

TFT LCD 面板的驅動與設計

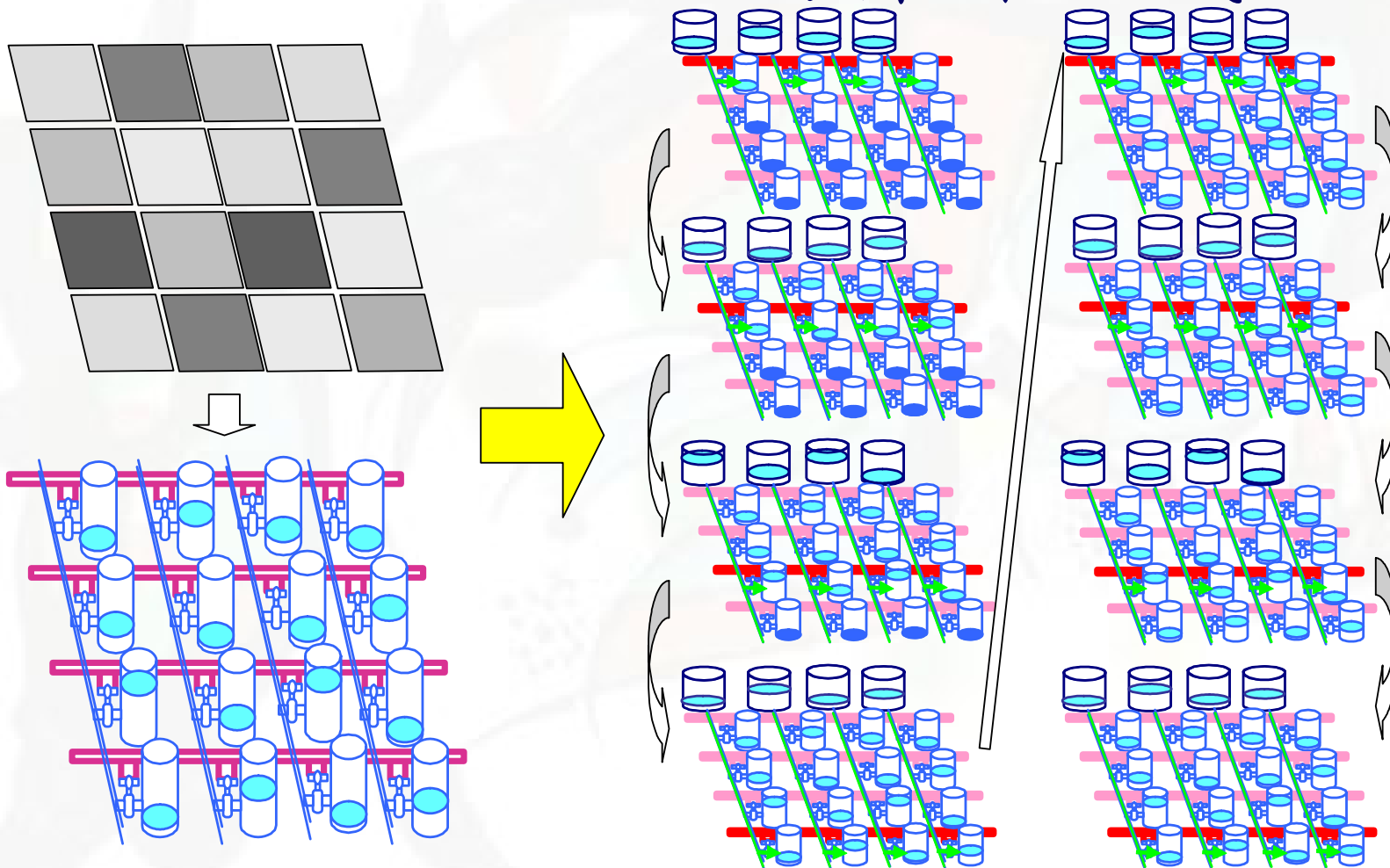
Part 2

Ya-Hsiang Tai

2. TFT LCD的操作原理

1. TFT LCD的操作方式
2. 極性反轉
3. 充電
4. 電位保持
5. 電容耦合效應
6. 信號延遲
7. 綜合效應

2.1 TFT LCD的操作方式

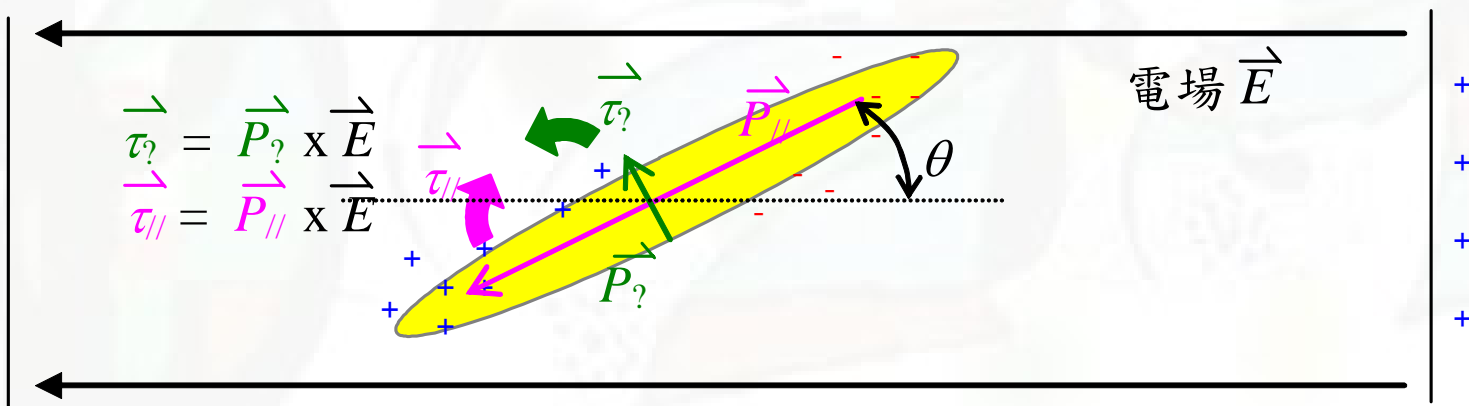


{圖2.1} TFT LCD的基本操作方式

2.2 極性反轉

2.2.1 什麼叫做“極性反轉”？

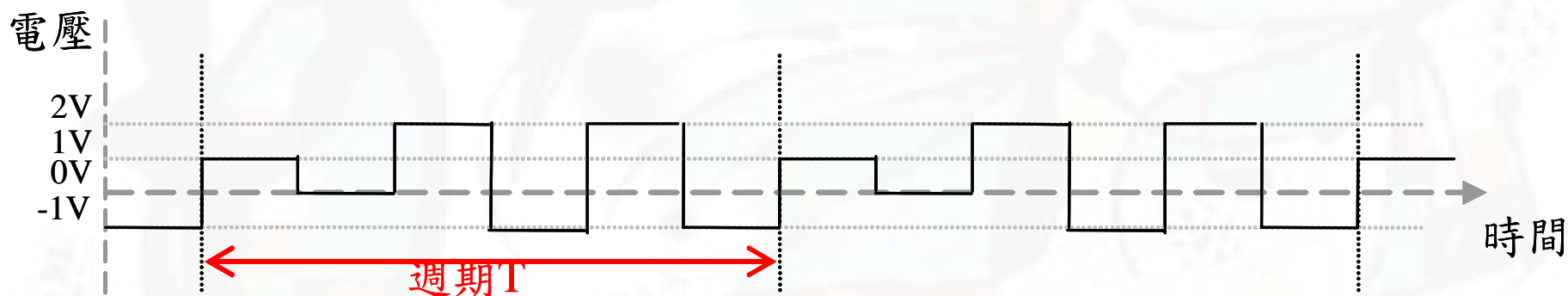
2.2.2 為什麼可以“極性反轉”？



{圖2.2} 液晶分子在電場中的電偶極與力矩

2.2 極性反轉

2.2.3 驅動電壓的方均根 (Root Mean Square, RMS)



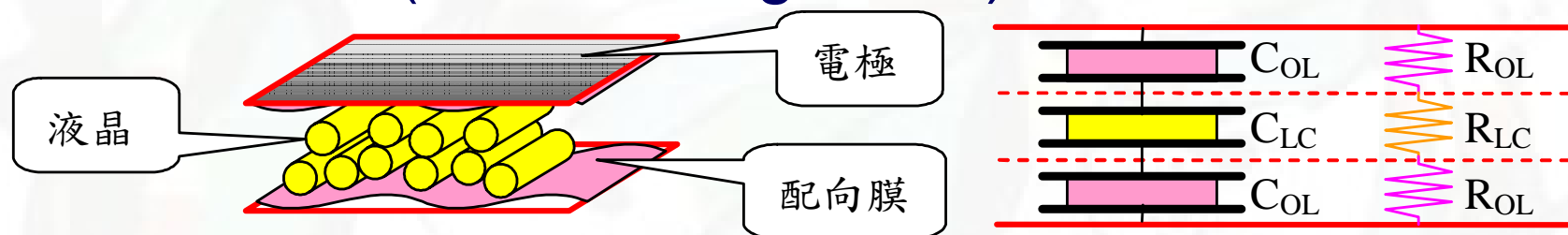
{圖2.3} 計算方均根的電壓波形

$$V_{\text{RMS}} = \left\{ \frac{T}{6} \left[(1)^2 + (0)^2 + (2)^2 + (-1)^2 + (2)^2 + (-1)^2 \right] / T \right\}^{1/2} = (11/6)^{1/2} = 1.354 \text{ (V)}$$

2.2 極性反轉

2.2.4 為什麼不能不做“極性反轉”？

2.2.4.1 配向膜(Orientation layer)的 直流阻絕效應(DC blocking effect)



