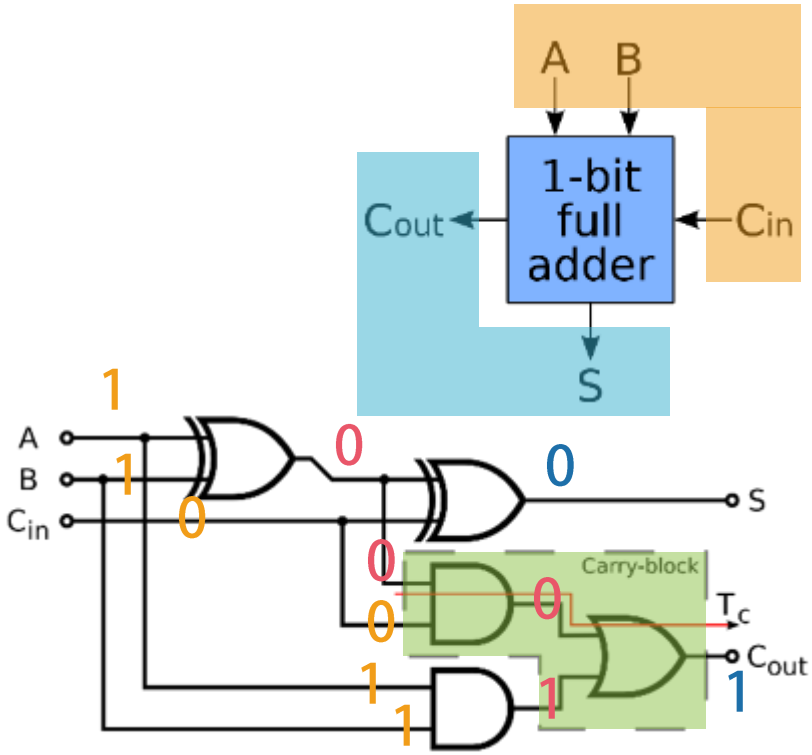
符號

輸入		輸出	
A	B	C	S
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
1	1	1	0

真值表

圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/加法器

關於 1-bit 全加法器



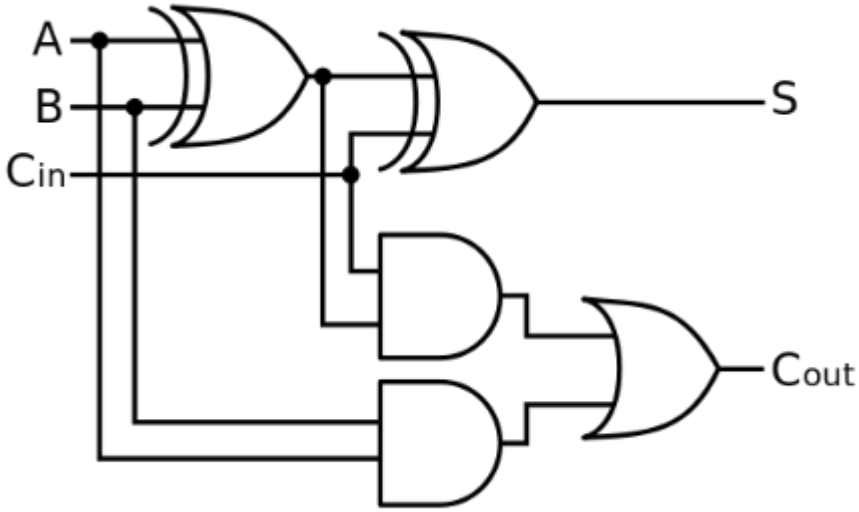
符號

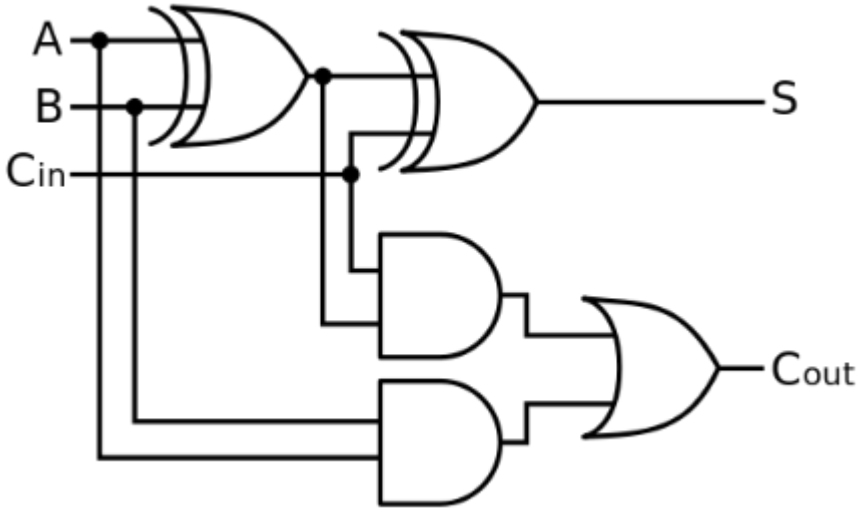
輸入			輸出	
A	B	C_{in}	C_{out}	S
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
1	1	0	1	0
0	0	1	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	1	1
1	1	1		

真值表

圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/加法器

【練習用】

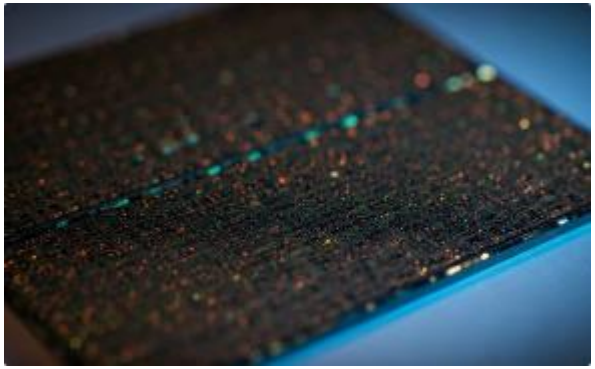




圖片來源: https://zh.wikipedia.org/zh-tw/加法器

漫談積體電路

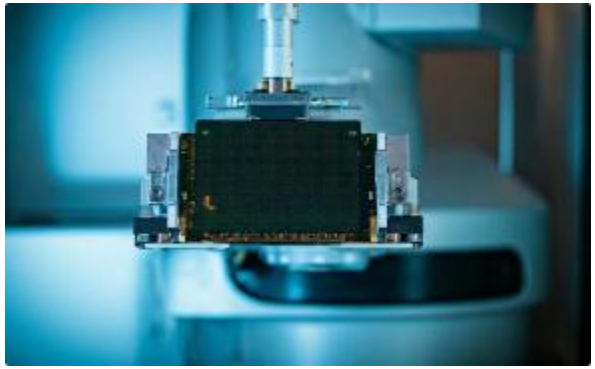
晶圓：積體電路的搖籃



矽材質

高純度的矽晶圓是製作基底。

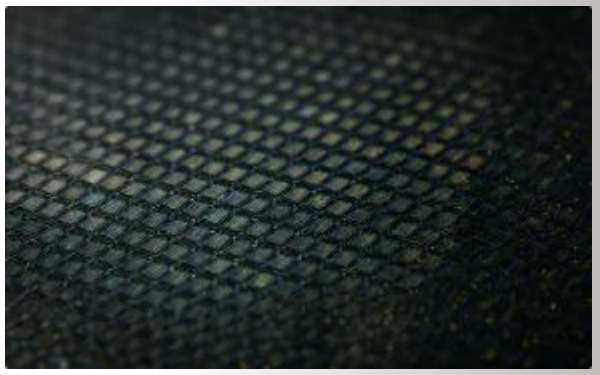
純度達 99.9999999%。



精密製程

在無塵室中進行製造。

灰塵顆粒會破壞微小電路。



高產量

一片晶圓可生產數百個晶片。

提高生產效率，降低成本。

摩爾定律的極限

物理限制
電晶體尺寸接近原子大小

量子效應
電子行為變得不可預測

製造成本
更先進工藝投資越來越高

散熱問題
功耗密度導致過熱風險

超越摩爾定律

3D

空間堆疊

向上發展，多層堆疊晶片

新

材料創新

石墨烯等新材料取代矽

量子

計算革命

量子位元取代傳統位元

從邏輯閘到處理器

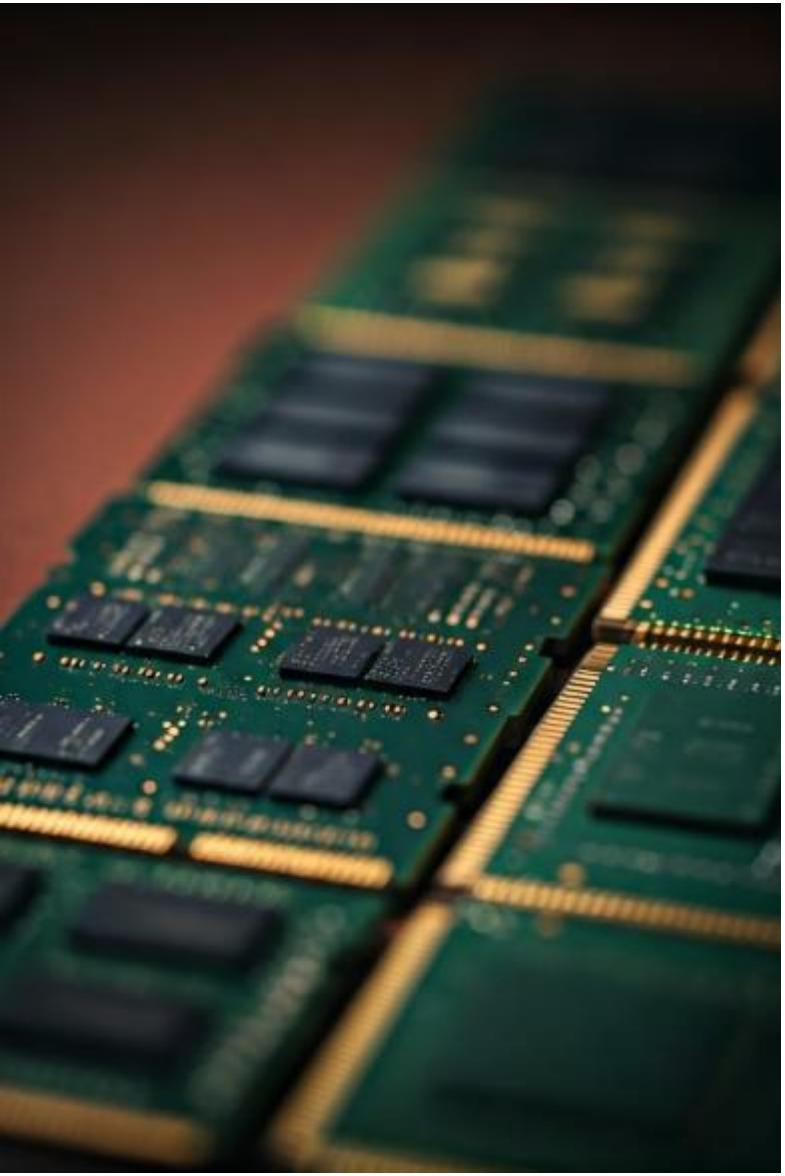
基本邏輯閘
AND、OR、NOT 等基本單元

2

功能單元
加法器、乘法器、記憶單元

算術邏輯單元 (ALU)
執行各種數學和邏輯運算

中央處理器 (CPU)
控制單元 + ALU + 暫存器



記憶體：數位世界的倉庫

RAM (隨機存取記憶體)

- 暫時儲存正在使用的數據
- 電腦關機後資料消失
- 讀寫速度快

ROM (唯讀記憶體)

- 永久儲存不變的資料
- 電腦關機後資料保留
- 只能讀取，不能修改

快取記憶體 (Cache)

- 存放常用資料
- 速度極快
- 容量小但效率高

數位積體電路的未來發展

1 人工智慧晶片

專為 AI 算法優化的處理器，提高機器學習效率。

2 神經網路處理器

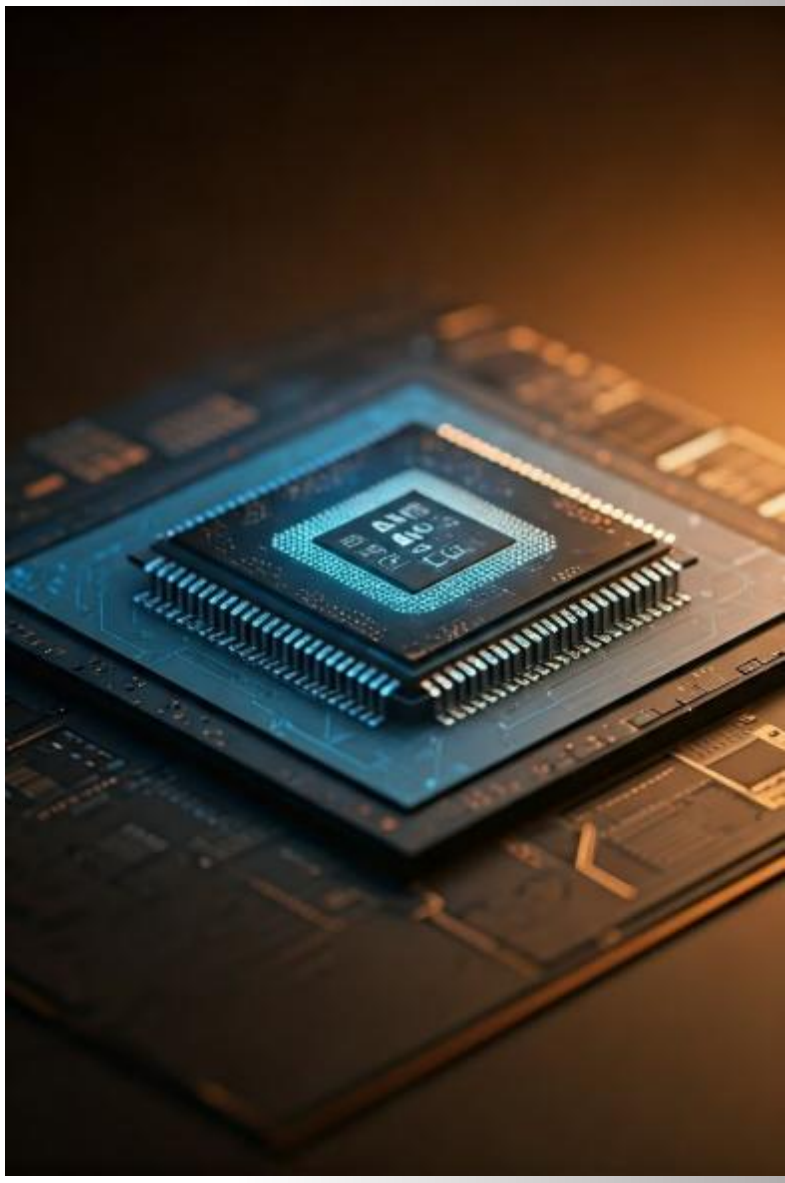
模仿人腦結構的晶片，並行處理大量資訊。

3 量子計算機

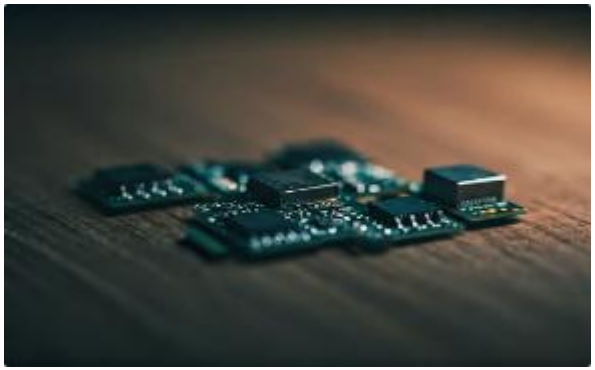
利用量子力學原理，解決傳統計算機難以處理的問題

4 生物電子晶片

結合生物元素與電子元件，創造全新功能。



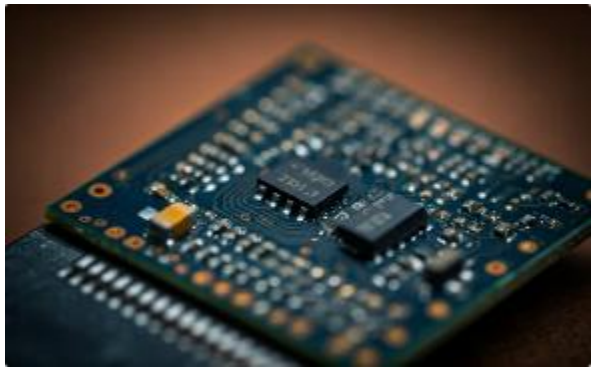
物聯網與數位積體電路



微型感測器

超小型晶片集成各種感測功能。

可測量溫度、濕度、光線等。



低功耗設計

極低能耗延長電池壽命。

能量收集技術實現自供電。

無線通訊晶片

支援藍牙、WiFi、Zigbee 等協議。

實現設備互聯互通。

數位積體電路與綠色科技

提高能源效率

低功耗設計減少電力消耗。

智能電源管理延長使用時間。

減少電子廢棄物

更耐用的元件延長產品壽命。

模組化設計便於維修與升級。

可回收設計

易拆解結構便於資源回收。

減少有害物質的使用。

數位積體電路的安全性

硬體加密
在晶片層級實現資料保護

安全啟動
確保系統啟動時不受惡意程式影響

身份驗證
硬體層級的生物識別與密鑰管理

防篡改設計
實體防護機制預防硬體入侵

數位積體電路的製造工藝

1 1990年代
250-350納米製程

2 2000年代
90-130納米製程

3 2010年代
14-45納米製程

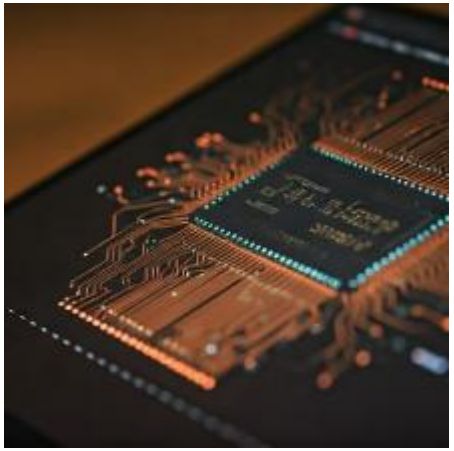
4 現在
3-7納米製程

5 未來
2納米以下製程

製程尺寸越小，晶片上可容納的電晶體數量越多，效能越強，功耗越低。

晶片設計軟體






硬體描述語言

Verilog 和 VHDL 是最常用的晶片設計語言。

以程式碼描述電路功能與結構。

電路模擬工具

在製造前驗證電路設計。

發現並修正潛在問題。

自動布局布線

電腦自動安排元件位置與連線。

優化空間利用與信號傳輸。

數位積體電路的測試

完整性保證
確保每個產品符合設計要求

全面測試項目
功能、性能、可靠性等多方面驗證

專業設備
使用高精度儀器進行精確測量

數位積體電路的應用實例：智慧手錶

微處理器

超低功耗設計延長電池壽命。

執行手錶作業系統與應用。

感測器介面

連接心率、加速度等感測器。

處理多種實時健康數據。

顯示驅動器

控制低功耗顯示屏。

呈現清晰圖像與資訊。

數位積體電路的應用實例：無人機

影像處理晶片

實時壓縮高解析度影像

執行物體辨識算法

穩定畫面消除抖動

飛行控制器

處理陀螺儀與加速度計數據

計算最佳飛行參數

精準控制馬達轉速

通訊模組

維持與遙控器的連接

傳輸影像資料流

處理GPS定位信號

數位積體電路的應用實例：智慧城市

交通管理系統

智能交通號誌根據車流量自動調整。

感測器網絡監測路況與停車位。

能源監控

智能電網優化能源分配。

建築物能耗實時監測與管理。

環境感測網絡

空氣品質與噪音水平持續監測。

水資源管理與污染預警。

學習數位積體電路的途徑

科學營隊

- 親身動手實作體驗
- 專業教師指導
- 團隊合作學習

線上課程

- 彈性學習時間
- 豐富多媒體資源
- 自己控制學習進度

DIY 電子套件

- 從基礎電路開始
- 循序漸進提升難度
- 培養實作能力

數位積體電路相關職業

IC 設計工程師

設計晶片功能與結構。

需要扎實的電子學與程式設計知識

半導體製程工程師

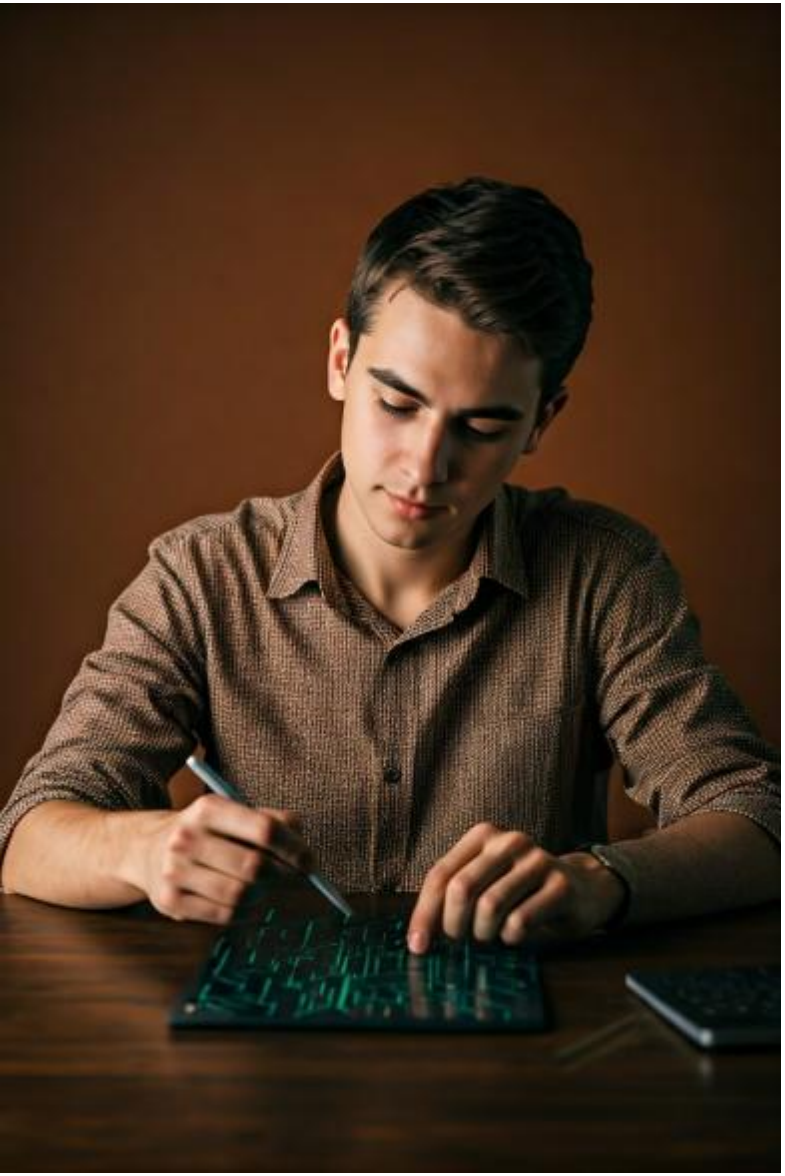
負責晶片製造工藝。

需要材料與化學專業知識。

電子產品開發工程師

將晶片整合到實際產品中。

綜合運用各種工程知識。



結語：
0 與 1 構建的數位未來

改變世界的力量

數位積體電路已深刻改變我們的生活方式。

從通訊到醫療，從教育到娛樂，無處不在。

創新永不止步

技術發展仍在加速前進。

更多突破等待被發現。

你的角色

每個人都可以成為數位創新者。

從學習基礎知識開始，未來由你創造！

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 …

大師第六講

- 半導體感測器+AI

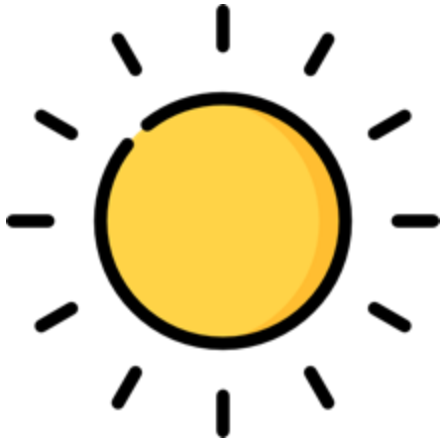
Semiconductor 把 AIOT 實現了！
電學與力學的結合

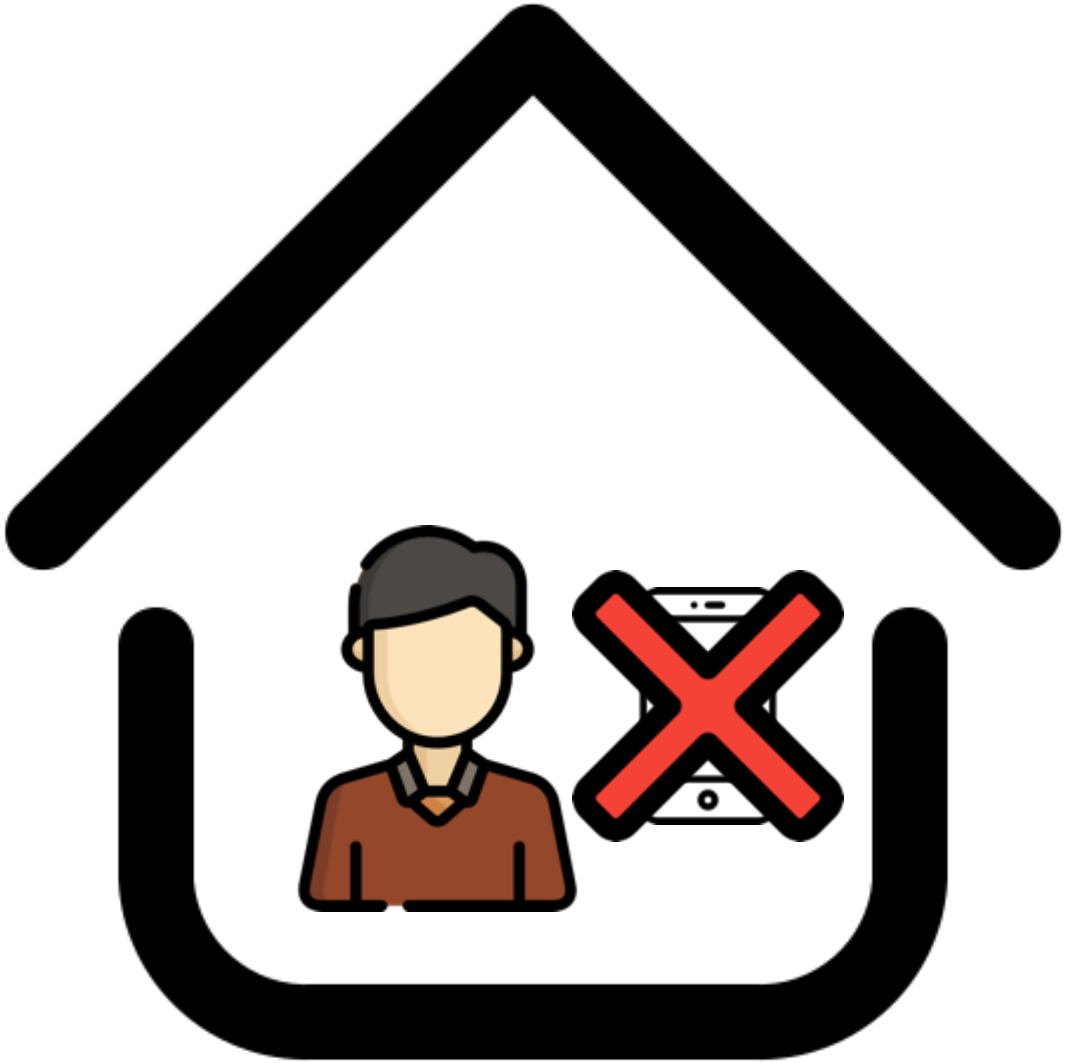
什麼是微機電系統？

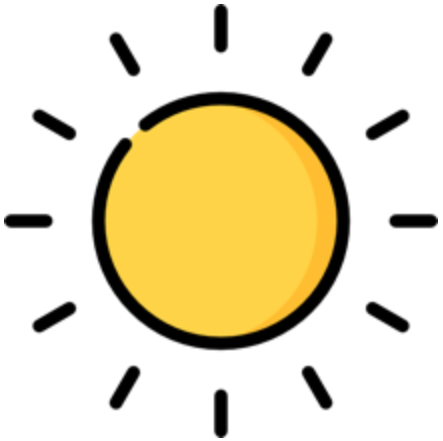
微米 + 機械 + 電子 → 系統

好的，所以這跟我有什麼關係？
想像一個沒有微機電系統的世界……

起床沒鬧鐘
Waking up without an alarm clock

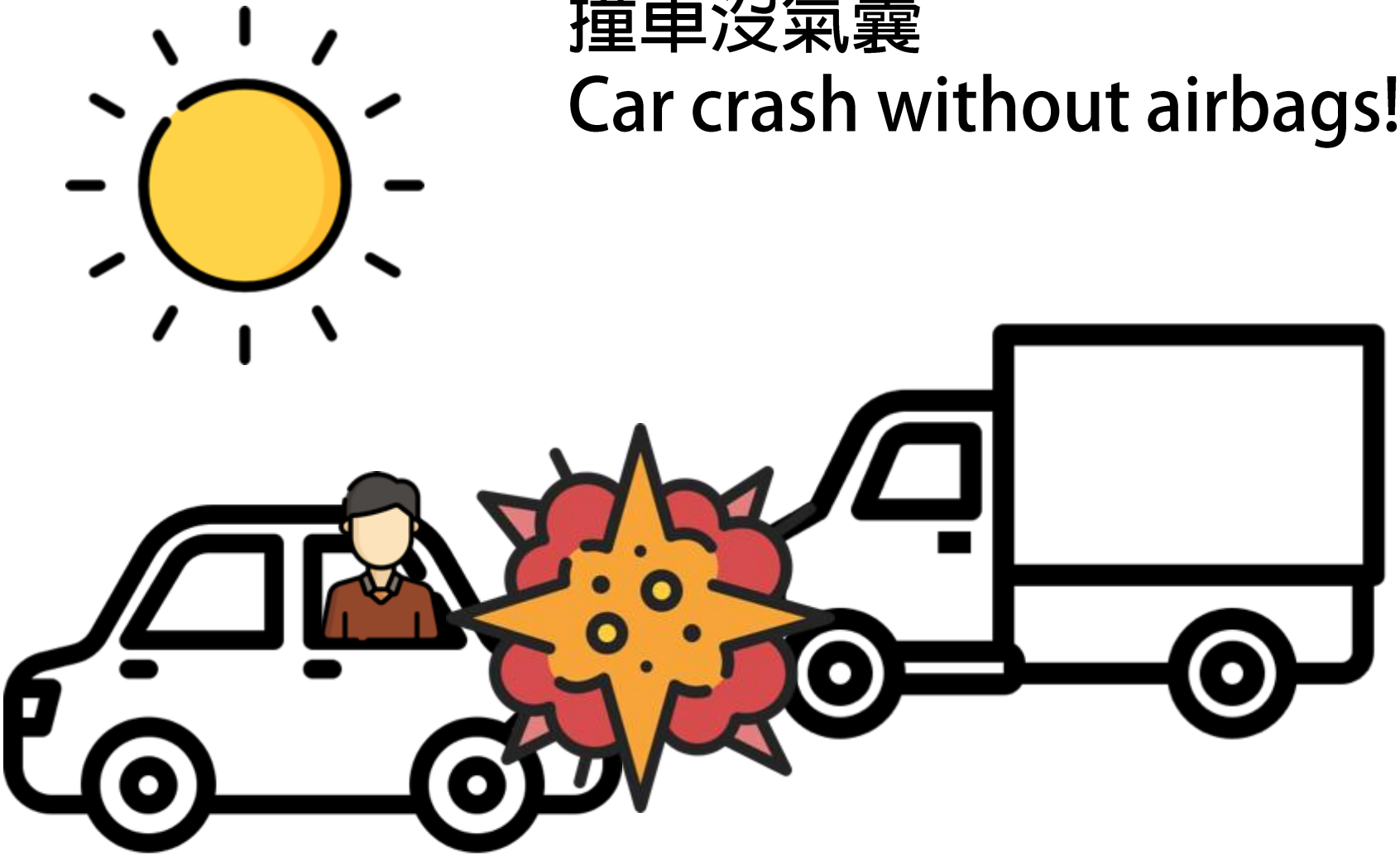






開車沒導航
Drive without GPS!

撞車沒氣囊
Car crash without airbags!



