

數位邏輯工程設計極簡體驗

黃敦紀

建國中學

2020

1

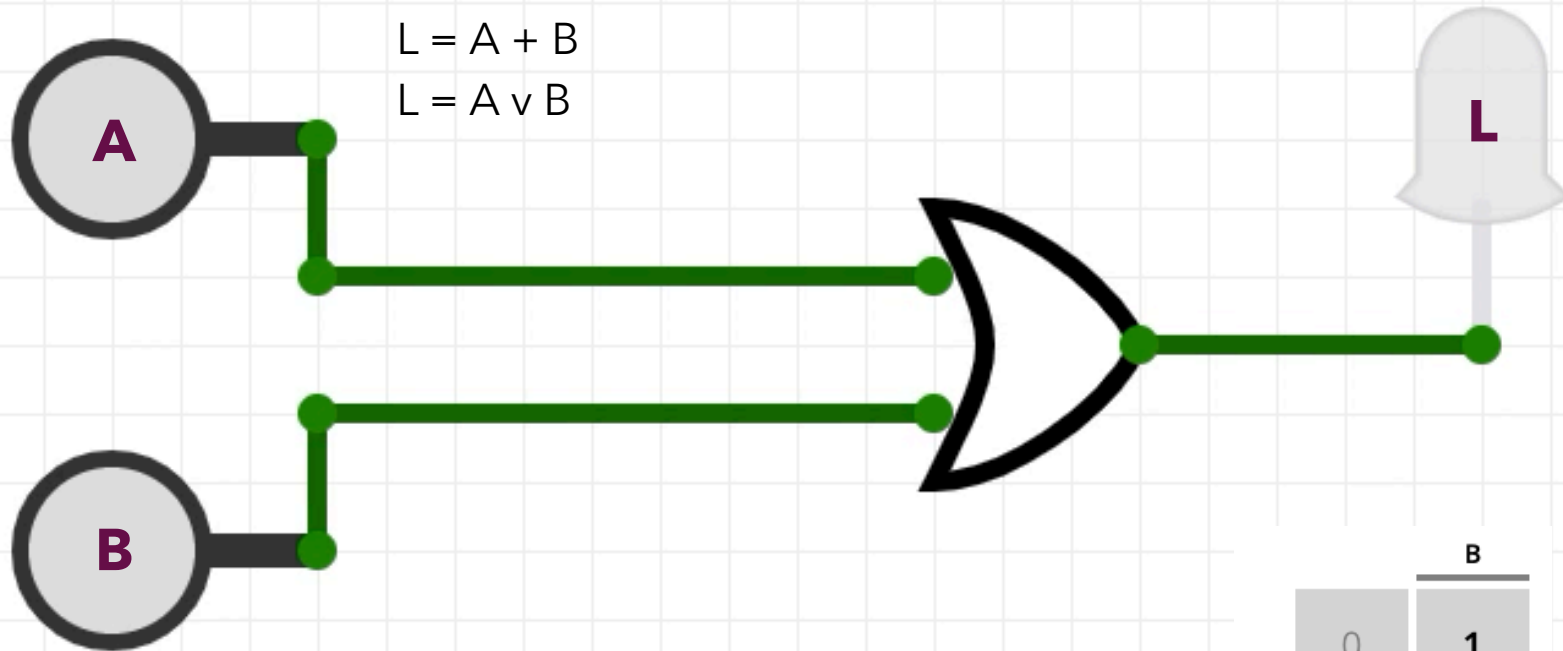
$L = A \text{ 或 } B$

$L = A \text{ or } B$

數學中用來表示邏輯運算的符號：