{圖2.4} 液晶與配向膜的結構及其等效電路

$$C_{OL} \approx 100 C_{LC}$$

$$R_{OL} \approx 1000 R_{LC}$$

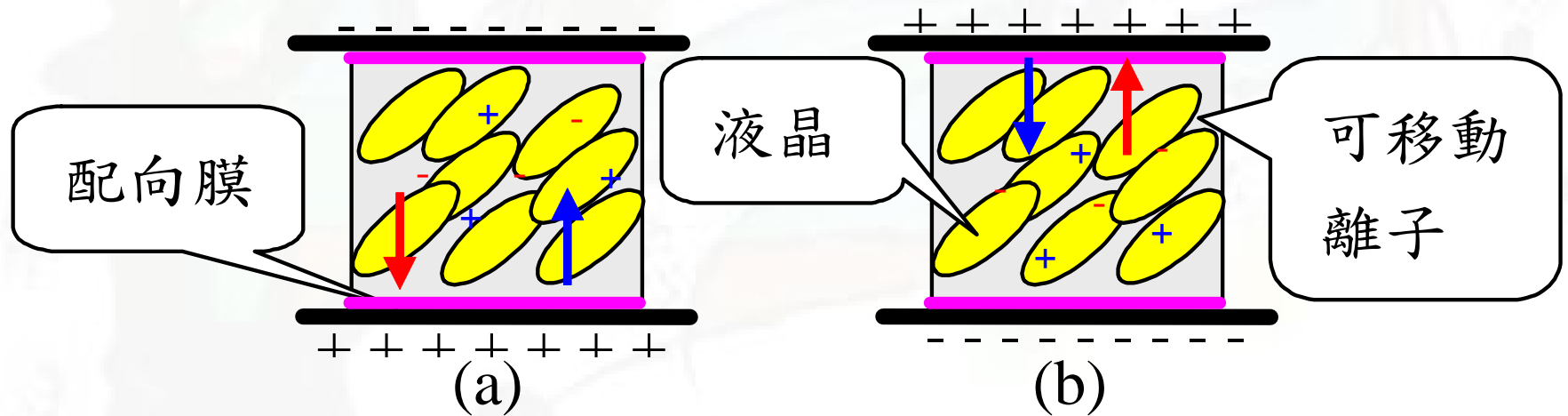
$$V_{LC} \approx [R_{LC} / (R_{OL} + R_{LC} + R_{OL})] V_{DC} \approx 1/2000 V_{DC}$$

$$V_{LC} \approx [(1/j\omega C_{LC}) / (1/j\omega C_{OL} + 1/j\omega C_{LC} + 1/j\omega C_{OL})] V_{AC} \approx V_{AC}$$

2.2 極性反轉

2.2.4 為什麼不能不做“極性反轉”？

2.2.4.2 可移動離子(Mobile ions)與
直流殘留(DC residue)



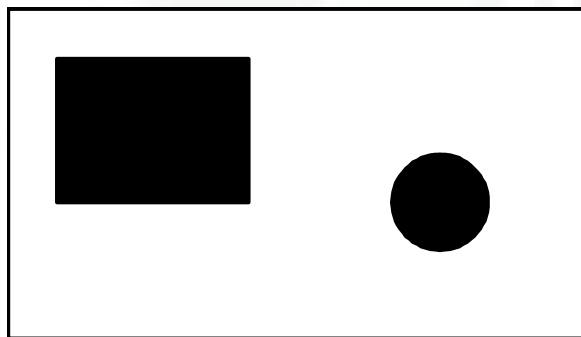
{圖2.5} 可移動離子在施加電壓時的移動情形

2.2 極性反轉

2.2.4 為什麼不能不做“極性反轉”?

2.2.4.2 可移動離子(Mobile ions)與
直流殘留(DC residue)

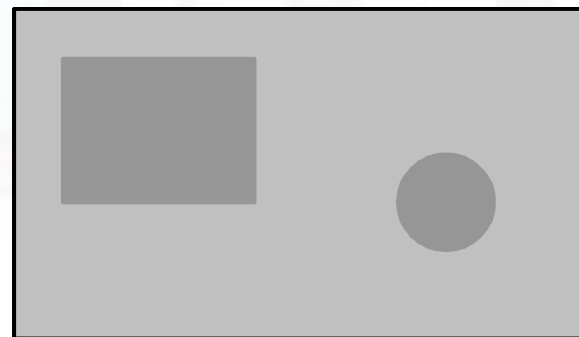
白底黑圖案畫面



持續一段時間



全灰色畫面中出現之前圖案

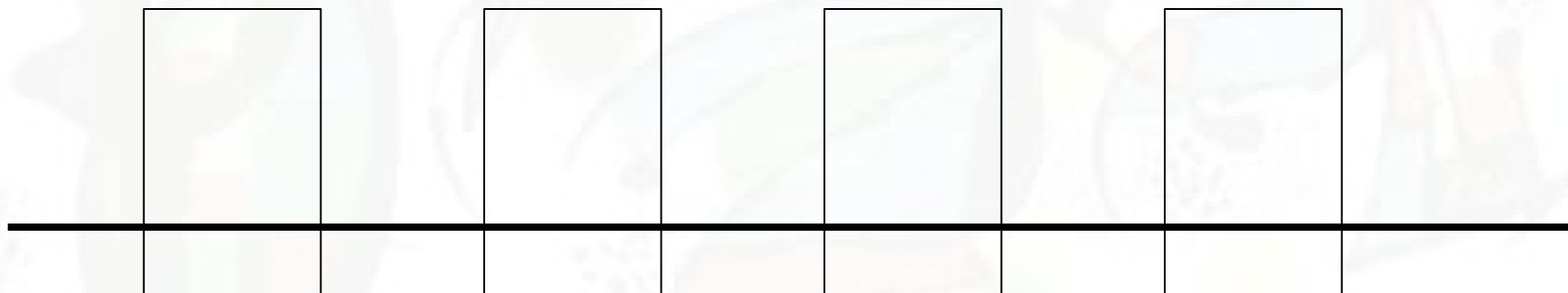


{圖2.6} 直流殘留的明顯效應

2.2 極性反轉

2.2.4 為什麼不能不做“極性反轉”？

2.2.4.3 閃爍(flicker)



2.2 極性反轉

2.2.5 畫素陣列極性反轉的方式

		Frame N Column					Frame N+1 Column						
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Row	1	+	+	+	+	+	+	1	-	-	-	-	-
	2	+	+	+	+	+	+	2	-	-	-	-	-
	3	+	+	+	+	+	+	3	-	-	-	-	-
	4	+	+	+	+	+	+	4	-	-	-	-	-
	5	+	+	+	+	+	+	5	-	-	-	-	-

圖框反轉 Frame inversion

		Frame N Column					Frame N+1 Column						
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Row	1	+	+	+	+	+	+	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	2	+	+	+	+	+
	3	+	+	+	+	+	+	3	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-	-	4	+	+	+	+	+
	5	+	+	+	+	+	+	5	-	-	-	-	-

列反轉 Row inversion

		Frame N Column					Frame N+1 Column						
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Row	1	+	-	+	-	+		1	-	+	-	+	-
	2	+	-	+	-	+		2	-	+	-	+	-
	3	+	-	+	-	+		3	-	+	-	+	-
	4	+	-	+	-	+		4	-	+	-	+	-
	5	+	-	+	-	+		5	-	+	-	+	-

欄反轉 Column inversion

		Frame N Column					Frame N+1 Column						
			1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Row	1	+	-	+	-	+		1	-	+	-	+	-
	2	-	+	-	+	-		2	+	-	+	-	+
	3	+	-	+	-	+		3	-	+	-	+	-
	4	-	+	-	+	-		4	+	-	+	-	+
	5	+	-	+	-	+		5	-	+	-	+	-

點反轉 Dot inversion

2.2 極性反轉

2.2.5 畫素陣列極性反轉的方式

		Frame N Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	+	+	+	+	+
	2	+	+	+	+	+
	3	+	+	+	+	+
	4	-	-	-	-	-
	5	-	-	-	-	-

		Frame N+1 Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-
	4	+	+	+	+	+
	5	+	+	+	+	+

圖框反轉 Frame inversion

		Frame N Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	+	+	+	+	+
	2	-	-	-	-	-
	3	+	+	+	+	+
	4	+	+	+	+	+
	5	-	-	-	-	-

		Frame N+1 Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	-	-	-	-	-
	2	+	+	+	+	+
	3	-	-	-	-	-
	4	-	-	-	-	-
	5	+	+	+	+	+

列反轉 Row inversion

		Frame N Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	+	-	+	-	+
	2	+	-	+	-	+
	3	+	-	+	-	+
	4	-	+	-	+	-
	5	-	+	-	+	-

		Frame N+1 Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	-	+	-	+	-
	2	-	+	-	+	-
	3	-	+	-	+	-
	4	+	-	+	-	+
	5	+	-	+	-	+

欄反轉 Column inversion

		Frame N Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	+	-	+	-	+
	2	-	+	-	+	-
	3	+	-	+	-	+
	4	+	-	+	-	+
	5	-	+	-	+	-

		Frame N+1 Column				
		1	2	3	4	5
Row	1	-	+	-	+	-
	2	+	-	+	-	+
	3	-	+	-	+	-
	4	-	+	-	+	-
	5	+	-	+	-	+

點反轉 inversion

{圖2.7} 常見的畫素陣列極性反轉的方式 (b)圖框進行中的各畫素極性

2.3 充電 (Charging)

2.3.1 充電與放電電流 $I_{\text{charge}} dt_{\text{charge}} > C_{\text{charge}} dV_{\text{charge}}$

2.3.2 充電時間

2.3.3 電壓範圍

2.3.3.1 資料驅動IC電壓範圍

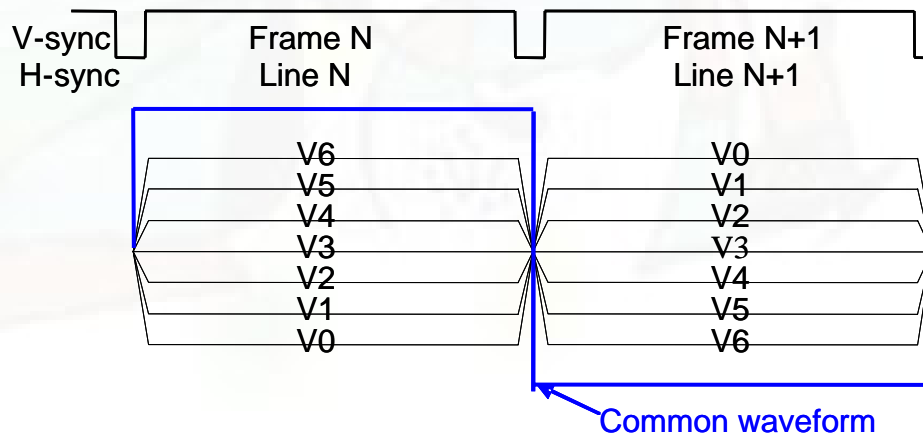
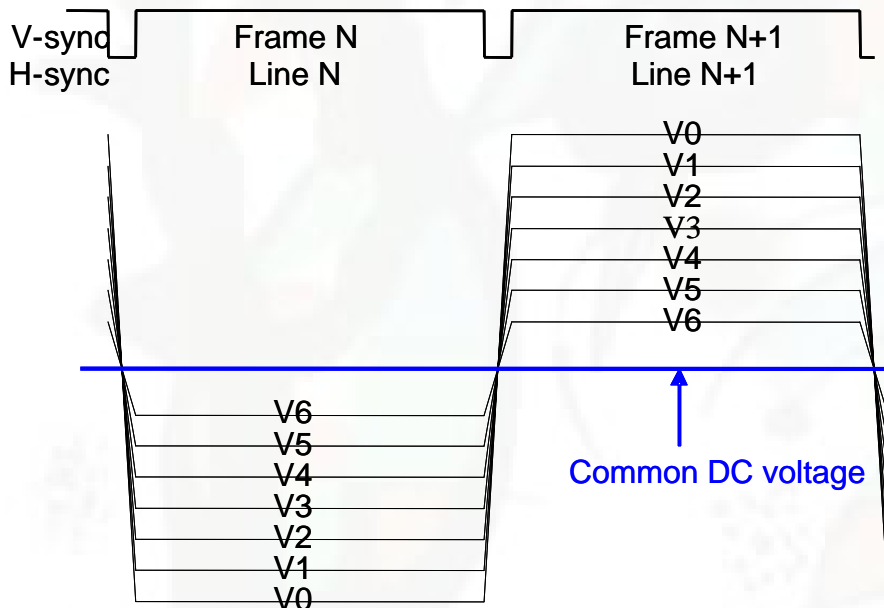
2.3.3.1.1 資料驅動IC輸出電壓範圍的降低