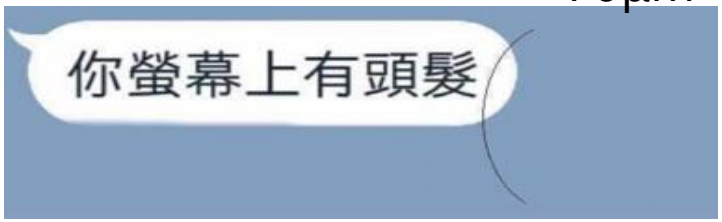
微米？Micro Machining

微米：10^{-6}公尺，單位為μm
奈米：10^{-9}公尺，單位為nm

90μm

700μm

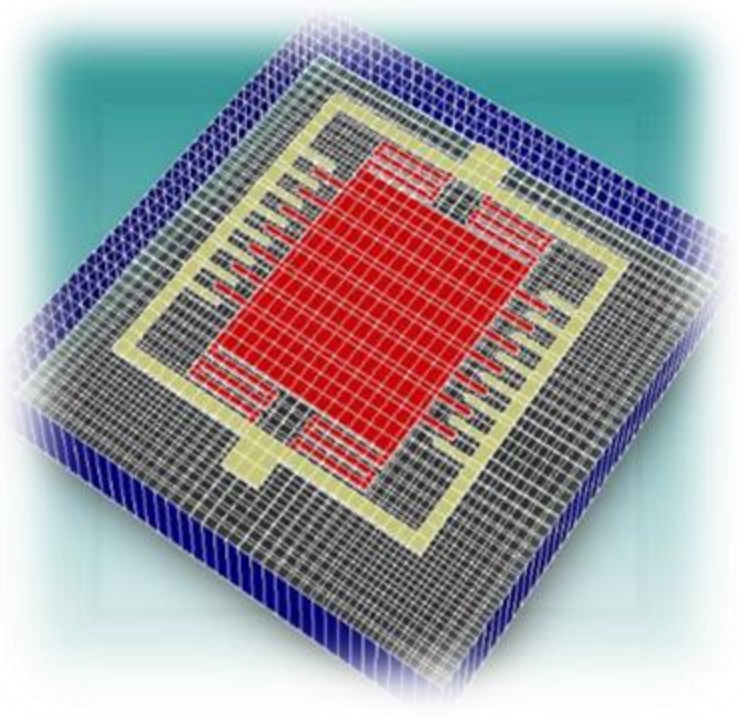
70μm

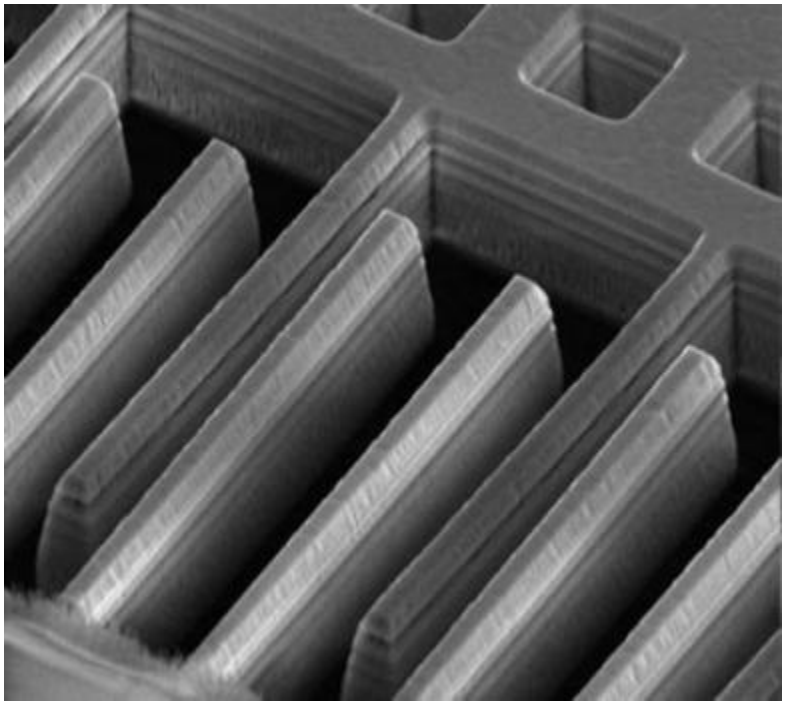


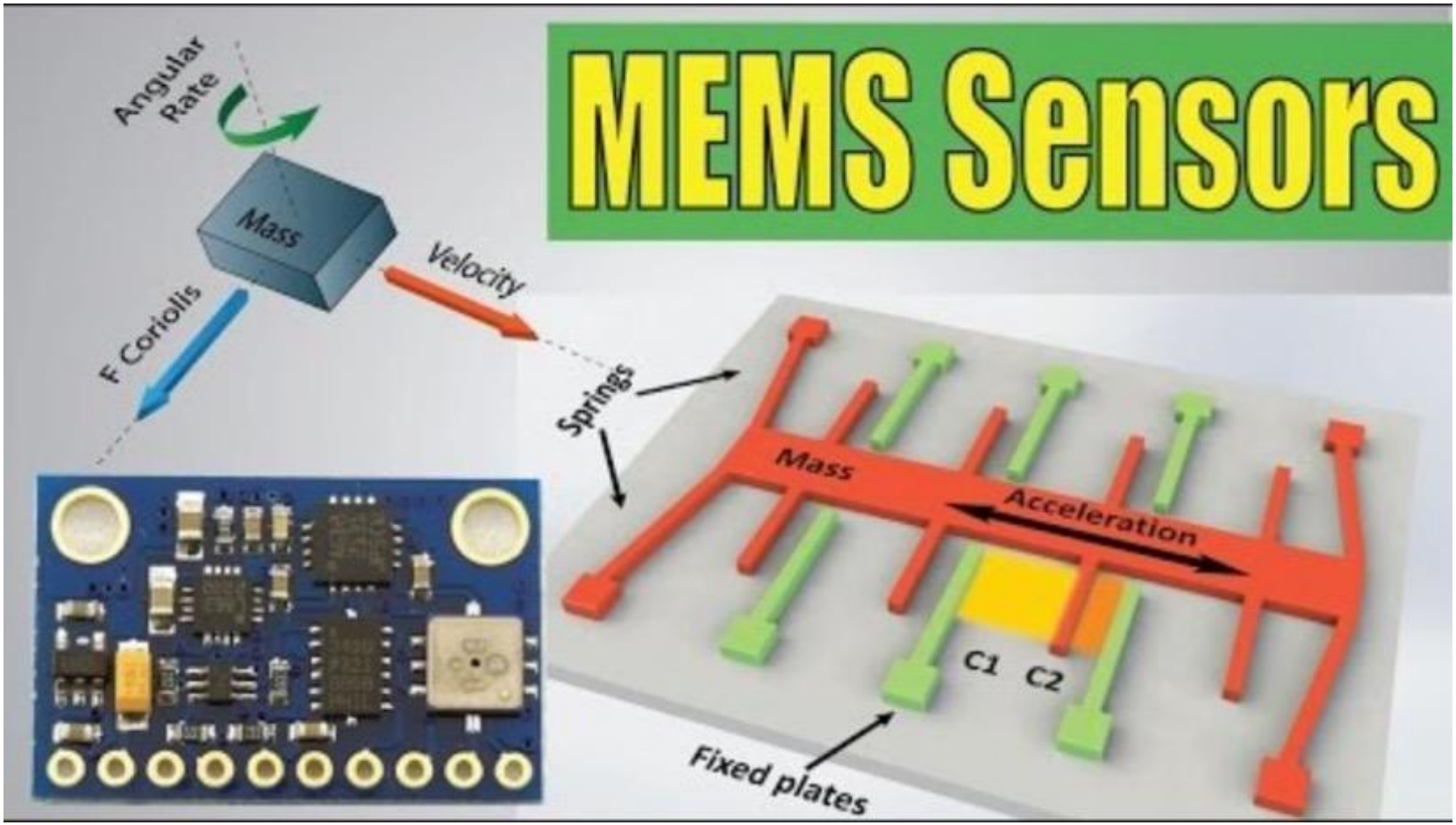
2.5μm

CMOS MEMS 加速度計/陀螺儀

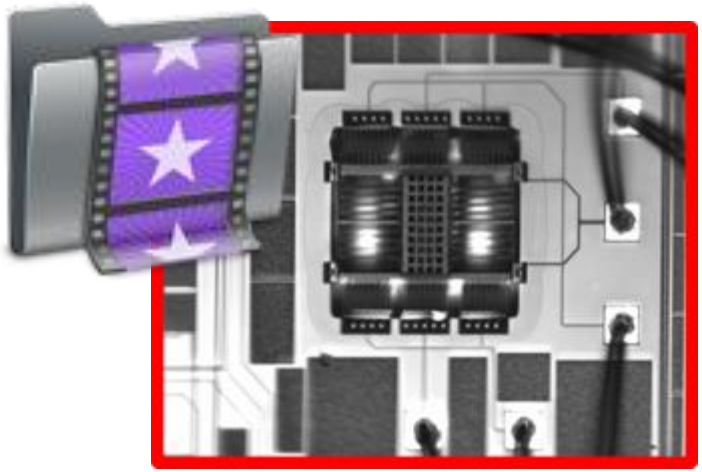
Micro-Electro-Mechanical Systems

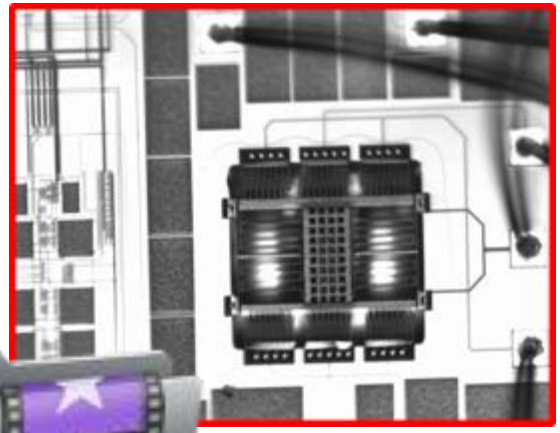


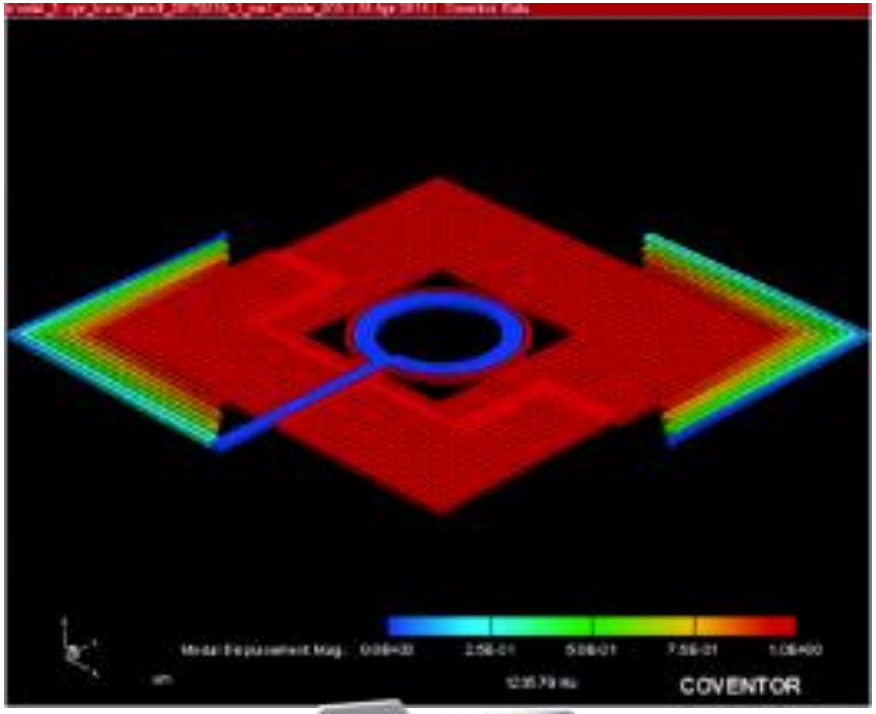




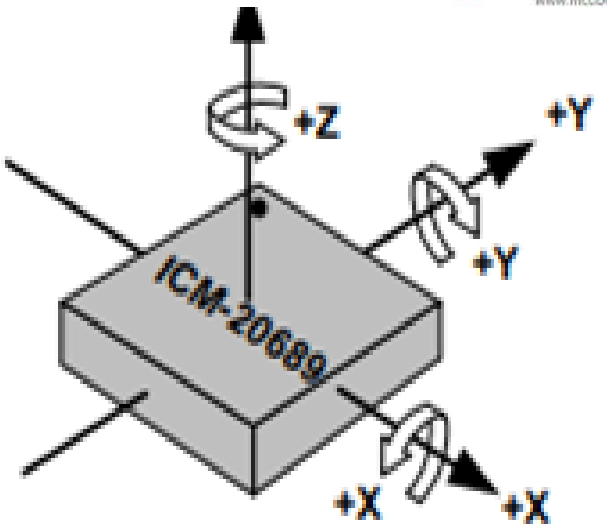
Source: https://youtu.be/eaZgxR6eRio



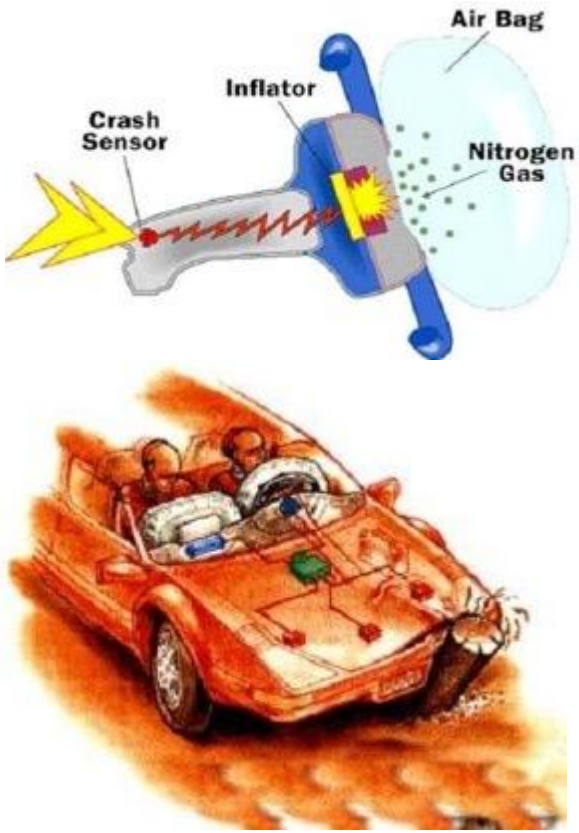


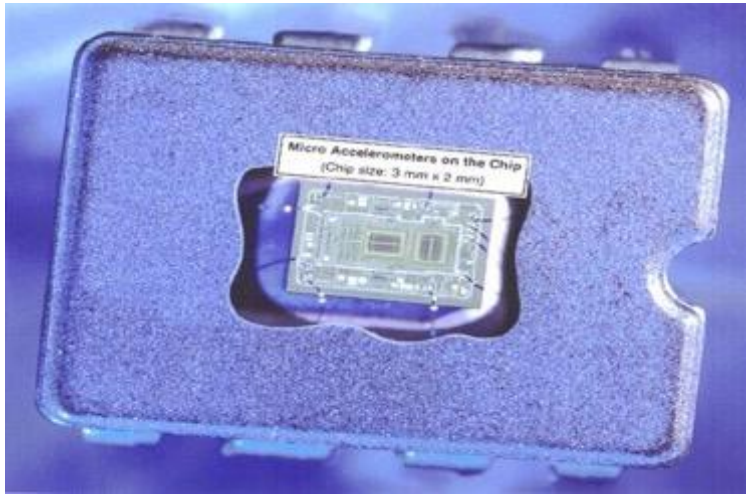

COVENTOR

Rabboni has MEMS sensor inside.



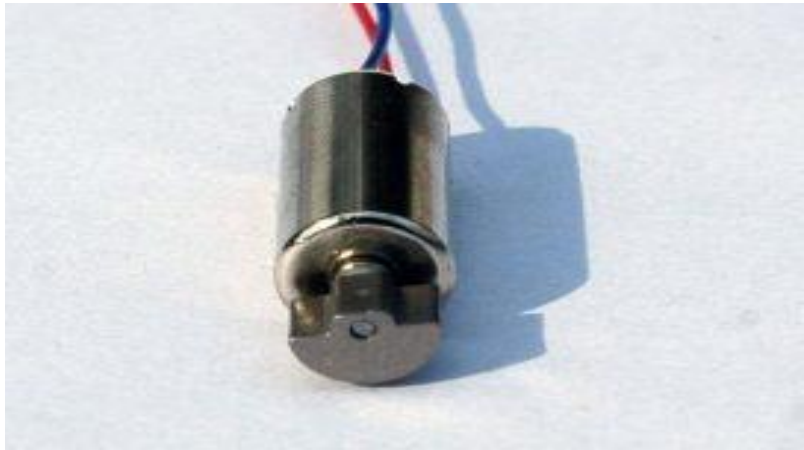
安全氣囊


Air Bag
Inflator
Crash Sensor
Nitrogen Gas


Micro Accelerometers on the Chip
(Chip size: 3 mm x 2 mm)

微型振動器

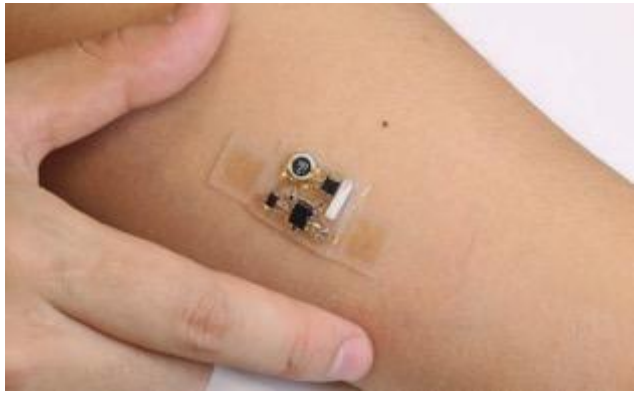
- 懸浮的彈簧系統
- 激發電流使其振動



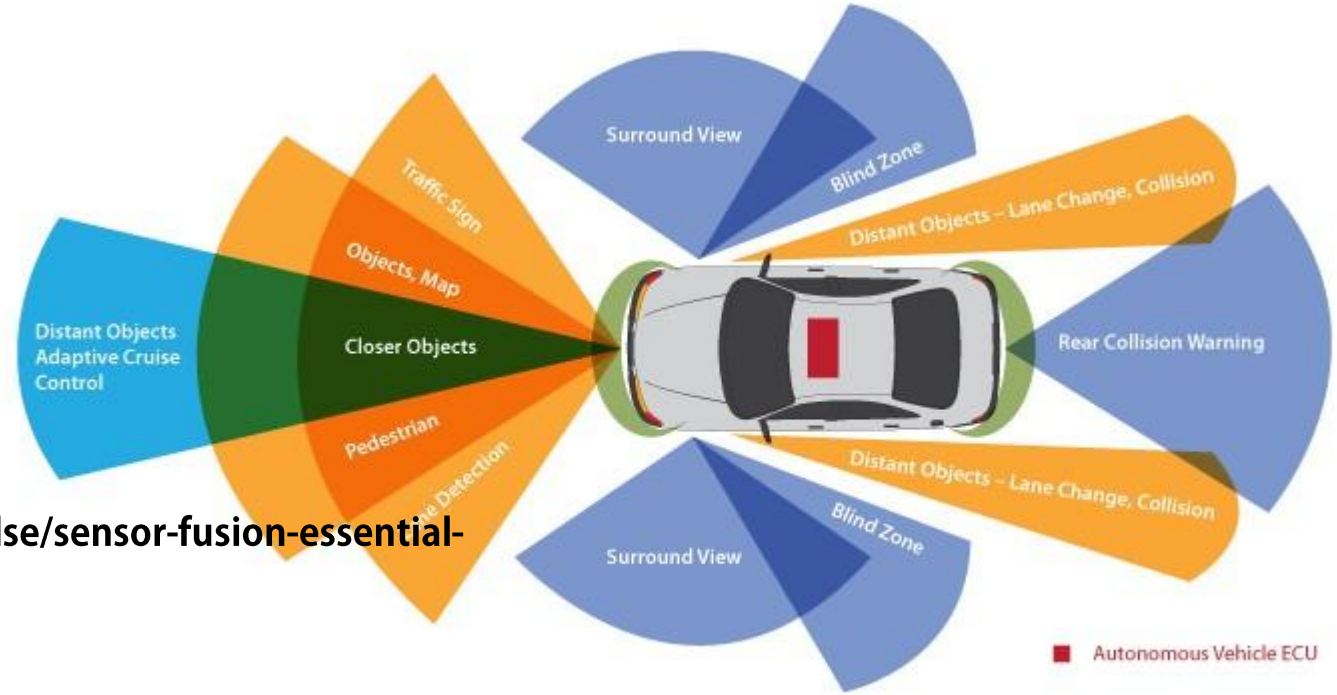
微形鏡片

- **微小的透鏡**
- **改變光的焦距或方向**

穿戴式技術與健康監測

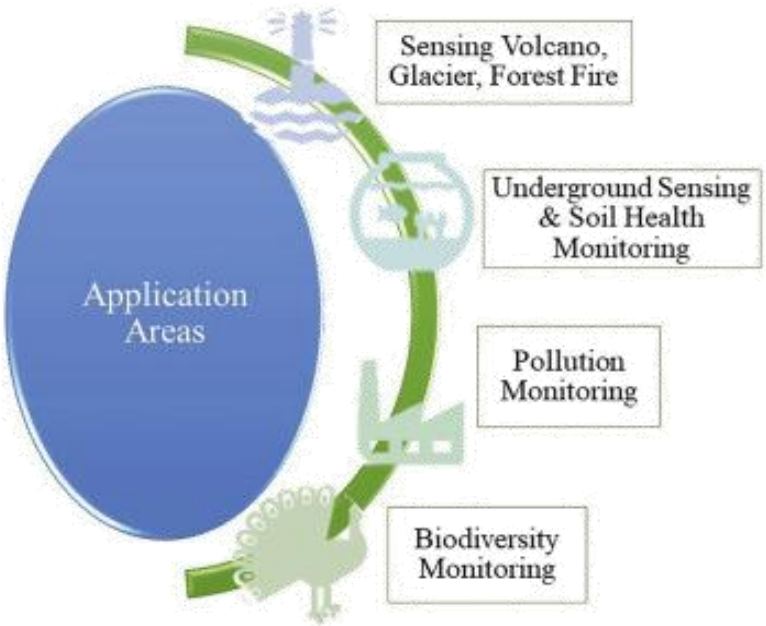


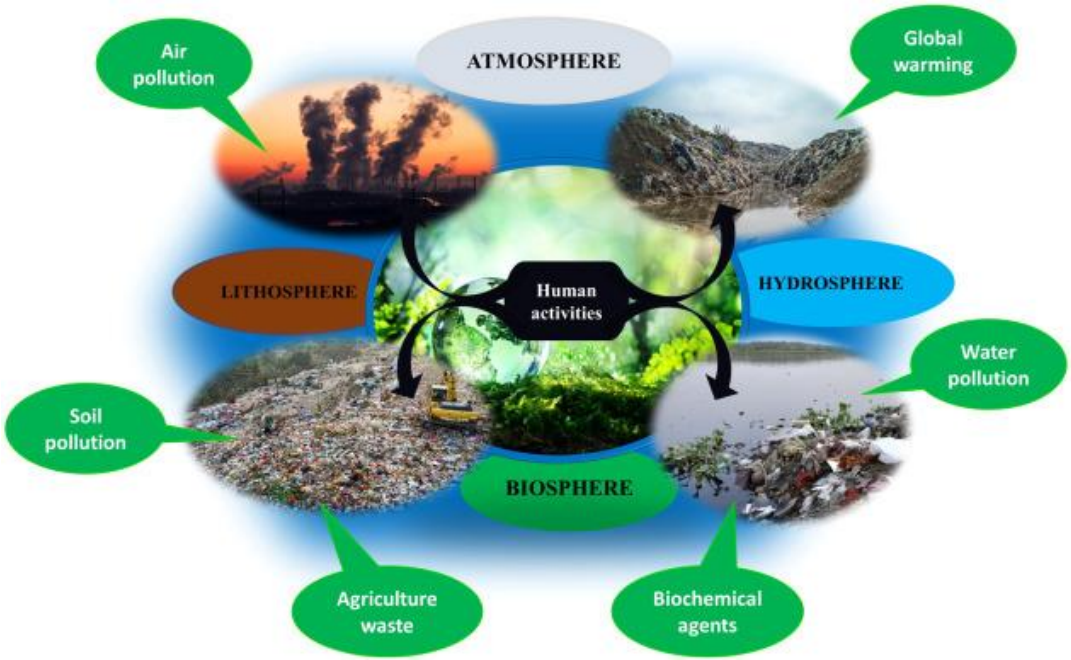
Sensors in autonomous driving and Internet of Vehicles



https://www.linkedin.com/pulse/sensor-fusion-essential-piece-autonomy-nakul-maan

Sensors for Environmental detection and climate change

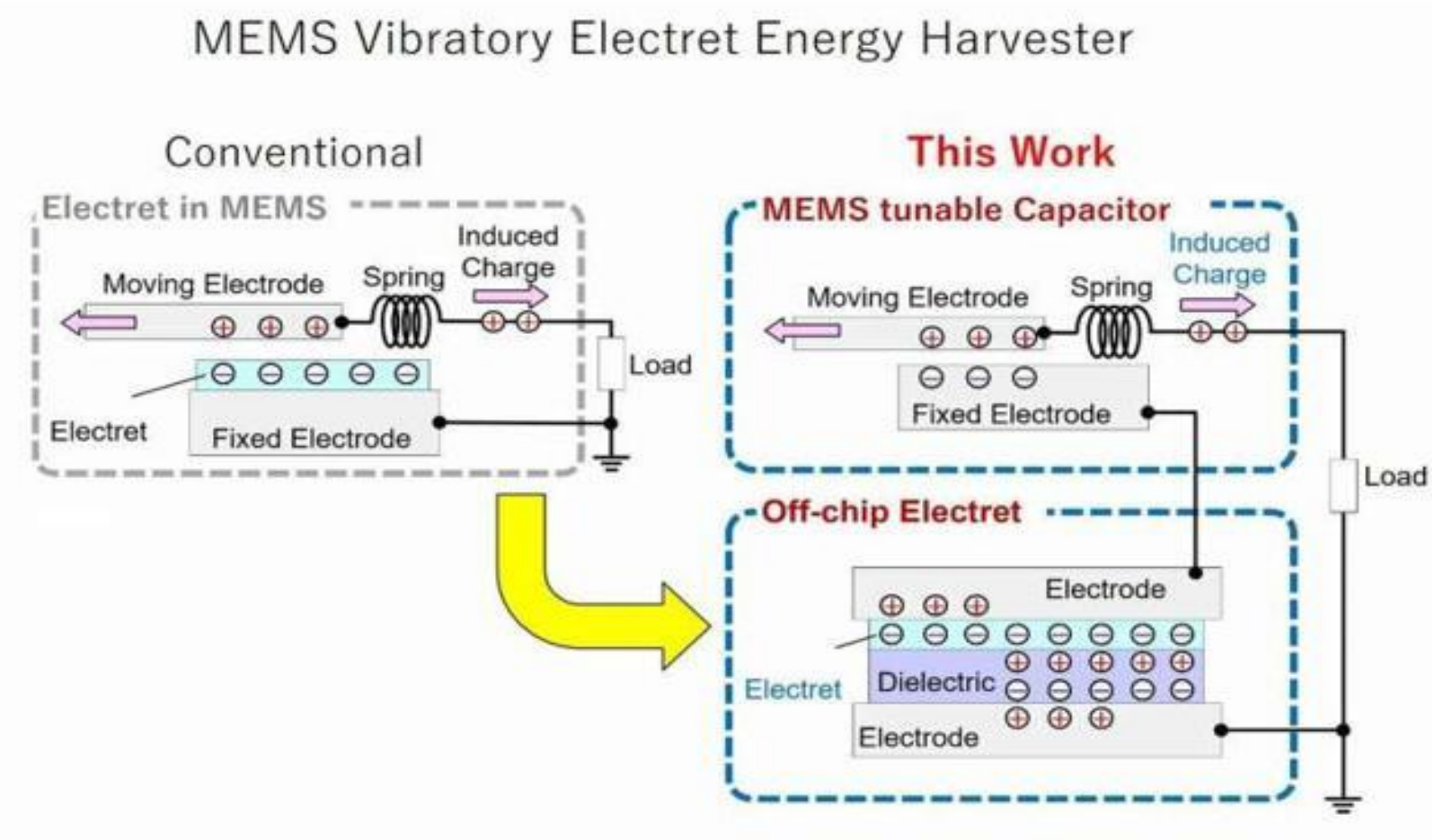




https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/environmental-sensor#recommended-publications

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780443138607000136

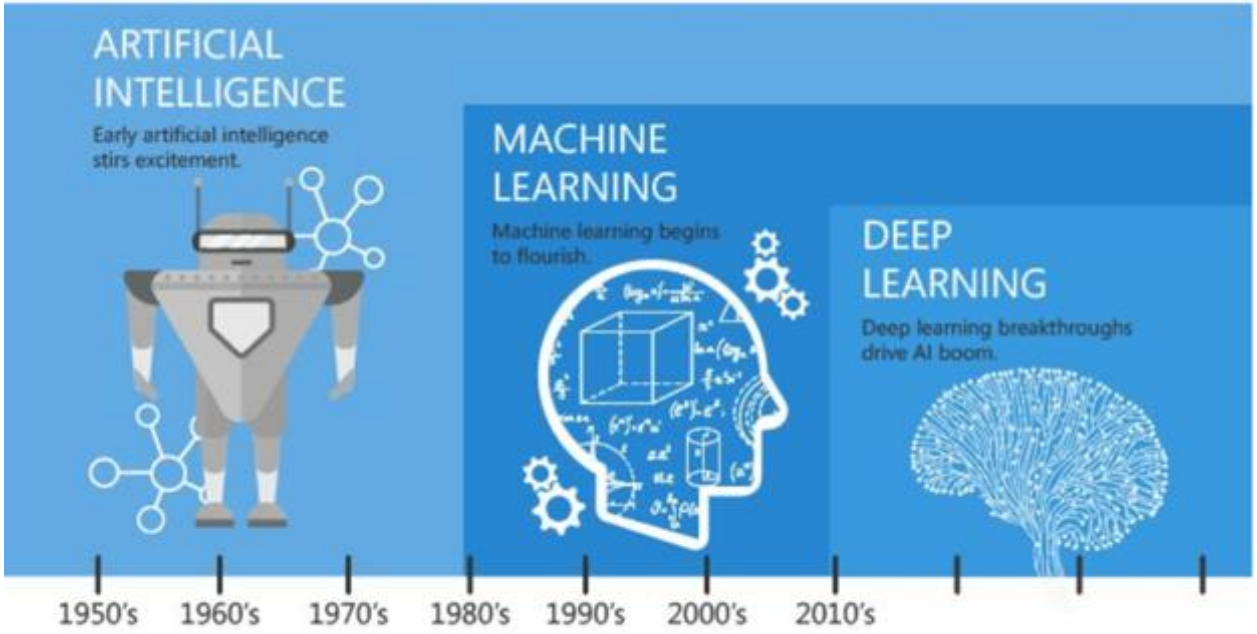
新型能源技術


MEMS Vibratory Electret Energy Harvester
Conventional
Electret in MEMS
Moving Electrode
Spring
Induced Charge
Load
Electret
Fixed Electrode
This Work
MEMS tunable Capacitor
Moving Electrode
Spring
Induced Charge
Fixed Electrode
Load
Off-chip Electret
Electrode
Electret
Dielectric
Electrode

聊一下AI

- 模擬人類智慧
- 代替人類做決定、工作

AI: 資料收集- 建立模型（教AI知識）– AI 幫忙判別



Since an early flush of optimism in the 1950's, smaller subsets of artificial intelligence - first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning - have created ever larger disruptions.

AI 用強大積體電路做圖像辨識

貓咪

狗

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

請用 Rabbon + AI 分別手勢

Rabboni vs AIOT

大家用Rabboni 做的創意，都是 AI, IOT ，也是靠積體電路完成喔

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 …

大師第七講：

- 產業分工

半導體 產業分工

為什麼半導體產業會需要分工呢？

就像做報告時會分工成：找資料、做PPT、上台報告

那麼技術更為複雜的IC晶片製造當然就更需要分工了

圖片來源：https://memes.tw/maker/painter/29376

半導體產業分工

半導體產業鏈是如何分工的呢？

大致上可分為：IC設計、IC製造、IC測封三項

參考資料：https://www.stockfeel.com.tw/%E5%8D%8A%E5%B0%8E%E9%AB%94-%E7%94%A2%E6%A5%AD%E9%8F%88-ic-%E8%A8%AD%E8%A8%88-%E8%A3%BD%E9%80%A0-%E5%B0%81%E6%B8%AC/#p-3

IC 產業分工

IC產業鏈是如何分工的呢？

就如同蛋糕師傅製作蛋糕一樣

IC設計

設計出蛋糕的食譜與設計圖

IC製造

依照設計圖製作出漂亮的蛋糕

designed by ultimatearm from Flaticon

IC測封

測試蛋糕體是不是有烤好？組合後造型是否有缺陷？

確認沒問題後在將脆弱的蛋糕放進盒子中包裝保護起來

designed by Freepik from Flaticon

IC 產業分工

IC設計：設計IC設計圖

晶片依據功能的不同，可以分成 4 大類：
記憶體 IC（Memory IC）：用來儲存資料。依據停止供電後，資料是否能繼續儲存。
微元件 IC（Micro Component IC）：具有特殊資料處理功能的元件。
邏輯 IC（Logic IC）：進行邏輯運算的 IC。
類比 IC（Analog IC）：處理類比訊號的 IC。

IC 產業分工

IC設計：設計IC設計圖

IC設計的智慧財產權——矽智財(SIP，Silicon Intellectual Property)

我知道智慧財產權是什麼
但IC設計的智慧財產權又是什麼呢？
又為什麼會需要它呢？

designed by Freepik from Flaticon

IC 產業分工

IC設計：設計IC設計圖

IC設計的智慧財產權——矽智財(SIP，Silicon Intellectual Property)

IC設計的智慧財產權是什麼呢？
就像唱片一樣，有價值的不是唱片本身，而是唱片中的歌曲如何做出的，也就是「智慧財產權」
IC 設計也是如此，有價值的不是電路設計圖，而是設計圖背後的 Know How

designed by Freepik from Flaticon

IC 產業分工

IC設計：設計IC設計圖

職業

數位IC設計工程師：設計及改良IC晶片，讓電子產品（如手機）效能提升。

類比IC設計工程師：從事類比電子晶片之問題研究、設計發展及技術指導等。

designed by justicon from Flaticon

IC 產業分工

IC製造：把設計圖上的積體電路，實際製造出來

IC製造製程

接到上游廠商的晶圓設計圖並取得磊晶後，依照設計圖製作晶圓(矽晶圓、砷化鎵、氮化鎵)，或是負責製作晶圓製造流程上所需的配備零件、原料、檢測機等。

IC 產業分工

IC製造：把設計圖上的積體電路，實際製造出來

職業

半導體工程師：從事半導體工程之問題研究、設計及技術指導、發展、構建等工作。

半導體設備工程師：管理半導體生產設備，讓設備發揮最大生產效能。

生產技術 / 製程工程師：規劃與改善機台生產產品的製造流程，並讓機台生產功能維持正常運作。

designed by justicon from Flaticon

IC 產業分工

IC測封：把晶圓切割成裸晶，
測試沒問題就加上外殼封裝成晶片

IC測封製程

當成功把設計圖上的電路，弄到晶圓上形成 IC 後，接著就是要「測試」和「封裝」。也就是要測試這些 IC 能不能用，然後把晶圓上的 IC 切下來變成一片一片的裸晶/晶粒，因為這些裸晶很脆弱，如果 IC 經過測試後是能用的，就要用外殼把它包起來保護好，也就是封裝，成為最終的成品「晶片」。

IC 產業分工

IC測封：把晶圓切割成裸晶，
測試沒問題就加上外殼封裝成晶片

職業

作業員 / 包裝員：根據生產程序，從事電子設備零件組裝、機器操作、產品包裝、生產線事務運作等工作。

FAE工程師：提供客戶產品技術方面與產品導入客戶端的支援，以確保產品能依照進度量產。

IC產業商業模式

根據半導體公司的營運範圍，大致可分成 4 種商業模式：

1. IDM (整合元件製造商)
2. Foundry (晶圓代工/封測廠)
3. Fabless (無廠半導體公司)
4. IC Design Service (IC 設計服務公司)

IC產業商業模式

IDM (整合元件製造商)

優勢：

能在設計、製造等環節達到最佳優化

能有條件地率先實驗並推行新的半導體技術

劣勢：

需雄厚的營運資本

IC產業商業模式

IC產業商業模式

Foundry (晶圓代工/封測廠)

「有工廠」的半導體公司，只負責製造、封裝、測試的部分環節，不負責晶片設計，可以同時為多家設計公司提供服務。

代表公司：晶圓代工 — 台積電 、聯電、格羅方德（GlobalFoundries）；封裝測試 — 日月光、矽品。

IC產業商業模式

IC產業商業模式

Fabless (無廠半導體公司)

「沒有工廠」的 IC 設計公司，只負責晶片的電路設計和銷售，將生產、測試、封裝等環節外包。

代表公司：聯發科、高通（Qualcomm）、博通（Broadcom）。

IC產業商業模式

IC Design Service (IC 設計服務公司)

不設計和銷售自己的晶片，而是為 IC 設計公司 提供工具、電路設計架構、完整功能單元、設計外包服務…等。營收來自於販賣矽智財（SIP）、委外設計服務（NRE）、統包（Turn-Key）。

代表公司：安謀（ARM）

IC 產業分工

圖片來源：https://lynn1205.files.wordpress.com/2017/04/ic-flow.png?w=1024

References

- 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
- 走近IC：積體電路元件篇　國立陽明交通大學 電機工程所 莊勝傑
- 國小半導體教材/IC 產業分工　國立陽明交通大學 資訊工程系 邵筱廷
- 走近Gate：數位邏輯閘　陽明交通大學電機工程學系 許配慈
- 應用半導體-半導體感測篇　國立陽明交通大學 電機系張濰安
- 用樂高積木介紹半導體製程

- 國立陽明交通大學 電子研究所教授　溫瓌岸 編輯整理

啟發 AI – with Rabboni

歡迎來到「啟發 AI」！這堂課將帶領您踏入人工智慧的世界，並學習如何使用資料的力量來解決問題。無論您是初學者還是對資料科學有基本了解，都能從中受益。

從數據到洞察力

踏入人工智慧的奇妙世界，探索它如何改變我們的世界，從自動駕駛汽車到醫療保健，從金融交易到藝術創作。這趟旅程將引導您了解人工智慧背後的機制，以及它如何為各行各業帶來革命性的變革。

Note: Rabboni 是希伯來文大師之意，也是國產 IMU 感測模組，附註課程中可親自體驗之資料處理

[Active Learning + Edtech]

1. 資料蒐集- 運用 Rabboni 蒐集 2~4 種動作，取得 6x DATA 檔案（.xls, .cvs）

Option: 介紹資料的來源，包括結構化和非結構化資料的收集方法。討論如何使用網路爬蟲、API、問卷調查等工具來獲取資料

2. 資料預處理- 運用智慧將特異資料處理或用Excel 處裡雜訊

Option：講解資料清理的重要性，包括處理缺失值、異常值、重複資料等。

介紹資料轉換和標準化的技術。使用Pandas等工具進行資料清理的實作。

3. 資料分析- 運用智慧將蒐集 2~4 種動作與動作關聯

Option：介紹如何從資料中提取有意義的資訊。 包括描述性統計、探索性資料分析和 Matplotlib和Seaborn 等可視化技術。

4. 特徵工程-運用智慧，找出動作之間的分類特徵

Option: 講解特徵選擇和特徵提取的概念，如何將原始資料轉換為模型可用的特徵。介紹常用的特徵工程技術。i.e. Scikit-learn

5. 模型建立- 運用 Scratch 設計人工智慧分類程式

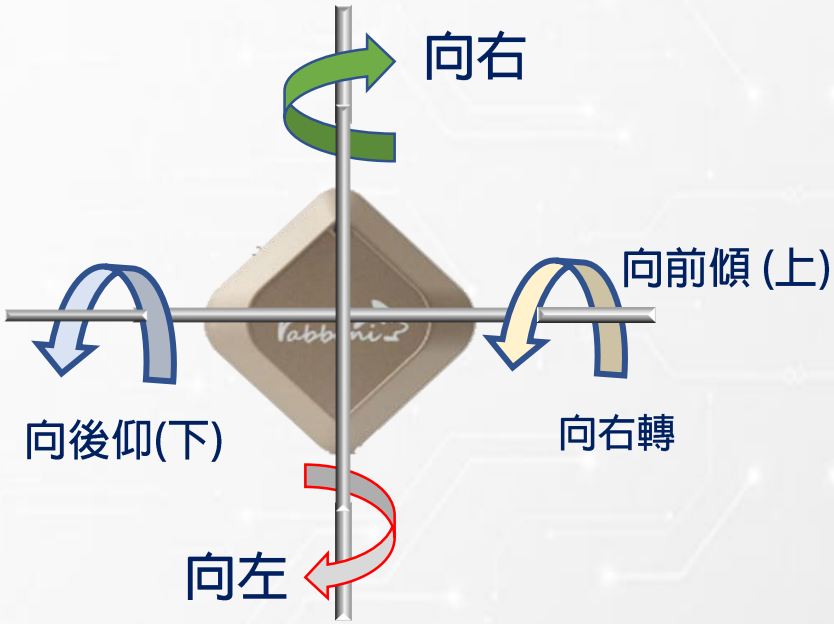
Option: 介紹機器學習的基本概念，包括監督學習和非監督學習。講解常見的模型（如回歸、決策樹、隨機森林等）及其適用情境。 使用Scikit-learn建立和訓練簡單的機器學習模型。