$L = A + B$

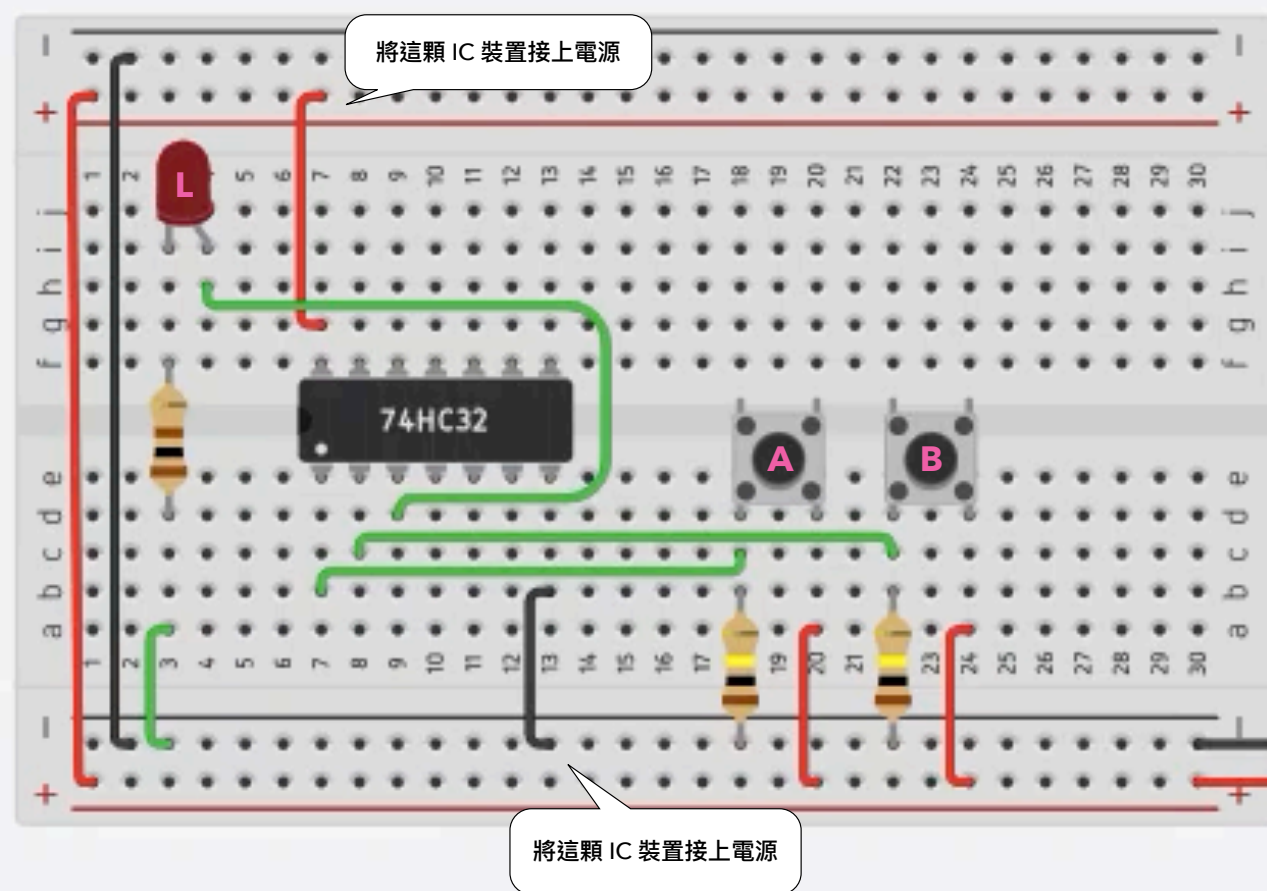
$L = A \vee B$



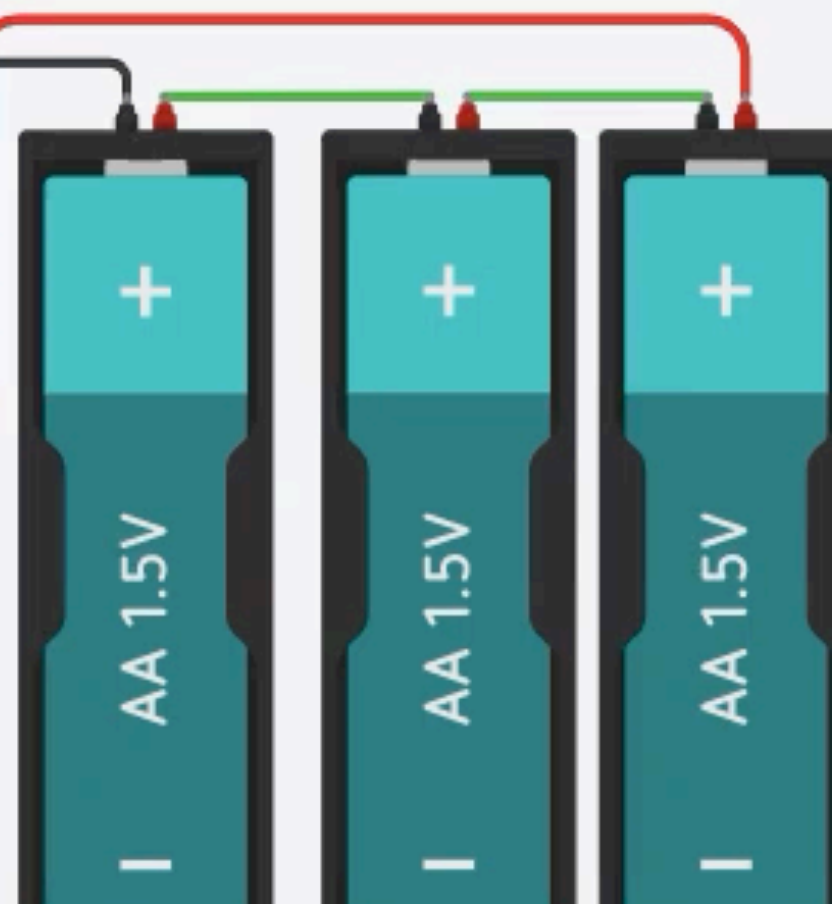
真值表/卡諾圖 (Karnaugh map)