2.3.3.1.2 共電極電壓調變

(Common modulation, 或稱common toggle)

2.3 充電 (Charging)

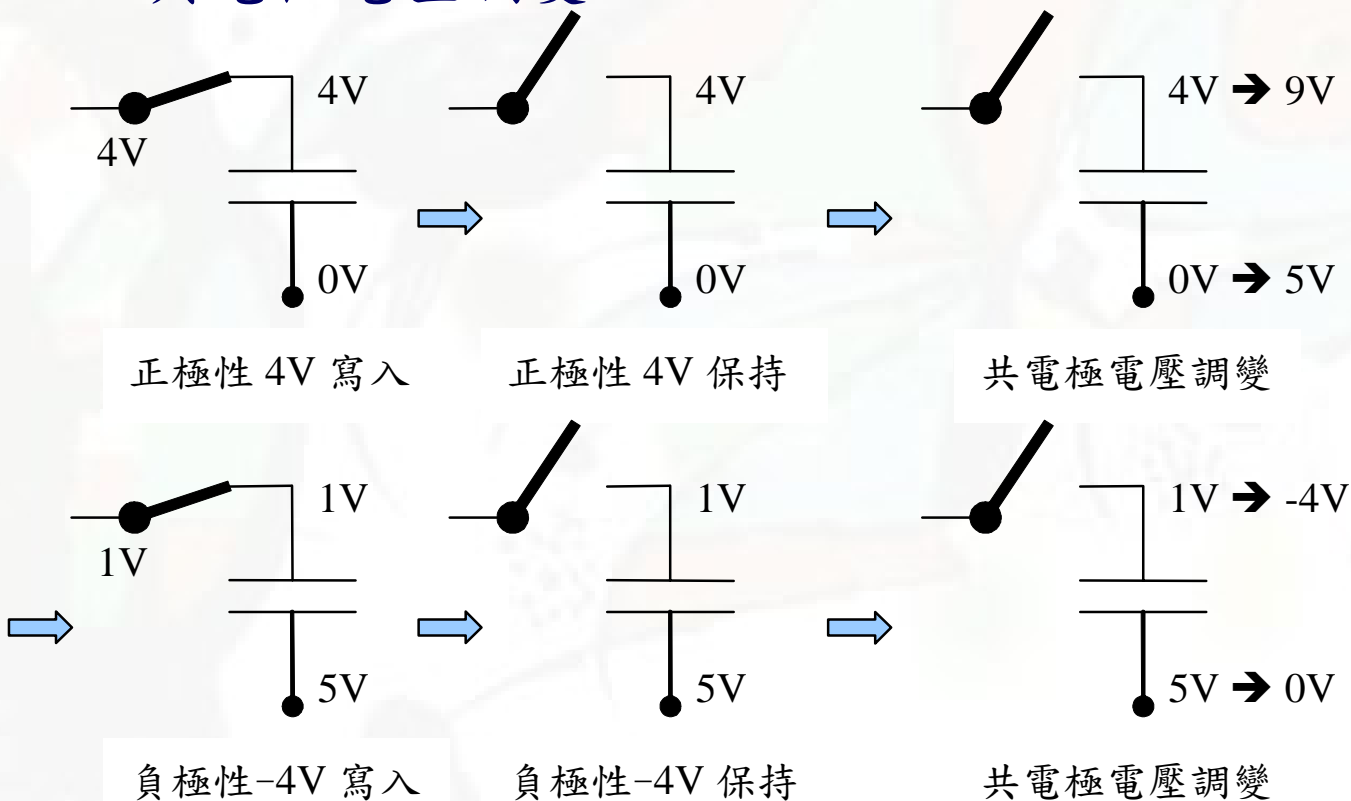
2.3.3.1.2 共電極電壓調變



{圖2.9} 共電極直流電壓驅動與電壓調變驅動的電壓波形比較

2.3 充電 (Charging)

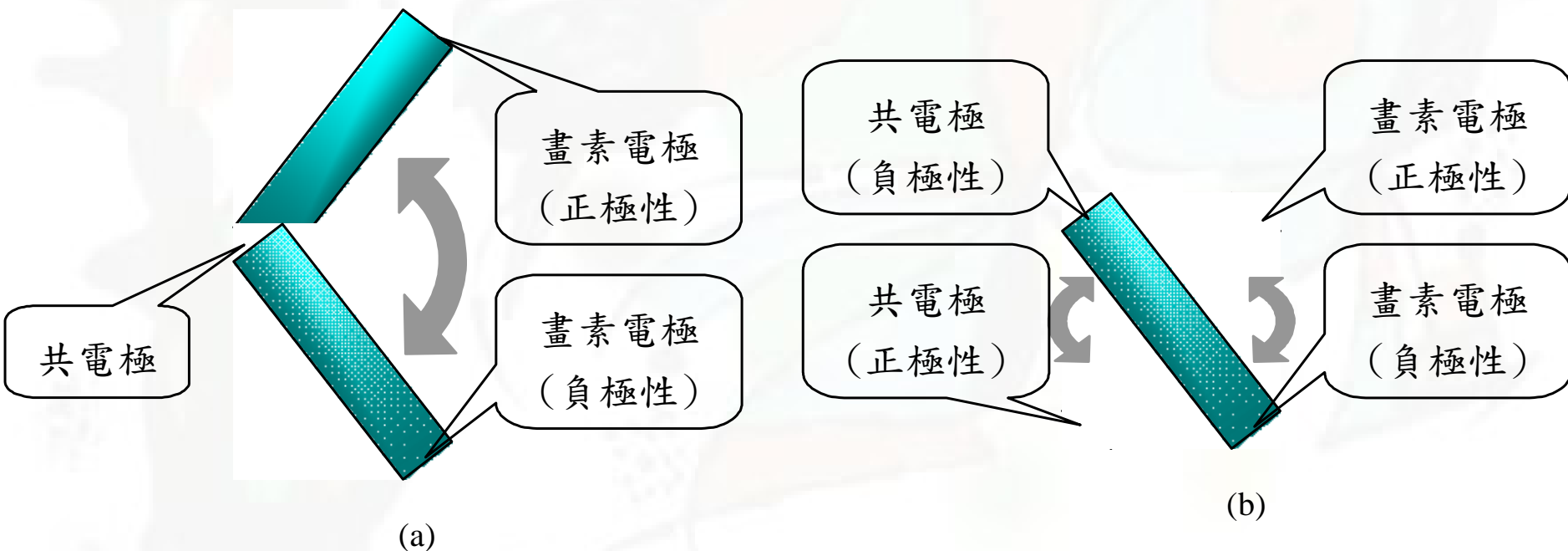
2.3.3.1.2 共電極電壓調變



{圖2.10} 以共電極電壓調變 $\pm 4V$ 驅動液晶操作過程之畫素電壓變化

2.3 充電 (Charging)

2.3.3.1.2 共電極電壓調變



{圖2.11} 共電極驅動方式的比喻 (a)直流電壓驅動與(b)電壓調變驅動

2.3 充電 (Charging)

2.3.3 電壓範圍

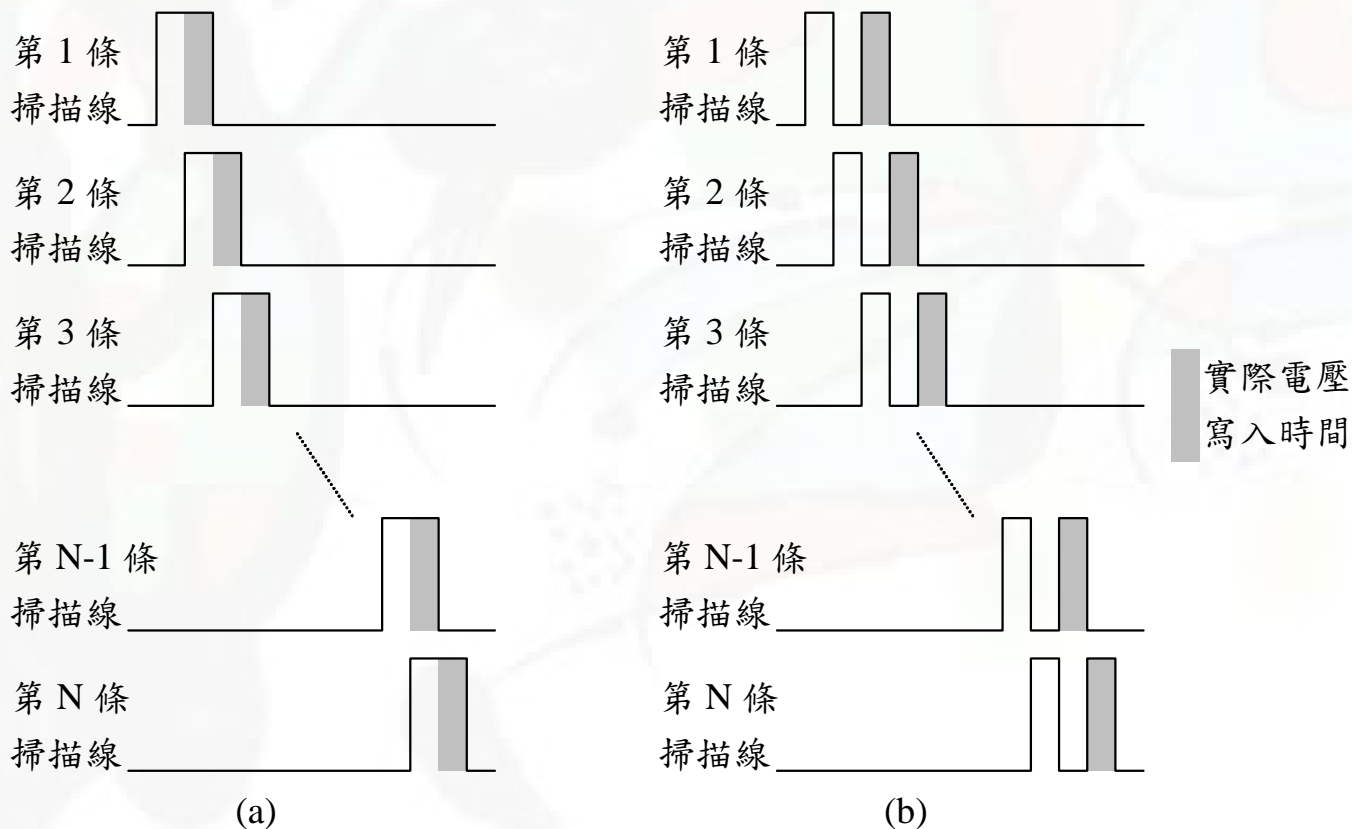
2.3.3.2 共電極電壓範圍

2.3.3.3 掃描驅動IC電壓範圍

2.3.4 預充電 (Pre-charge)