6. 模型評估與優化- 運用人工智慧與智慧比較

Option:講解模型評估的指標（如準確率、精確率、召回率等），以及如何進行模型的調參和優化。介紹交叉驗證和過擬合的概念。

Lesson 1. Data Collection

數據收集：



1 **感測器安裝**

首先，我們需要將加速度計和陀螺儀感測器安裝在運動員身上，確保感測器牢固地固定，並在運動員動作時能準確地收集數據。

2 **數據採集**

當開始動作時，感測器會持續地收集數據，記錄動作過程中身體的運動狀態，例如速度、方向和旋轉。

3 **數據儲存**

收集到的數據會被儲存在電腦或其他設備中，以供後續的分析和研究。

介紹感測器：數據收集的工具

感測器是什麼？

感測器就像我們身體的感官，可以偵測周遭環境的變化，並將這些變化轉換成數據。例如，我們的眼睛能感知光線，耳朵能感知聲音，而感測器則能感知溫度、壓力、運動等各種不同的物理量。

常見的感測器

今天我們將使用兩種主要的感測器：加速計和陀螺儀。加速計可以測量物體的加速度，也就是速度變化的速率。陀螺儀則可以測量物體的旋轉速度和方向。

深入了解加速計數據

加速計測量什麼？

加速計測量物體的速度變化速率，也就是物體加速或減速的程度。當你動作時，加速計會記錄你身體在不同時間點的加速度，讓我們可以了解動作過程中速度的變化。

如何解讀加速計數據？

加速計數據包含兩個重要信息：加速度的大小和方向。加速度的大小表示速度變化的快慢，方向則表示速度變化的方向。例如，當你向上動作時，加速計會記錄到正向的加速度，表示你的速度正在增加。

收集動作數據的步驟

1

準備就緒

首先，你需要穿上配備了感測器的衣服或設備。

2

開始動作

然後，盡情動作！感測器會記錄你的動作。

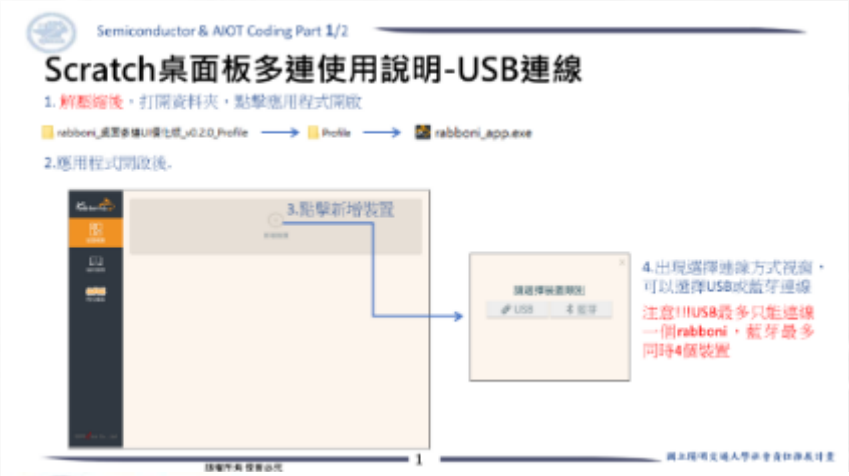
3

數據分析

最後，我們會分析感測器收集的數據，揭示動作的秘密。

■Rabboni 連線
■資料蒐集

親自取得資料摸得到的 AI



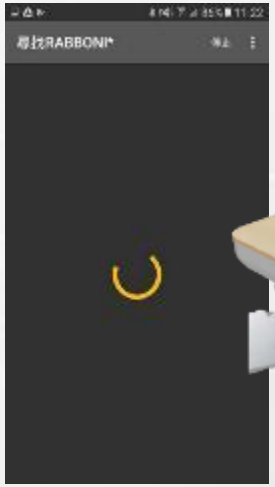
可視化觀察

實作：手機下載 Rabboni App

For Android

App Store : Rabboni

點擊[跳過]



進入搜尋藍芽裝置畫面，點[搜尋]可繼續尋找。

點擊裝置 RABBONI，可觀察 MAC 碼，確認裝置。

連線配對成功

實作：App功能

狀態 — 返回裝置狀態主畫面

設定 — 裝置設定，包含錄製設定、其他功能、開發人員選項

手機錄製 — 裝置即時回傳資料，並同時在手機上監視以及錄影

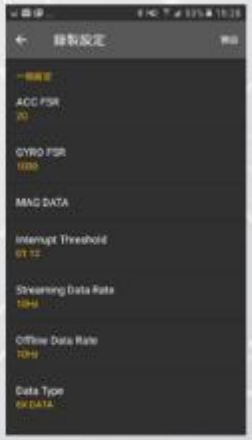
裝置錄製 — 傳送設定給裝置進行離線錄製

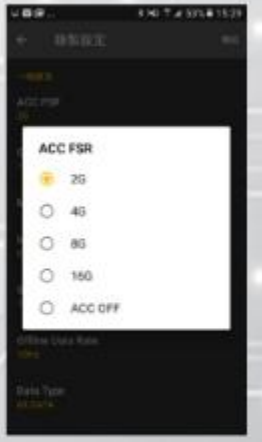
檔案管理 — 管理錄製檔案

裝置說明 — 介紹 rabboni 使用方法燈號指示

演算法 — 開發中 (請連絡工程人員)

中斷連線 — 將手機與 rabboni 裝置斷開連線



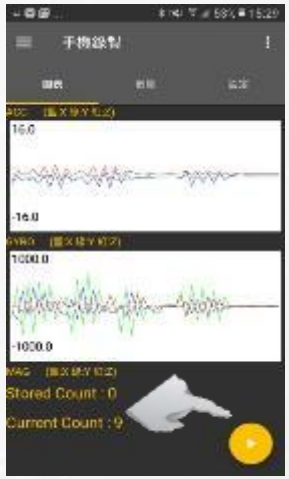


點擊[≡]開啟側拉目錄

選擇[錄製設定]　點選預設定之參數　如選擇加速度值或關掉

實作：錄製

點擊[≡]開啟側拉目錄
選擇[手機錄製]

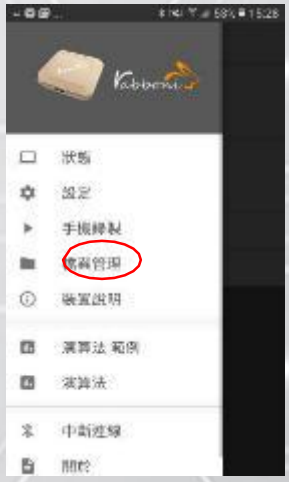


選擇[▷]開始錄製

選擇[□]停止錄製

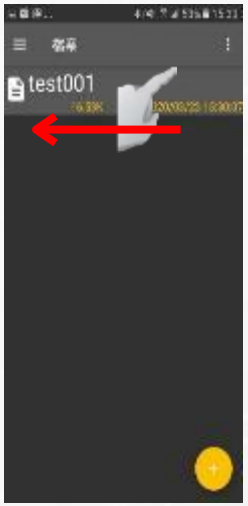
點選檔名提示視窗，
輸入檔名。按下[確定]

跳出上傳雲端選項，
若沒有需求可略過



點擊[≡]開啟側拉目錄
選擇[檔案管理]

實作：資料檔案傳出並轉存



剛即時手機錄製的資料，按住檔案往左滑

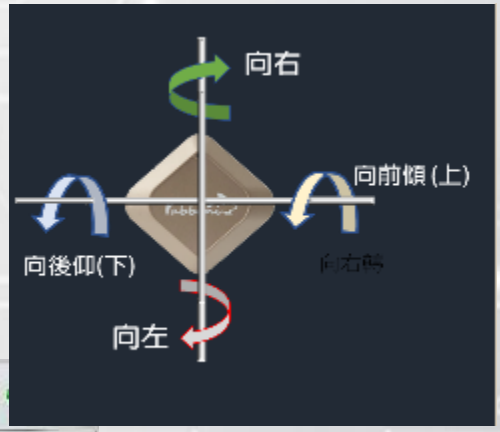
可以[複製]、[分享]至雲端或[刪除]。

選[中斷連線]可離開 APP 並斷線

8	ACC FSR:8G					
9	GYRO FSR:1000					
10	Interrupt Threshold:0112					
11	Data Rate:10Hz					
12	Data Type:6X DATA					
13	Feature:6X_LP_QUAT					
14	Gyro Cal:YES					
15	Gyro Data:RAW					
16	Acc Data:NO_RAW					
17	========== CONFIGURATION END ==========					
18	accx	accy	accz	gyrox	gyroy	gyroz
19	========== DATA START ==========					
20	-0.01343	0.023438	0.919678	-5.7373	29.54102	0.946045
21	0.022949	-0.01855	0.936035	-16.0522	-11.1694	0.366211
22	0.027832	-0.01514	0.963867	0.274658	70.95337	-47.6074
23	0.026123	0.018311	0.92749	-16.9983	28.22876	14.98413

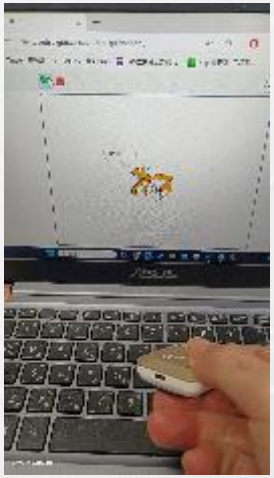
可將 txt 副檔名改成 csv，即可利用 excel 開啟檔案

實作：動作-平、上、下、左、右



水平

上up
(持平後向前轉)



下 down
(持平後向後轉)

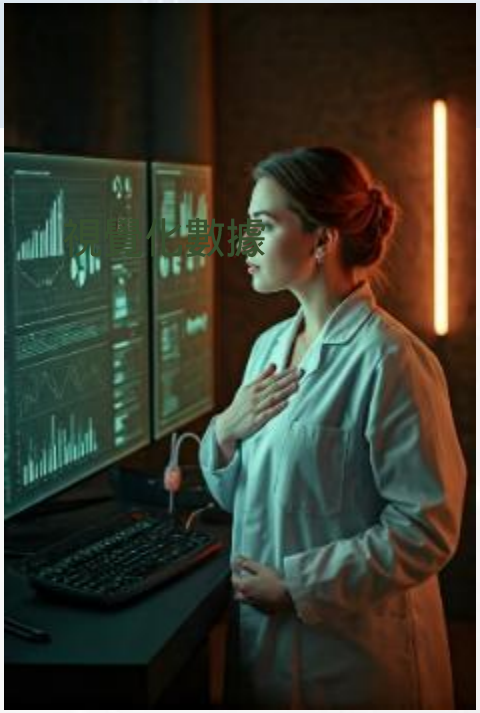
左left

右right

Lesson 2. 資料預處理

處理缺失值、異常值、重複資料等

動作數據分析：



歡迎來數據分析的世界！我們將利用各種數據分析技術來解開這些奧秘。準備好學習如何從數據中提取寶貴的資訊吧！

首先，我們需要將數據視覺化，以便更清楚地了解數據的特性，例如數據的分布、趨勢和潛在的異常值。

分析數據

透過視覺化數據，我們可以分析數據的模式、識別數據中的噪音和異常值，並尋找可能影響動作性能的因素。

數據可視化：讓數據說話

散佈圖

散佈圖可以顯示兩個變數之間的關係，例如動作高度和時間。

直方圖

直方圖可以顯示單一變數的分布，例如動作速度的頻率。

箱型圖

箱型圖可以顯示數據的分布，並識別可能的異常值。

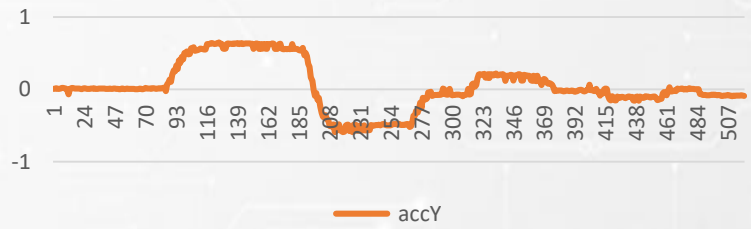
視覺化

利用XLS 圖表功能，讓數值以圖表方式表示

視覺化

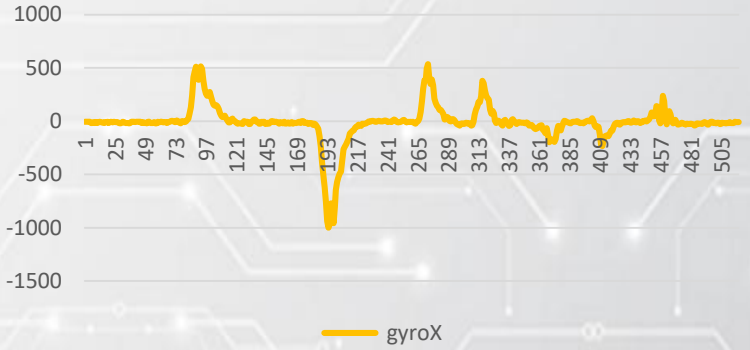
X軸加速度圖表

Y軸加速度圖表

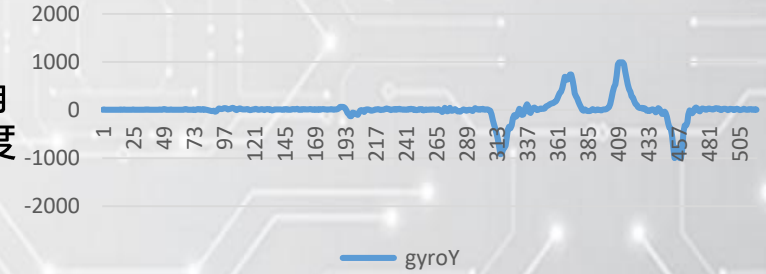


Z軸加速度圖表

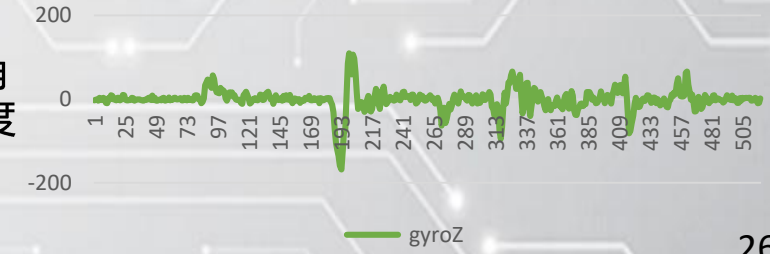
X軸角加速度



Y軸角加速度

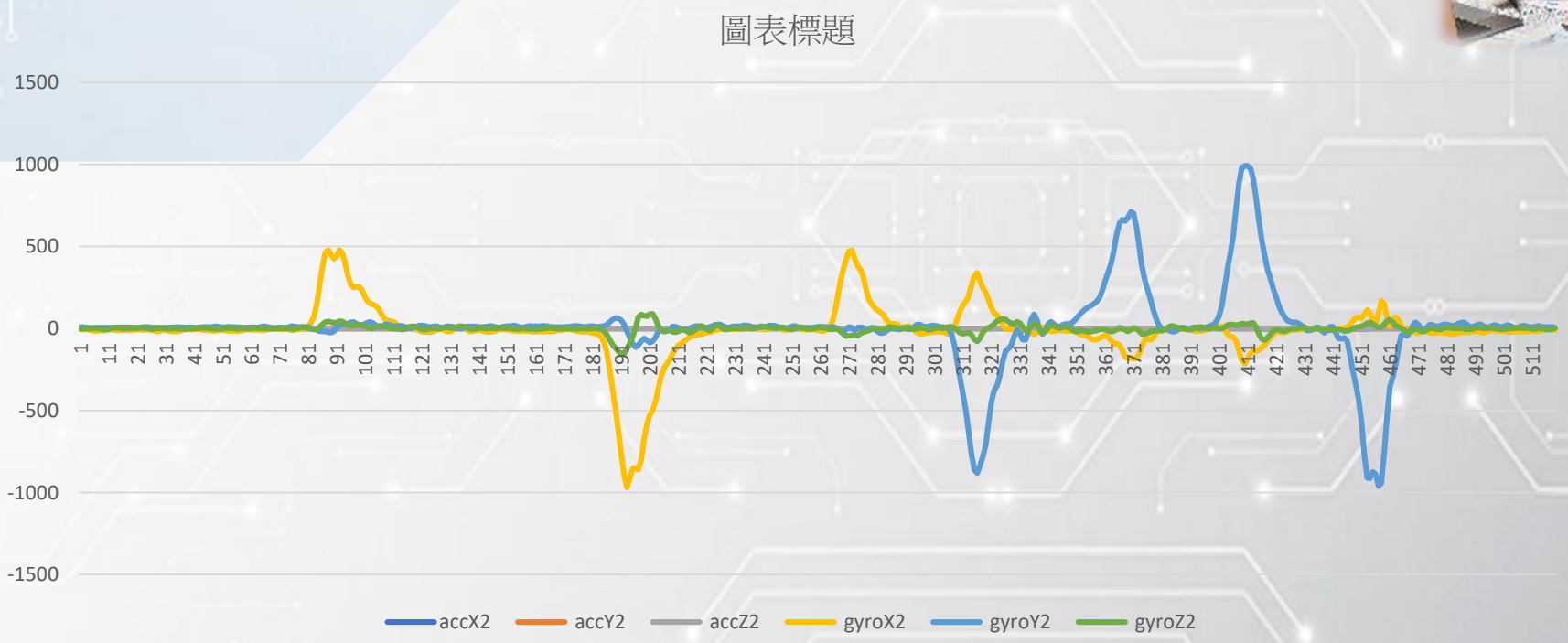


Z軸角加速度



視覺化

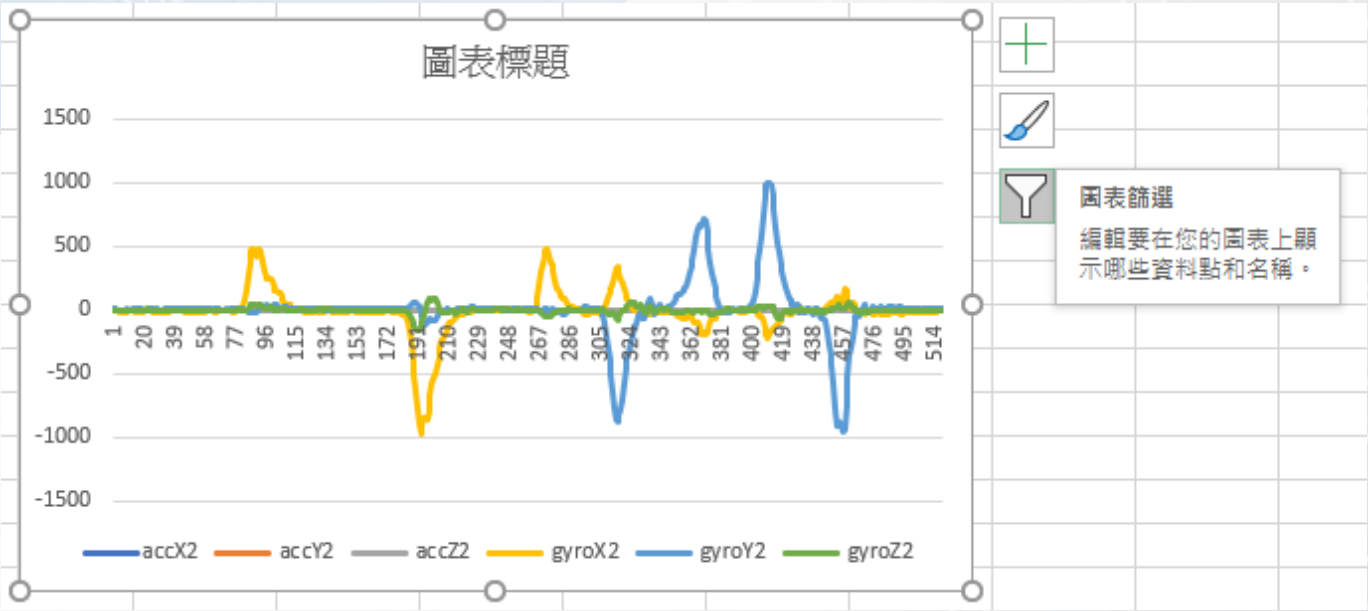
快速得到一折線圖

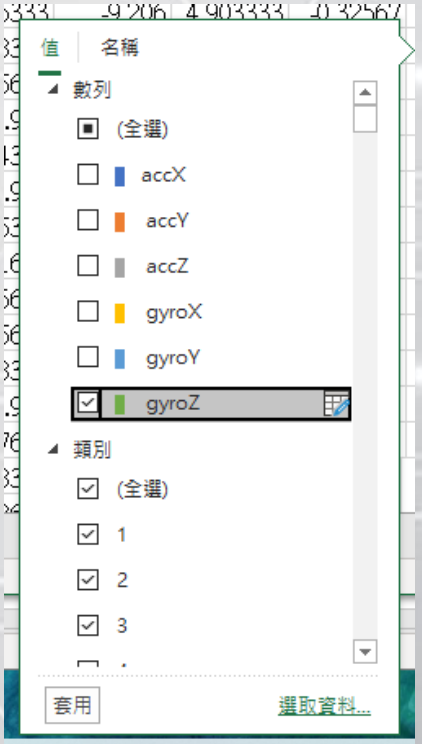


Belight AI Semiconductor 悅讀AI半導體

視覺化

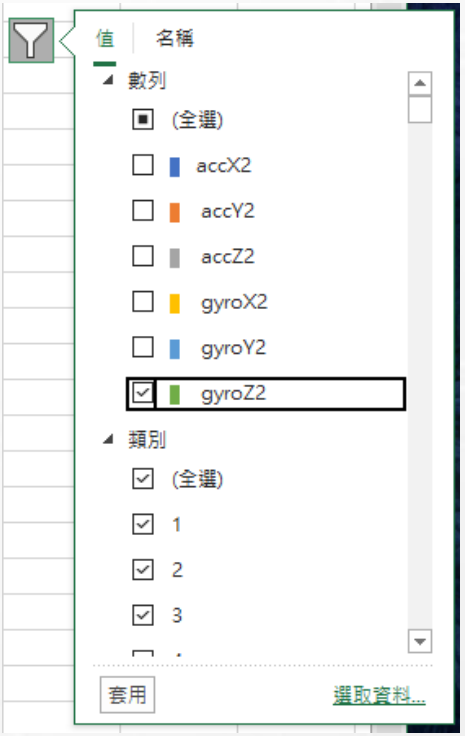
因選取6欄產生6條折線，可再利用圖表篩選，快速得到單一折線圖

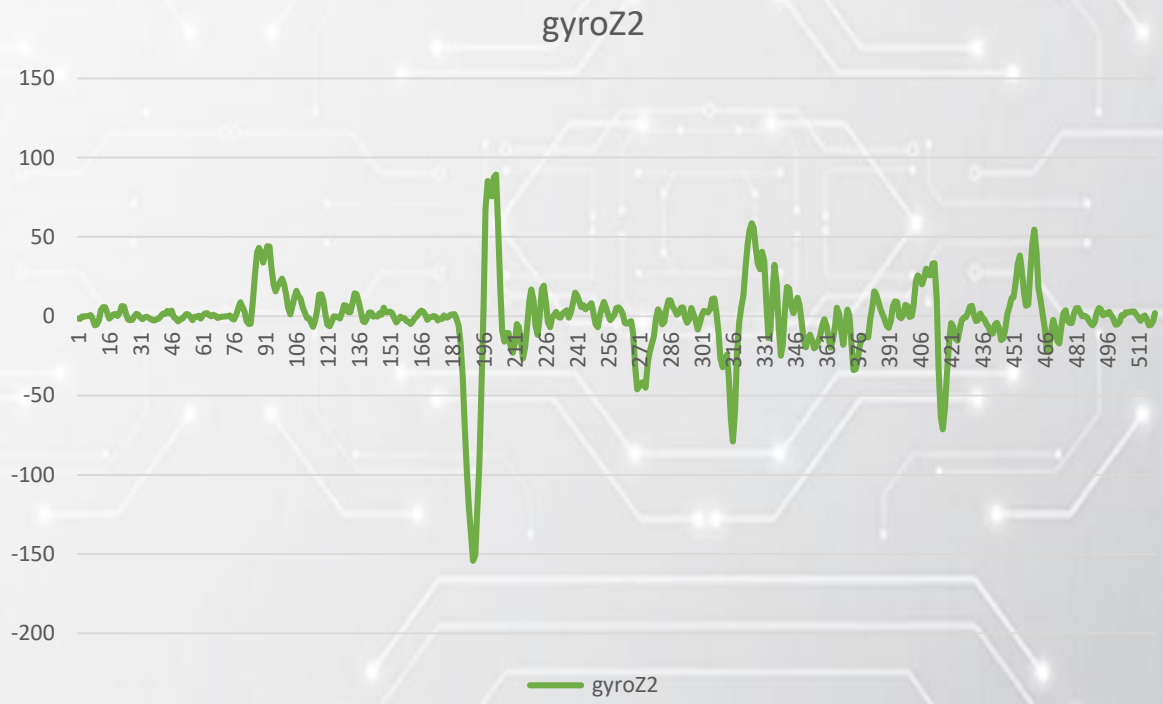




視覺化

圖表篩選gyroZ2，畫出gyroZ2折線圖





噪音消除：讓數據更乾淨

移動平均濾波器

移動平均濾波器可以平滑數據，減少噪聲，它計算數據點的平均值來消除數據中的突變和起伏。

中值濾波器

中值濾波器用於去除數據中的異常值，它使用數據點的中值來替換異常值，讓數據更加平滑。

卡爾曼濾波器

卡爾曼濾波器是一種更先進的濾波器，它可以根據系統狀態和測量數據進行預測，並減少噪聲和誤差。

異常值偵測與移除：數據的精雕細琢

Z-分數方法

Z-分數方法計算數據點與平均值的距離，並根據標準差判斷是否為異常值。異常值通常落在平均值的3個標準差之外。

箱型圖

箱型圖可以直觀地顯示數據的分布，並識別可能的異常值。位於箱型圖上下界限之外的數據點可能就是異常值。

閾值方法

閾值方法設定一個閾值，並將超過閾值的數據點標記為異常值。閾值可以根據數據分布和預期範圍來設定。

數據標準化：讓數據齊步走

1

統一尺度

想像一下，我們要比較不同身高的人，但他們使用不同的單位來測量身高，例如公尺、英吋或台尺。這會造成比較上的困難。

2

數據標準化

就像將不同單位換算成相同的單位一樣，數據標準化將數據轉換成相同的尺度，以便更好地比較和分析數據。

3

模型優化

標準化後的數據可以提高模型的準確性和穩定性，因為模型能夠更好地處理不同尺度的數據。

特徵工程：從數據中萃取價值

1

原始數據轉換

首先，我們需要將原始數據轉換成可分析的特徵，例如時間、位置、速度等。

2

特徵選擇

接下來，我們要從這些特徵中選擇出最具代表性的，這些特徵能最佳地描述動作的特性。

3

特徵創建

最後，我們可以基於現有的特徵，創造出新的特徵，例如組合或計算特定特徵的關係。

數據填補：填補數據缺失的拼圖

平均值填補

最簡單的方法，用該欄位的平均值填補缺失值。

中位數填補

更穩定的方法，不受極端值影響，用該欄位的中位數填補。

K 最近鄰填補

更精準的方法，尋找與缺失值相似的數據點，使用它們的值填補。

數據離散化：將連續數據變為類別

1

原始數據

想像一下，動作數據就像一條蜿蜒的河流，有著無數個不同的數據點。

2

離散化

我們要將這條河流分成幾個水池，每個水池代表一個數據類別。

3

類別分析

這樣一來，我們就能更容易分析每個類別的數據，例如找出哪些類別的動作表現最好。

數據平衡：讓數據公平競賽

數據不平衡

想像一下，動作數據就像一個籃球場，但其中一方的球員人數明顯比另一方多。這樣比賽就不公平了！

平衡數據

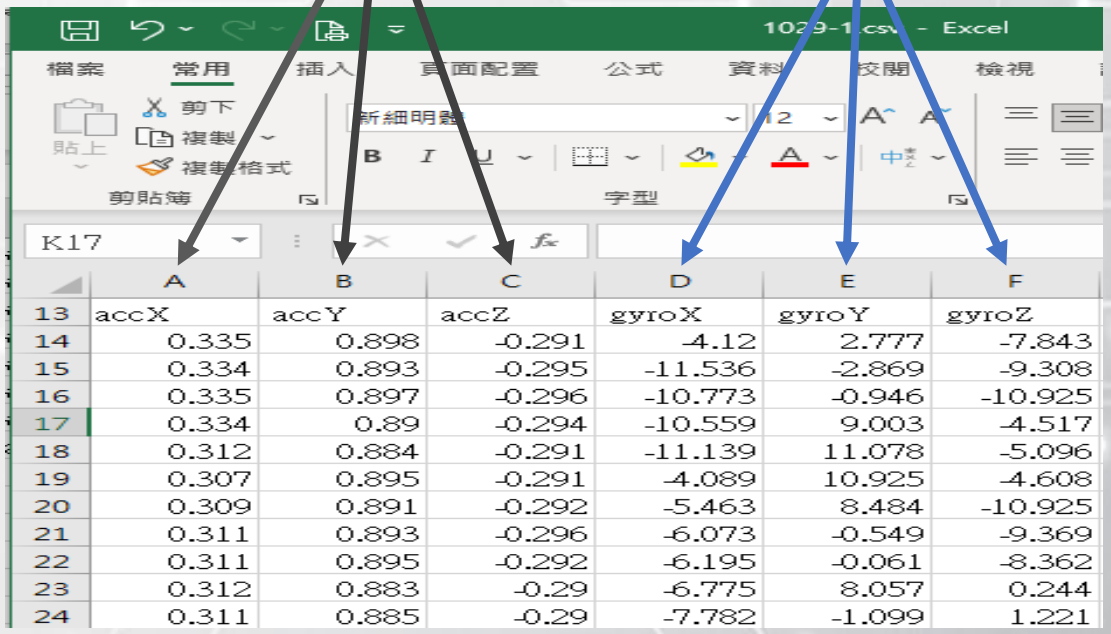
數據平衡就像調整球員人數，讓兩方都擁有相同數量的球員，這樣比賽才能公平進行。

實作== MOVING AVERAGE

1. 以Excel開啟資料檔

A欄位：X軸加速度
B欄位：Y軸加速度
C欄位：Z軸加速度

D欄位：X軸角加速度
E欄位：X軸角加速度
F欄位：X軸角加速度



	A	B	C	D	E	F
13	accX	accY	accZ	gyroX	gyroY	gyroZ
14	0.335	0.898	-0.291	-4.12	2.777	-7.843
15	0.334	0.893	-0.295	-11.536	-2.869	-9.308
16	0.335	0.897	-0.296	-10.773	-0.946	-10.925
17	0.334	0.89	-0.294	-10.559	9.003	-4.517
18	0.312	0.884	-0.291	-11.139	11.078	-5.096
19	0.307	0.895	-0.291	-4.089	10.925	-4.608
20	0.309	0.891	-0.292	-5.463	8.484	-10.925
21	0.311	0.893	-0.296	-6.073	-0.549	-9.369
22	0.311	0.895	-0.292	-6.195	-0.061	-8.362
23	0.312	0.883	-0.29	-6.775	8.057	0.244
24	0.311	0.885	-0.29	-7.782	-1.099	1.221

實作==套用移動平均Moving Average資料處理

第一列在G~L欄位，命名accX2、 accY2、 accZ2、 gyroX2 、 gyroY2 、 gyroZ2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	accX	accY	accZ	gyroX	gyroY	gyroZ	accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
2	-0.083	0.008	0.933	-6.012	4.639	-2.594						
3	-0.077	0.01	0.931	-6.256	15.839	-1.221						
4	-0.071	0.017	0.92	-6.042	7.69	-0.549						

實作== 套用移動平均Moving Average資料處理

1. 取3格資料數值計算平均，直到最後一筆數值
2. 點選在儲存格G2準備計算A2~A4平均
3. 輸入= AVERAGE(A2:A4) ，確定

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	accX	accY	accZ	gyroX	gyroY	gyroZ	accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
2	-0.083	0.008	0.933	-6.012	4.639	-2.594	=AVERAGE(A2:A4)					
3	-0.077	0.01	0.931	-6.256	15.839	-1.221						
4	-0.071	0.017	0.92									
5	-0.075	0.008	0.921									
6	-0.083	0.005	0.932									
7	-0.08	0.012	0.926									
8	-0.074	0.019	0.927									

函數引數 ? ×

AVERAGE

Number1 A2:A4 = {-0.083;-0.077;-0.071}

Number2 = 數字

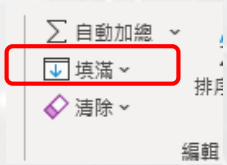
可計算出-0.077

G
accX2
-0.077

實作== 套用移動平均Moving Average資料處理

1. 框選取G2，直到最後一筆數值
2. 點選 填滿 -> 向下填滿，套用同一個計算式
3. H~L欄，可用 填滿 ->向右填滿，快速套用

A	B	C	D	E	F	G
accX	accY	accZ	gyroX	gyroY	gyroZ	accX2
-0.083	0.008	0.933	-6.012	4.639	-2[illegible]94	-0.077
-0.077	0.01	0.931	-6.256	15.839	-1.221	
-0.071	0.017	0.92	-6.042	7.69	-0.549	
-0.075	0.008	0.921	-4.272	5.127	-3.601	
-0.083	0.005	0.932	-6.317	4.181	3.723	
-0.08	0.012	0.926	-17.029	5.402	-1.099	
-0.074	0.019	0.927	-15.778	4.364	-2.045	

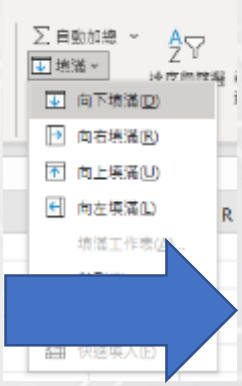


G	H	I	J	K	L
accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
-0.077					
-0.07433					
-0.07633					
-0.07933					
-0.079					
-0.07567					
-0.07533					

實作== 套用移動平均Moving Average資料處理

套用公式技巧：點選在儲存格D2後，長按住Shirt+Ctrl，
再按End後，可框大範圍，再用 向下填滿 與 向右填滿，
可快速將公式套用。

G	H	I	J	K	L
accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
-0.077					



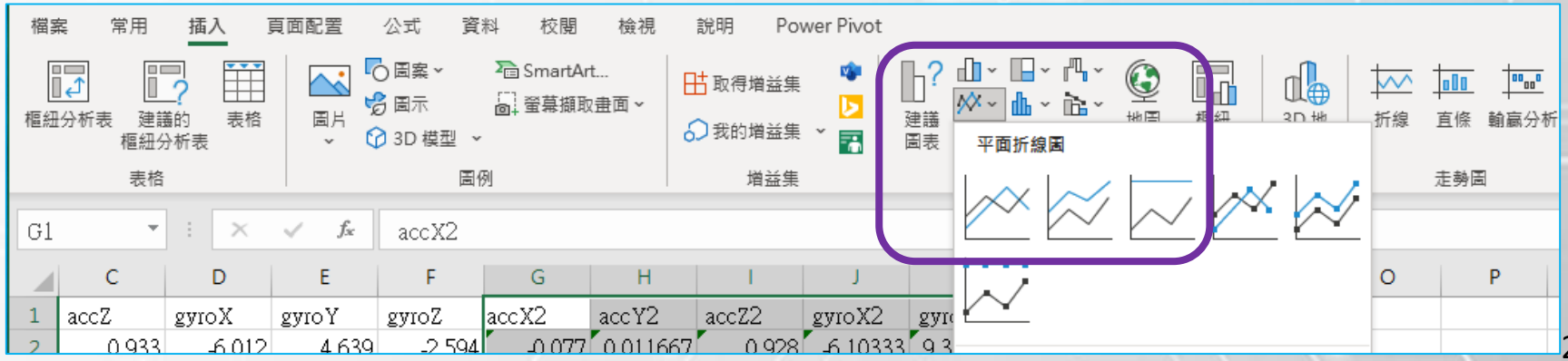
G	H	I	J	K	L
accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
-0.077	0.011667	0.928	-6.10333	9.389333	-1.45467
-0.07433	0.011667	0.924	-5.52333	9.552	-1.79033
-0.07633	0.01	0.924333	-5.54367	5.666	-0.14233
-0.07933	0.008333	0.926333	-9.206	4.903333	-0.32567
-0.079	0.012	0.928333	-13.0413	4.649	0.193
-0.07567	0.017	0.925667	-13.499	4.771	0.040333
-0.07533	0.018333	0.925	-13.153	4.872667	0.722
-0.07833	0.015667	0.924333	-10.4877	5.686333	-1.48533
-0.08433	0.010333	0.928	-13.1837	6.266333	-5.67633
-0.089	-0.017	0.955333	-10.305	6.001667	-5.25933

利用XLS功能產生圖表

1.選取資料區塊，可用快速選取

G	H	I	J	K	L
accX2	accY2	accZ2	gyroX2	gyroY2	gyroZ2
-0.077	0.011667	0.928	-6.10333	9.389333	-1.45467
-0.07433	0.011667	0.924	-5.52333	9.552	-1.79033
-0.07633	0.01	0.924333	-5.54367	5.666	-0.14233
-0.07933	0.008333	0.926333	-9.206	4.903333	-0.32567
-0.079	0.012	0.928333	-13.0413	4.649	0.193
-0.07567	0.017	0.925667	-13.499	4.771	0.040333
-0.07533	0.018333	0.925	-13.153	4.872667	0.722
-0.07833	0.015667	0.924333	-10.4877	5.686333	-1.48533
-0.08433	0.010333	0.928	-13.1837	6.266333	-5.67633
-0.089	-0.017	0.955333	-10.305	6.001667	-5.25933