	B	
	0	1
A	1	1

1

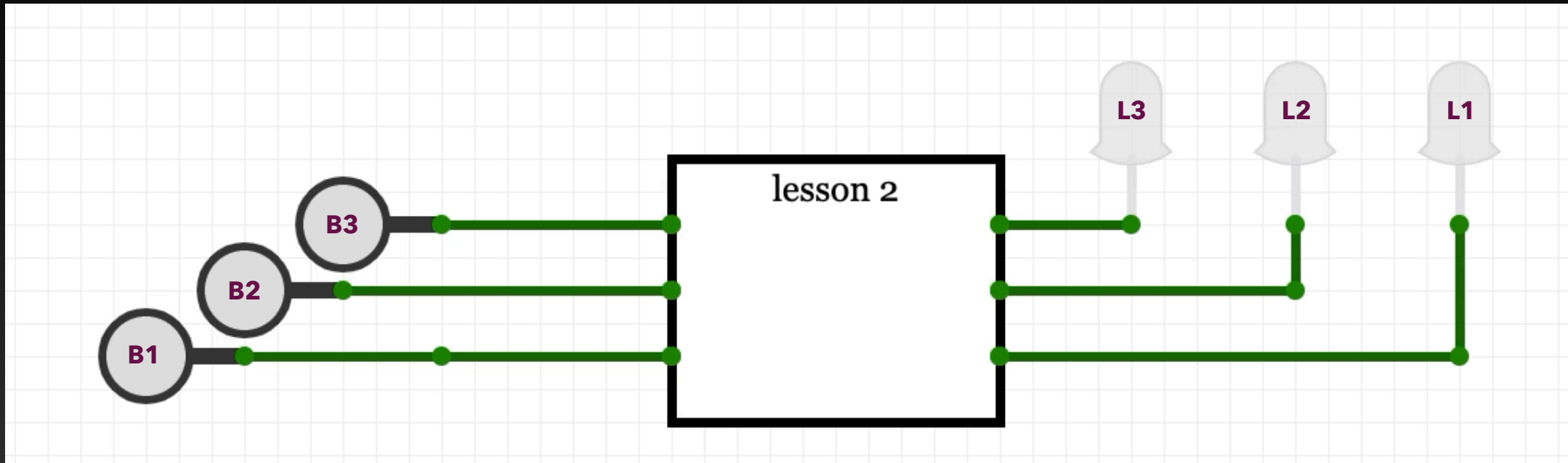


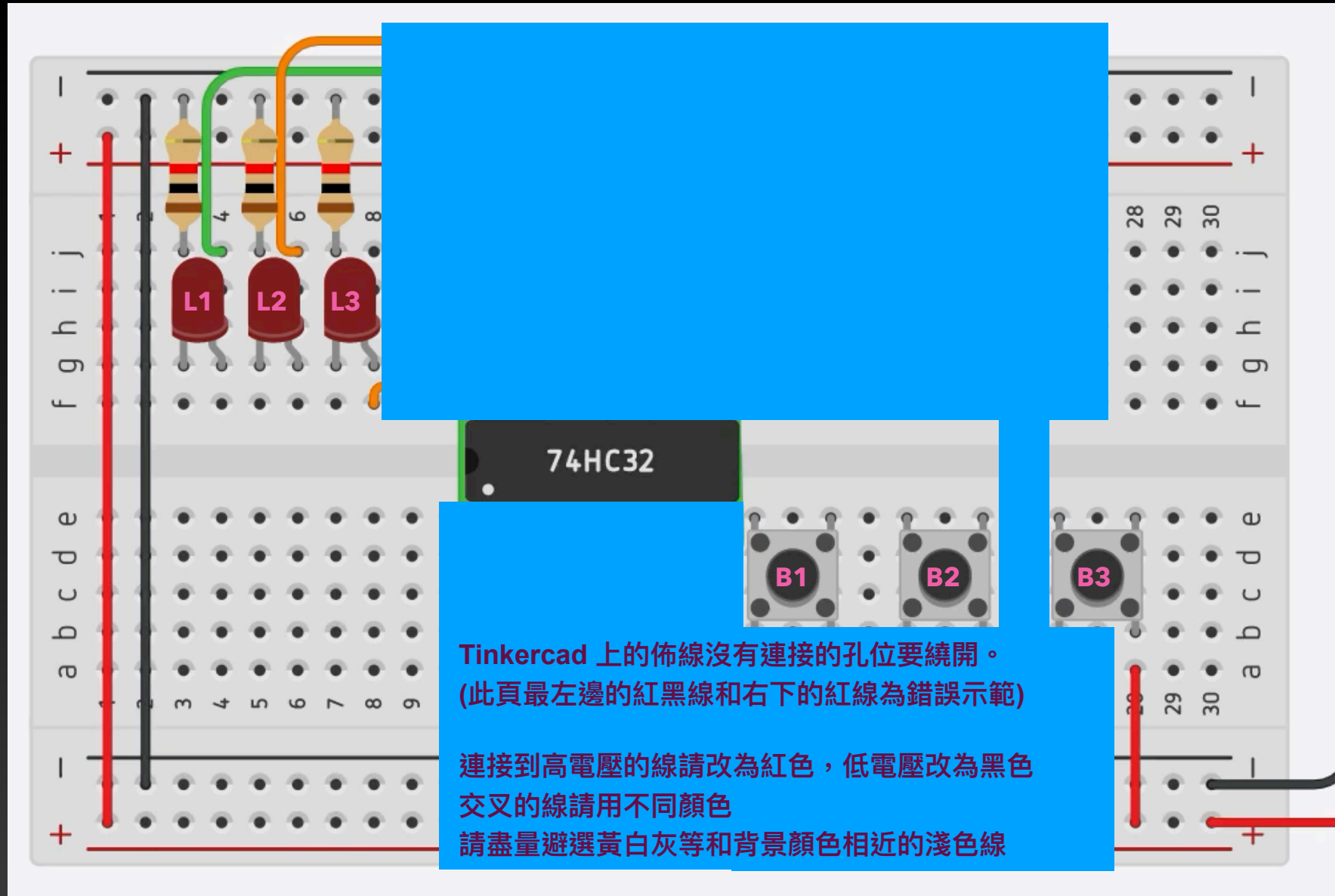
Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色



2

請用 OR gates 完成，且 LEDs 不要直接並聯 ...