2.3 充電 (Charging)

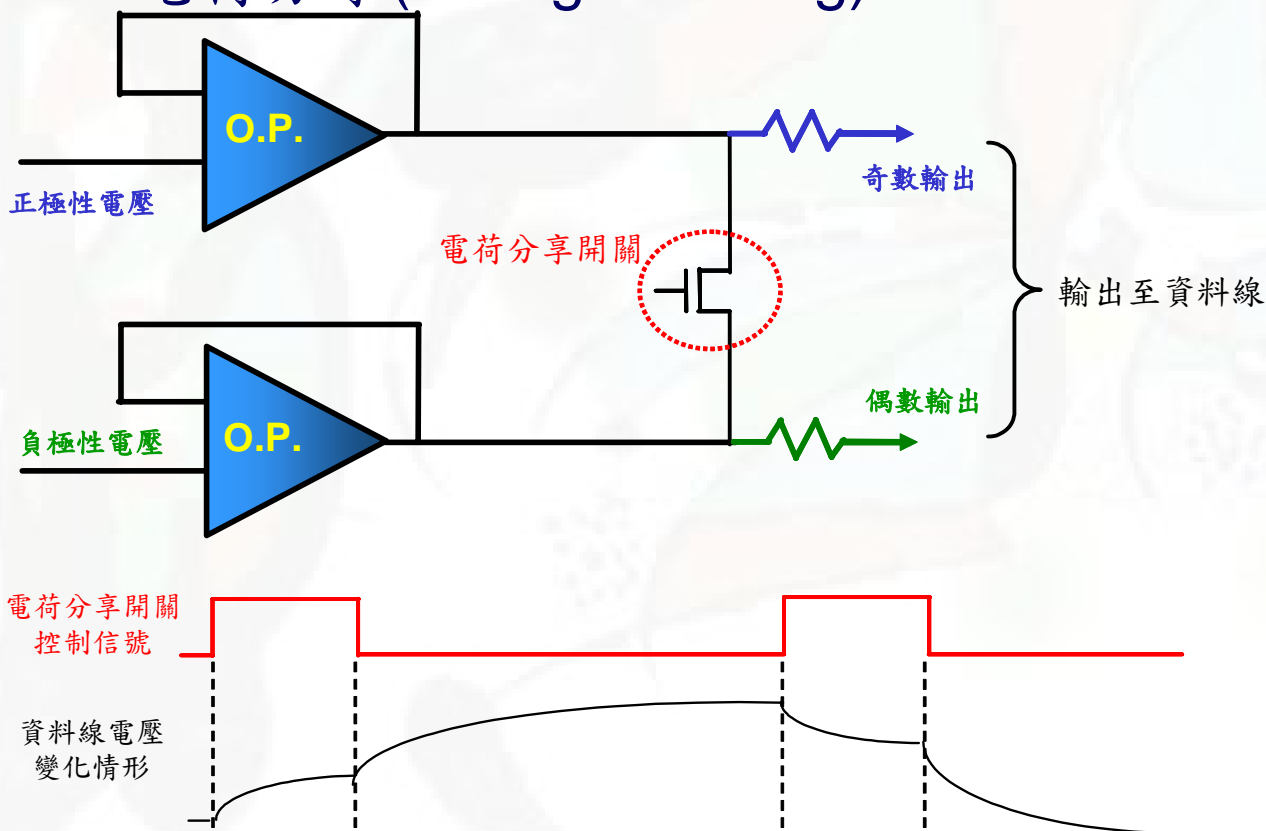
2.3.4.1 雙脈衝掃描 (Two-pulse scanning)



{圖2.12} 雙脈衝掃描的掃描電壓波形 (a)圖框反轉與欄反轉 (b)列反轉與點反轉

2.3 充電 (Charging)

2.3.4.2 電荷分享 (Charge sharing)



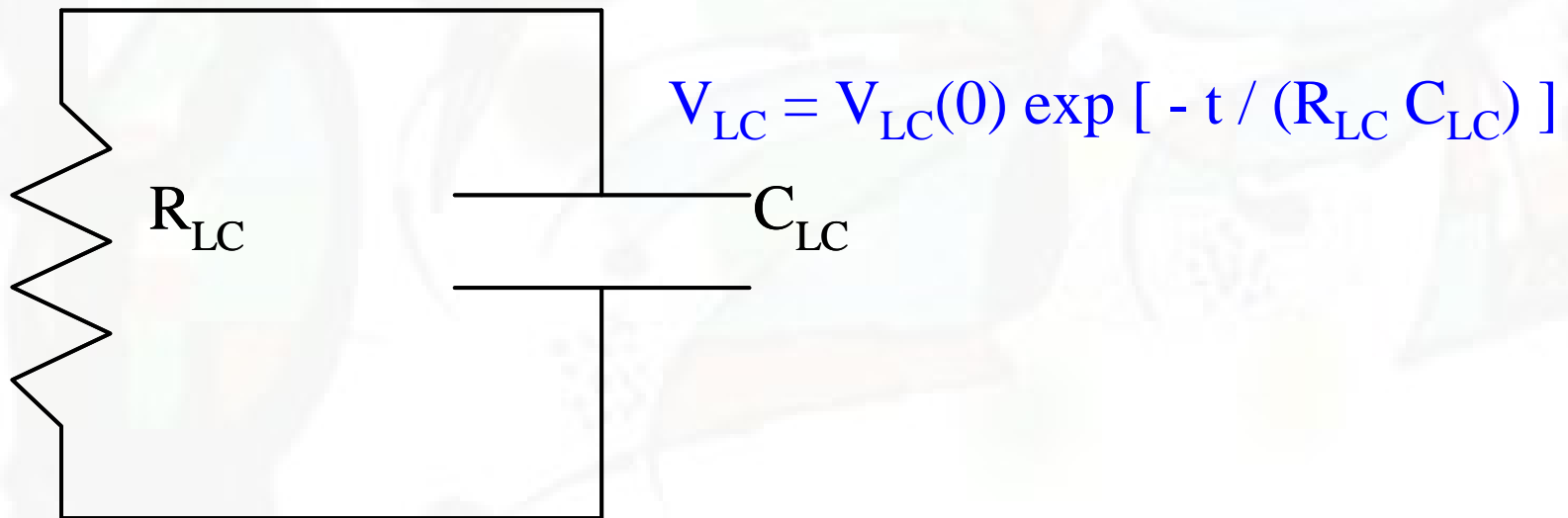
{圖2.13} 電荷分享操作過程之資料線電壓變化

2.4 電位保持 (Holding)

2.4.1 漏電的路徑

$$I_{\text{leak}} dt_{\text{hold}} < C_{\text{hold}} dV_{\text{hold}}$$

2.4.1.1 液晶電容的漏電



{圖2.14} 考慮漏電效應的液晶電容等效電路

2.4 電位保持 (Holding)

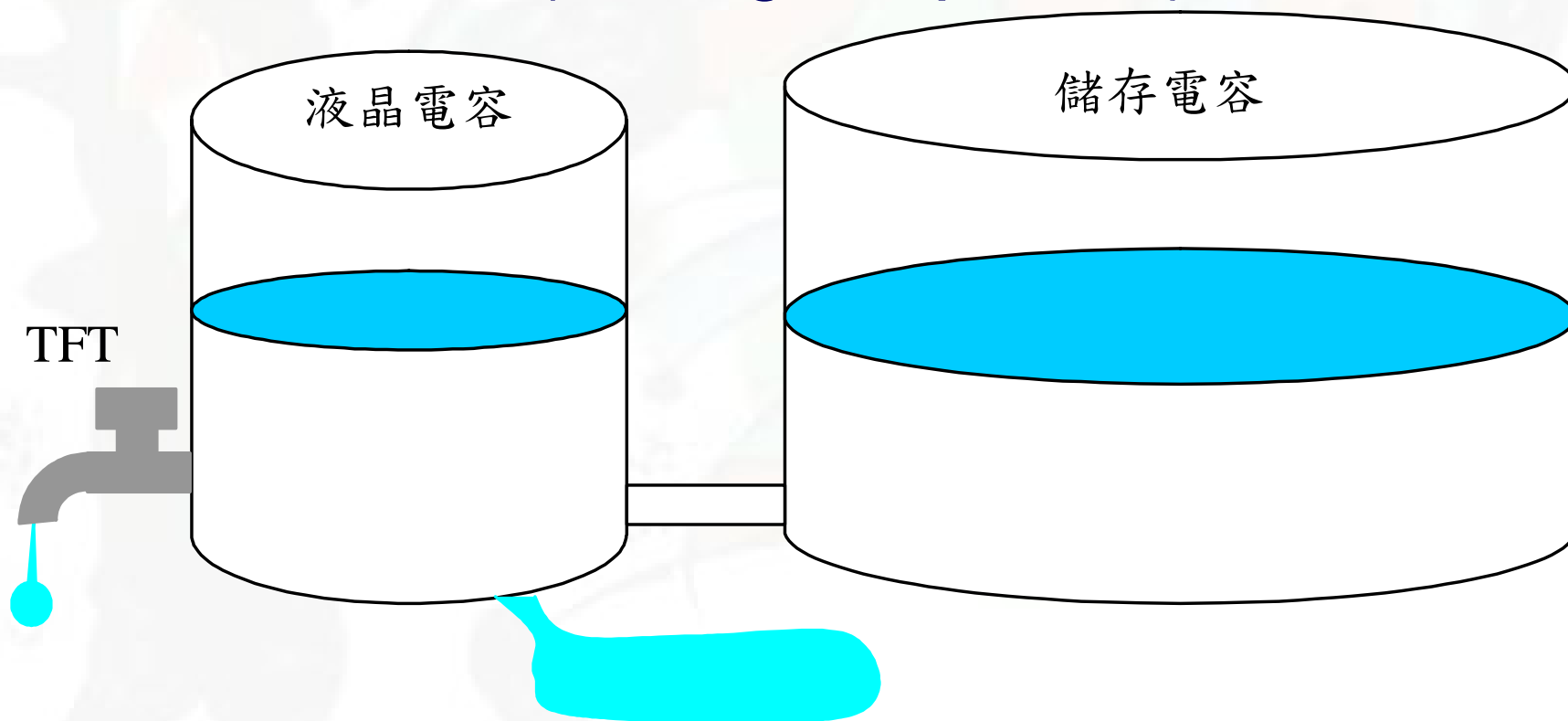
2.4.1 漏電的路徑

2.4.1.2 TFT的漏電

2.4.1.3 漏電路徑的比較

2.4 電位保持 (Holding)