2. 在插入圖表，選擇折線圖

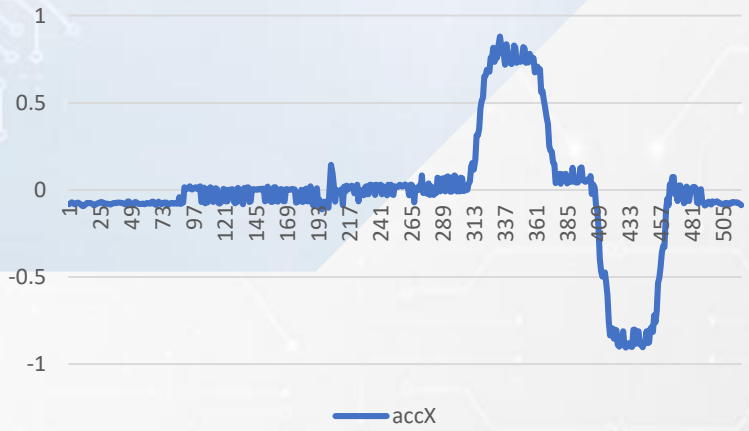


Noise Reduction

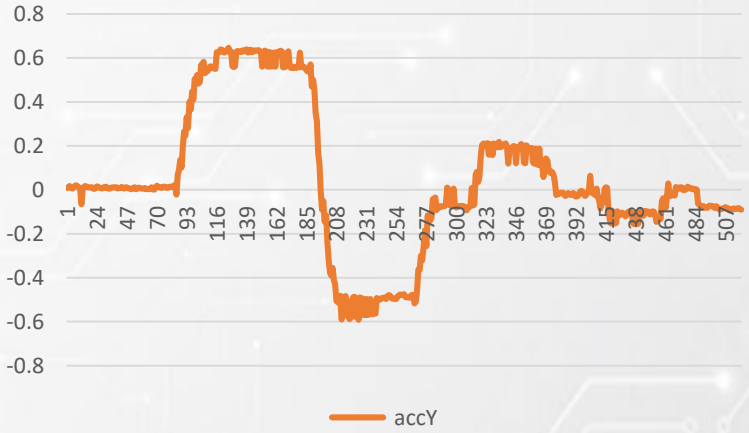
原始數值圖表

Moving Average

X軸加速度



Y軸加速度

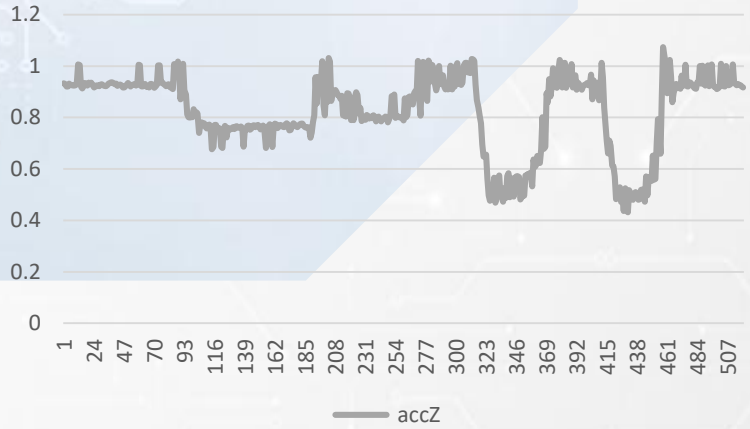


Noise Reduction

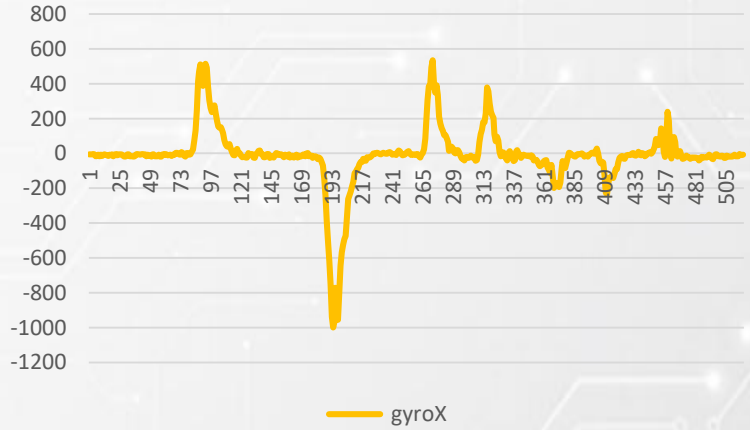
原始數值圖表

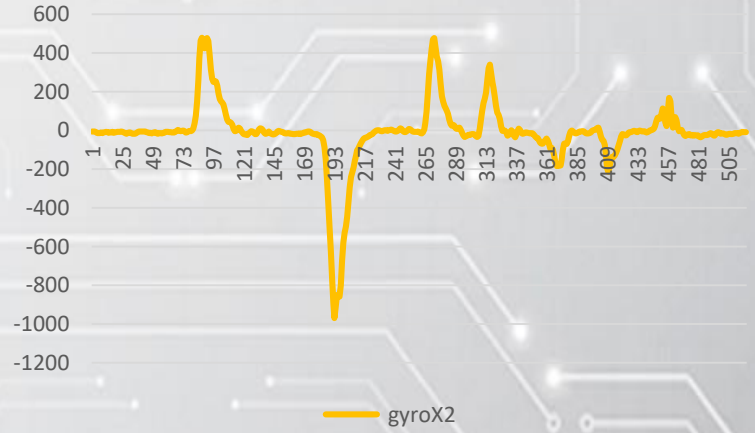
Moving Average

Z軸加速度



X軸角加速度



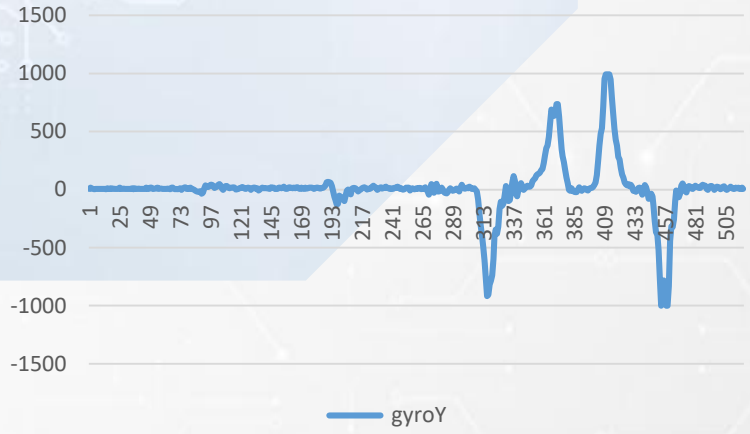


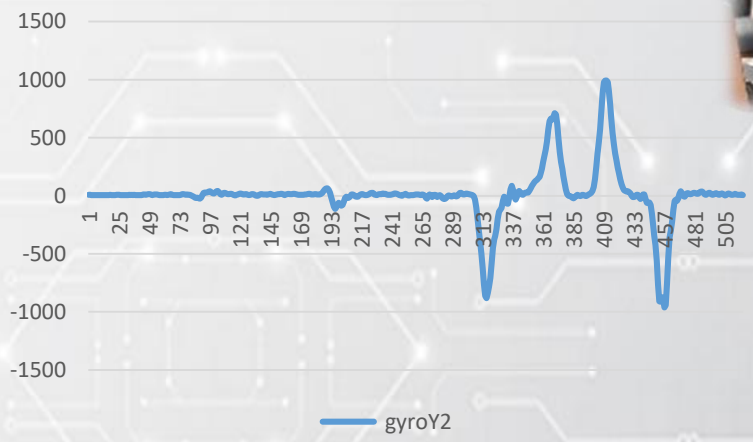
Noise Reduction

原始數值圖表

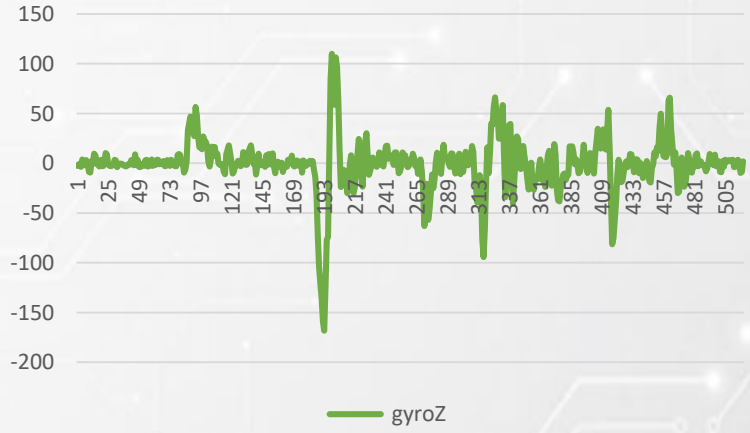
Moving Average

Y軸角
加速度





Z軸角
加速度



Hands ON & Intelligent Time

Any more proprocessing methodology you can do?

Lesson 3.特徵分析

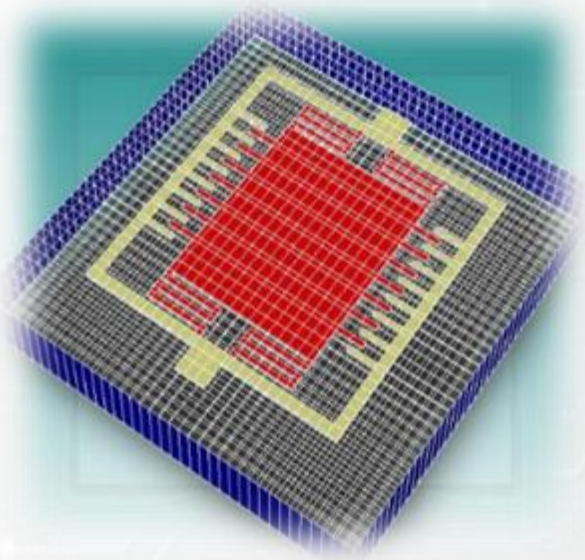
數據分析：探索動作的奧秘

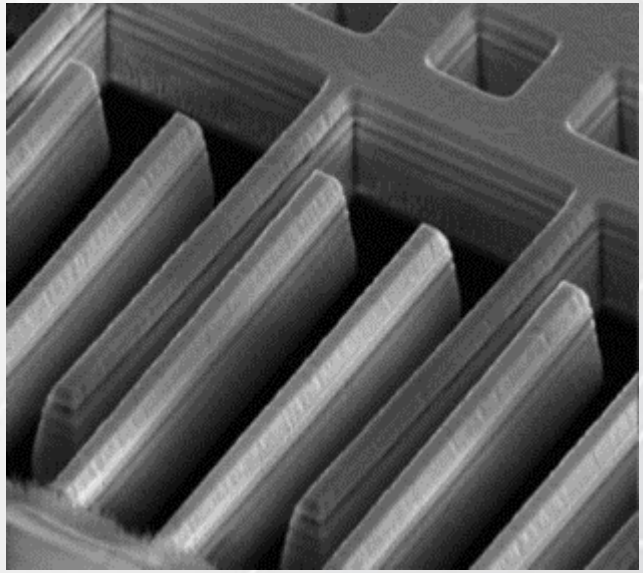
歡迎來到數據分析的世界！今天我們將一起探索動作的奧秘。透過分析感測器收集的數據，我們將深入了解動作的力學，並揭開不同的動作風格背後的秘密。

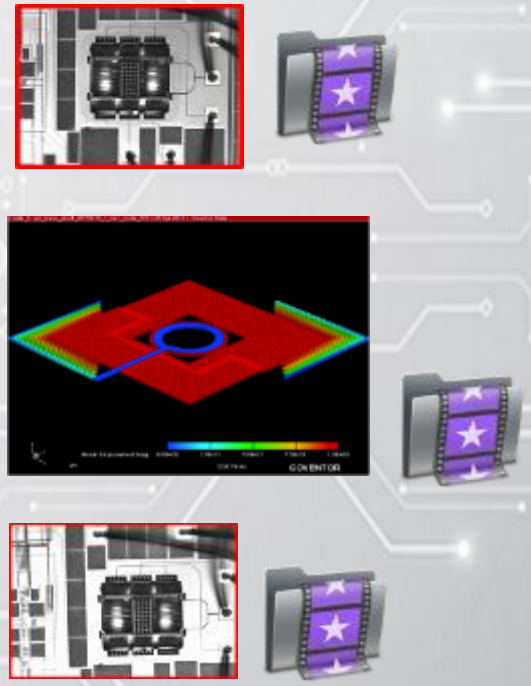
重力感測器數據：揭開動作的奧秘

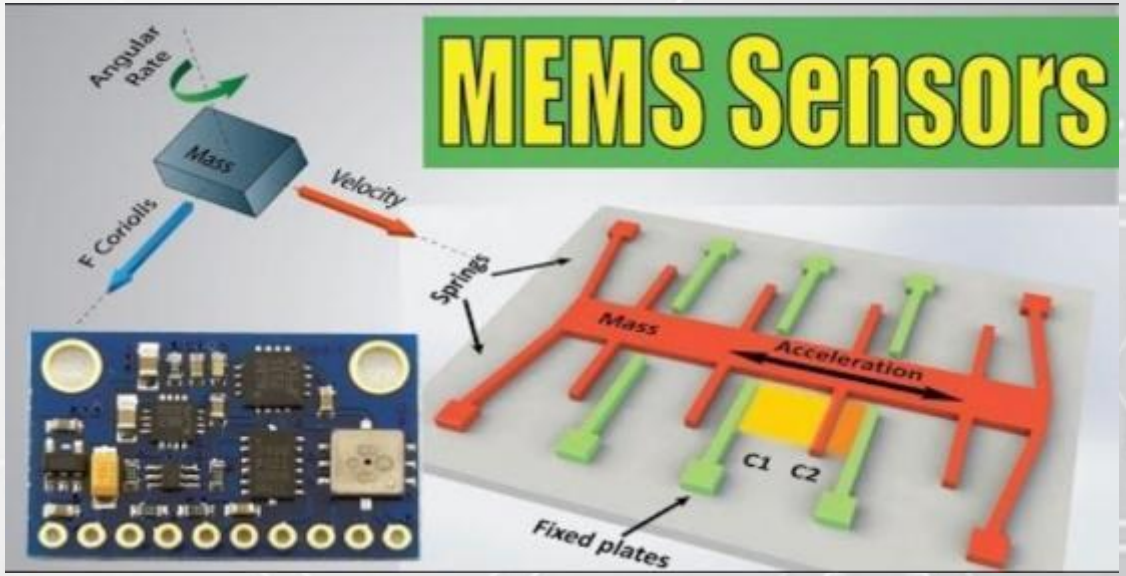
大家好！歡迎來到重力感測器數據的世界，我們將一起探索動作的秘密！重力感測器可以收集到關於動作動作的精確數據，讓我們更深入地了解動作的過程。

CMOS MEMS 加速度計/陀螺儀









Source:
https://youtu.be/eqZgxR6eRjo

動作分析的應用：動作數據的價值

運動表現提升

分析員的動作數據，可以優化他們的動作技術，提高得分效率。

步態分析

通過分析步態數據，可以識別運動員的步態模式，並針對性地進行訓練，避免運動傷害。

康復治療

動作數據可以帮助评估患者的康復進度，制定个性化的治疗方案，促进患者康复。

動作的種類：展現你的動作風格

垂直動作

垂直動作，顧名思義，是向上動作，例如籃球員的灌籃或跳高運動員的動作。

水平動作

水平動作是指向前或向後動作，例如跳遠運動員的動作或跑步中的跨步。

旋轉動作

旋轉動作包含旋轉動作，例如花式跳水中的旋轉或體操運動員的空中翻滾。

數據收集：準備好你的動作數據

1 **選擇感測器**

首先，你需要選擇合適的重力感測器。例如，三軸加速計可以測量運動方向和速度。

2 **放置感測器**

將感測器放置在身體的正確位置，例如手腕、腳踝或腰部，以便捕捉到動作的關鍵數據。

3 **數據記錄**

使用專用軟件或設備，記錄感測器數據。確保記錄頻率足夠高，以捕捉到動作的細節。

數據預處理：讓數據更完美

1 去除噪聲

就像清理房間一樣，我們要先把數據中的雜訊去除。雜訊會影響數據分析的準確性，因此去除雜訊非常重要。

2 數據標準化

將數據放在同一尺度上，就像把不同的物品放在一起比較大小，才能更準確地分析數據。

3 處理缺失數據

數據就像拼圖，如果缺少部分，我們需要找到方法把它補起來，才能看到完整的圖像。

時間序列分析：解讀動作的時空

1. **理解數據的時間特性**

   動作數據不是靜態的，而是隨著時間推移而變化的。我們要分析這些數據的變化模式，才能了解動作的過程。

2. **提取時間序列特徵**

   就像從照片中找出重要細節一樣，我們要從時間序列中提取出關鍵信息，例如動作的高度、速度和持續時間。

3. **尋找動作模式**

   分析時間序列數據可以幫助我們找到動作中的模式和趨勢，例如起跳、空中飛行和著陸的階段。

Real Case

Asian Cat King - Tang Jiahong 亞洲貓王-唐嘉鴻

- 2018 Jakarta Asian Games Men's Horizontal Bar Gold Medal2020 Tokyo Olympics Men's All-Around Seventh Place (Second Place in Horizontal Bar Event)
- 2024 Paris Olympics Men's Horizontal Bar Bronze Medal

https://youtu.be/SqeuK_IBry8

檢測動作-直體兩週轉體720落地
Testing Move - Straight Body Two-and-a-Half Twist 720 Landing

上槓
bar mount

準備期
Preparation

大迴環一圈
one full rotation in a big circle

分腿正掏一圈
split leg straight pull one rotation

大迴環兩圈
Two full rotation in a big circle

直體兩週轉體720
Straight Body Two-and-a-Half Twist 720 Landing

Landing


1
大迴環
最大橫軸轉速
3
大迴環
縱軸加速度
2
離槓前
縱軸轉速峰值
最大轉速至落地
縱軸轉速峰值
到軀幹峰值時間
4
轉體720
轉速峰值
(水平、矢狀、額狀)
5
軀幹
縱軸
加速度
(g)
大迴環
縱軸加速度
1
14.00
7.00
0.00
-7.00
最大轉速至落地
2
離槓前
縱軸轉速峰值
縱軸
旋轉
(°/s)
左+
右-
空中轉體720
轉速峰值
(水平、矢狀、額狀)
1800.00
1200.00
600.00
-0.00
橫軸
旋轉
(°/s)
前+
後-
3
4
大迴環
最大轉速
600.00
0.00
-600.00
-1200.00
前後軸
旋轉
(°/s)
左-
右-
600.00
300.00
0.00
-300.00
左腳
縱軸
加速度
(g)
5
20.00
10.00
0.00
-10.00
大迴環(加速)
離
槓
空中轉體
著
地

動作特徵工程：打造動作數據的秘密武器

1

識別動作階段

首先，我們要將動作數據分割成不同的階段，例如起跳、空中飛行和著陸。

2

提取基本特徵

從每個階段中提取基本特徵，例如動作高度、速度、時間和角度。

3

計算衍生特徵

使用基本特徵計算更多衍生特徵，例如動作力、空中停留時間和著陸衝擊。

4

添加領域知識

結合運動科學知識，設計特定於動作的額外特徵，例如動作技術指標或身體部位的協調性。

挑選特徵：動作數據的精華

簡化數據

就像整理書包一樣，我們需要從大量的動作數據中挑選出最關鍵的資訊。

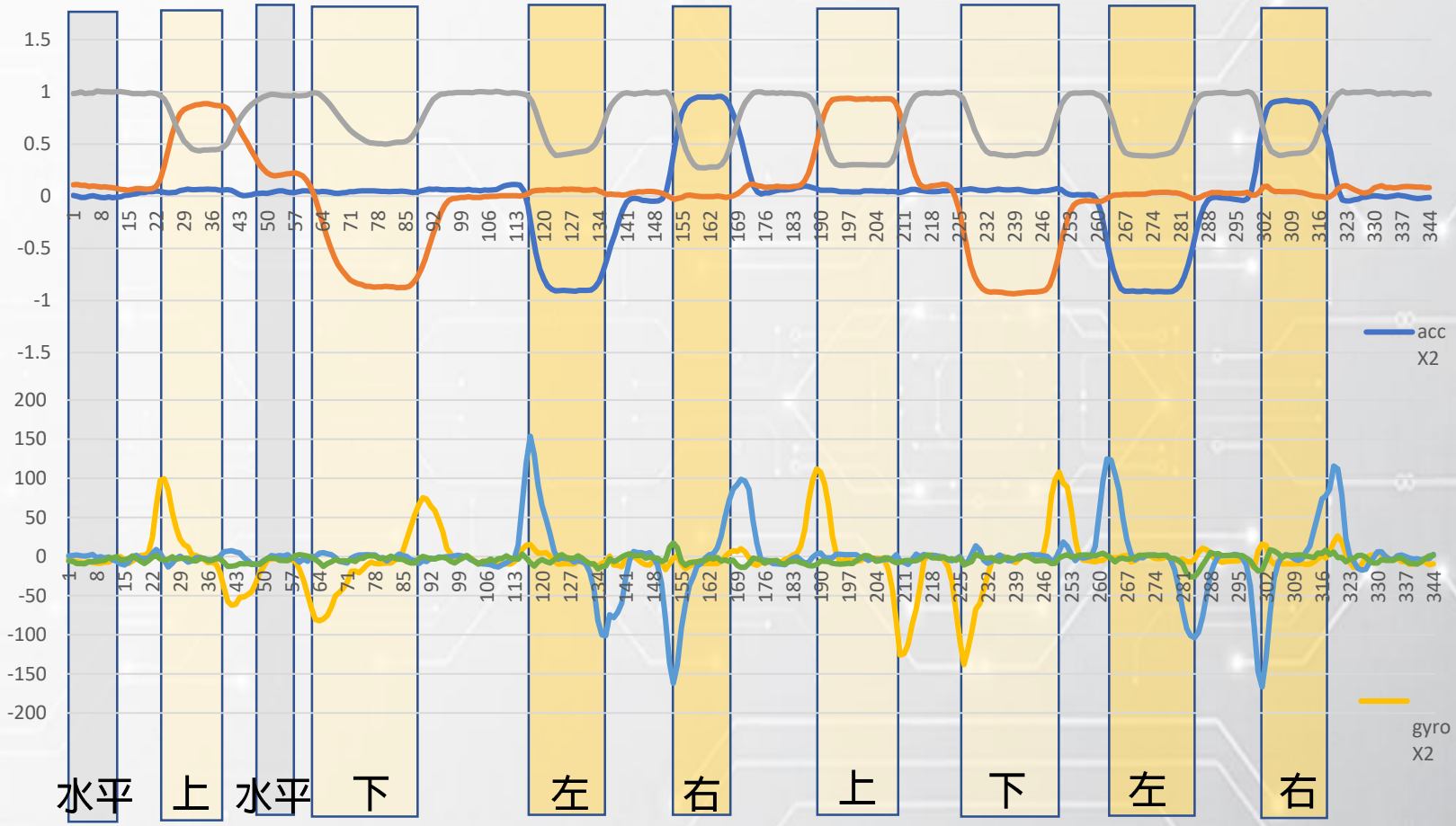
提升準確性

選取相關特徵有助於提升分析的準確性，讓結果更可靠。

避免過度擬合

過多的特徵可能導致模型過度擬合數據，就像一個只記住課本內容的學生，無法應付考試。

實作== 資料分析 (智慧特徵擷取)



數據分析的道德考量：小心謹慎

1

數據隱私

就像保護個人隱私一樣，我們要小心處理動作數據，避免洩露個人信息。

2

避免偏差

我們要確保分析模型公平公正，避免因為數據偏差而產生不公平的結果。

3

負責任的應用

要將數據分析結果用於正面的目的，例如提高運動表現或幫助患者康復，而不是用於歧視或傷害他人。

APPENDIX

穿戴式重力感測器與 AI 的未來

挑戰與未來方向

雖然模型表現出色

經過深入的分析和優化，我們成功開發了一個精準且高效的動作偵測模型！

這個模型能夠有效地識別動作動作，並展現出優異的性能， 但仍有一些挑戰需要克服，例如如何進一步減少誤判和漏判。

穿戴式重力感測器是一種新興技術，它能夠測量人體的動作和位置。結合人工智慧 (AI) 的力量，這些感測器可以提供有價值的見解，改變醫療保健、健身和日常生活。

未來我們可以繼續研究更先進的機器學習技術，探索更精密的感測器數據，以及整合使用者回饋，使模型更加完善！

真實世界中的重力感測挑戰

1

移動干擾

當人體移動時，感測器會受到其他動作的影響，例如風吹或人體晃動，這會影響重力數據的準確性。

2

環境噪音

周圍環境的噪音，例如交通工具或機械，也會干擾感測器的測量結果，影響數據的準確度。

3

感測器位置

感測器的位置也會影響測量的準確性。例如，如果感測器放在手腕上，它可能會受到手的動作的影響。

穿戴式重力感測器的應用

醫療保健

例如，偵測跌倒、監控步態，甚至幫助診斷某些疾病。

健身

追蹤運動表現，優化訓練，甚至幫助預防運動傷害。

職業安全

評估工作場所的風險，分析工作者的姿勢，以減少職業傷害。

穿戴式重力感測器與 AI 的未來展望

更小的感測器

隨著科技的進步，感測器將變得更小巧，更加舒適和隱形，方便穿戴在各種地方。

虛擬實境與擴增實境

感測器將整合到虛擬實境和擴增實境技術中，創造更身臨其境的體驗和新的應用。

智慧型裝置整合

感測器將與其他智慧型裝置，例如智慧型手錶和健身追蹤器，整合在一起，提供更全面的健康和生活資訊。

AI 驅動的重力感測器實例

AI 驅動的重力感測器已經應用在各種領域，從醫療保健到健身和安全。這些實例顯示了 AI 如何提升這些領域的效率和效益。

穿戴式重力感測器與 AI 的未來

持續創新

穿戴式感測器技術不斷發展，未來將更加精準、小型化，並擁有更多功能。

更多應用

AI 技術將拓展到更多領域，例如虛擬實境、擴增實境，甚至智慧城市。

個人化醫療保健

AI 驅動的重力感測器將提供個人化的健康資訊和建議，促進健康和預防疾病。

Hands ON & Intelligent Time!

What is (are) the feature(s) you can find for the four gestures!

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=3ftsfZYS4xI

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

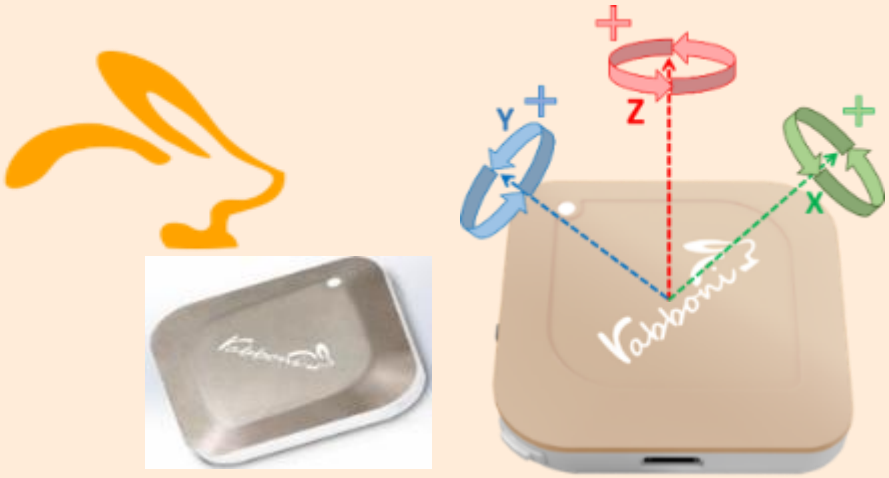
IOT: Internet of Things/ IMU: Inertial Measurement Unit

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
iOS
Windows

- Scratch
- Python
- App Inventor
- Unity

AI Algorithm [演算法開發]

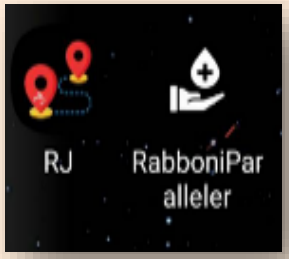
- Motion Detection • 行動偵測
- Pose Detection • 姿態偵測
- Data Analysis • 數據分析
- Signal Analysis • 訊號分析

AIoT [應用程式]

- Sports
- Health
- Gaming
- Education

- Phone
- Pad
- NB
- Rasberry Pie

IoT [物聯/雲端介面]



Rabboni

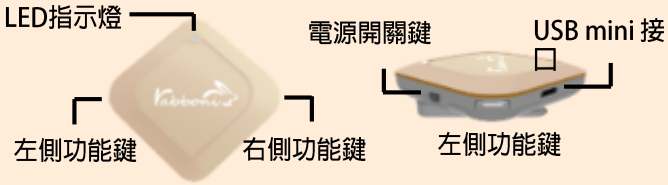
- Rabboni內建六軸重力感測器 (IMU: Initial Measurement Unit)、BLE藍芽傳輸及運算元件
- 可即時傳輸感測讀值並提供取樣頻率及動態範圍
- 配有LED燈，指示rabboni運作狀態及電量顯示

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

SHOW!

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%



[綠燈閃爍]藍芽廣播中

[紅燈閃爍]計數記錄中

電量大於70%

電量介於70% 到30%

電量小於30%

[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!!

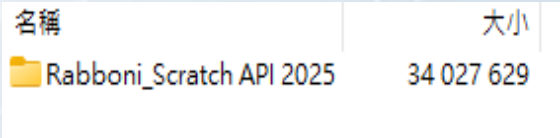
1: 去網頁 Belight 下載專區

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

Google Search “12u10”

到: 下載專區

2: 下載+ 解壓縮到桌面



3.桌面 打開 Rabboni_app.exe

USB Connection

STEP 1　解壓縮後，打開資料夾，點擊應用程式開啟

rabboni_桌面多連UI優化版_v0.2.0_Profile → Profile → rabboni_app.exe

STEP 2　Open APP

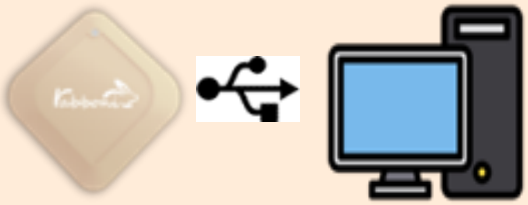
!!! 注意 !!!

USB只能連線1個rabboni/ 藍芽最多同時4個 rabboni

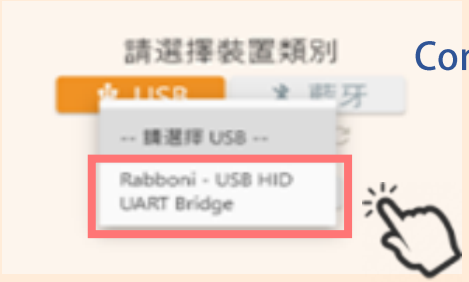
STEP 2
Choose USB

USB Connection

STEP 3 [連結USB與電腦



STEP 4 選擇 Rabboni — USB HID UART Bridge



Confirm [選擇 「確認」]

❄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

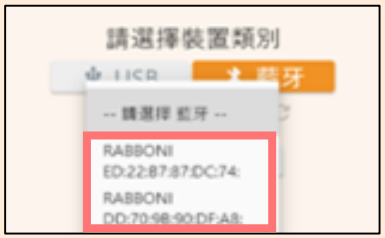
- 電腦沒有藍芽: 連結dongle與電腦
- 電腦沒有藍芽: 請確認藍芽在4.0-5.1間

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

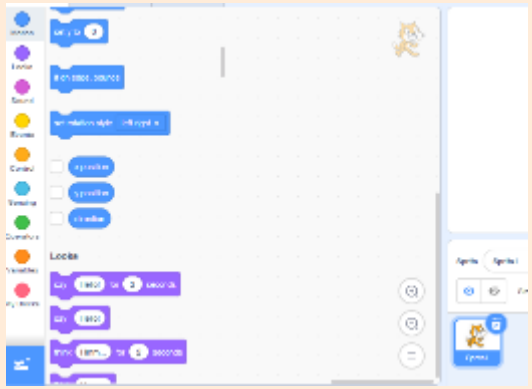
STEP 5　可以編輯裝置在電腦上的名稱，名稱會對應到Scratch

按下「確認」後，名稱改變

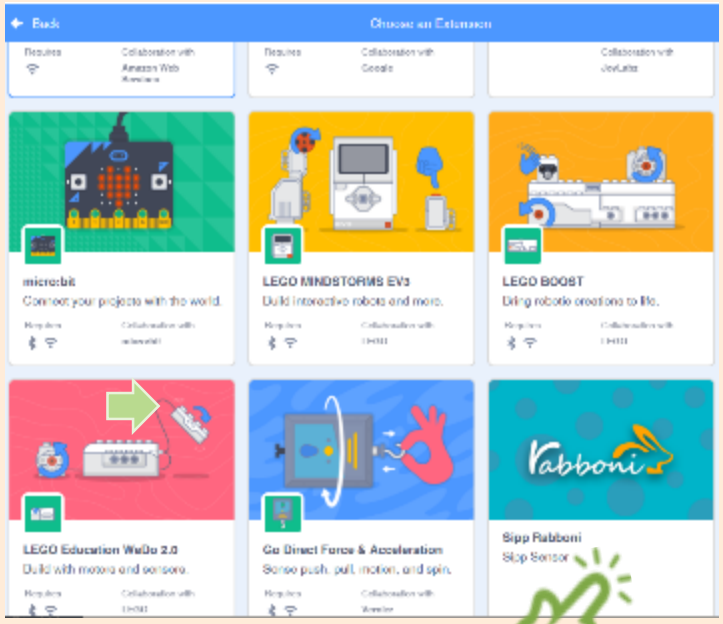
TO THE SCRATCH

點擊左邊Scratch的ICON

點擊Scratch的ICON，跳轉到瀏覽器

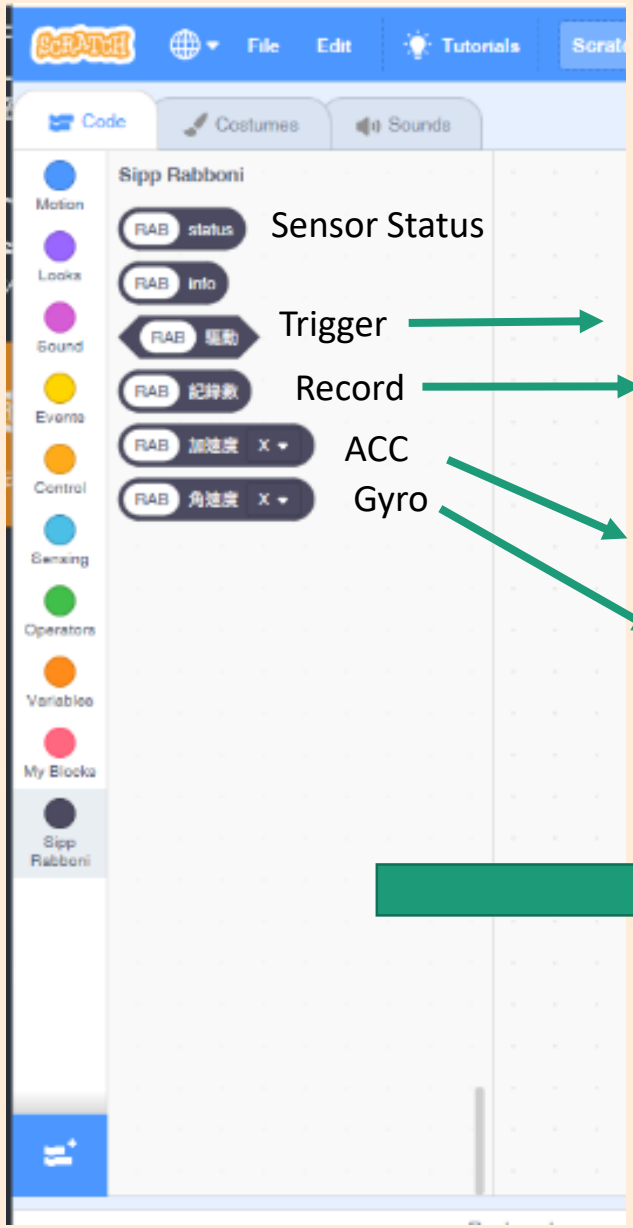


點擊　Scratch MoreBlock



點擊　Rabboni icon

https://nctutwtlab.github.io/scratch-gui/rabboni/



Sensor Status

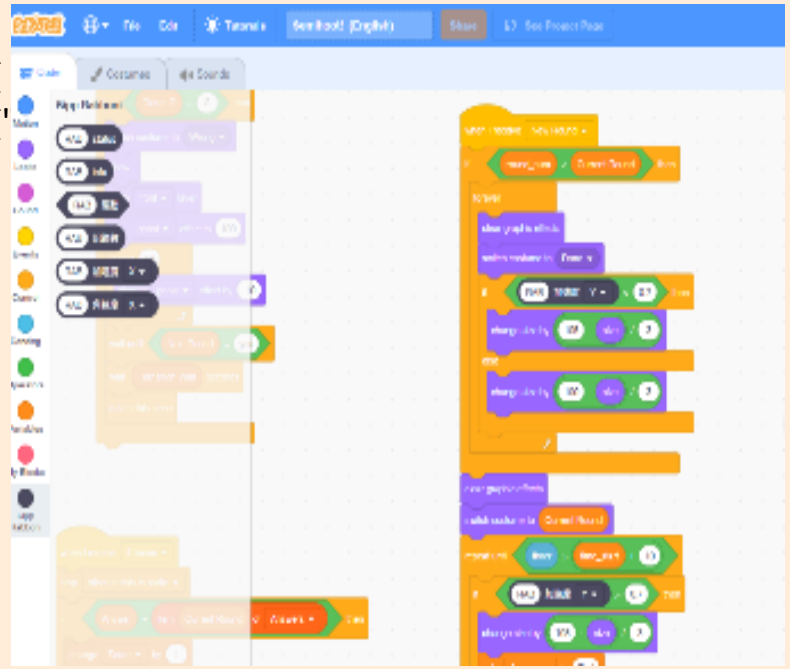
Trigger → 當感應器移動時，計數器加1

Record → 移動的總次數

ACC → 設備 RAB 的 X 軸加速度

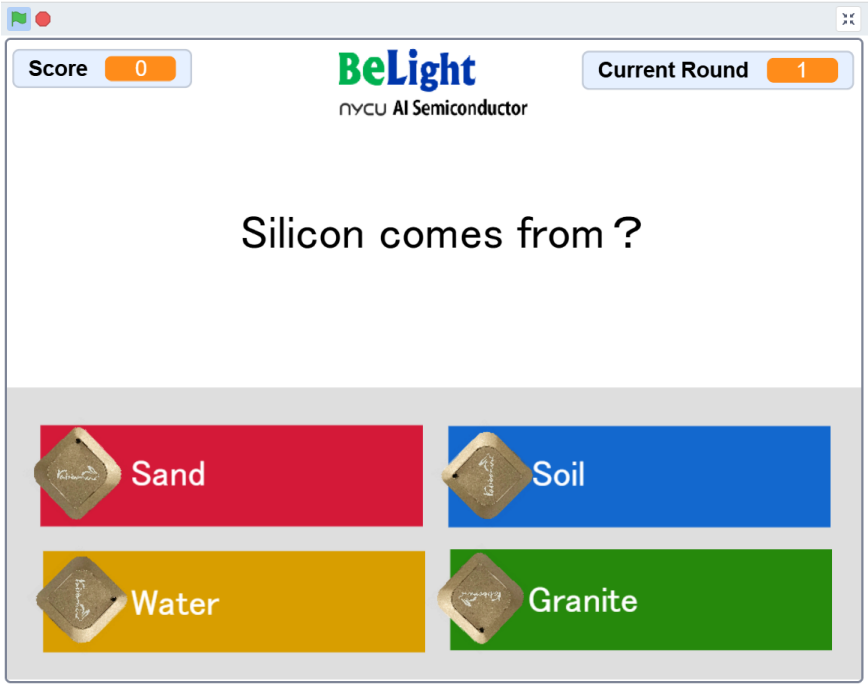
Gyro → 設備 RAB 的 X 軸角速度'

GO FOR FUN CODING !!