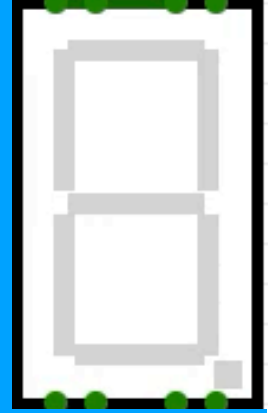
3

請用
3 ~ 4 個
OR gates
完成，
有 3 段
LEDs 可以
直接並聯
其他均不
須要直接
並聯

B1

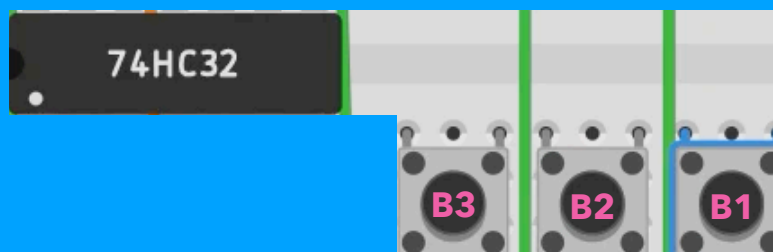
B2

B3



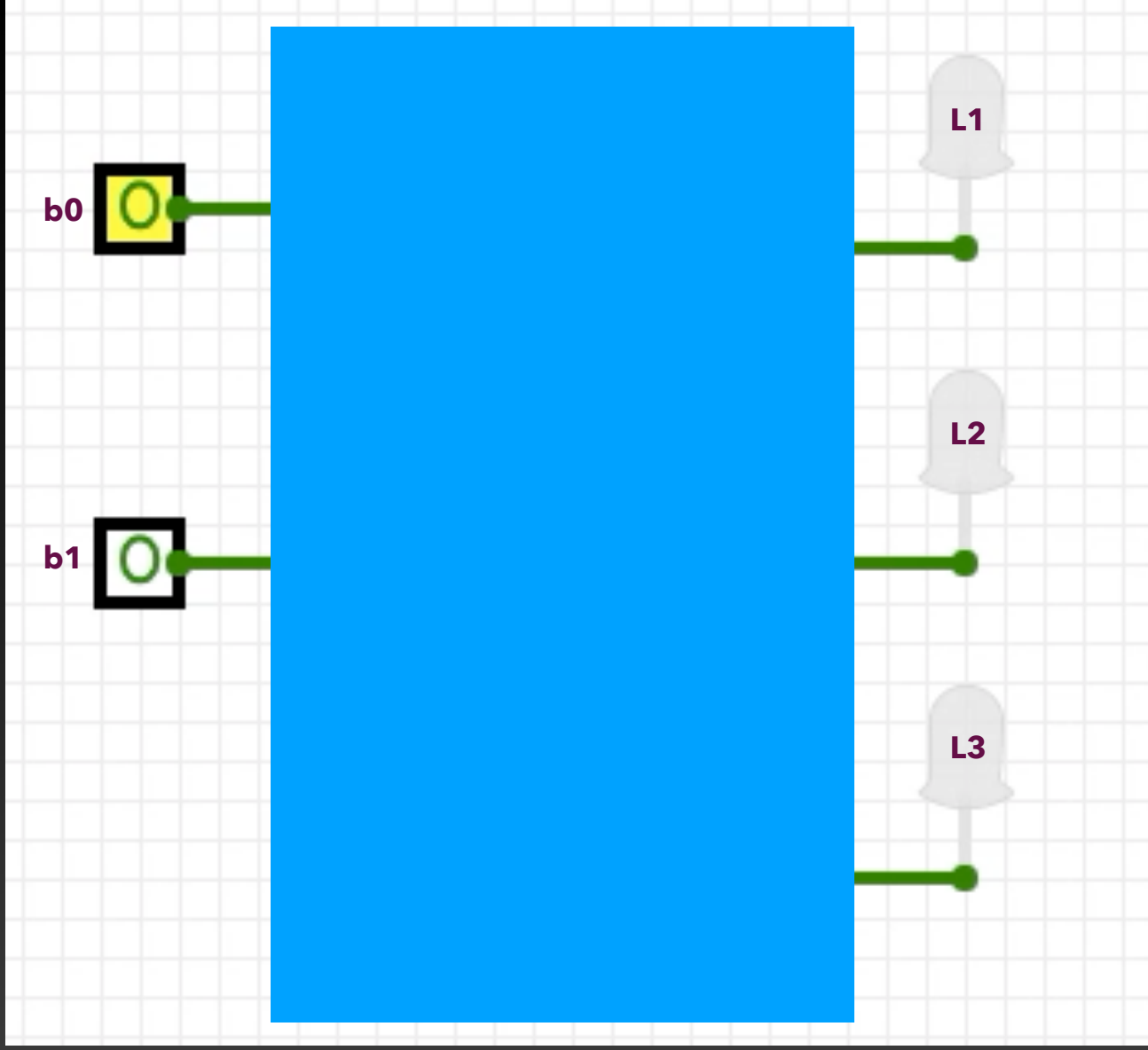
3

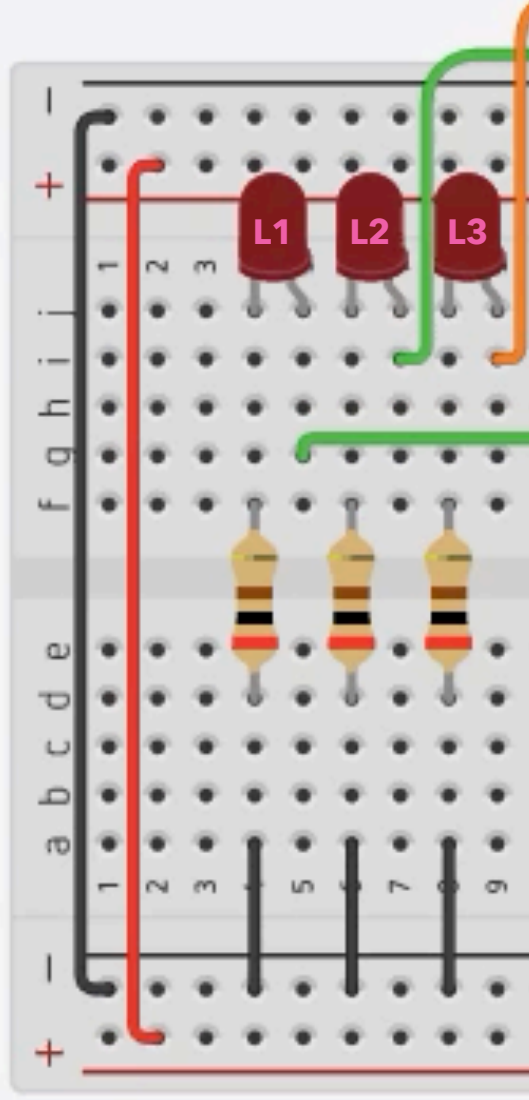
Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
交叉的線請用不同顏色
請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線