2.4.2 儲存電容 (Storage capacitor)



{圖2.15} 儲存電容的觀念示意圖

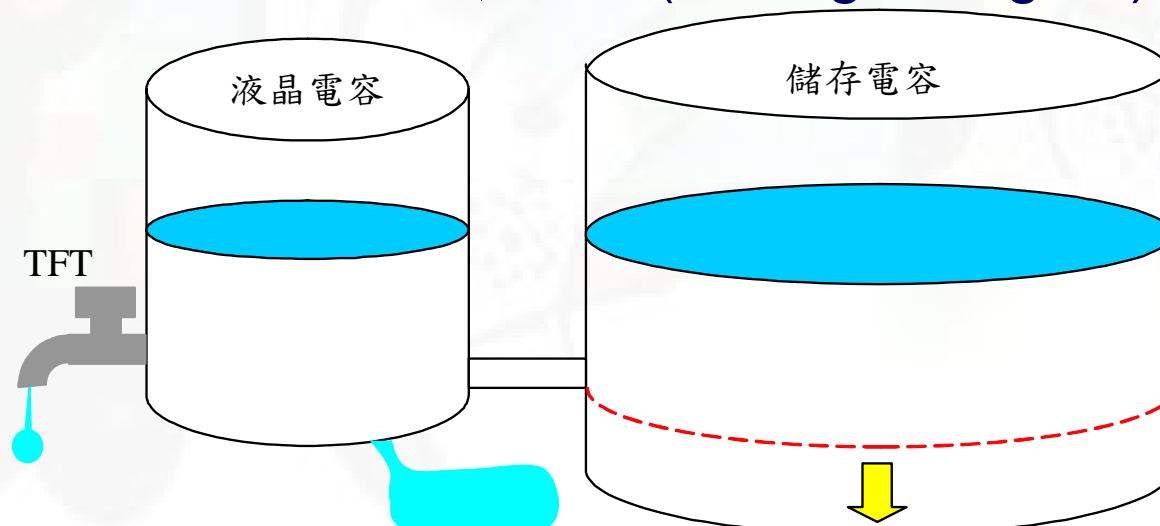
2.4 電位保持 (Holding)

2.4.3 儲存電容的參考電壓

2.4.3.1 上板共電極與下板共電極

2.4.3.2 儲存至另一個參考電壓

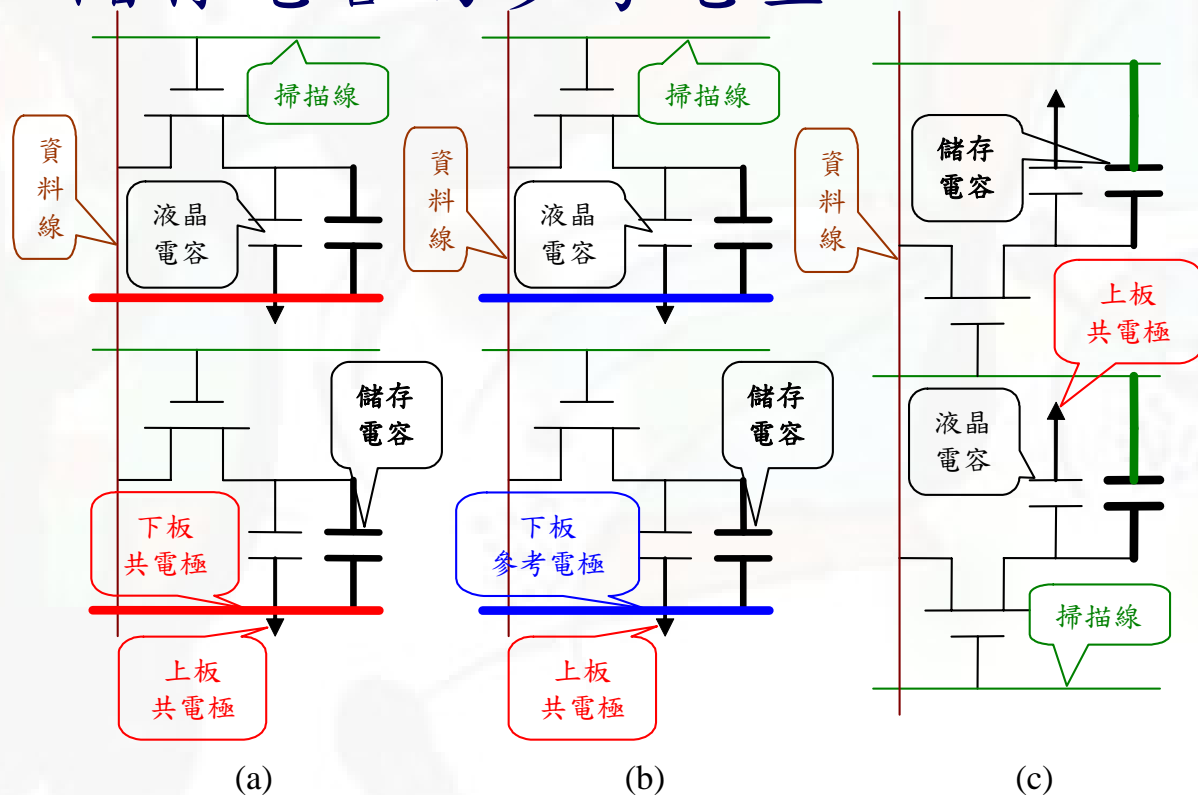
2.4.3.3 儲存至相鄰掃描線 (Storage on gate)



{圖2.16} 掃描線上的儲存電容之觀念示意圖

2.4 電位保持 (Holding)

2.4.3 儲存電容的參考電壓



{圖2.17} 儲存電容的連接方式，儲存至 (a)共電極電壓，(b)固定參考電壓，(c)前一條掃描線

2.4 電位保持 (Holding)

2.4.4 點缺陷型漏電

2.4.4.1 掃描線

2.4.4.2 共電極

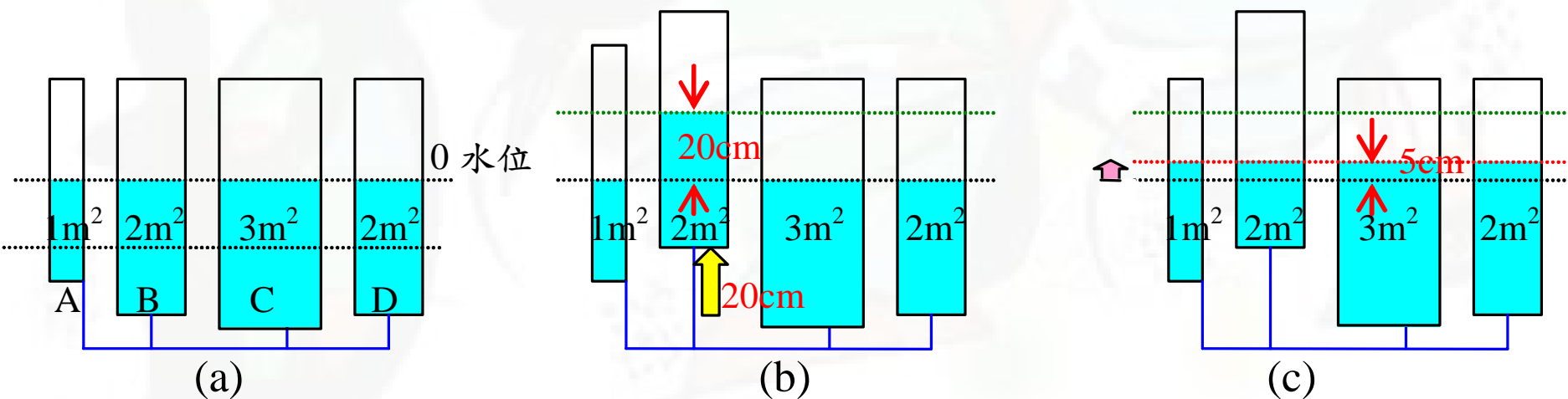
2.4.4.3 資料線

2.4.4.4 相鄰的畫素電極

2.5 電容耦合效應

2.5.1 電容耦合的原理

2.5.1.1 電荷守恆

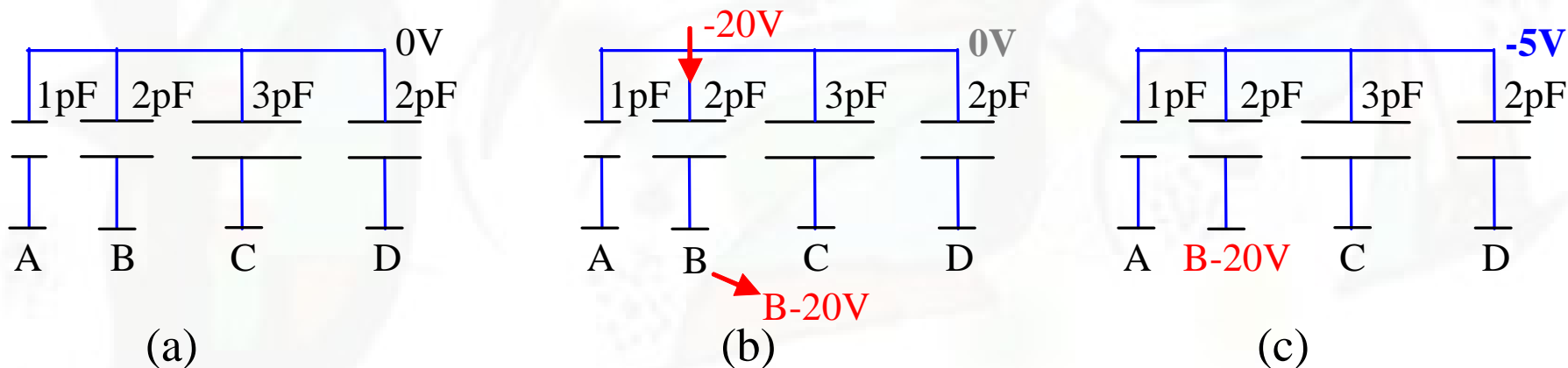


{圖2.18} 水杯水面示意圖 (a)一開始水面等高，(b)其中一個水杯提高，(c)最後水位再度等高

2.5 電容耦合效應

2.5.1 電容耦合的原理

2.5.1.1 電荷守恆



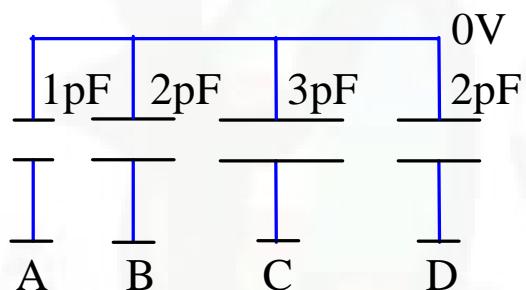
{圖2.19} 畫素電容耦合示意圖 (a)一開始各電容電壓，(b)其中一個電容電壓改變，(c)最後各電容電壓