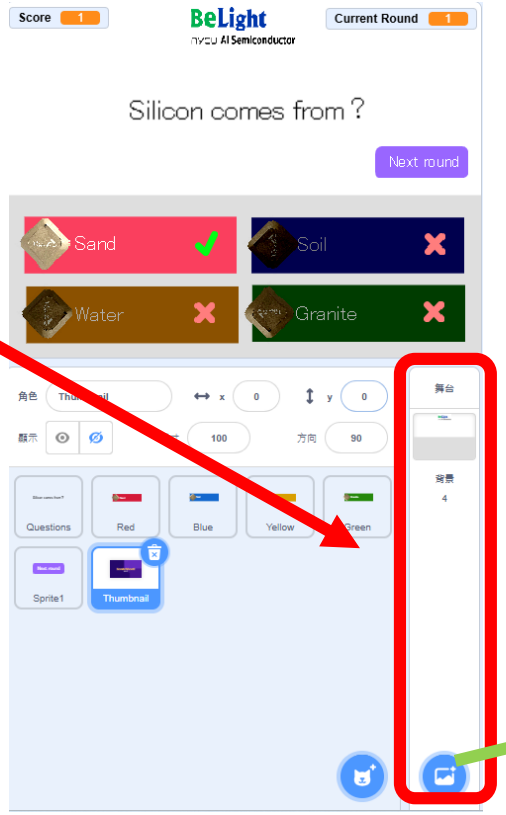
Semihoot遊戲:

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

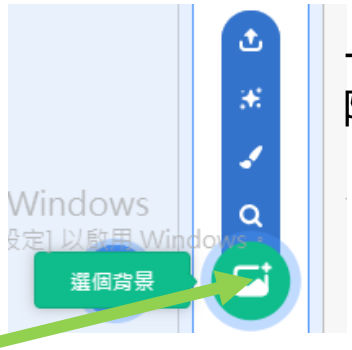


Semihoot遊戲(1/4) 選擇背景

1 選擇背景



2 選擇生成背景方式



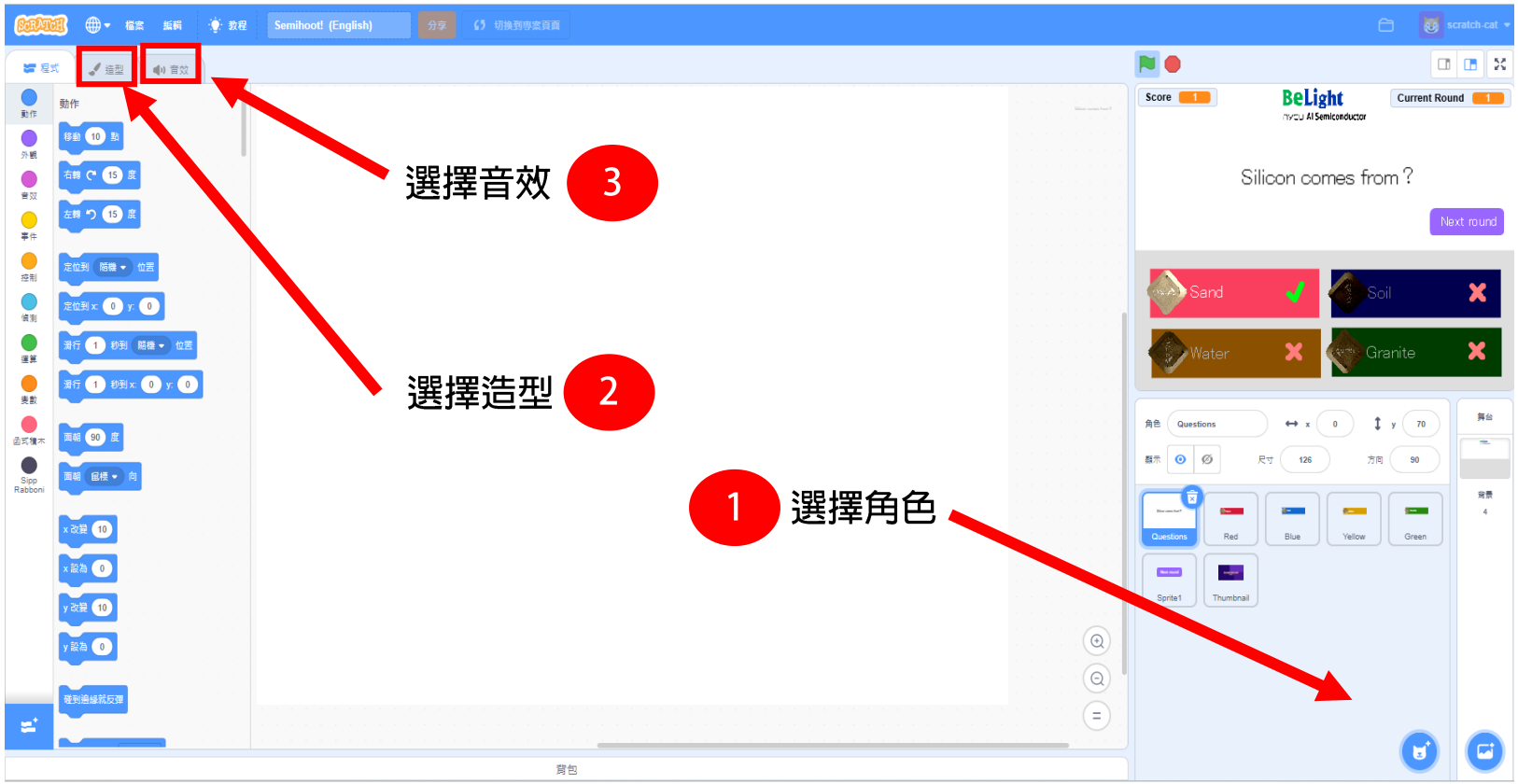
上傳自己下載的圖片

隨機背景

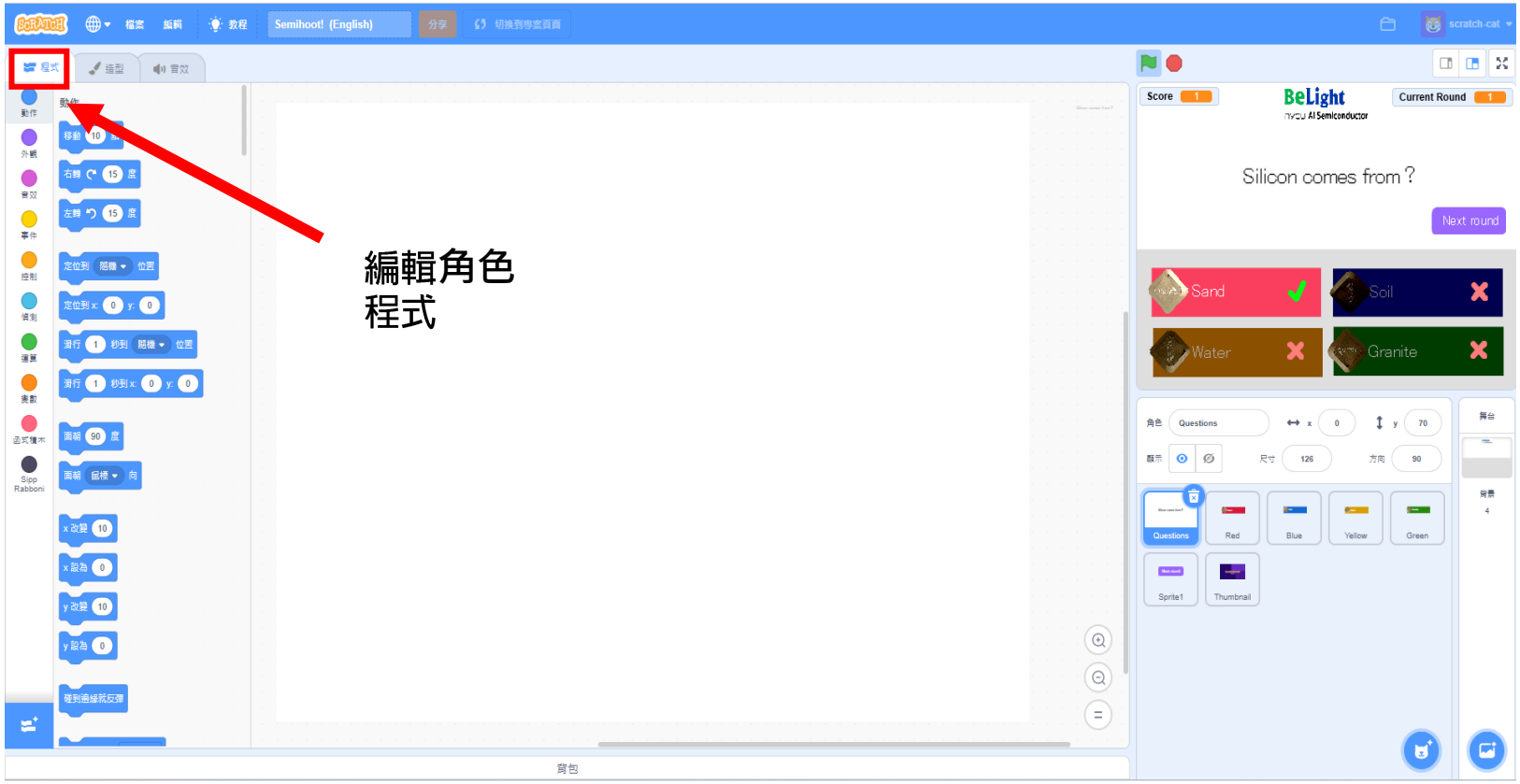
小畫家

搜尋

Semihoot遊戲(2/4) 選擇角色

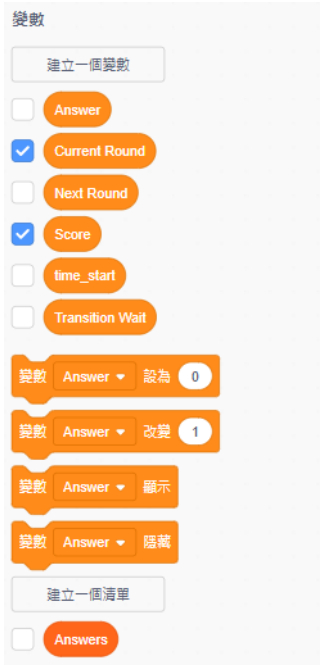


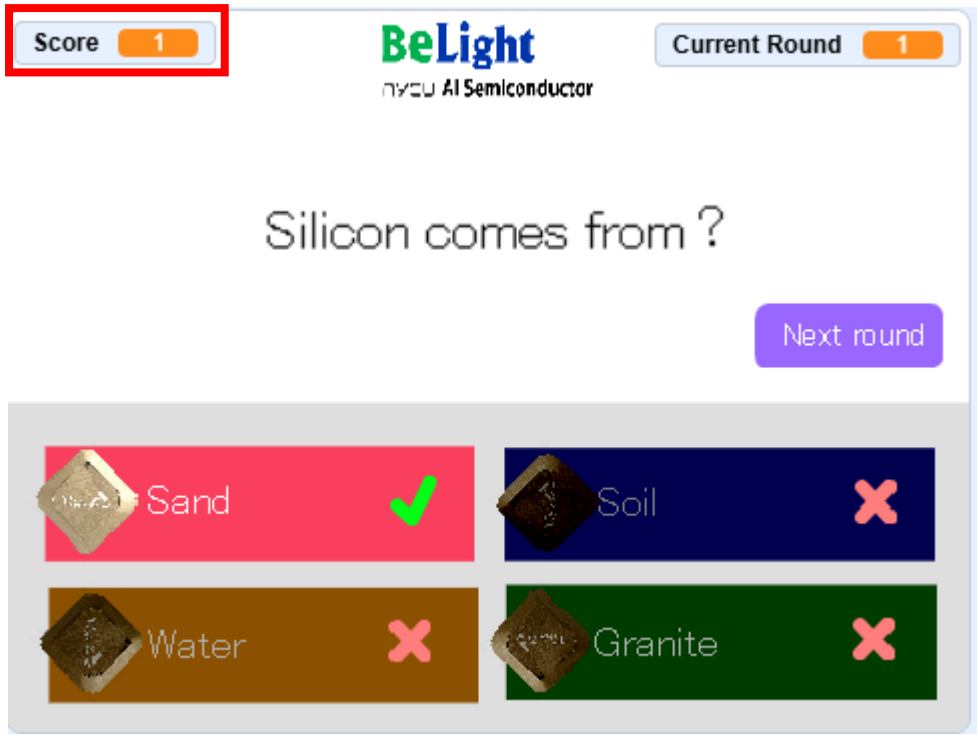
Semihoot遊戲(3/4) 編輯程式



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

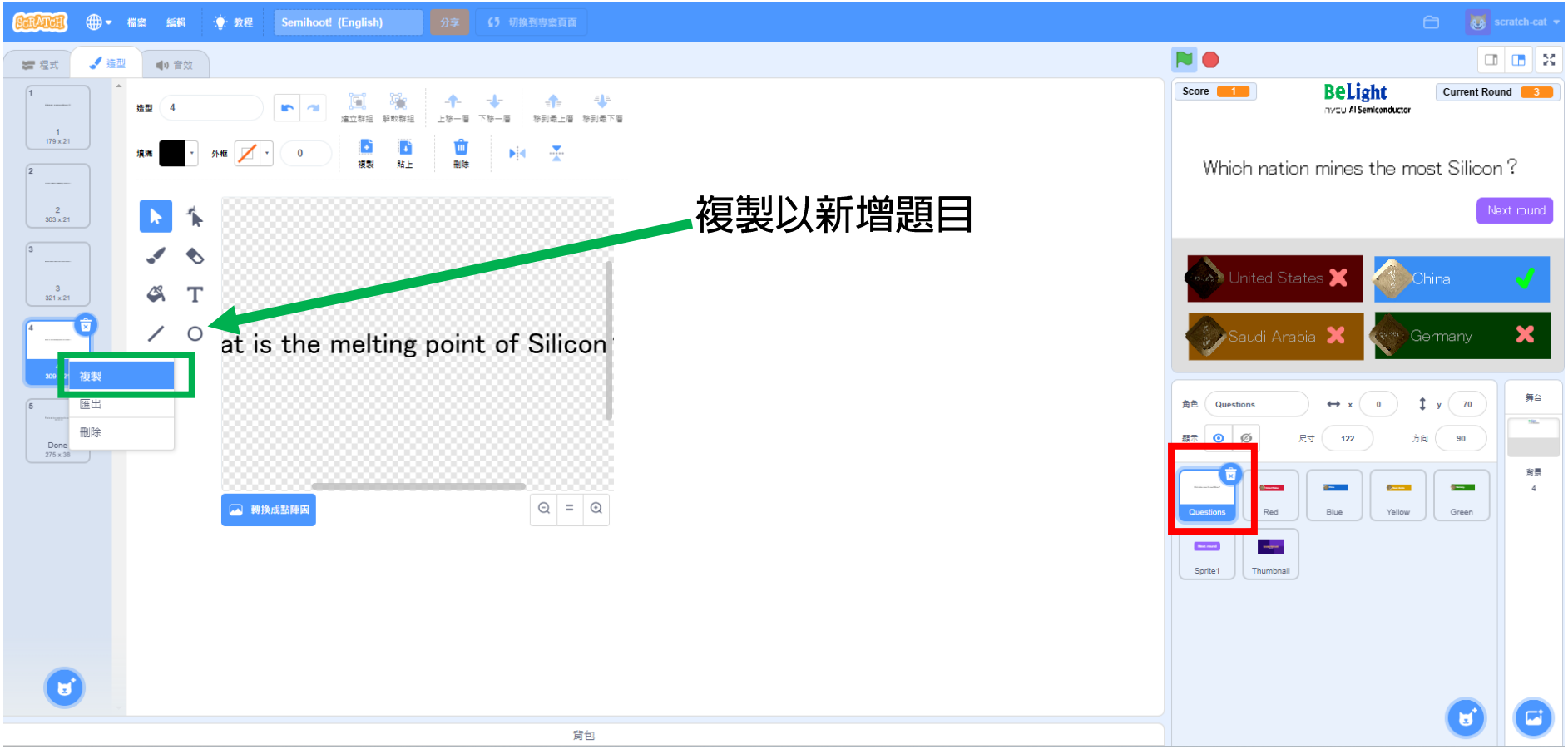
Rabboni加速度、角速度…….

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

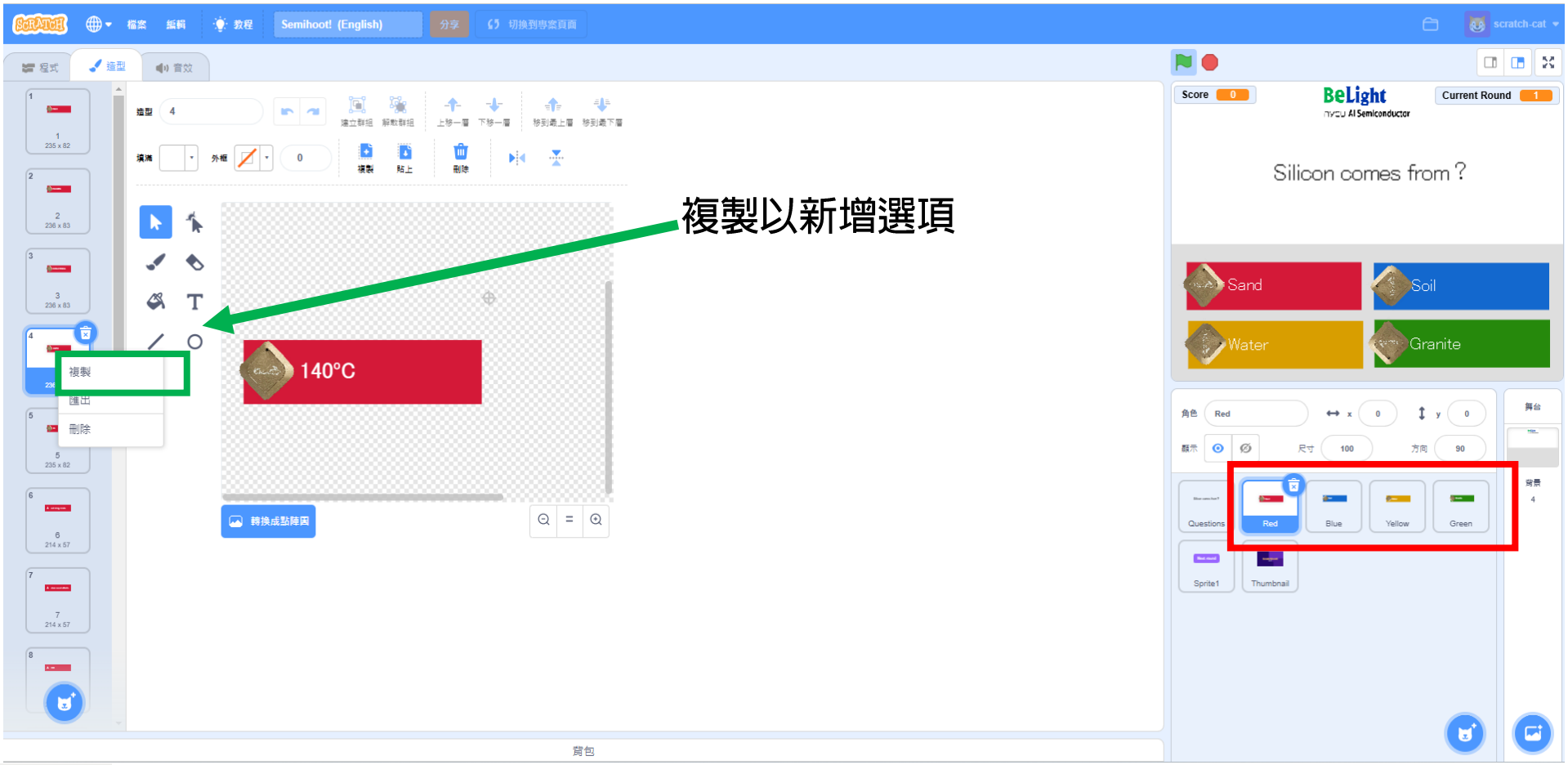
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目



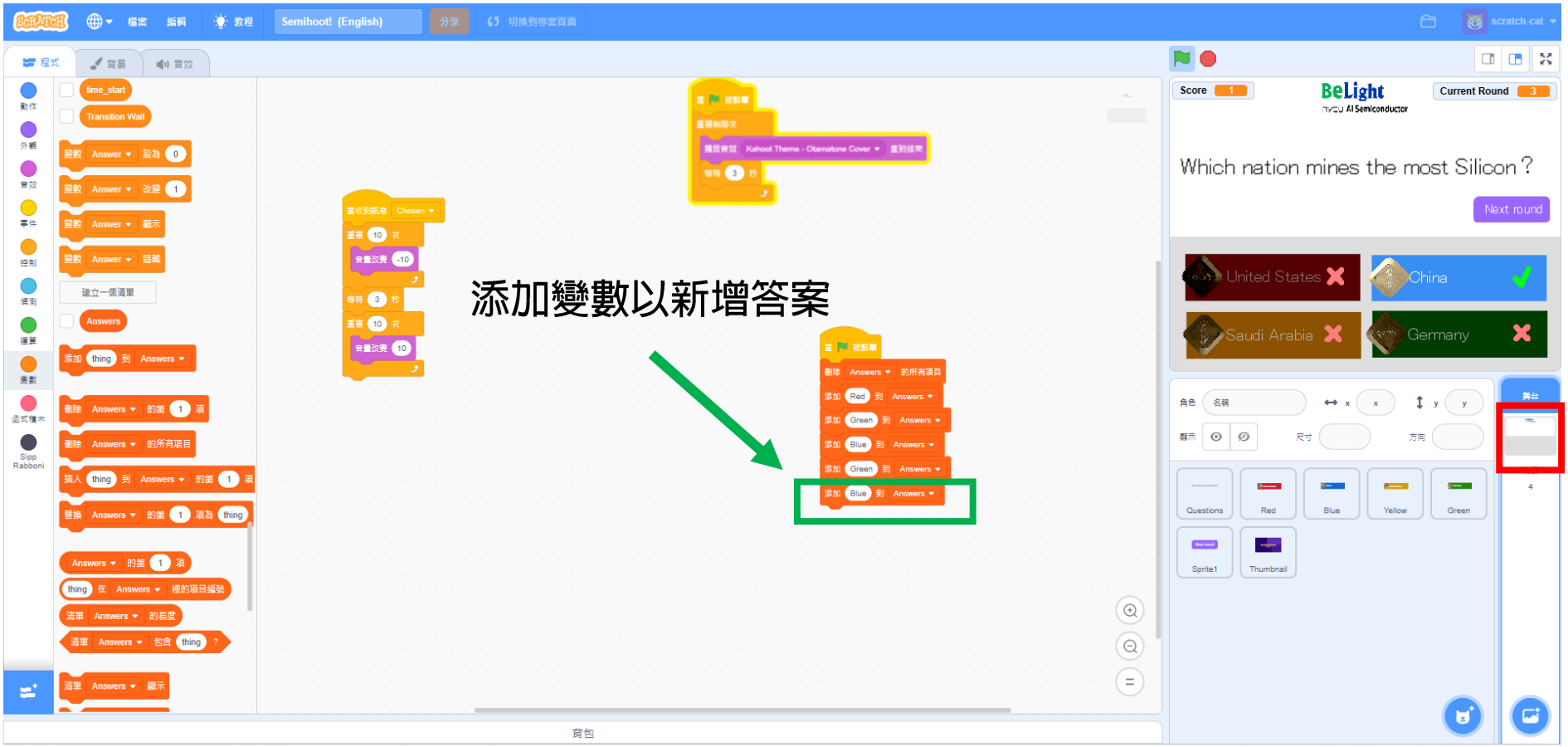
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目



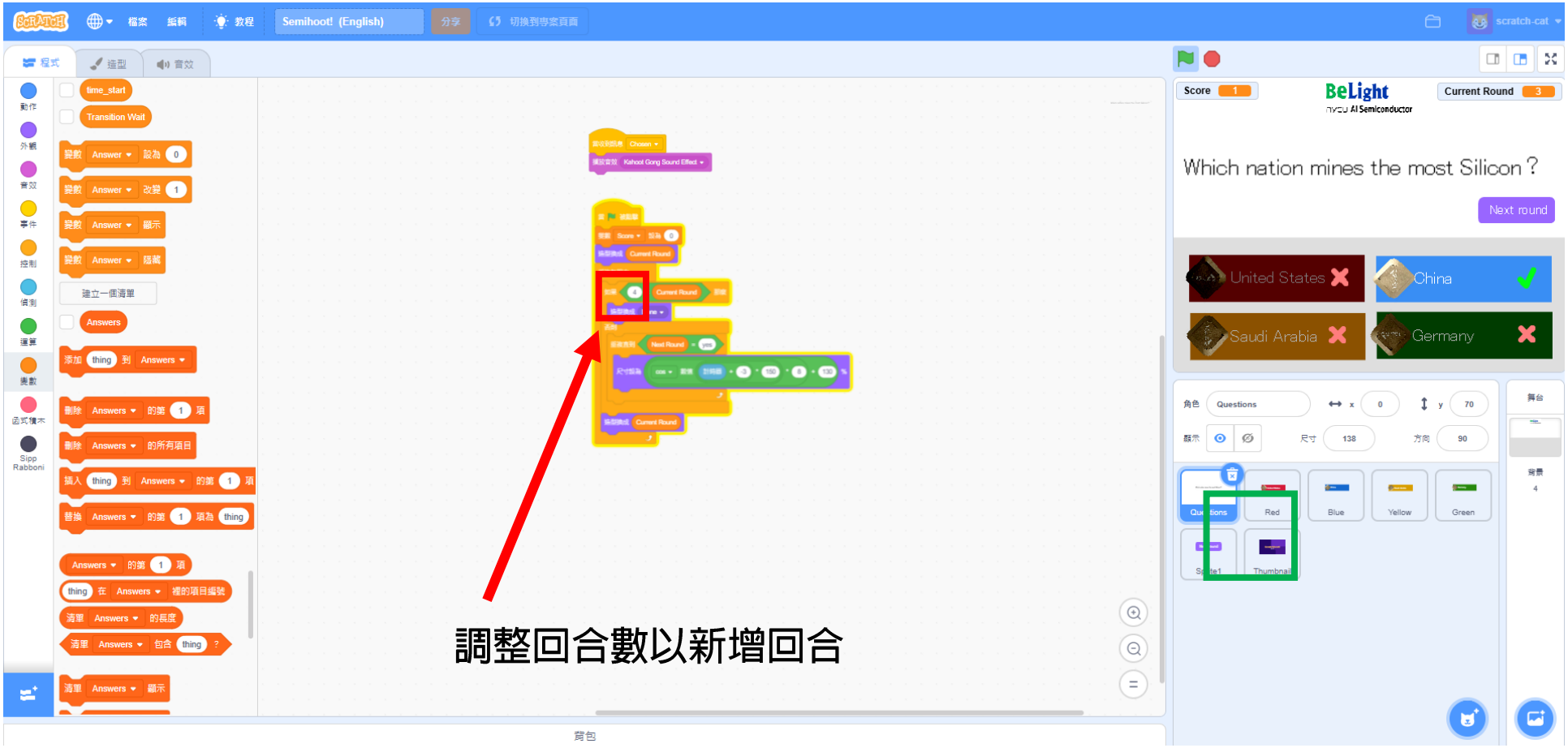
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