4

用 2 個開關做二進位的編碼解讀亮對應數量的燈



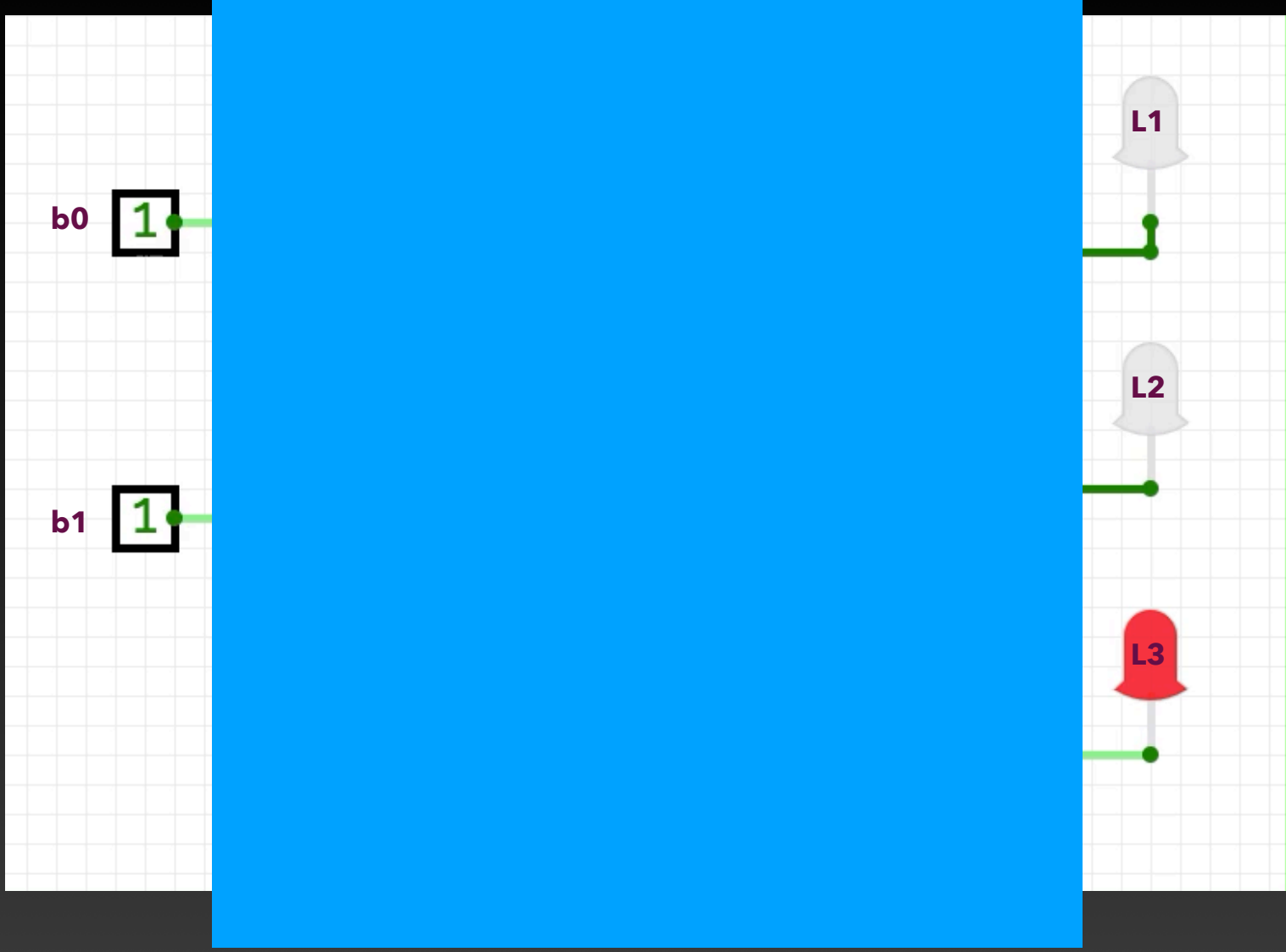


Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
 連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
 交叉的線請用不同顏色
 請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線

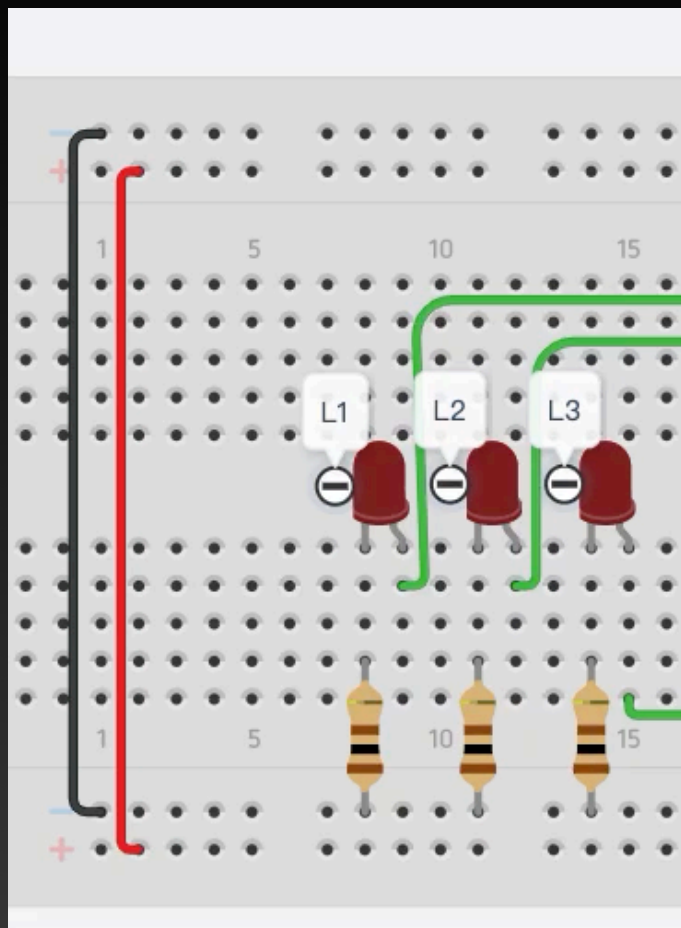


5

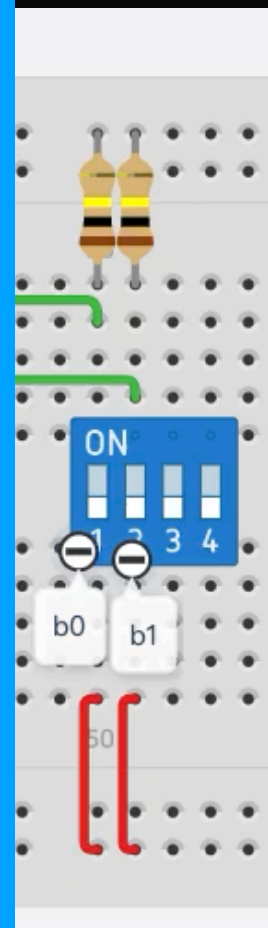
用 2 個開關做二進位的編碼解讀亮對應的燈



5

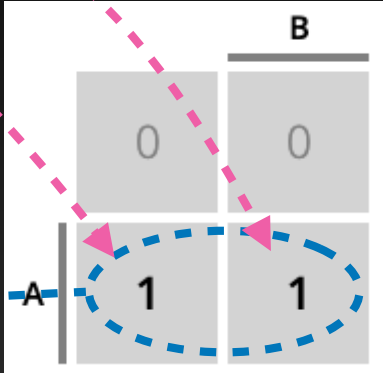


Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
交叉的線請用不同顏色
請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線



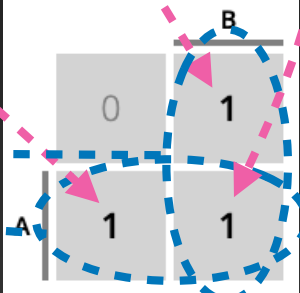
卡諾圖邏輯簡化

2 個輸入例 1

$$\begin{aligned} L &= A \cdot \overline{B} + A \cdot B \\ &= A \cdot (\overline{B} + B) \\ &= A \end{aligned}$$