2.5 電容耦合效應

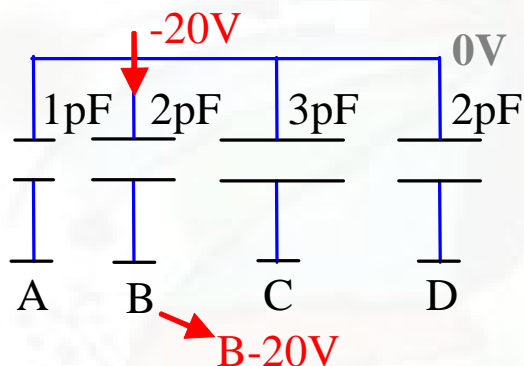
2.5.1 電容耦合的原理

2.5.1.2 電容分壓

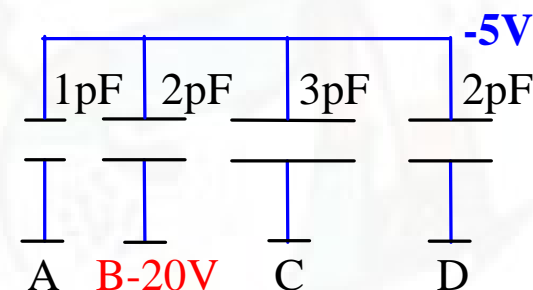
$$\Delta V \times (C / \Sigma C)$$



(a)



(b)

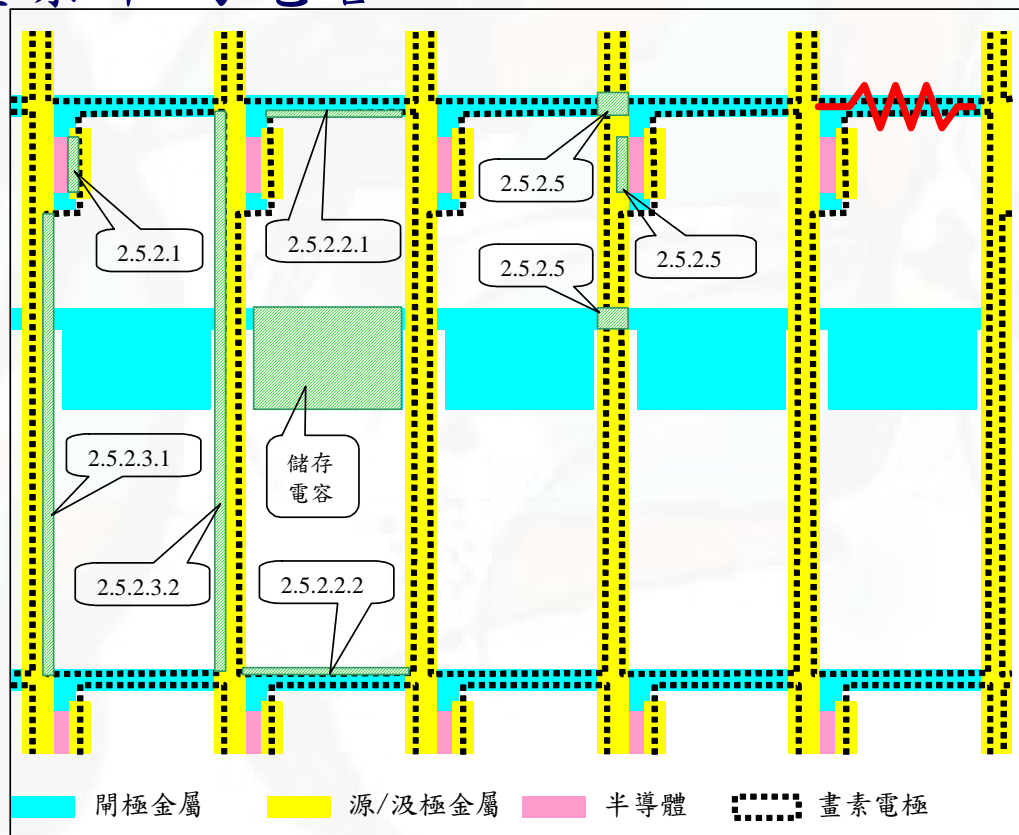


(c)

{圖2.19} 畫素電容耦合示意圖 (a)一開始各電容電壓，(b)其中一個電容電壓改變，(c)最後各電容電壓

2.5 電容耦合效應

2.5.2 畫素中的電容



{圖2.20} 畫素佈局例與其寄生電容



2.5 電容耦合效應

2.5.2 畫素中的電容

2.5.2.1 TFT本身的寄生電容

2.5.2.2 畫素電極與掃描線間的寄生電容

2.5.2.2.1 畫素電極與本身掃描線之間的電容

2.5.2.2.2 畫素電極與相鄰掃描線之間的電容

2.5.2.2.3 儲存電容連接至掃描線(Cs on gate)

2.5.2.3 畫素電極與資料線間的寄生電容

2.5.2.3.1 畫素電極與本身資料線之間的電容

2.5.2.3.2 畫素電極與相鄰資料線之間的電容

2.5 電容耦合效應

2.5.2 畫素中的電容

2.5.2.4 造成信號延遲與驅動負載的寄生電容

2.5.2.4.1 TFT本身的寄生電容

2.5.2.4.2 資料線和掃描線的重疊

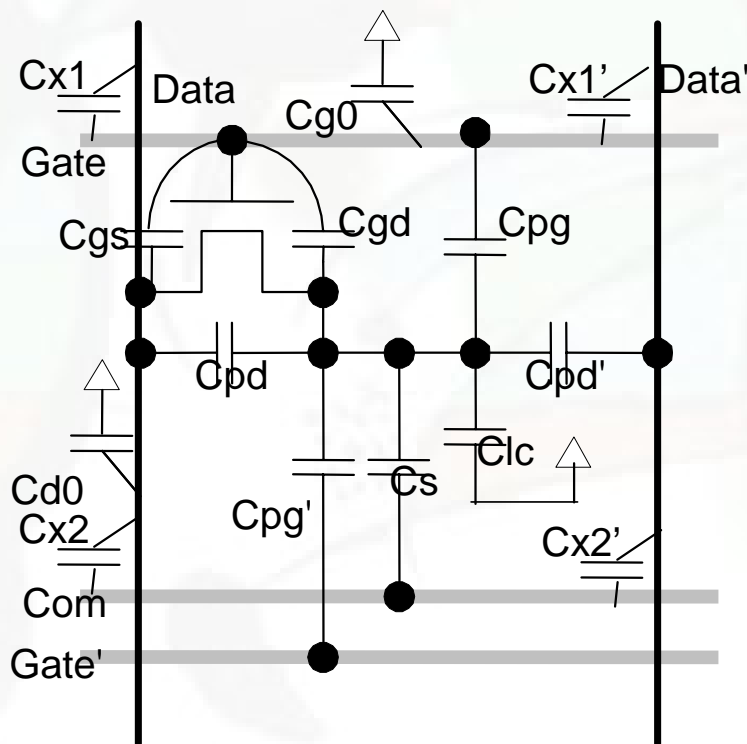
2.5.2.4.3 資料線和下板共電極線的重疊

2.5.2.4.4 與上板共電極間的其他寄生電容

2.5 電容耦合效應

2.5.2 畫素中的電容

2.5.2.5 加入電容的畫素等效電路



{圖2.21} 加入電容的畫素等效電路

2.5 電容耦合效應

2.5.3 掃描線的電容耦合效應

2.5.3.1 掃描線對畫素電極的電容耦合

$$-\Delta V = (V_{\text{OFF}} - V_{\text{ON}})(C_{\text{gd}})/(C_{\text{s}} + C_{\text{lc}} + C_{\text{gd}})$$

2.5.3.2 解決掃描線電容耦合效應的方法

2.5.3.2.1 減少變化量

2.5.3.2.2 資料線電壓補正

2.5.3.2.3 共電極電壓補償

2.5 電容耦合效應

2.5.3 掃描線的電容耦合效應

2.5.3.3 液晶電容的影響

$$-\Delta V(\mathbf{V}) = (V_{\text{OFF}} - V_{\text{ON}})(C_{\text{gd}}) / [C_{\text{s}} + \mathbf{Clc}(\mathbf{V}) + C_{\text{gd}}]$$

$$-\Delta V_{\text{MAX}} = (V_{\text{OFF}} - V_{\text{ON}})(C_{\text{gd}}) / [C_{\text{s}} + \mathbf{Clc}_{\text{MIN}} + C_{\text{gd}}]$$

$$-\Delta V_{\text{MIN}} = (V_{\text{OFF}} - V_{\text{ON}})(C_{\text{gd}}) / [C_{\text{s}} + \mathbf{Clc}_{\text{MAX}} + C_{\text{gd}}]$$