2.新增答案



Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

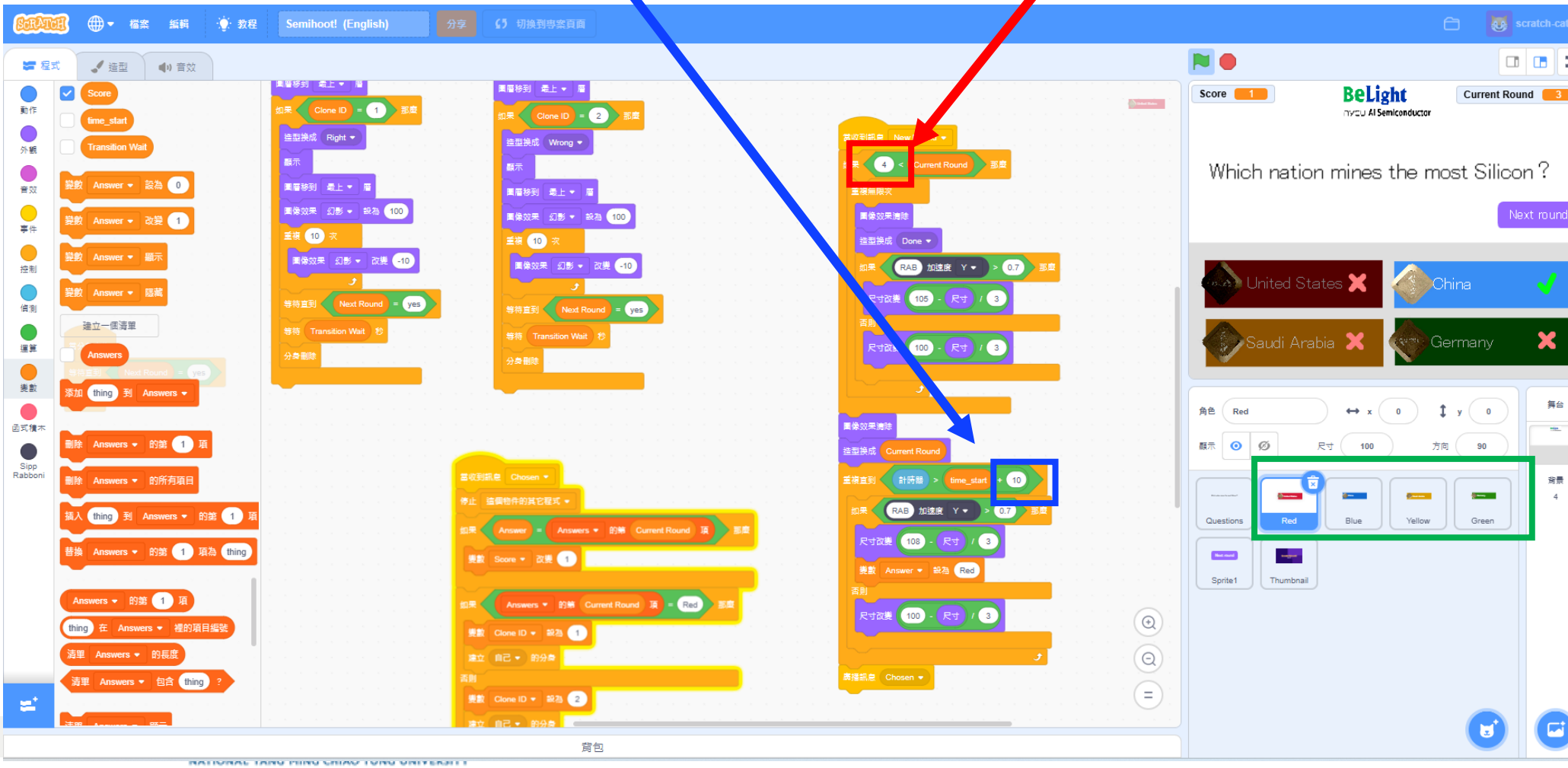


Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

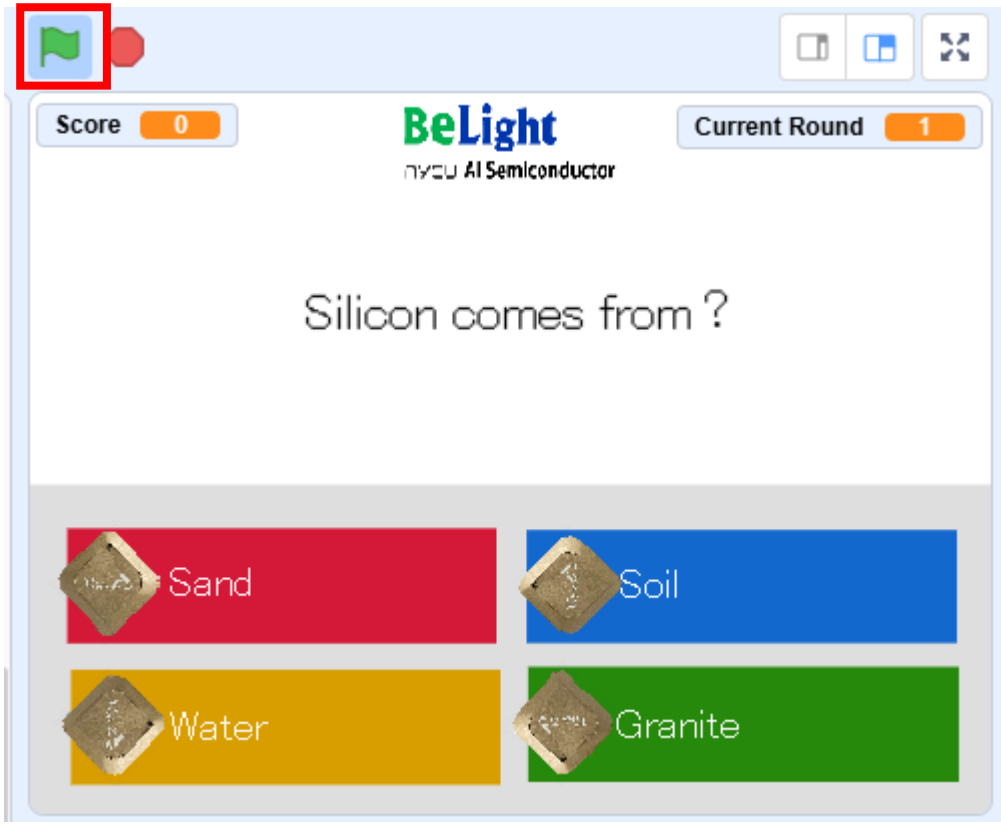
調整數字以改變回合時間

調整回合數以新增回合



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

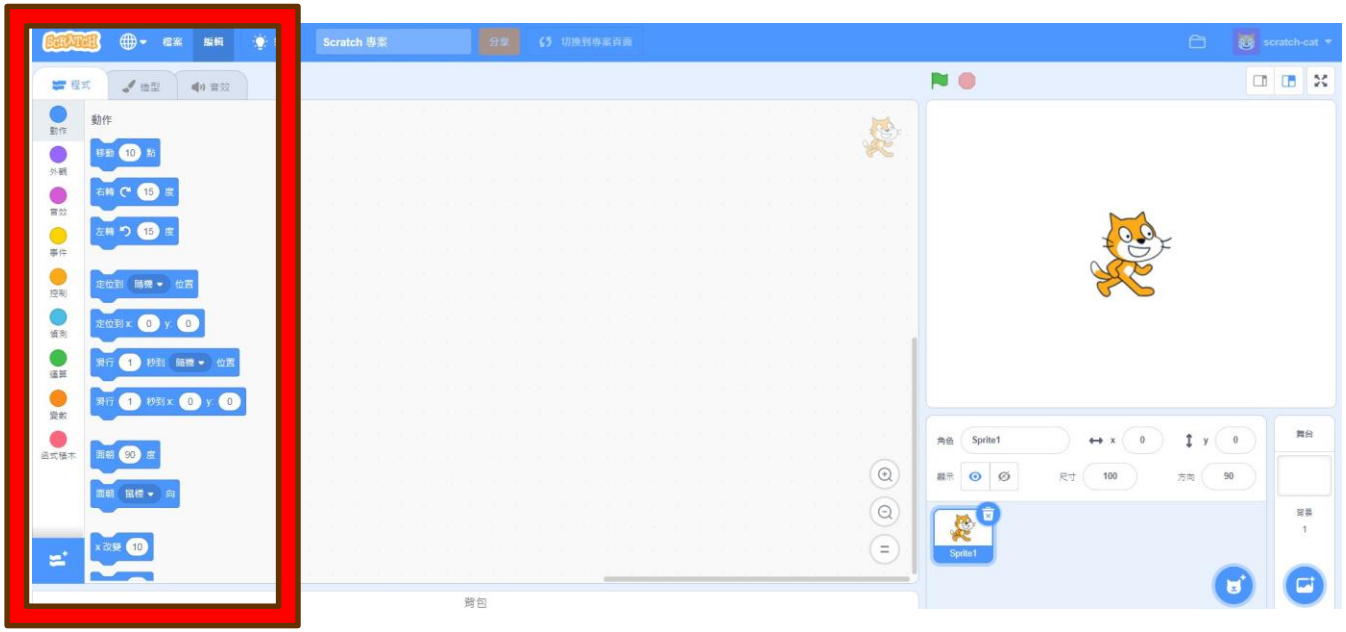
RABBONI專題實作

陽明交通大學電機系 蔡孟涵

STEM Education

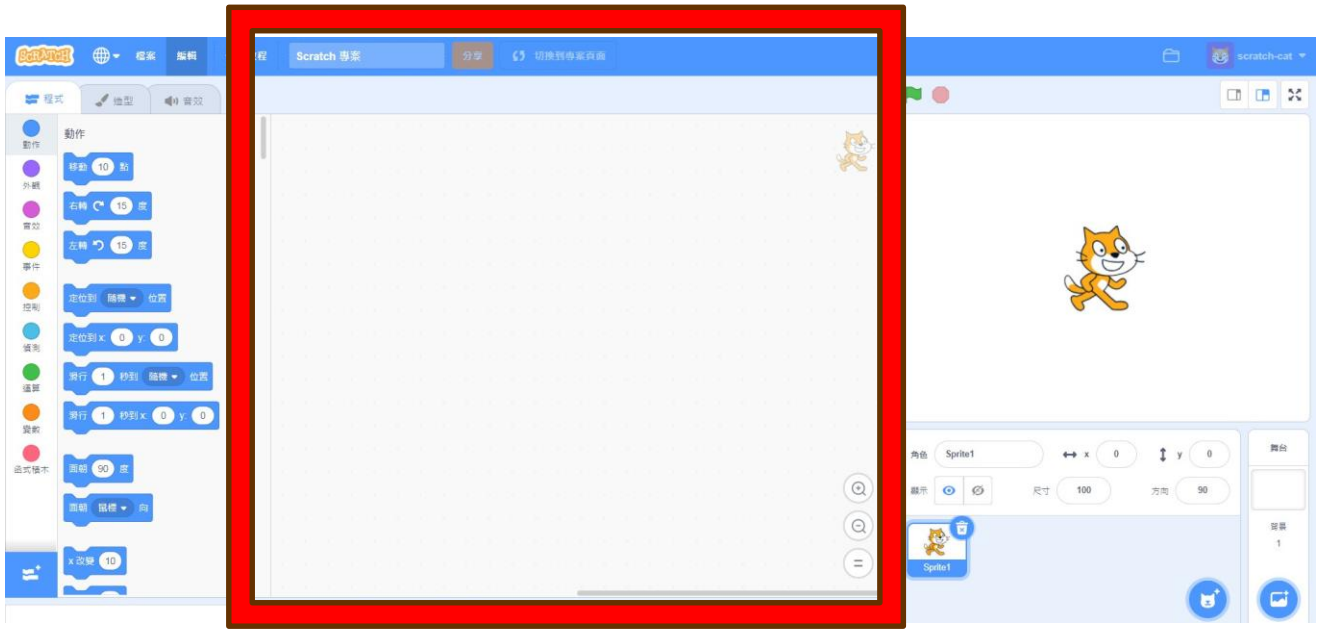
Scratch的介面

- 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。



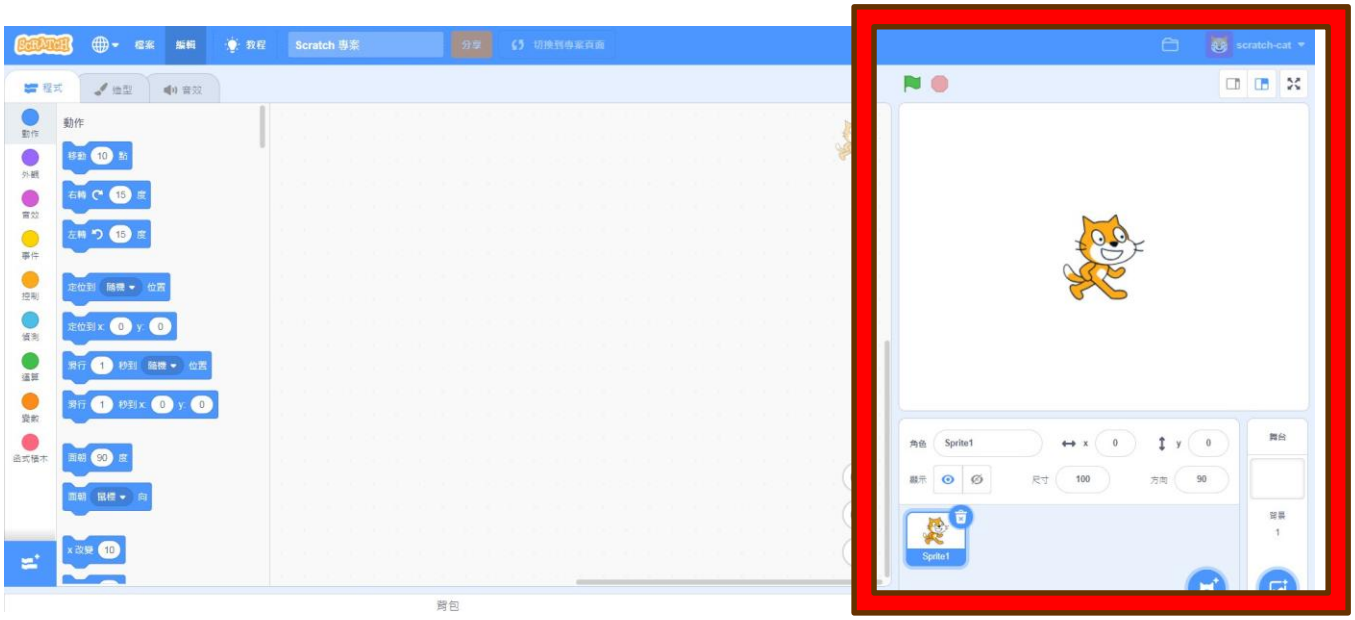
Scratch的介面

- 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

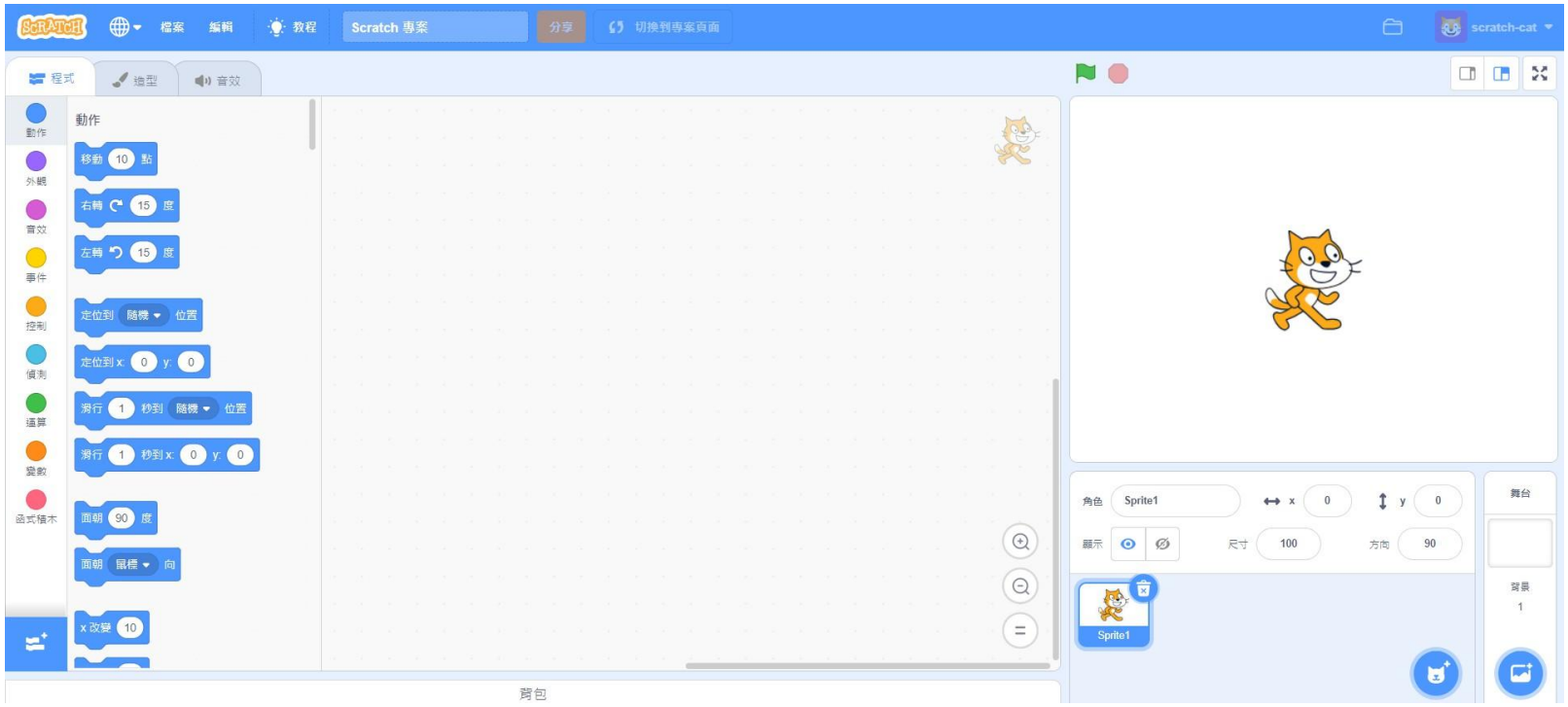
- 了解Scratch的功能之後，我們要開始寫程式了！
- 在那之前，我們先回到剛剛已經打開的Rabboni APP，點選「編輯名稱」，並將名稱改為「RAB」。（要記得大寫！）

Rabboni與Scratch的連接

- 點選「程式撰寫」， 並點擊「SCRATCH」

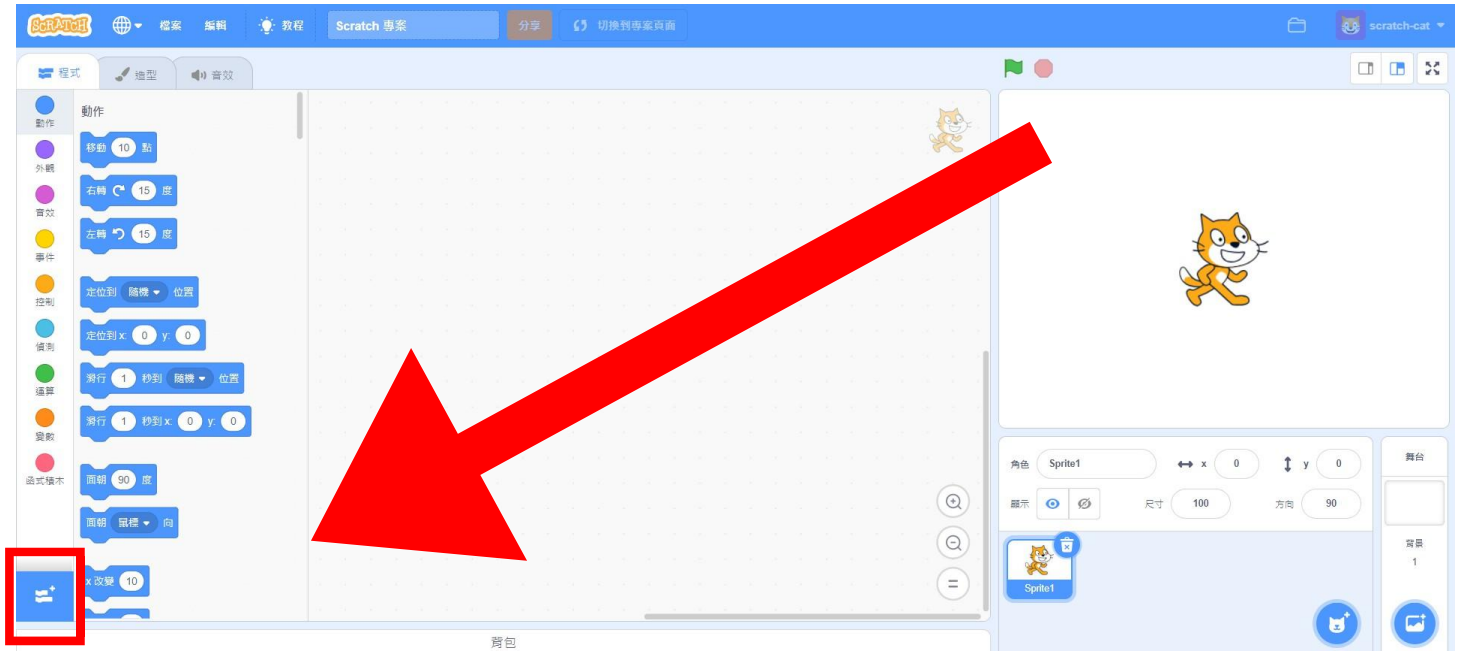
Rabboni與Scratch的連接

- 此時會自動導向至scratch網頁介面



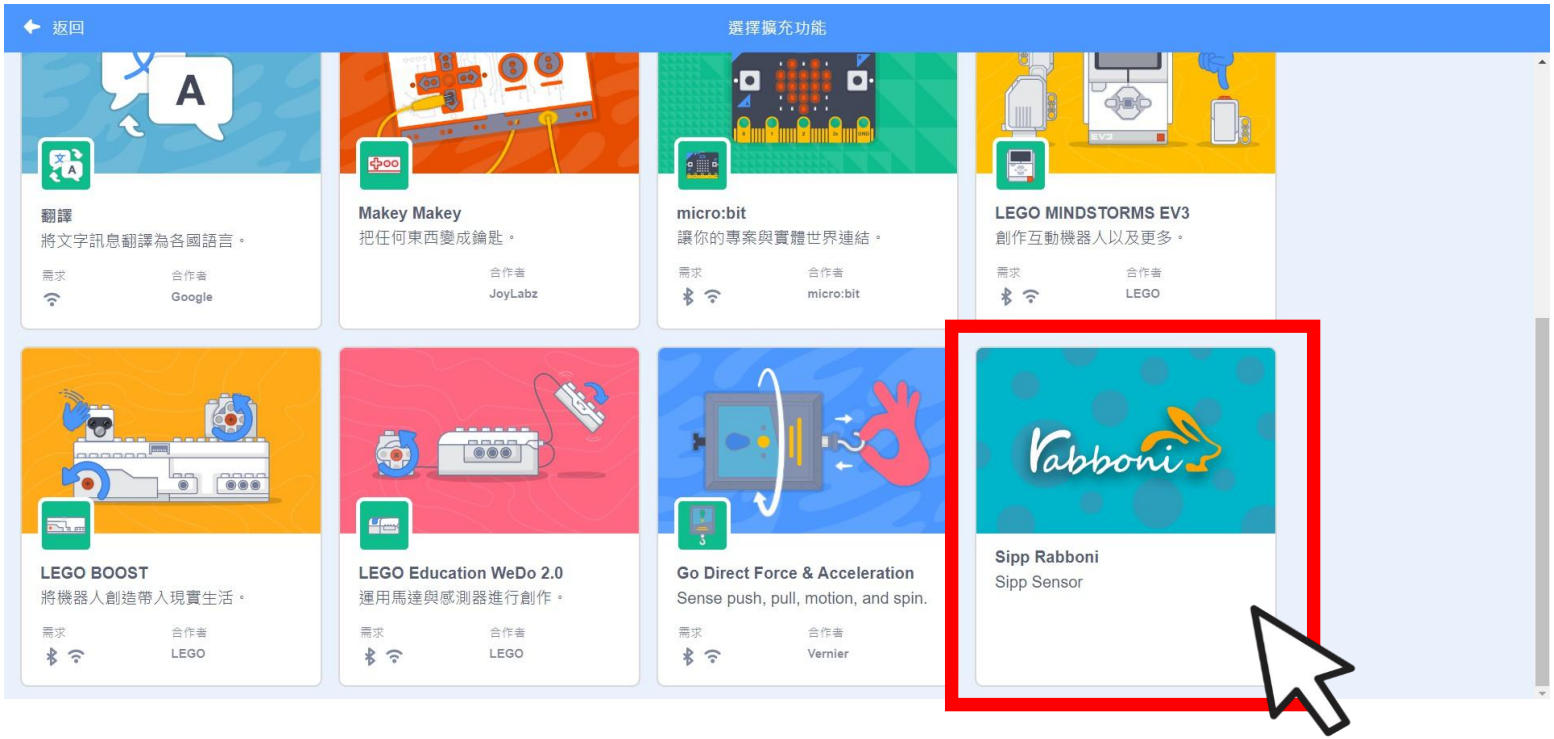
Rabboni與Scratch的連接

- 點選左下角有+符號的按鈕



Rabboni與Scratch的連接

- 點選「Sipp Rabboni」



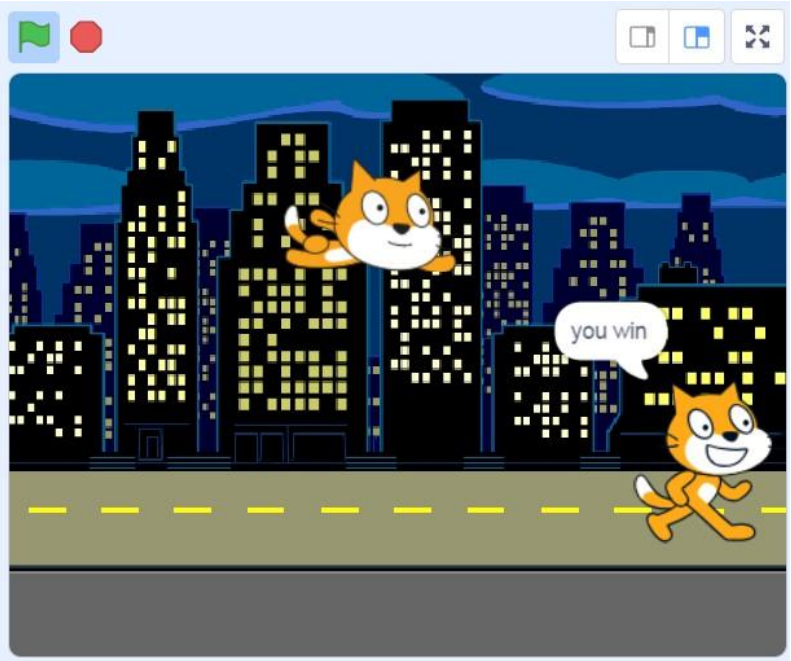
Rabboni與Scratch的連接

- 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！

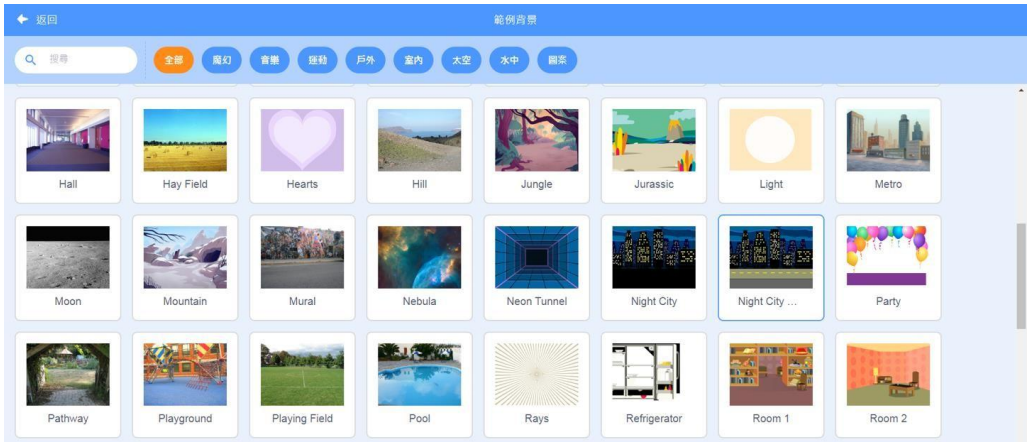
開始寫遊戲：貓咪賽跑比賽

- 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」。



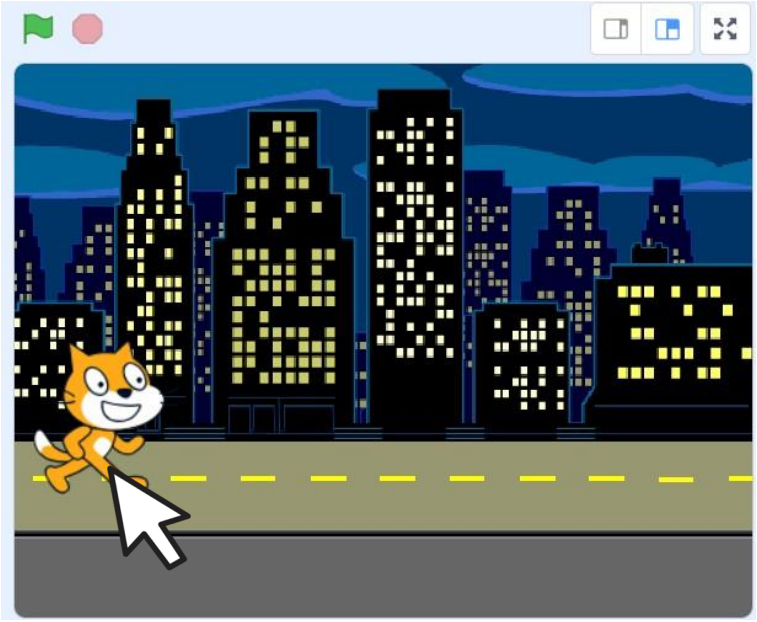
任務一：讓貓咪跑起來

- 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

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，我們每按一下空白鍵貓咪就會移動一步。

❶控制→重複直到迴圈
❷偵測→碰到邊緣
❸控制→如果...那麼
❹偵測→空白鍵被按下
❺動作→移動2點

任務一：讓貓咪跑起來

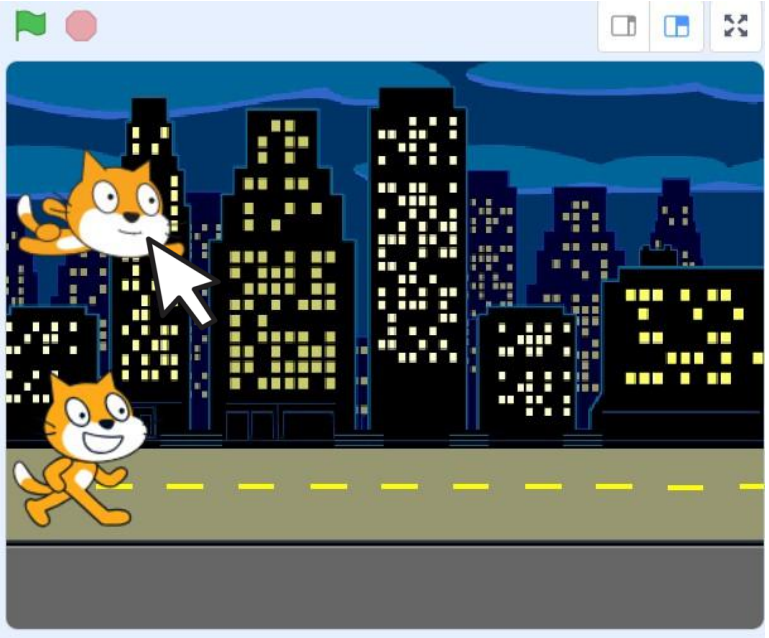
- 不過現在的貓咪只能「滑行」，看起來沒有跑步的感覺，怎麼辦？進入外觀→造型換成下一個，放在移動的下方。
- 現在按下綠色旗子，並按一下空白鍵，貓就可以跑起來了!

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

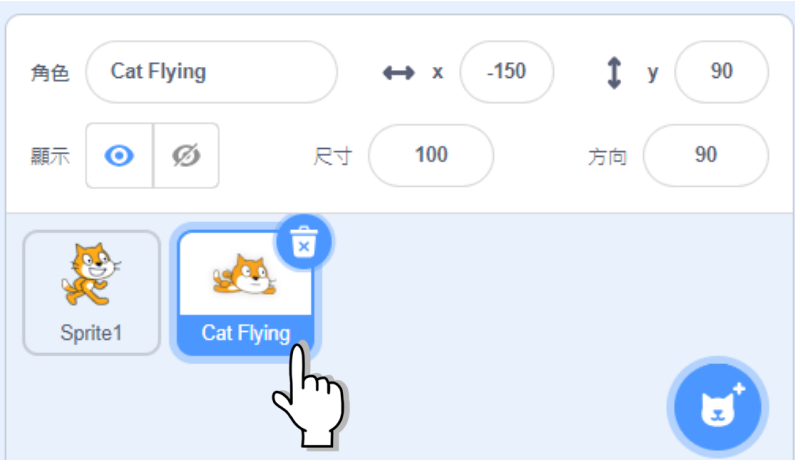
當我們寫不同角色的程式時，要注意右下角有沒有選取到正確的角色

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。

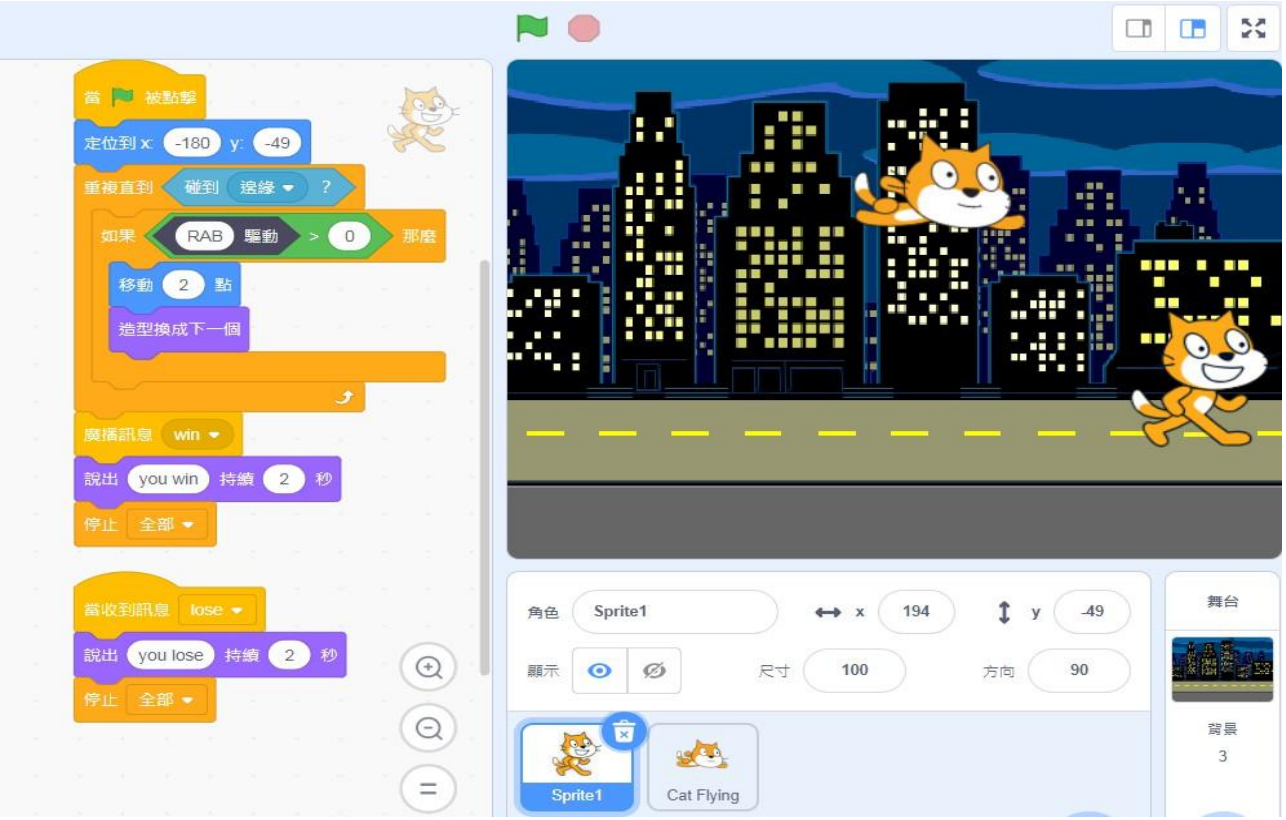


任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 我們目前是以空白鍵來讓貓咪跑步，如果我想要用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。

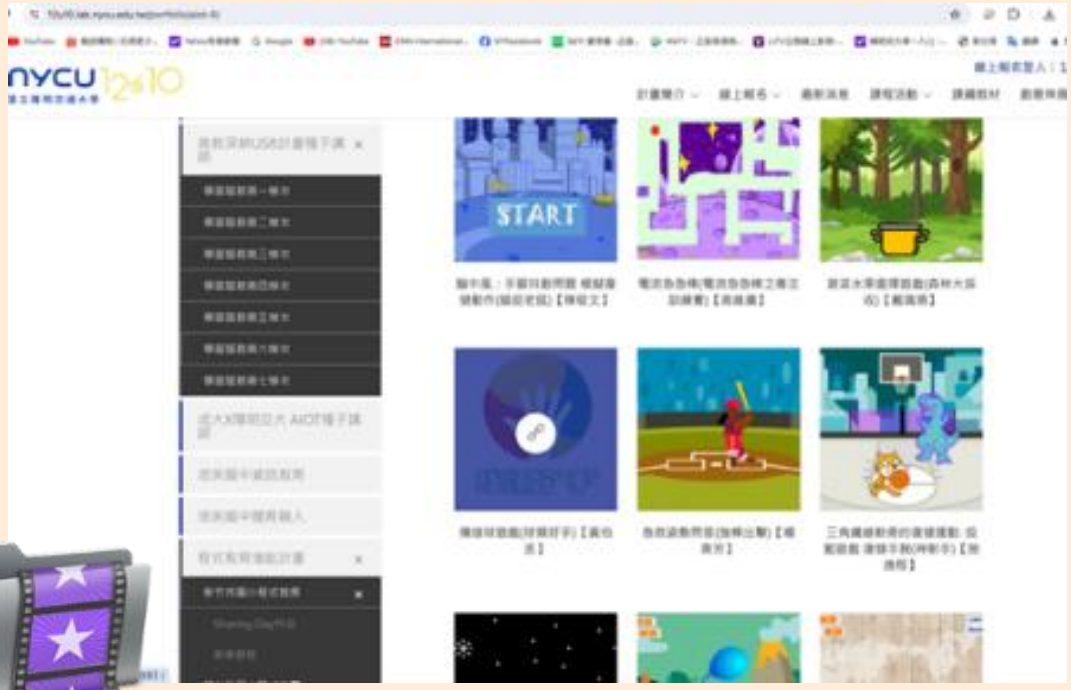
任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 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/



大哥哥大姊姊幫大家準備了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

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

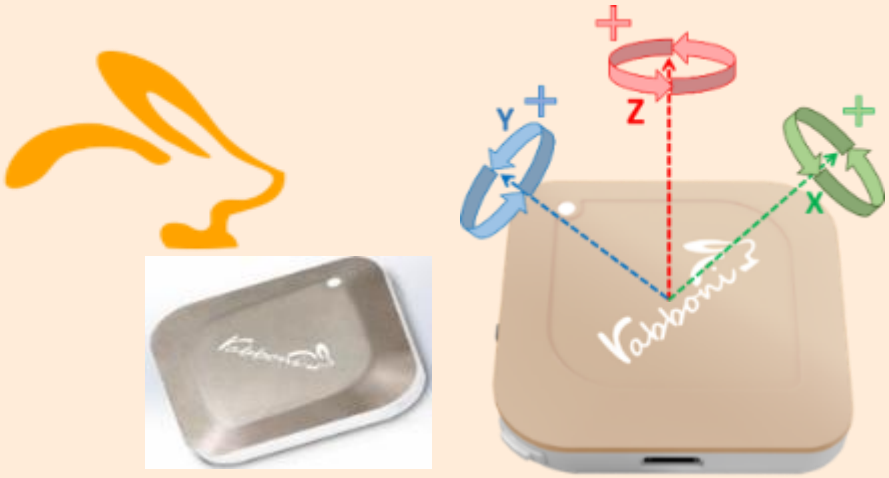
IOT: Internet of Things/ IMU: Inertial Measurement Unit

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 ±500 ±1000 ±2000	65.5 32.8 16.4 8.2	±2 ±4 ±8 ±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
iOS
Windows

- Scratch
- Python
- App Inventor
- Unity

AI Algorithm [演算法開發]

- Motion Detection
- Pose Detection
- Data Analysis
- Signal Analysis

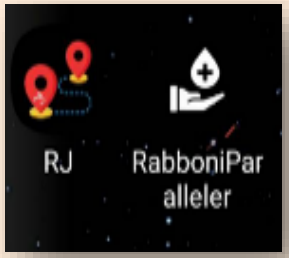
- 行動偵測
- 姿態偵測
- 數據分析
- 訊號分析

AIoT [應用程式]

- Sports
- Health
- Gaming
- Education

- Phone
- Pad
- NB
- Rasberry Pie

IoT [物聯/雲端介面]



Rabboni

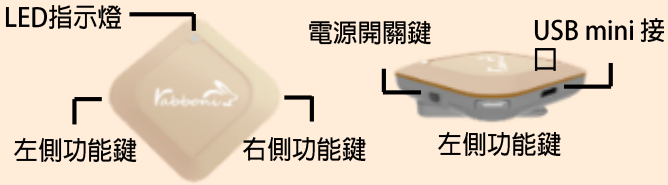
- Rabboni內建六軸重力感測器 (IMU: Initial Measurement Unit)、BLE藍芽傳輸及運算元件
- 可即時傳輸感測讀值並提供取樣頻率及動態範圍
- 配有LED燈，指示rabboni運作狀態及電量顯示

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

SHOW!

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%



[綠燈閃爍]藍芽廣播中

[紅燈閃爍]計數記錄中

電量大於70%

電量介於70% 到30%

電量小於30%

[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!!

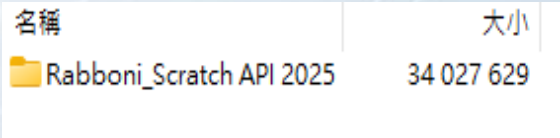
1: 去網頁 Belight 下載專區

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

Google Search “12u10”

到: 下載專區

2: 下載+ 解壓縮到桌面



3.桌面 打開 Rabboni_app.exe

USB Connection

STEP 1　解壓縮後，打開資料夾，點擊應用程式開啟

rabboni_桌面多連UI優化版_v0.2.0_Profile → Profile → rabboni_app.exe

STEP 2　Open APP

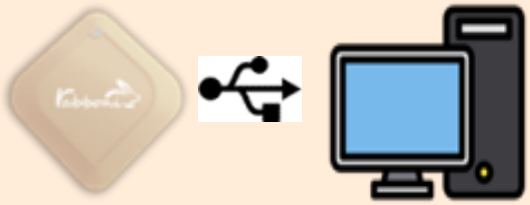
!!! 注意 !!!