卡諾圖邏輯簡化

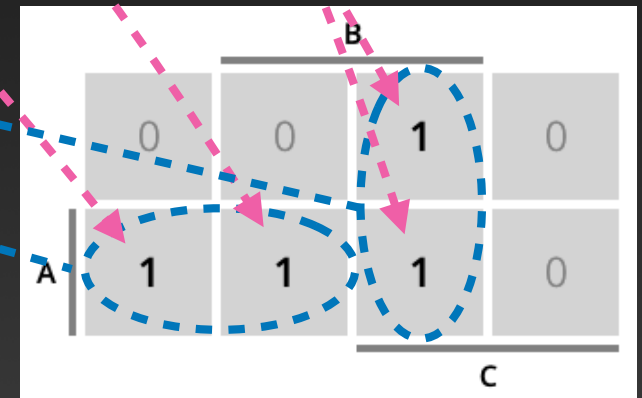
2 個輸入例 2

$$\begin{aligned} L &= A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B + A \cdot B \\ &= A \cdot \overline{B} + A \cdot B + \overline{A} \cdot B + A \cdot B \\ &= A \cdot (\overline{B} + B) + (\overline{A} + A) \cdot B \\ &= A + B \end{aligned}$$


卡諾圖邏輯簡化

3 個輸入例 1

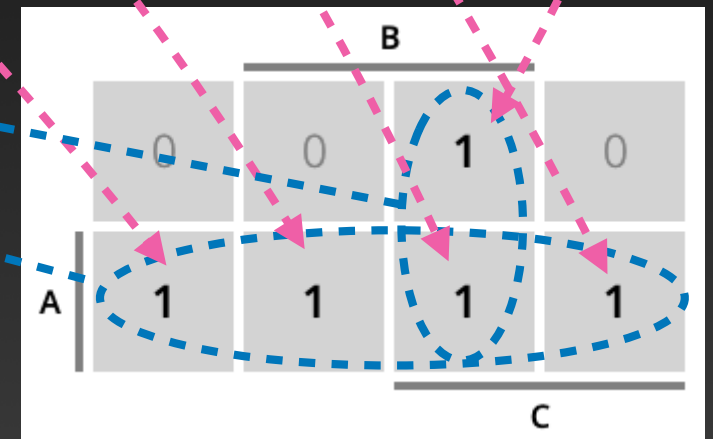
$$\begin{aligned} L &= A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C} + A \cdot B \cdot \overline{C} + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C} + A \cdot B \cdot C \\ &= A \cdot (\overline{B} + B) \cdot \overline{C} + (\overline{A} + A) \cdot B \cdot C \\ &= A \cdot \overline{C} + B \cdot C \end{aligned}$$



卡諾圖邏輯簡化

3 個輸入例 2

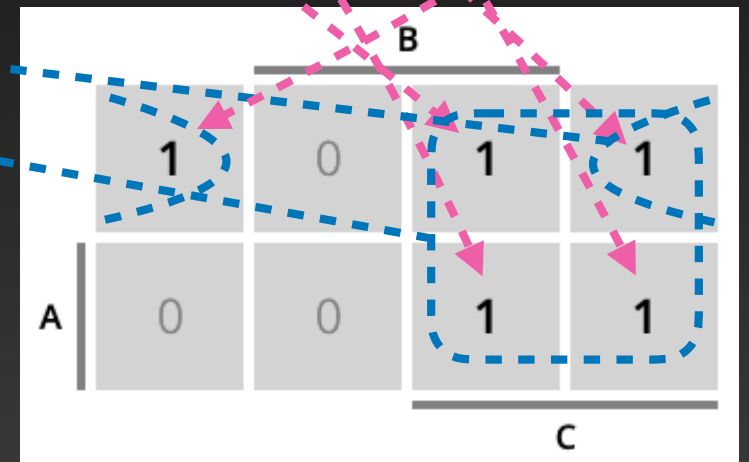
$$\begin{aligned} L &= A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C \\ &= A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot C \\ &= A + B \cdot C \end{aligned}$$



卡諾圖邏輯簡化

3 個輸入例 3

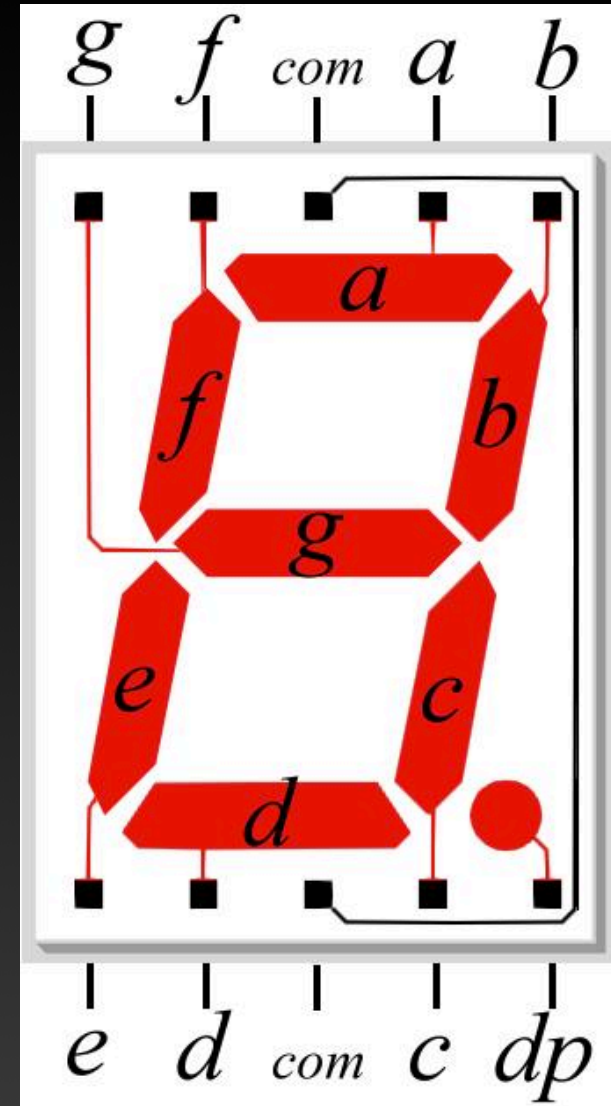
$$\begin{aligned} L &= \bar{A} \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \\ &= \bar{A} \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \\ &= C + \bar{A} \cdot \bar{B} \end{aligned}$$