2.5 電容耦合效應

2.5.3.3 液晶電容的影響

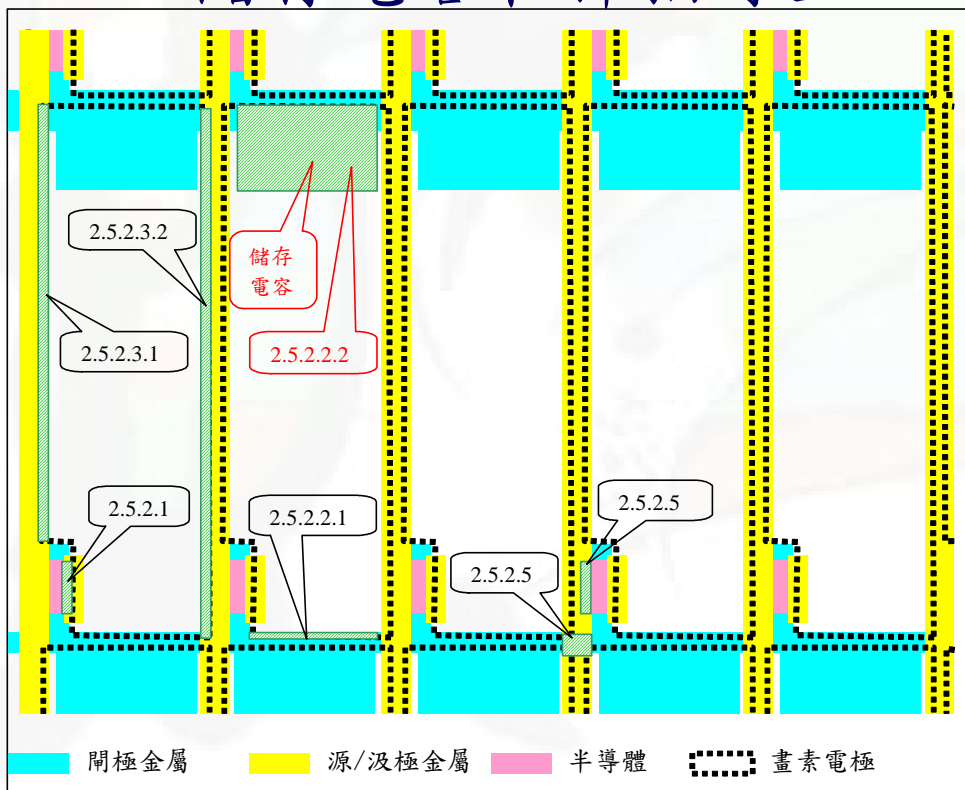
{表2.1} 不同灰階下變化量 ΔV 和畫素電壓的關係

	灰階	對應電壓	液晶電容	儲存電容	TFT 寄生電容	$V_{OFF} - V_{ON}$	$-\Delta V$	資料線 補正電壓
正極性	0	4.0V	1.2pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.556V	4.556V
	1	3.1V	1.0pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.612V	3.712V
	2	2.6V	0.9pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.645V	3.245V
	3	2.2V	0.8pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.682V	2.882V
	4	1.8V	0.7pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.723V	2.523V
	5	1.3V	0.6pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.769V	2.069V
	6	0.6V	0.5pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.822V	1.422V
	7	0.1V	0.3pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.952V	1.052V
負極性	7	-0.1V	0.3pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.952V	0.852V
	6	-0.6V	0.5pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.822V	0.222V
	5	-1.3V	0.6pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.769V	-0.531V
	4	-1.8V	0.7pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.723V	-1.077V
	3	-2.2V	0.8pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.682V	-1.518V
	2	-2.6V	0.9pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.645V	-1.955V
	1	-3.1V	1.0pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.612V	-2.488V
	0	-4.0V	1.2pF	0.9pF	0.06pF	-20V	-0.556V	-3.444V

2.5 電容耦合效應

2.5.3.4 製程變異的電容耦合效應考量

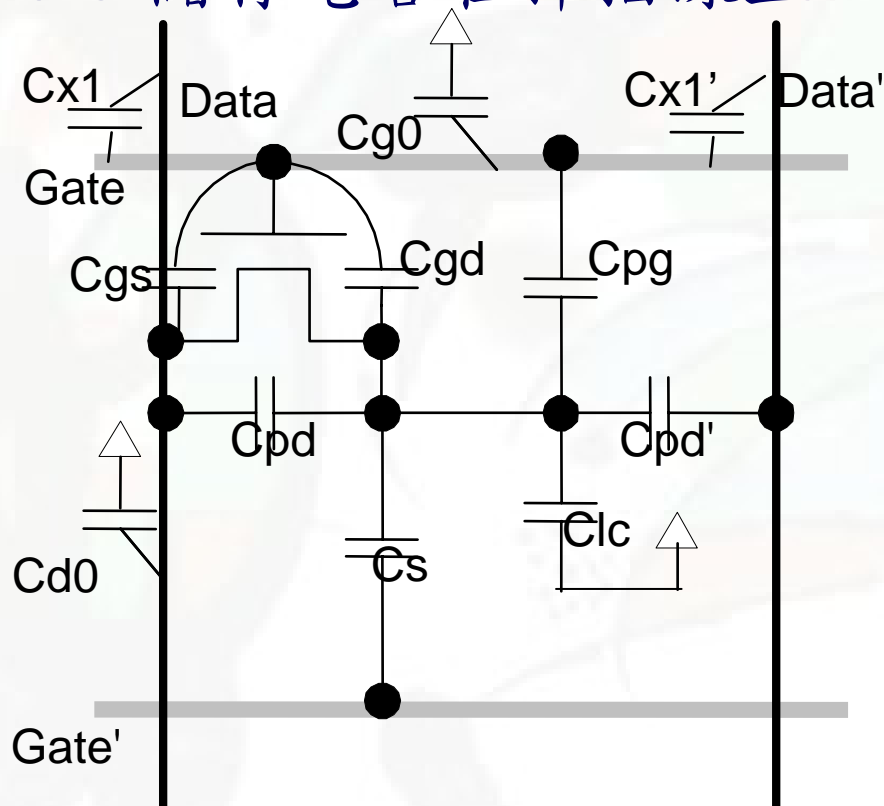
2.5.3.5 儲存電容在掃描線上



{圖2.22} Cs on gate 畫素佈局
例與其寄生電容

2.5 電容耦合效應

2.5.3.5 儲存電容在掃描線上

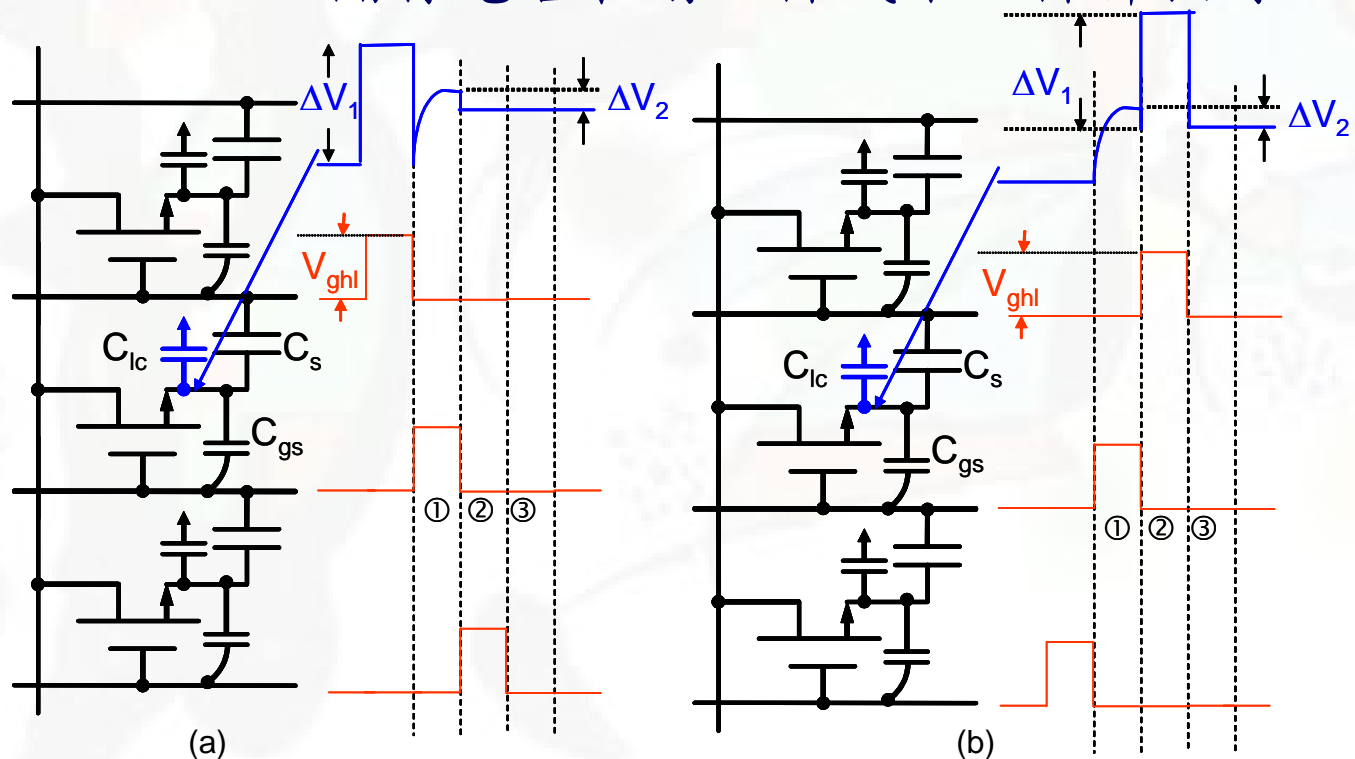


{圖2.23} C_s on gate 畫素等效電路

2.5 電容耦合效應

2.5.3.5 儲存電容在掃描線上

2.5.3.5.1 儲存電容在前一條或下一條掃描線上

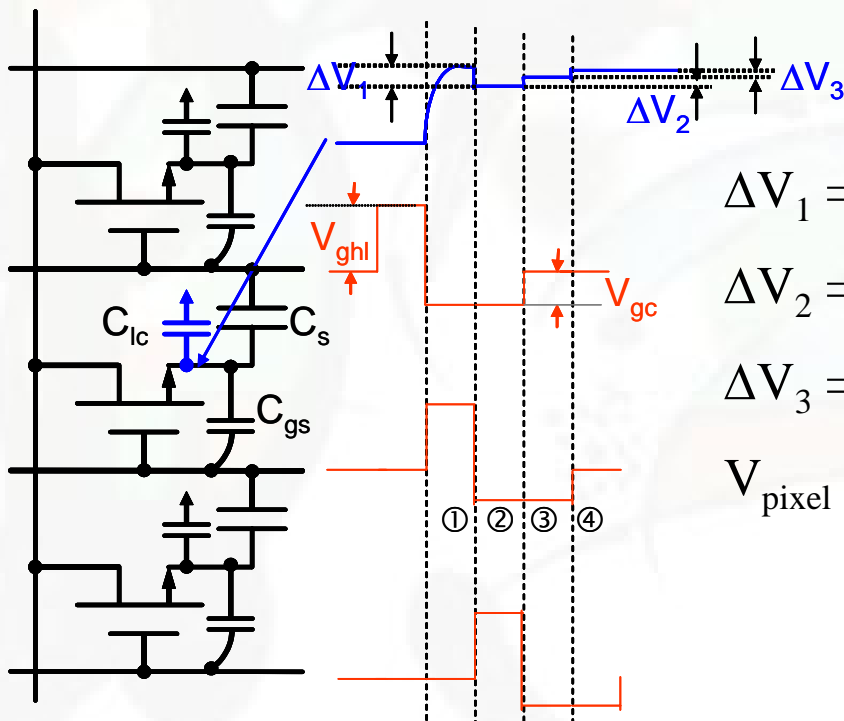


{圖2.24} 三個垂直相鄰畫素的等效電路與對應波形，其中儲存電容在
(a)前一條 (b)下一條掃描線上

2.5 電容耦合效應

2.5.3.5 儲存電容在掃描線上

2.5.3.5.2 掃描線三階驅動法



$$\Delta V_1 = (V_{ghl} + V_{gc})C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_2 = V_{gc}C_{st} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_3 = V_{gc}C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