USB只能連線1個rabboni/ 藍芽最多同時4個 rabboni

STEP 2
Choose USB

USB Connection

STEP 3 [連結USB與電腦



STEP 4 選擇 Rabboni — USB HID UART Bridge

Confirm [選擇 「確認」]

❄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

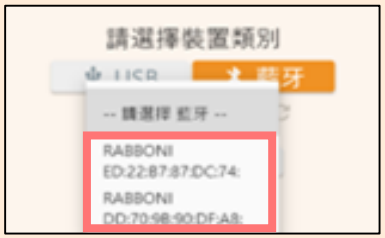
- 電腦沒有藍芽: 連結dongle與電腦
- 電腦沒有藍芽: 請確認藍芽在4.0-5.1間

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

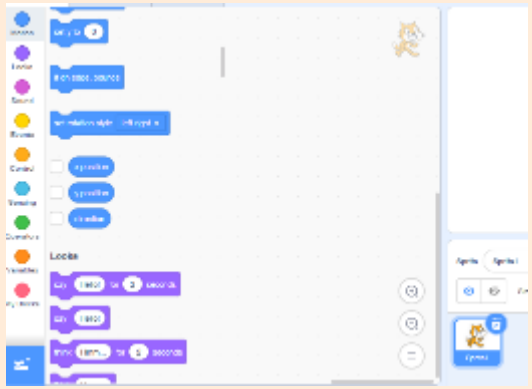
STEP 5　可以編輯裝置在電腦上的名稱，名稱會對應到Scratch

按下「確認」後，名稱改變

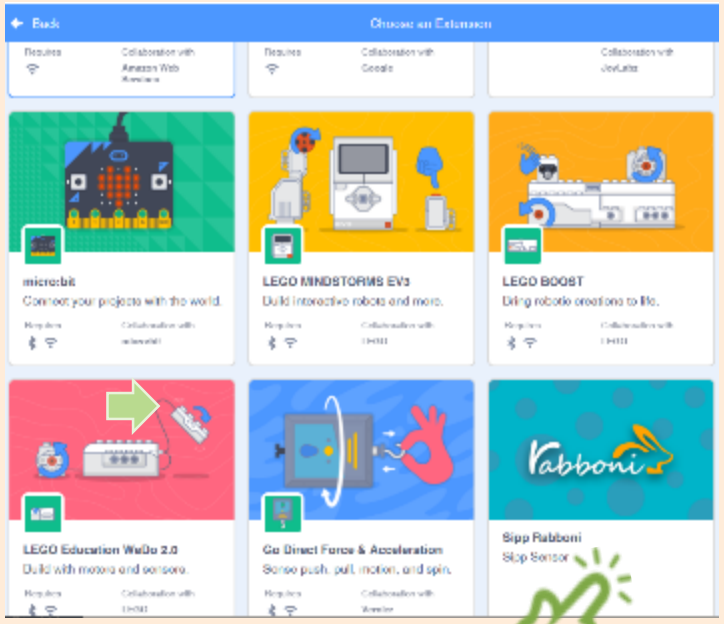
TO THE SCRATCH

點擊左邊Scratch的ICON

點擊Scratch的ICON，跳轉到瀏覽器

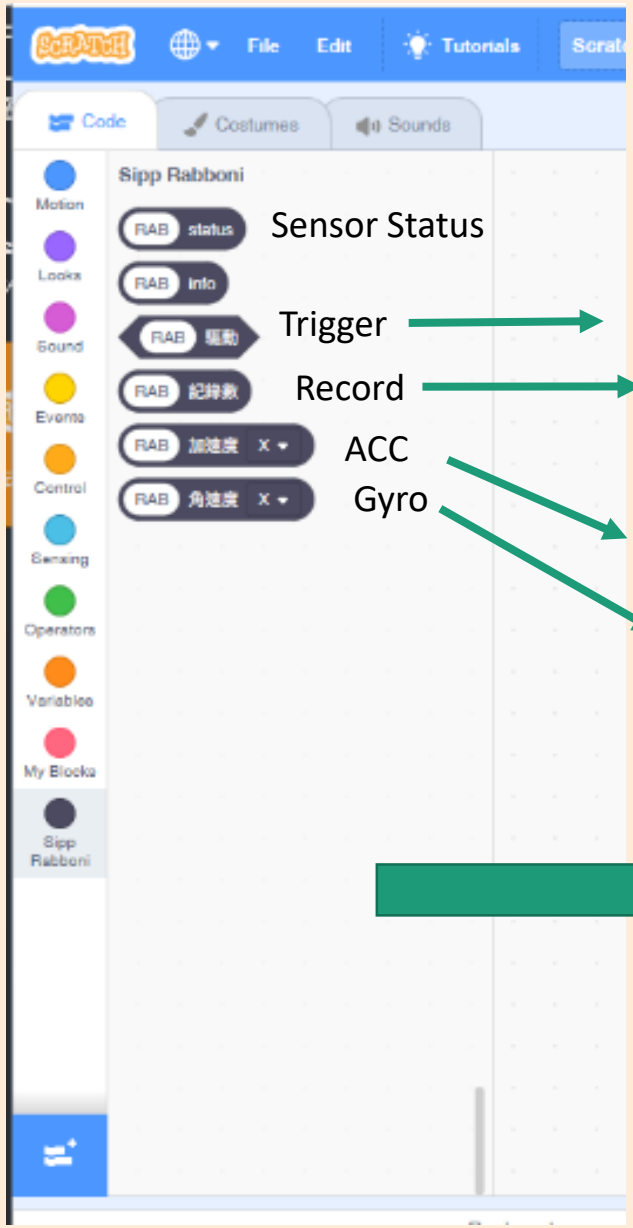


點擊　Scratch MoreBlock



點擊　Rabboni icon

https://nctutwtlab.github.io/scratch-gui/rabboni/



Sensor Status

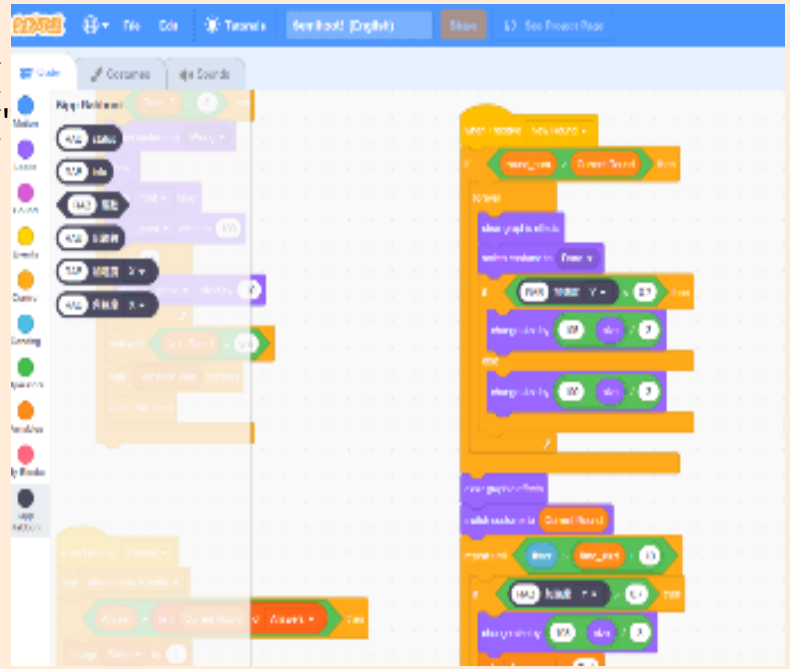
Trigger → 當感應器移動時，計數器加1

Record → 移動的總次數

ACC → 設備 RAB 的 X 軸加速度

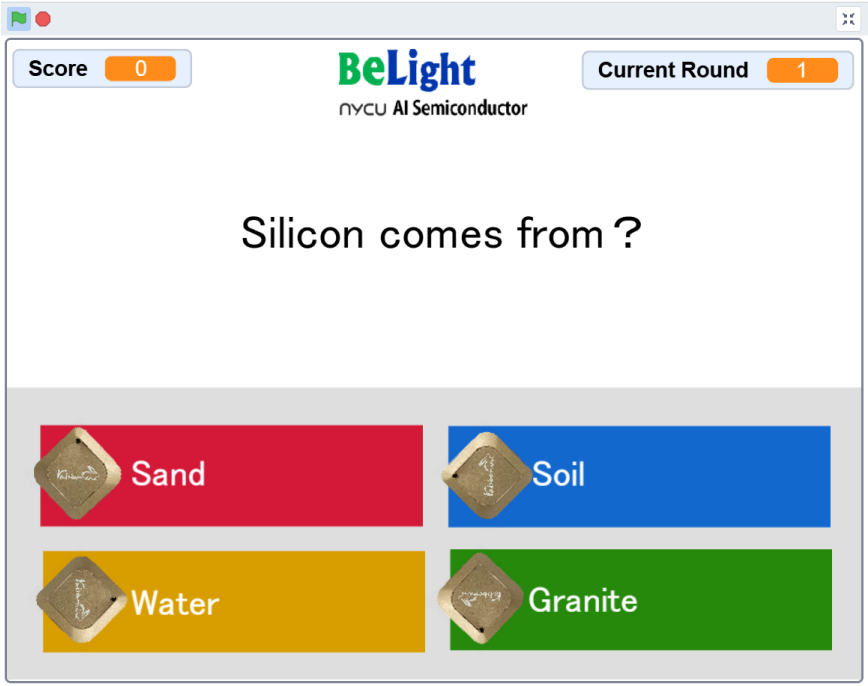
Gyro → 設備 RAB 的 X 軸角速度'

GO FOR FUN CODING !!



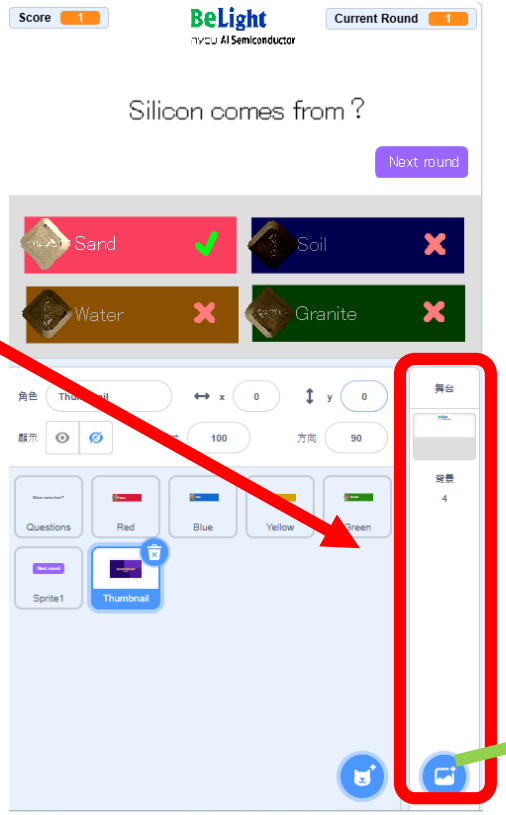
Semihoot遊戲:

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

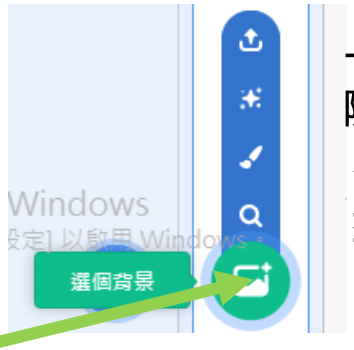


Semihoot遊戲(1/4) 選擇背景

1 選擇背景



2 選擇生成背景方式



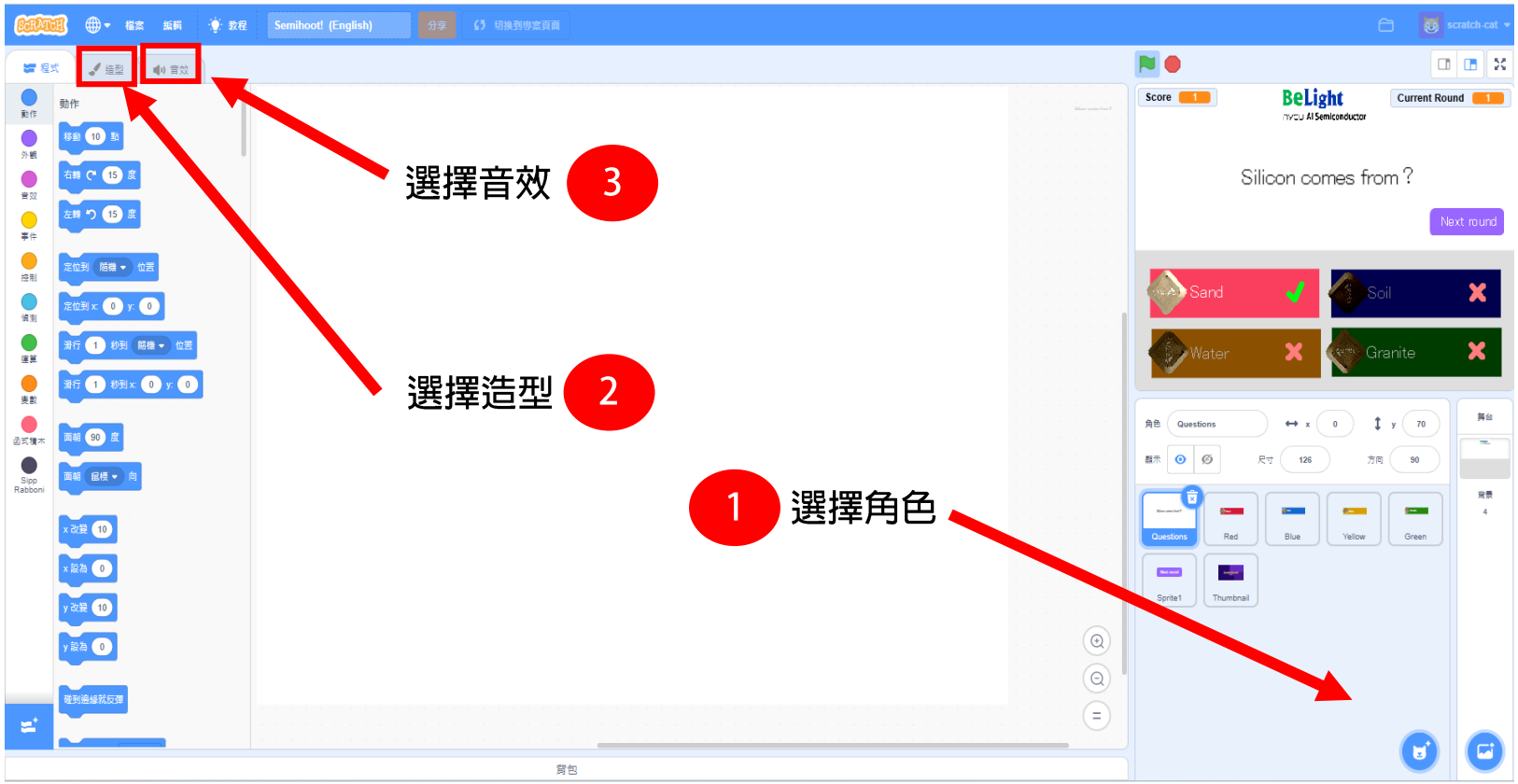
上傳自己下載的圖片

隨機背景

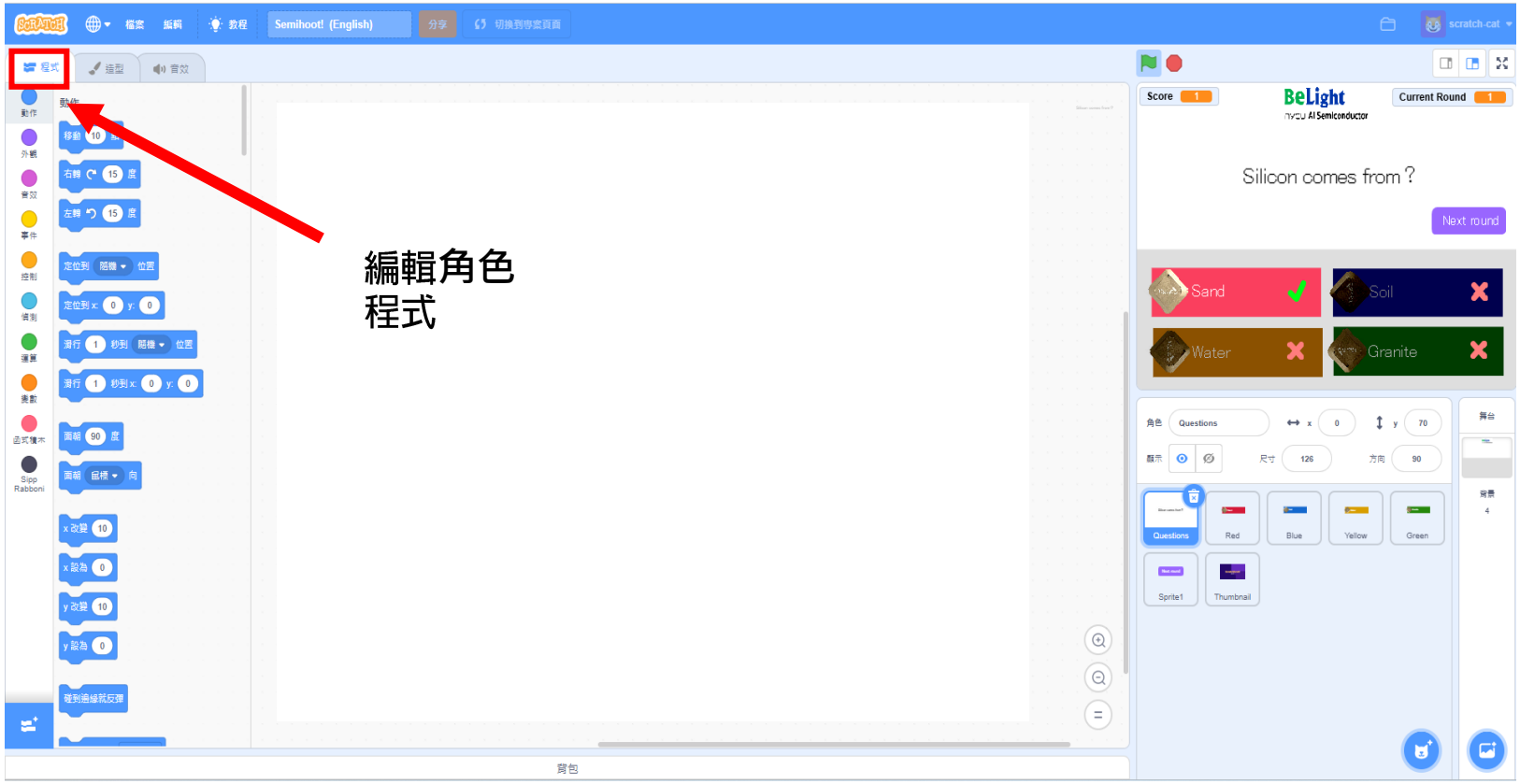
小畫家

搜尋

Semihoot遊戲(2/4) 選擇角色

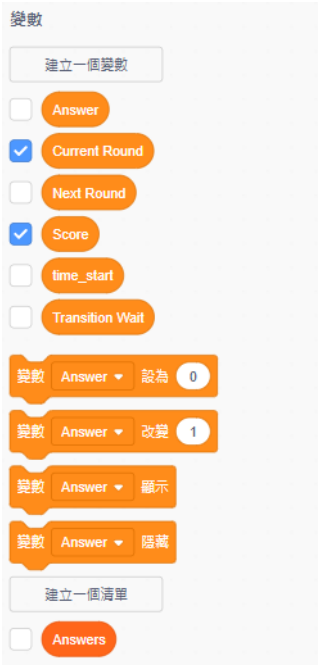


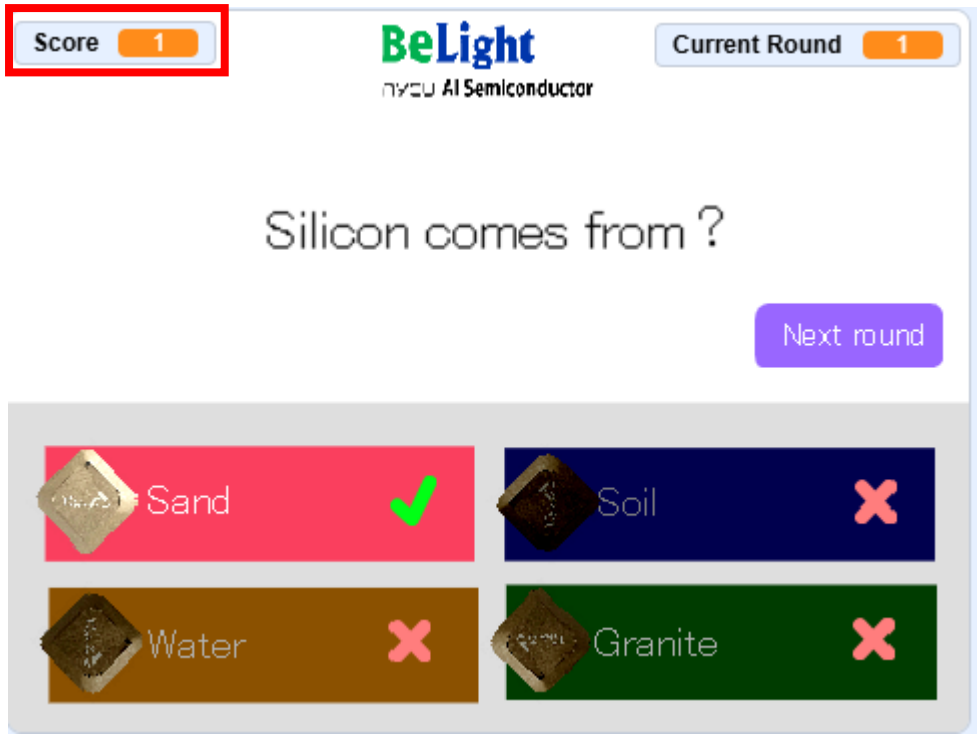
Semihoot遊戲(3/4) 編輯程式



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

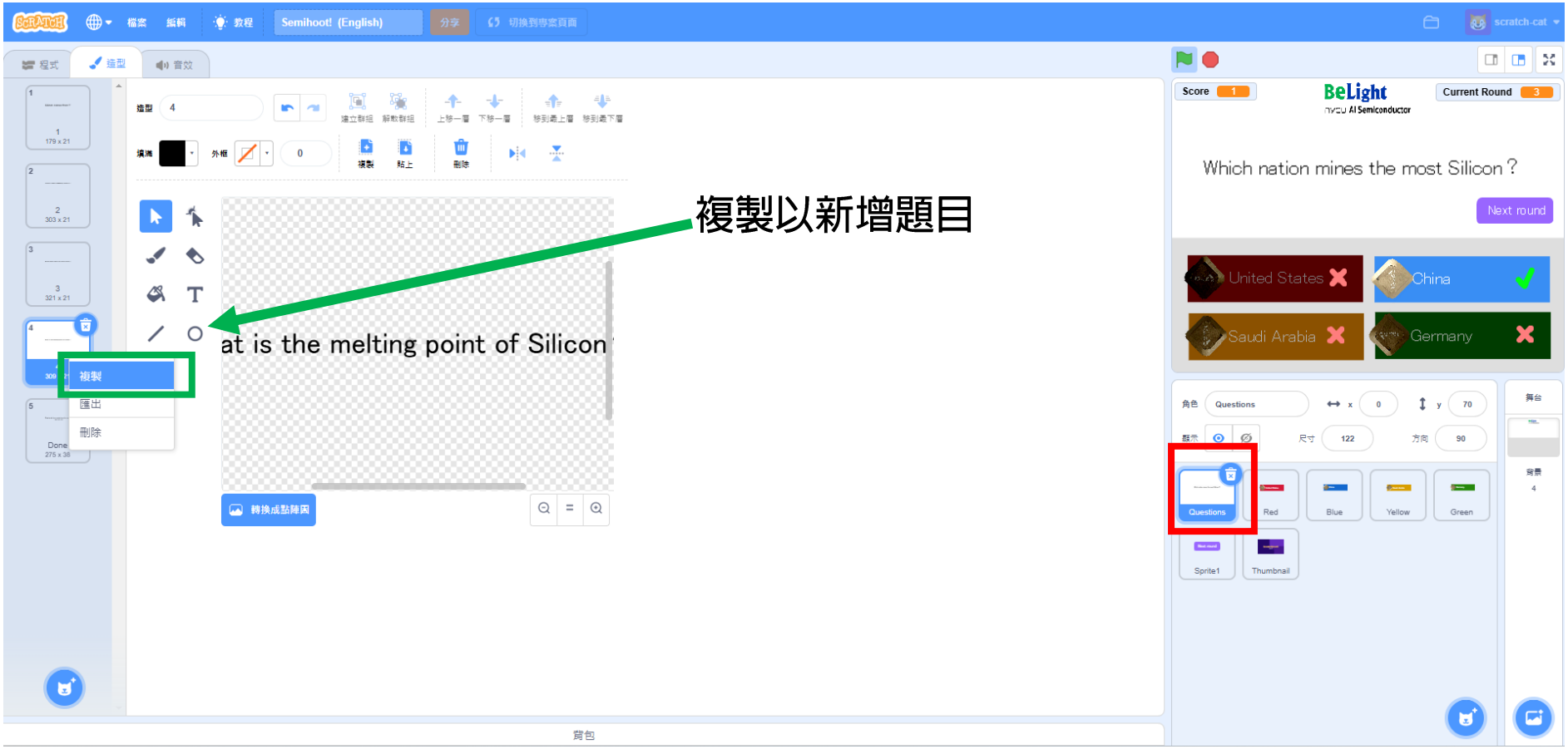
Rabboni加速度、角速度…….

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

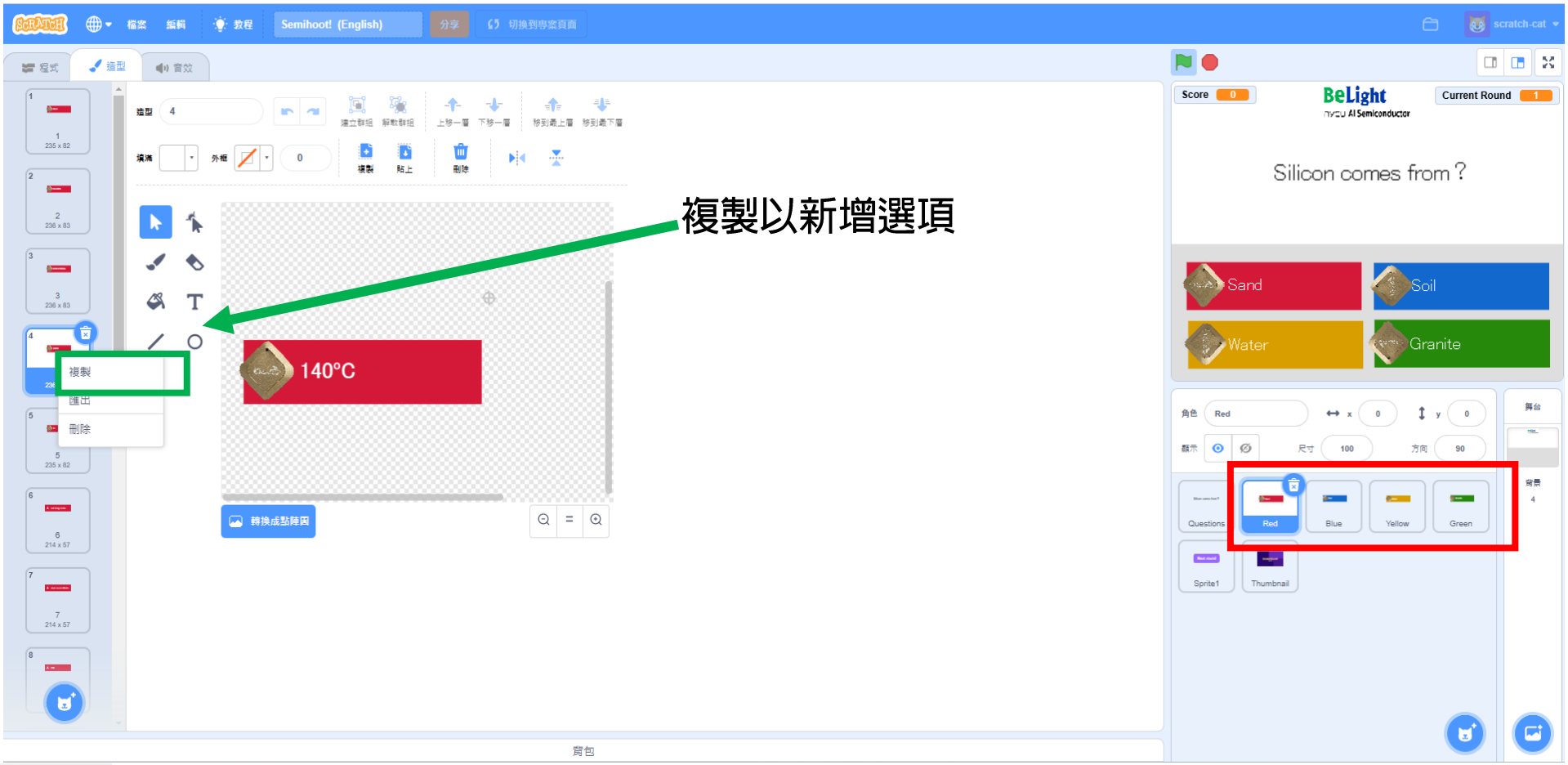
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目



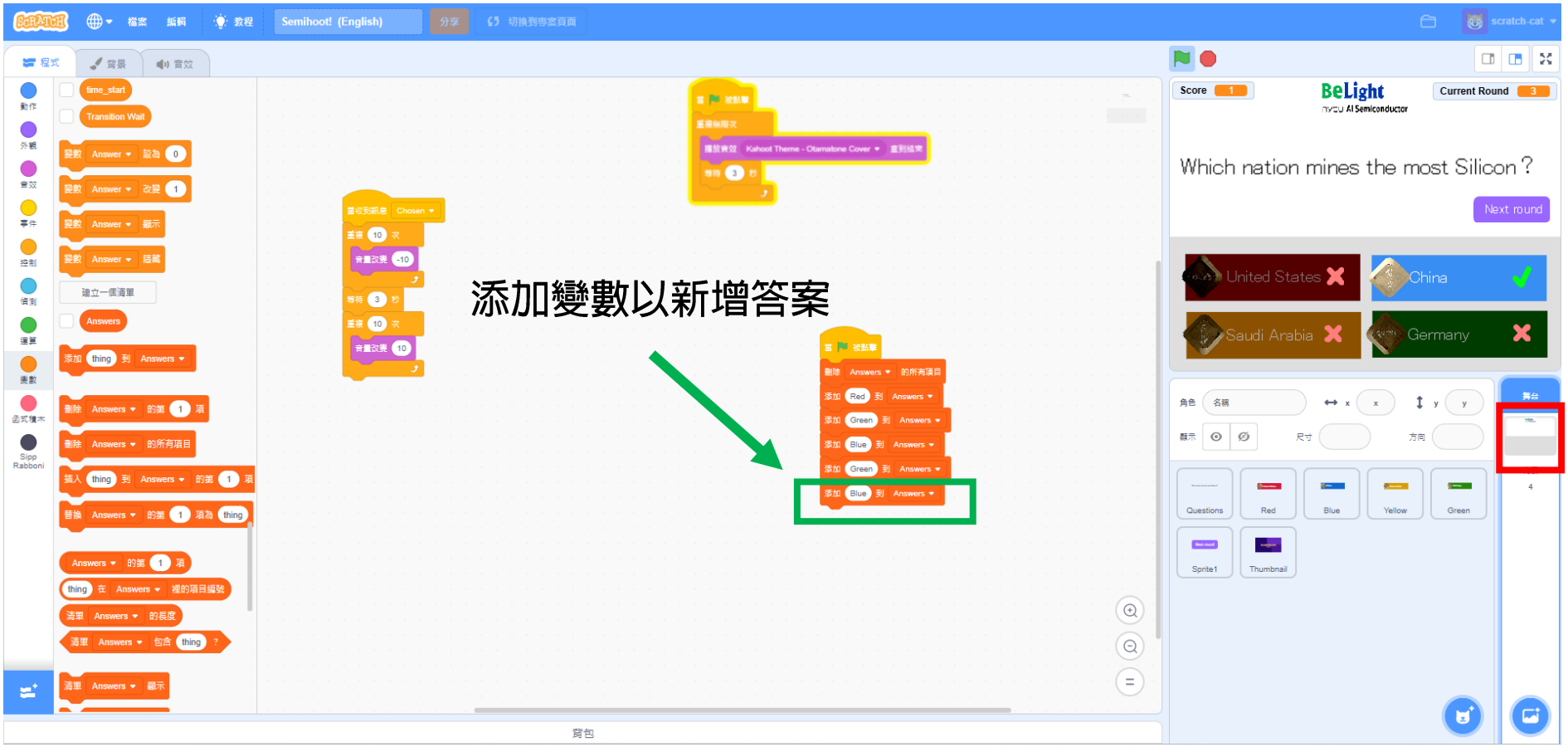
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

1.新增題目



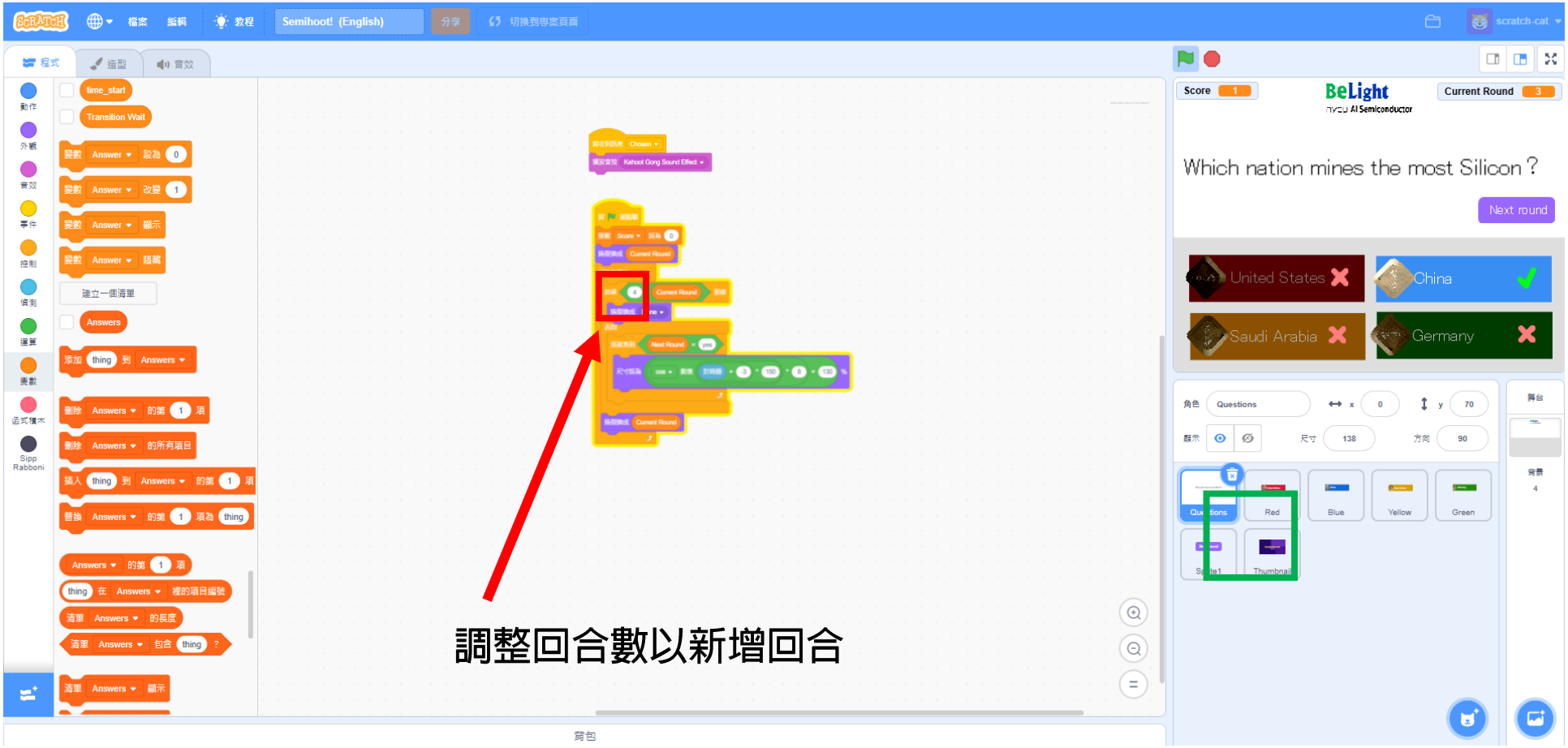
Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