6

2020 (C) Elton Huang

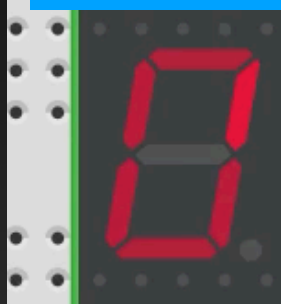
b_1b_0	dec	a	b	c	d	e	f	g
00	0	1	1	1	1	1	1	0
01	1	0	1	1	0	0	0	0
11	3	1	1	1	1	0	0	1
10	2	1	1	0	1	1	0	1



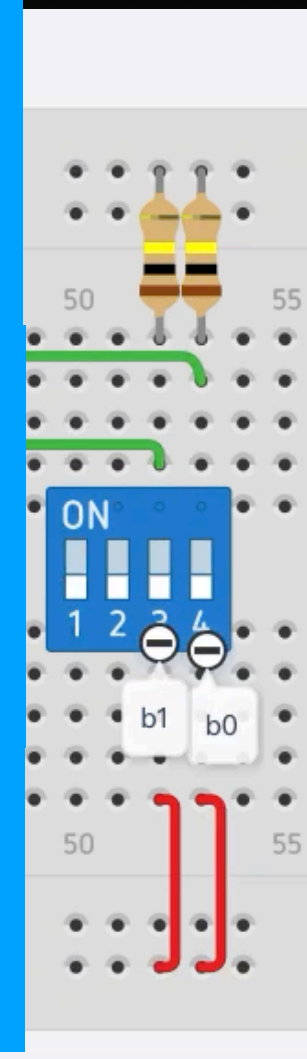
6

2020 (C) Elton Huang

用 2 個開關做二進位的編碼解讀亮對應的 7 段顯示數字



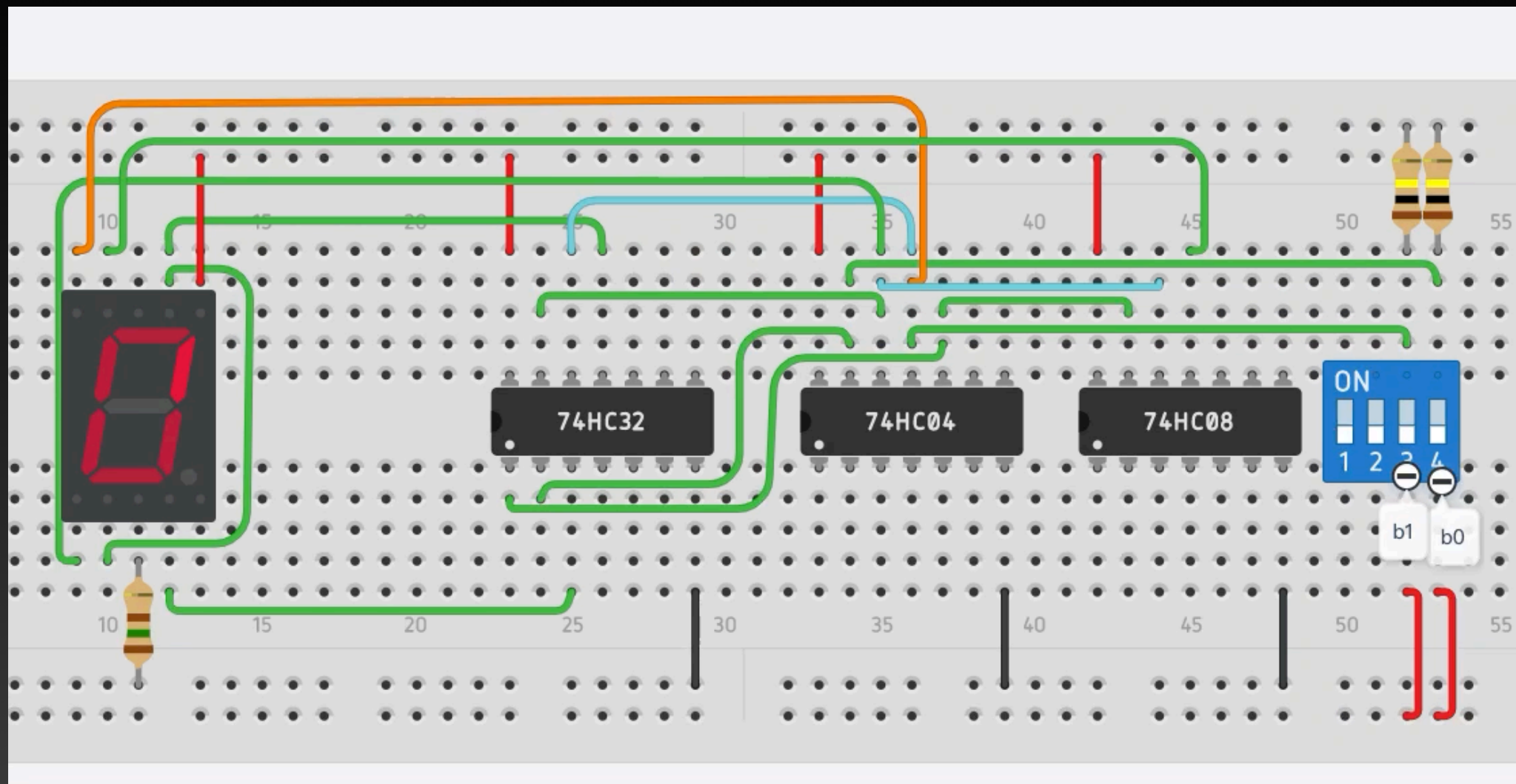
Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
交叉的線請用不同顏色
請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線