2.新增答案



Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

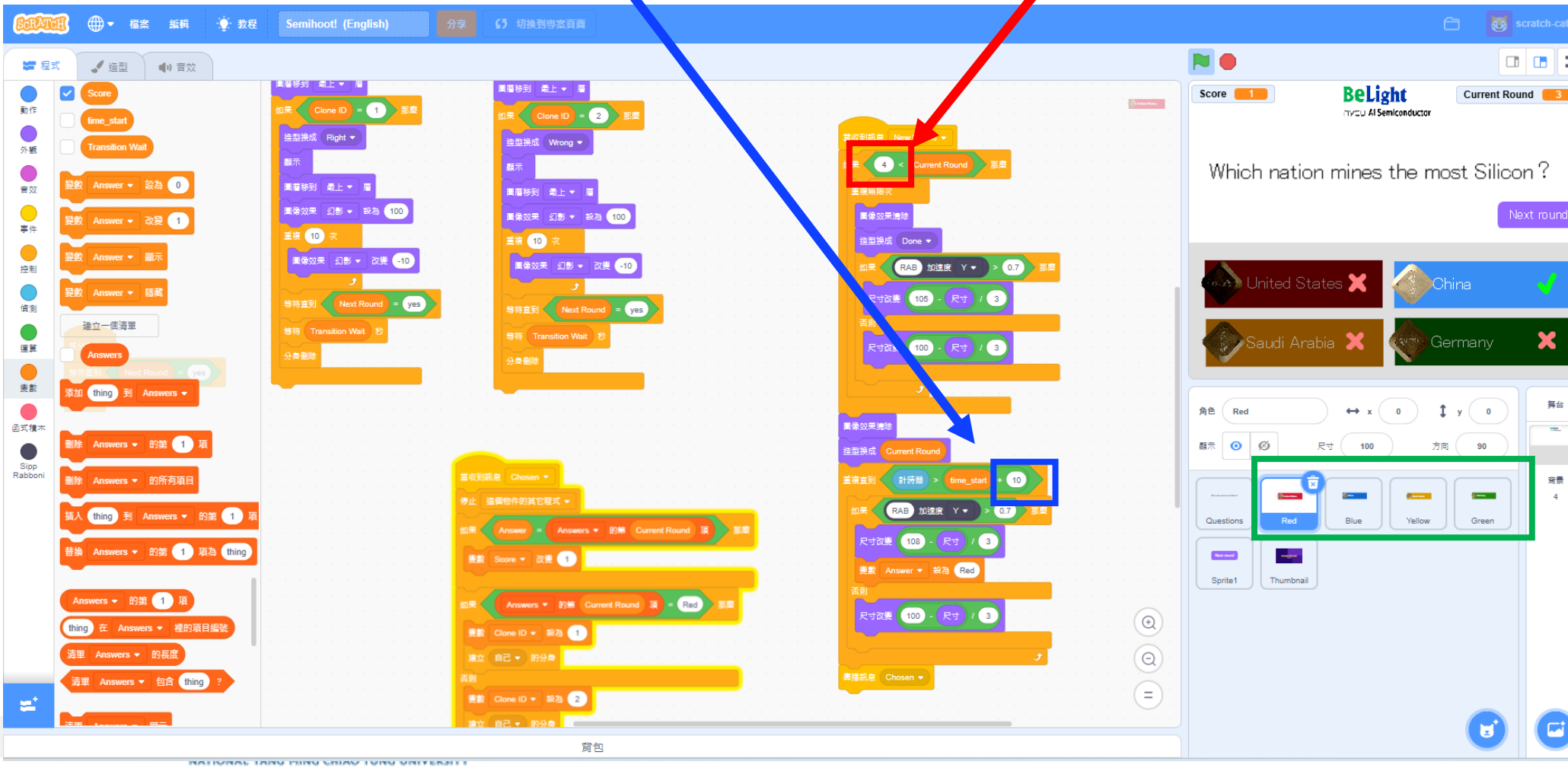


Semihoot遊戲(4/4) 編輯程式

3.調整遊戲參數

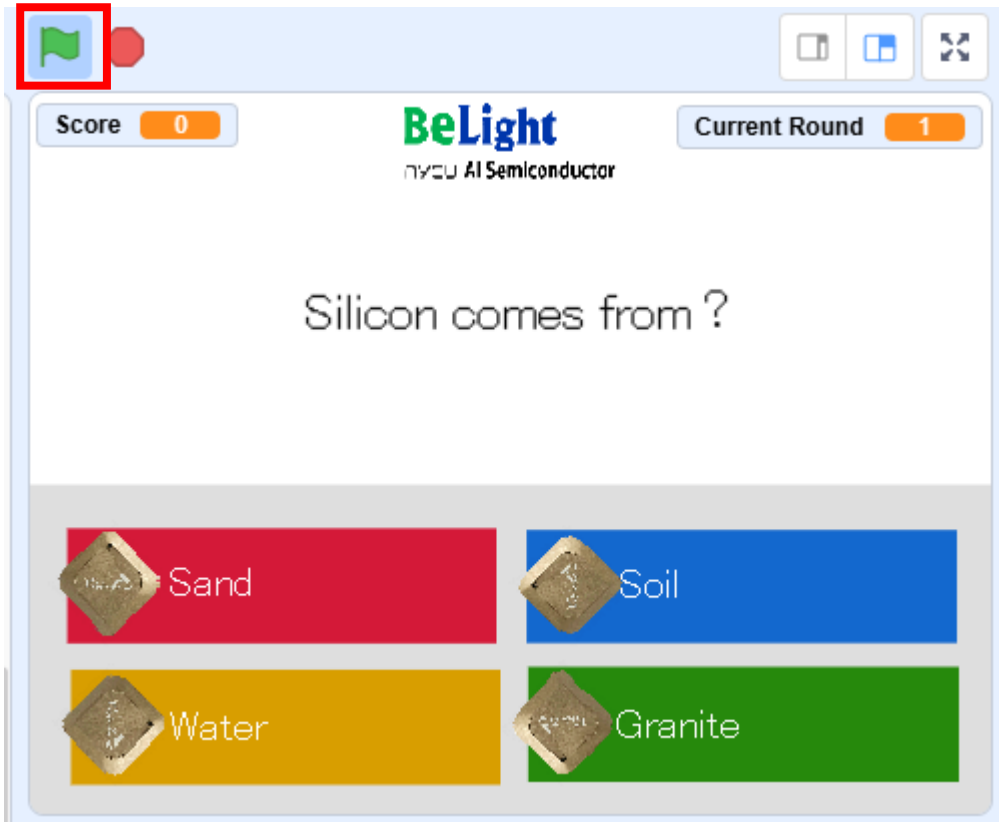
調整數字以改變回合時間

調整回合數以新增回合



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

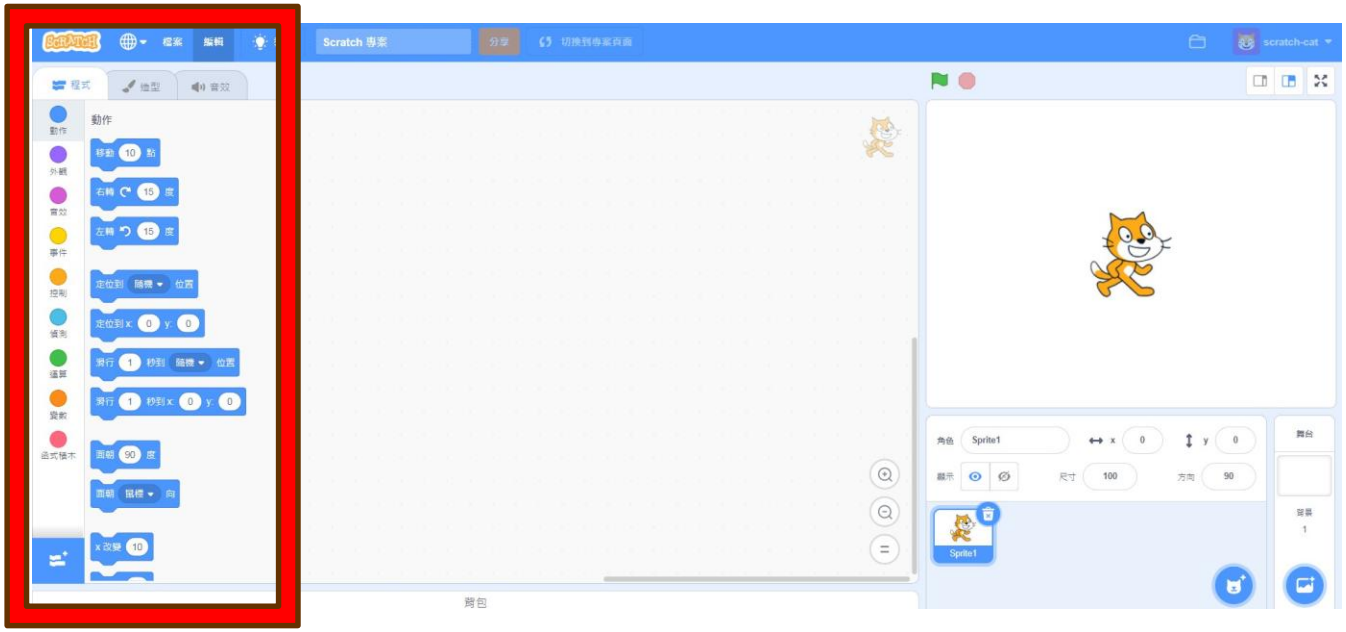
RABBONI專題實作

陽明交通大學電機系 蔡孟涵

STEM Education

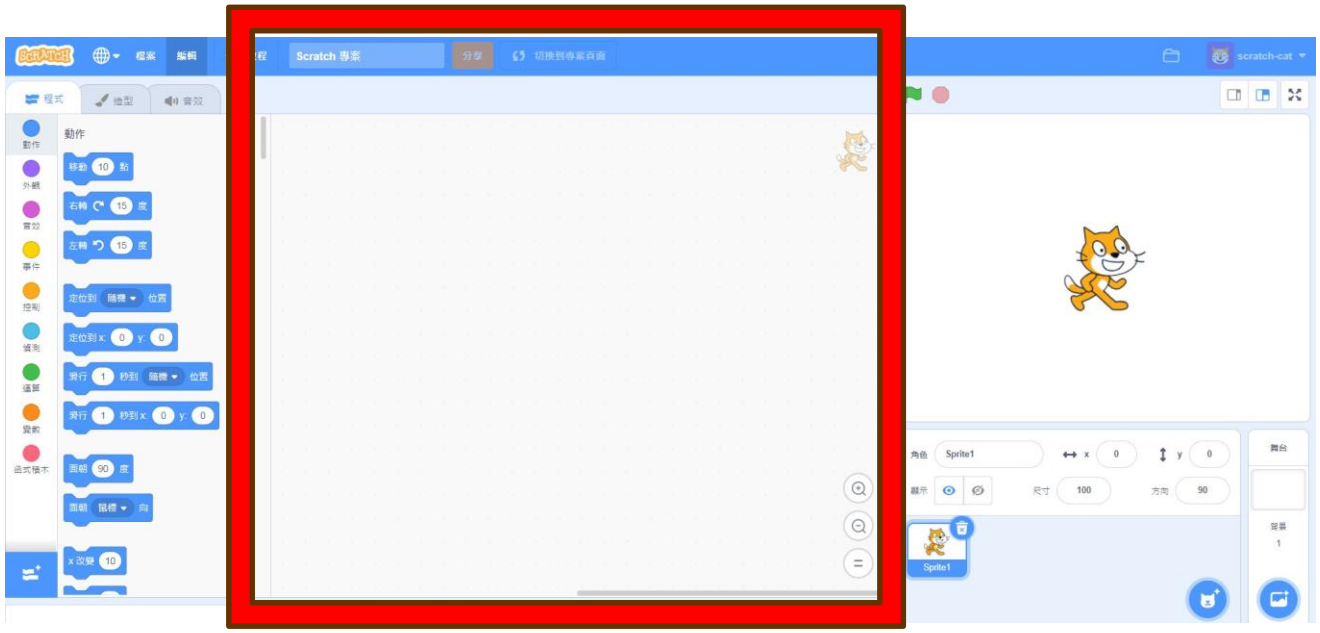
Scratch的介面

- 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。



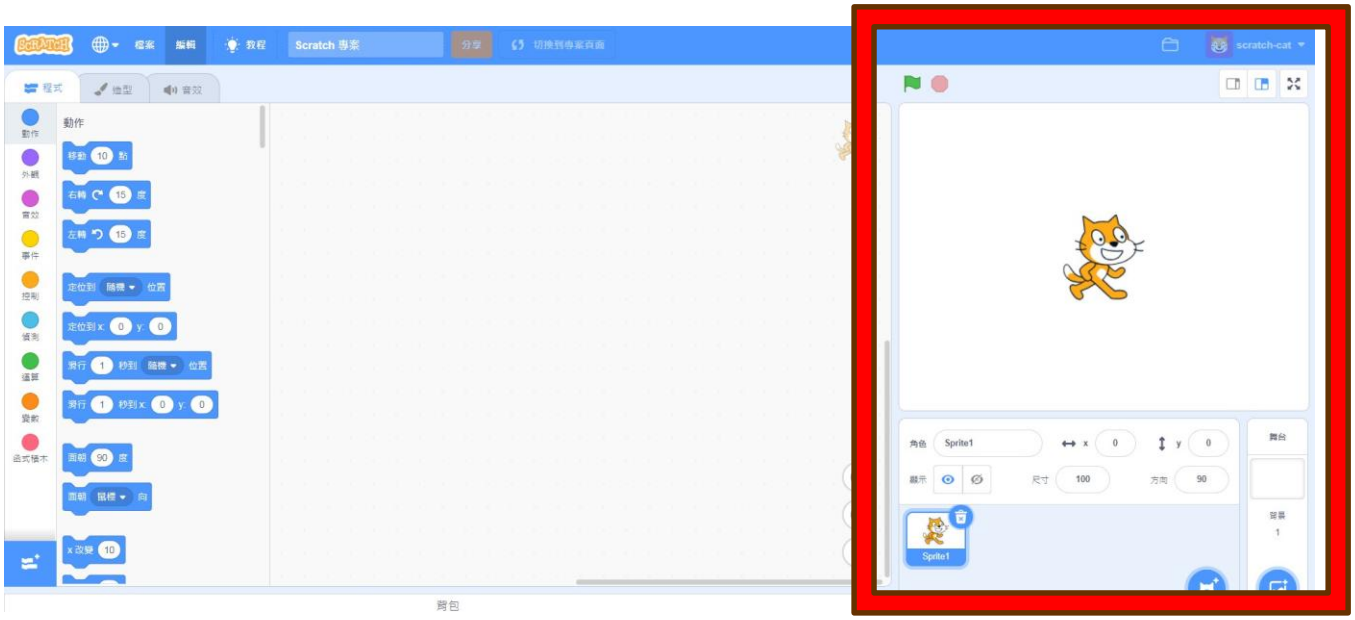
Scratch的介面

- 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

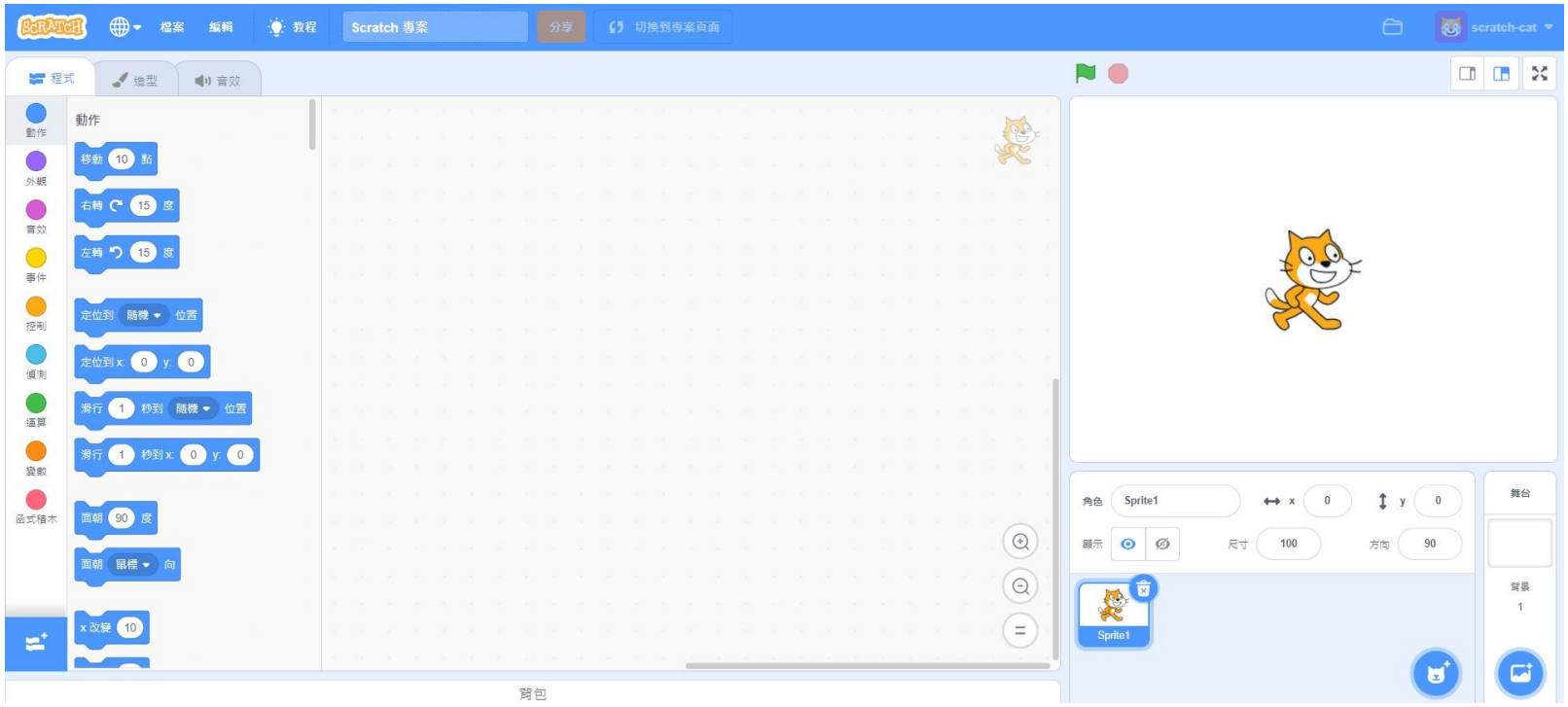
- 了解Scratch的功能之後，我們要開始寫程式了！
- 在那之前，我們先回到剛剛已經打開的Rabboni APP，點選「編輯名稱」，並將名稱改為「RAB」。（要記得大寫！）

Rabboni與Scratch的連接

- 點選「程式撰寫」， 並點擊「SCRATCH」

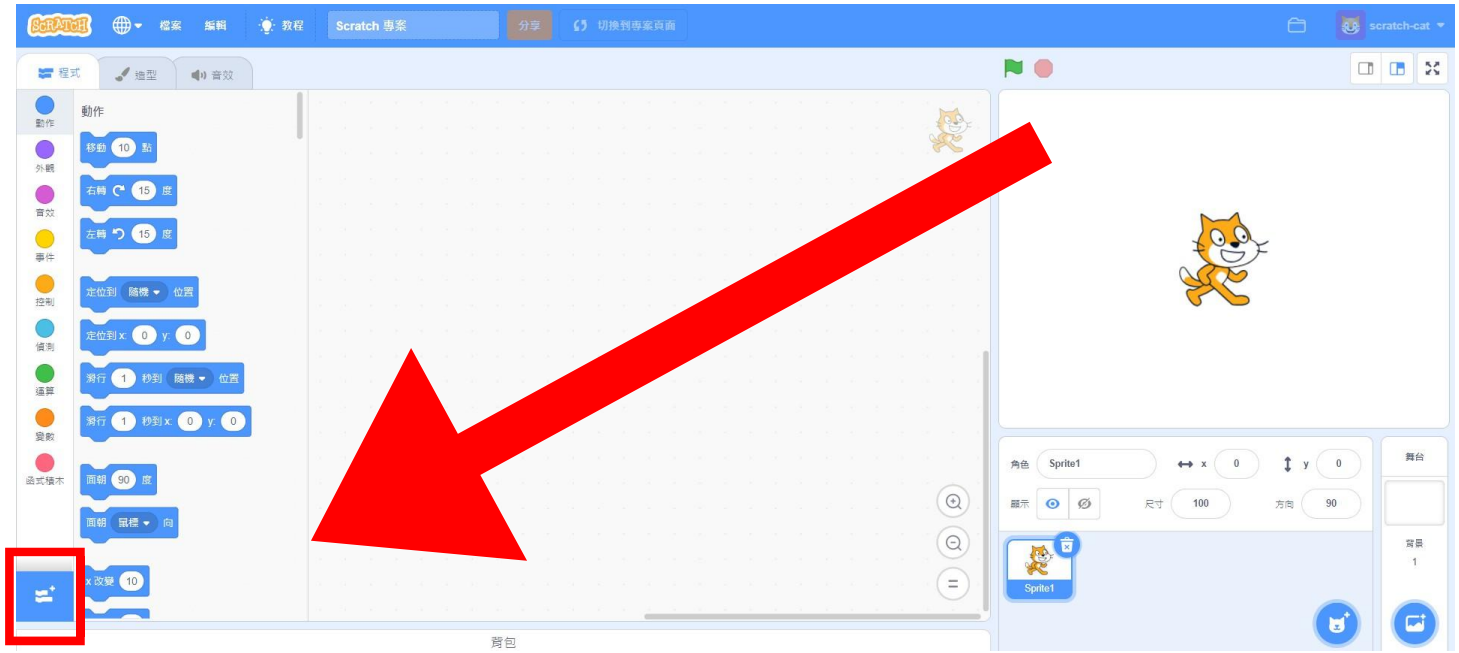
Rabboni與Scratch的連接

- 此時會自動導向至scratch網頁介面



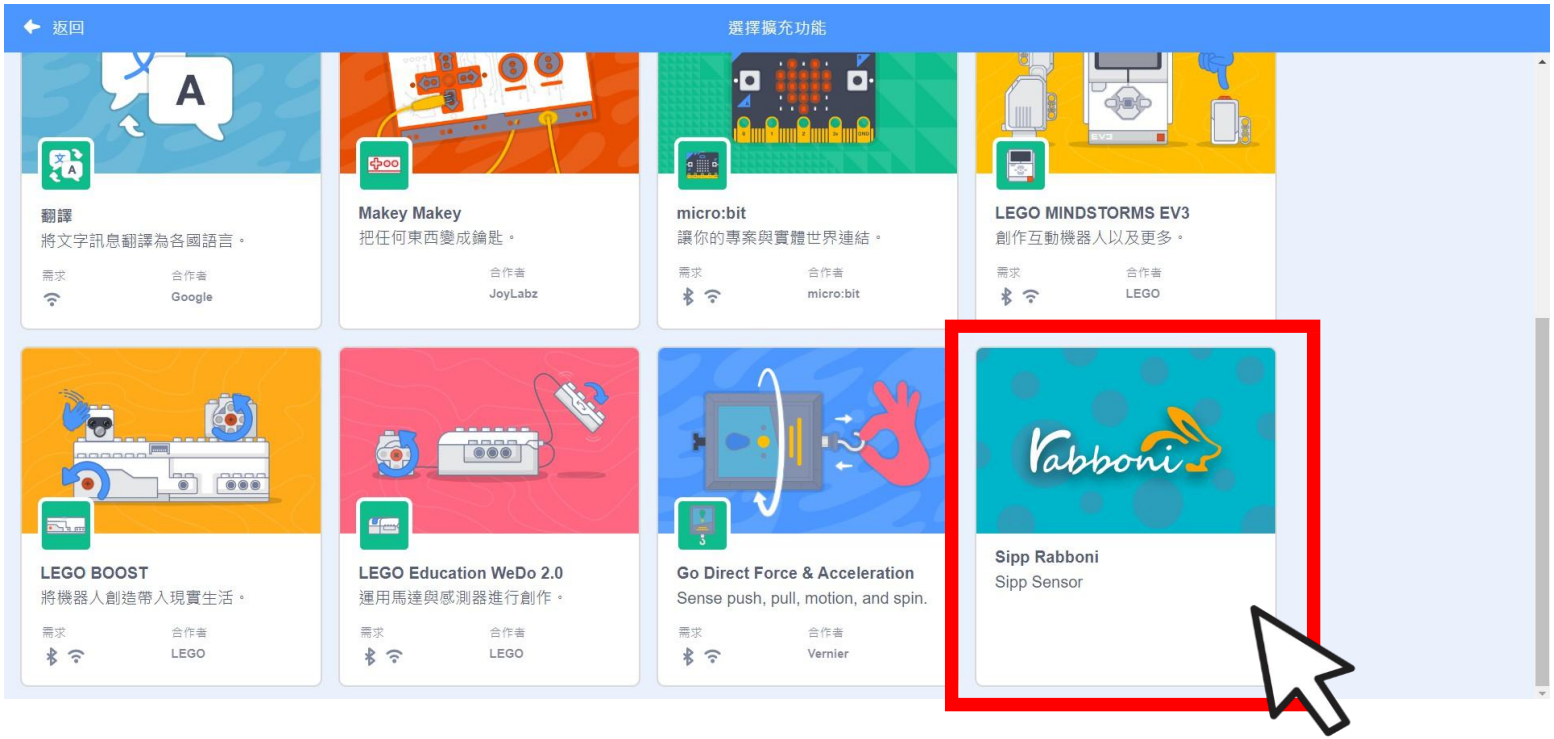
Rabboni與Scratch的連接

- 點選左下角有+符號的按鈕



Rabboni與Scratch的連接

- 點選「Sipp Rabboni」



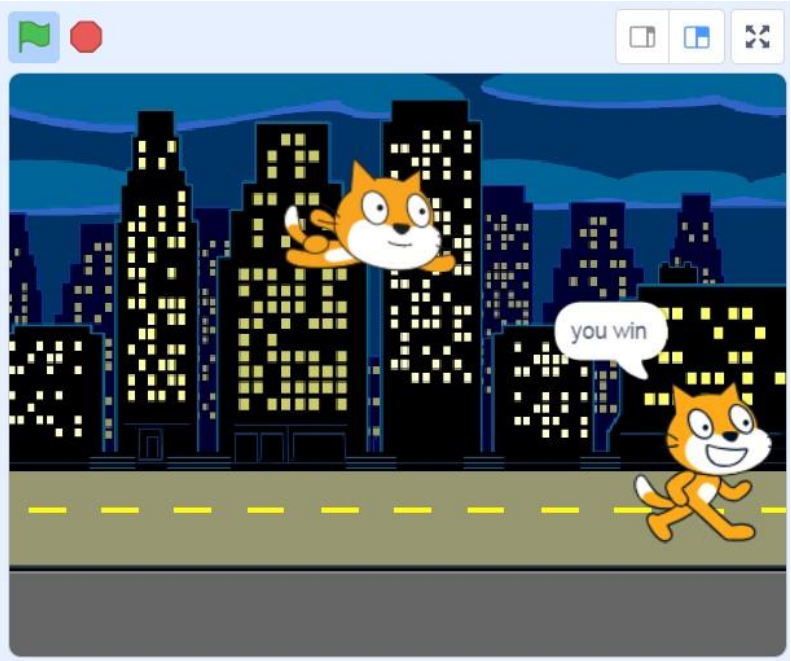
Rabboni與Scratch的連接

- 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！

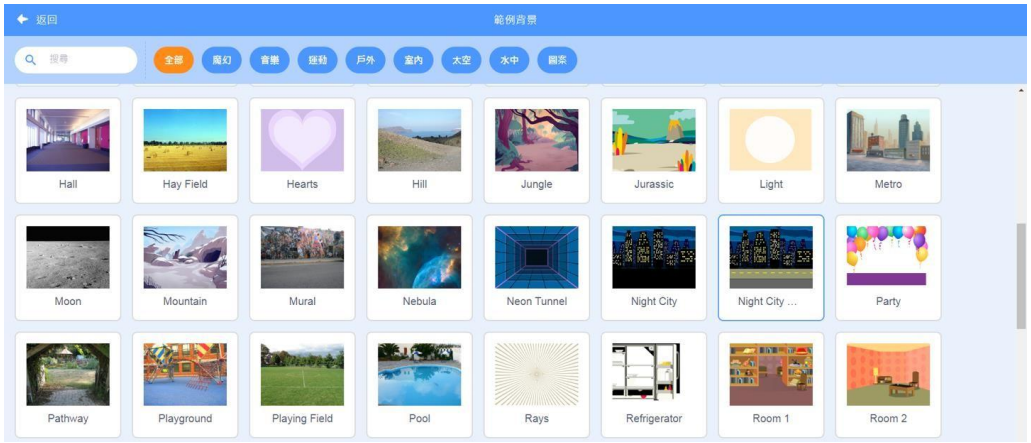
開始寫遊戲：貓咪賽跑比賽

- 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」。



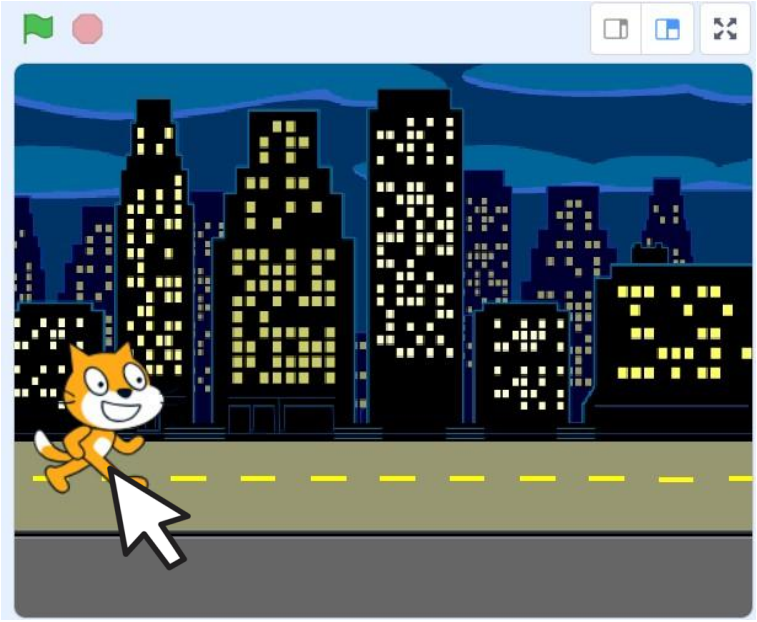
任務一：讓貓咪跑起來

- 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

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，我們每按一下空白鍵貓咪就會移動一步。

❶控制→重複直到迴圈
❷偵測→碰到邊緣
❸控制→如果...那麼
❹偵測→空白鍵被按下
❺動作→移動2點

任務一：讓貓咪跑起來

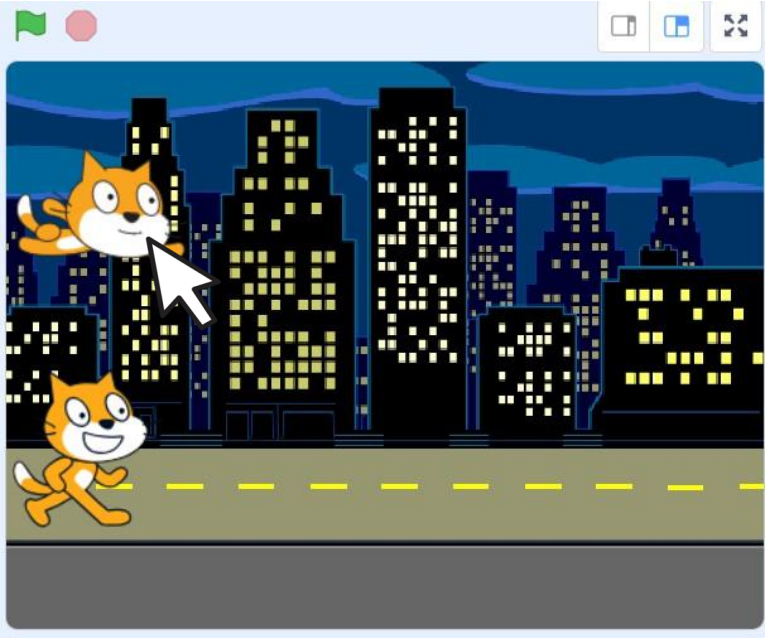
- 不過現在的貓咪只能「滑行」，看起來沒有跑步的感覺，怎麼辦？進入外觀→造型換成下一個，放在移動的下方。
- 現在按下綠色旗子，並按一下空白鍵，貓就可以跑起來了!

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

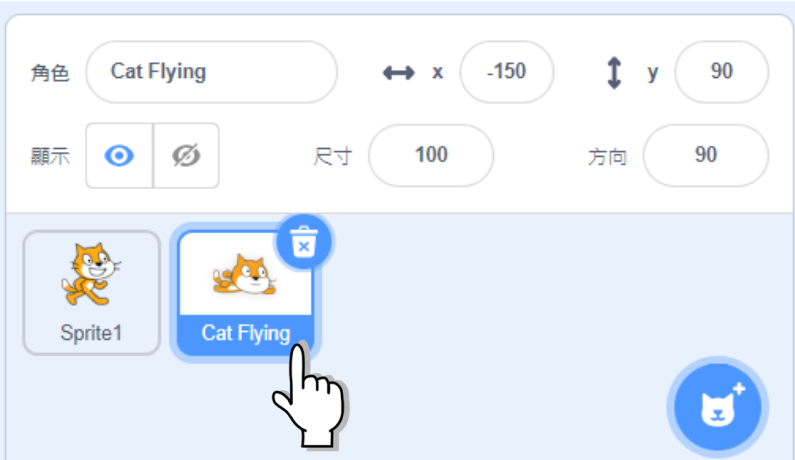
當我們寫不同角色的程式時，要注意右下角有沒有選取到正確的角色

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。

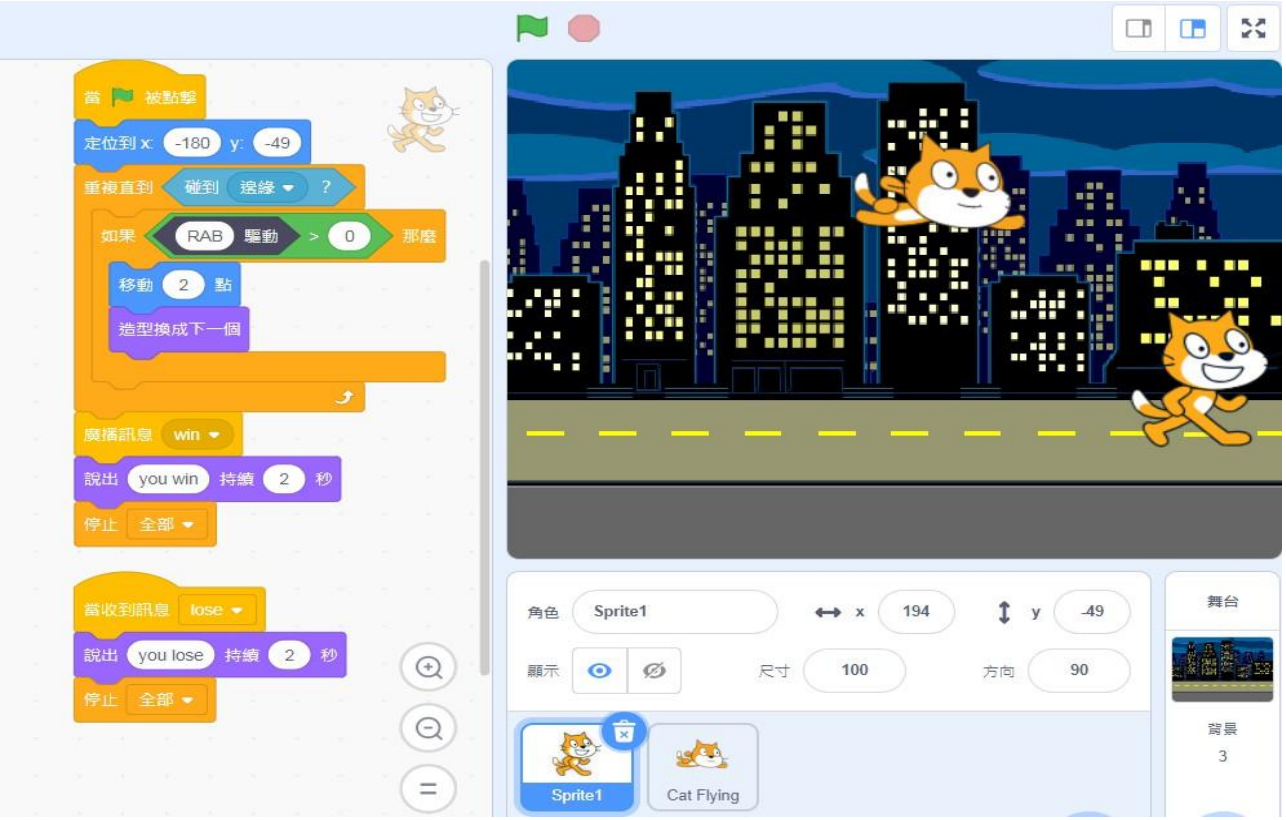


任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 我們目前是以空白鍵來讓貓咪跑步，如果我想要用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。

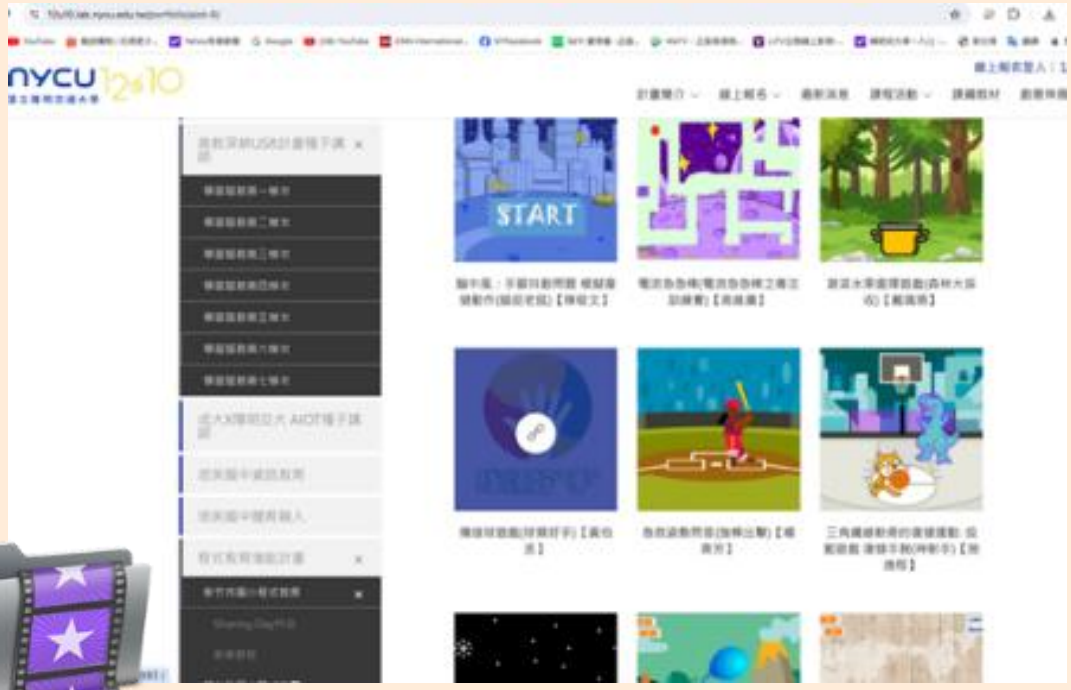
任務四：改以Rabboni操控玩家角色

- 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/



大哥哥大姊姊幫大家準備了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