6

用 2 個開關做二進位的編碼解讀亮對應的 7 段顯示數字

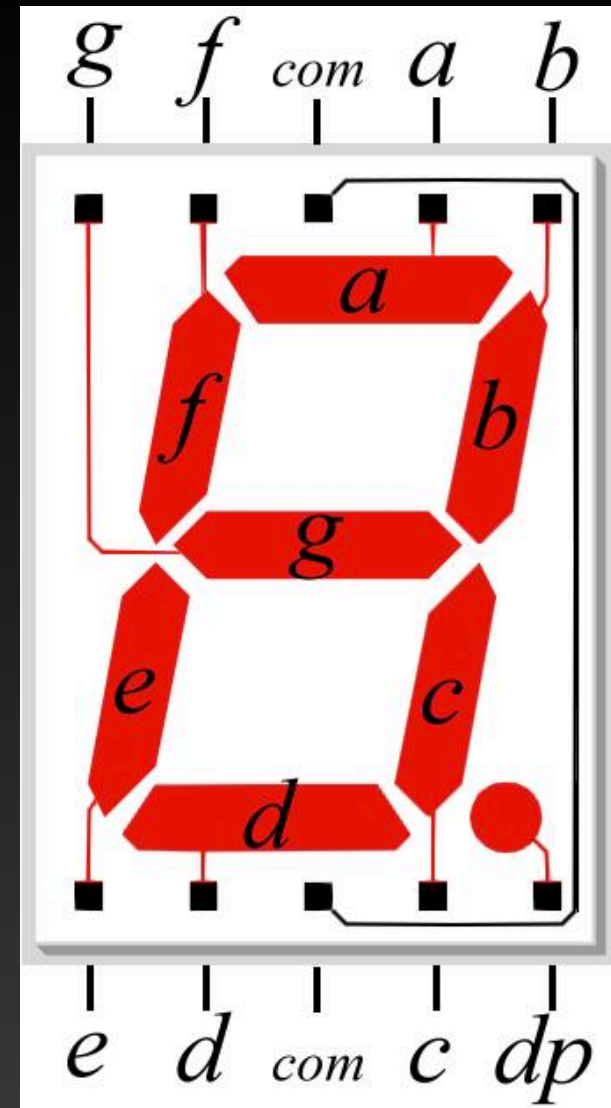
2020 (C) Elton Huang



7

2020 (C) Elton Huang

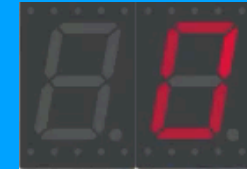
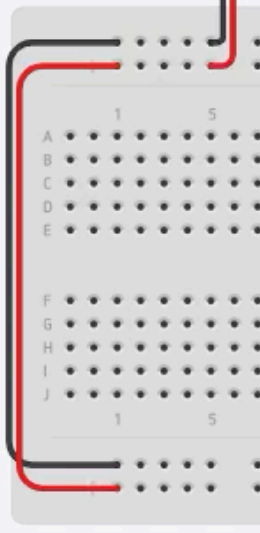
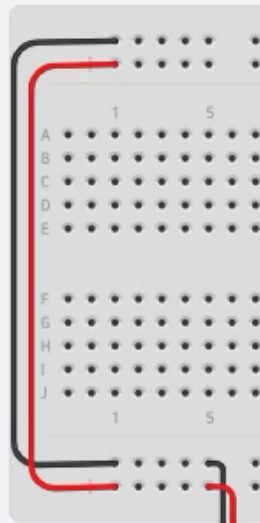
ABC	dec	a	b	c	d	e	f	g	左 g
100	-4	0	1	1	0	0	1	1	1
101	-3	1	1	1	1	0	0	1	1
111	-1	0	1	1	0	0	0	0	1
110	-2	1	1	0	1	1	0	1	1
010	2	1	1	0	1	1	0	1	0
000	0	1	1	1	1	1	1	0	0
001	1	0	1	1	0	0	0	0	0
011	3	1	1	1	1	0	0	1	0



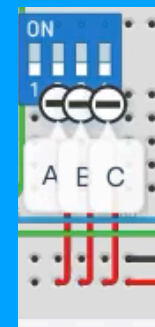
7

用 3 個開關
做二進位的編碼
解讀亮
對應的 7 段顯示
數字：-4 ~ 3

實作用 1 個 7 段
顯示器以小數點
代替負號即可



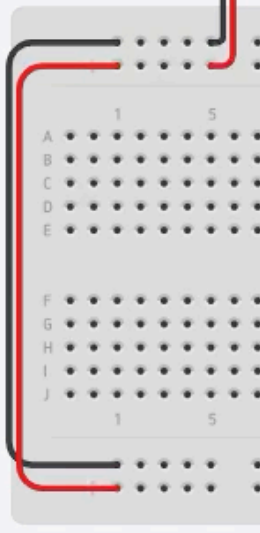
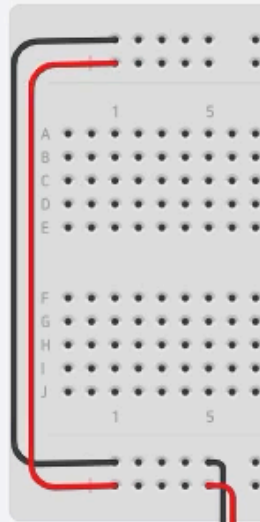
Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
交叉的線請用不同顏色
請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線



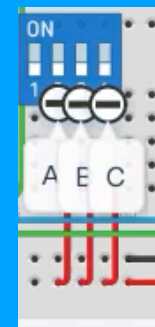
7

用 3 個開關
做二進位的編碼
解讀亮
對應的 7 段顯示
數字：-4 ~ 3

實作用 1 個 7 段
顯示器以小數點
代替負號即可



Tinkercad 上的佈線沒有連接的孔位要繞開。
連接到高電壓的線請改為紅色，低電壓改為黑色
交叉的線請用不同顏色
請盡量避選黃白灰等和背景顏色相近的淺色線



邏輯簡化和之前夾爪的極簡設計都是屬於工程設計中如何做出較佳設計的方法。這是一個重要的課題，不過可惜時間關係我們沒辦法好好探討。

希望同學能夠自己研究，有問題可以來一起討論，並且將心得和反思放入自己的學習歷程紀錄中。

目前的這些練習是數位邏輯
設計中屬於

組合邏輯
(combinational logic)

的部分。

接著要認識的是

半加器 (half adder)、
全加器 (full adder)、
選擇器 (selector)、
多工器 (multiplexer)

接著要認識
序向邏輯 (sequential logic)
包括

正反器 (flip-flop)、
Data Latch、
暫存器 (register)

接著我們就可以設計
一個簡單的圖靈機，然後
一個 4 位元的極簡微電腦
認識有些同學賴以維生的手機其
核心是如何運作的。

或許下學期我們可以開一個微課程來研究，有興趣的同學可以先報名。