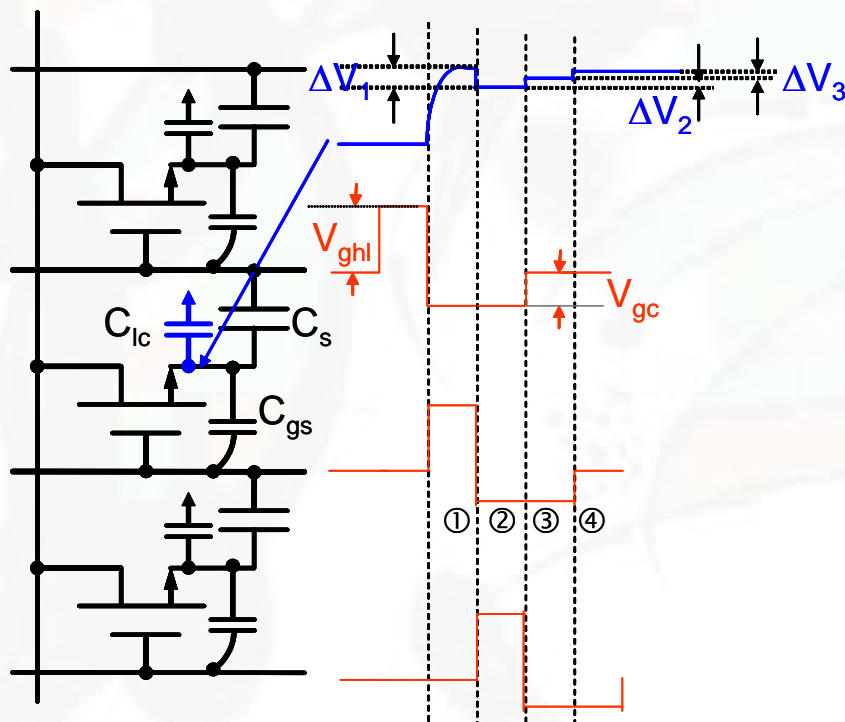
$$V_{\text{pixel}} = V_{\text{data}} - \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

$$V_{gc}C_s = V_{ghl}C_{gs}$$

2.5 電容耦合效應

2.5.3.5 儲存電容在掃描線上

2.5.3.5.3 掃描線四階驅動法



$$\Delta V_1 = (V_{ghl} - V_{gc2})C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_2 = V_{gc1}C_s / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_3 = V_{gc2}C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$V_{pixel}^+ = V_{data}^+ - \Delta V_1 + \Delta V_2 - \Delta V_3$$

$$\Delta V_4 = (V_{ghl} + V_{gc1})C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_5 = V_{gc2}C_s / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$\Delta V_6 = V_{gc1}C_{gs} / (C_{gs} + C_s + C_{lc} + \dots)$$

$$V_{pixel}^- = V_{data}^- - \Delta V_4 - \Delta V_5 + \Delta V_6$$

$$V_{data}^+ = -V_{data}^-$$

$$V_{pixel}^+ = -V_{pixel}^-$$

$$-\Delta V_1 + \Delta V_2 - \Delta V_3 = -(-\Delta V_4 - \Delta V_5 + \Delta V_6)$$

$$2V_{ghl}C_{gs} = (V_{gc1} - V_{gc2})C_s$$

2.5 電容耦合效應

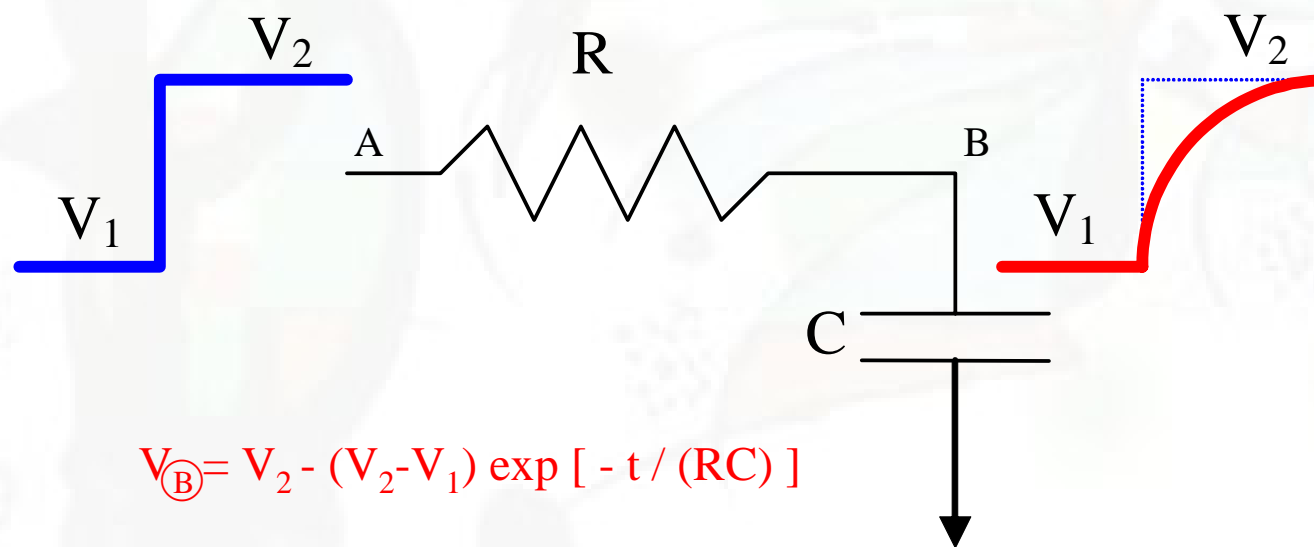
2.5.4 資料線的電容耦合效應

$$\Delta V = (V_{\text{data1}} - V_{\text{data2}})(C_{\text{pd}}) / (C_{\text{gs}} + C_{\text{s}} + C_{\text{lc}} + \dots) \\ + (V'_{\text{data1}} - V'_{\text{data2}})(C_{\text{pd}}') / (C_{\text{gs}} + C_{\text{s}} + C_{\text{lc}} + \dots)$$

2.6 信號延遲

2.6.1 信號延遲的原理

2.6.1.1 電阻-電容低通濾波器(RC low-pass filter)

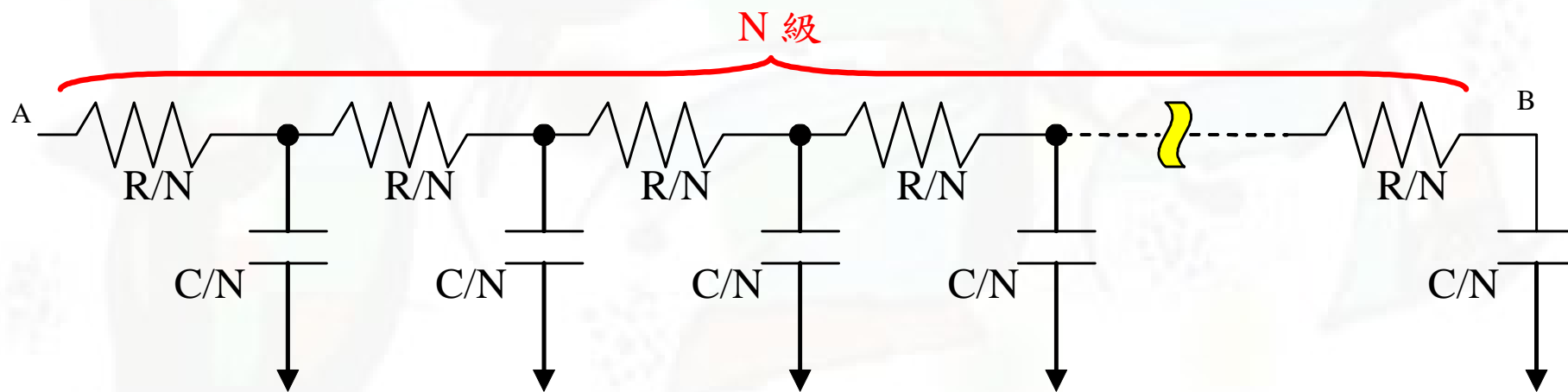


{圖2.27} 電阻-電容電路電壓切換波形示意圖

2.6 信號延遲

2.6.1 信號延遲的原理

2.6.1.2 一維分散化電阻-電容串接電路

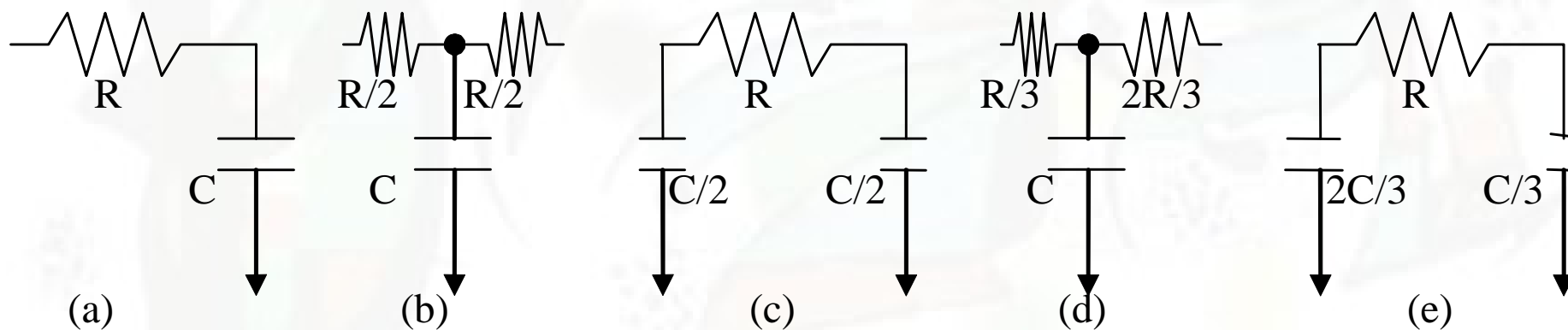


{圖2.28} 一維分散型電阻-電容串接電路

2.6 信號延遲

2.6.1 信號延遲的原理

2.6.1.3 畫素單元等效成其他電阻-電容電路組合



{圖2.29} 畫素單元的等效電阻-電容電路

2.6 信號延遲

2.6.2 延遲信號的計算方法

2.6.2.1 利用電腦輔助計算延遲信號

SPICE

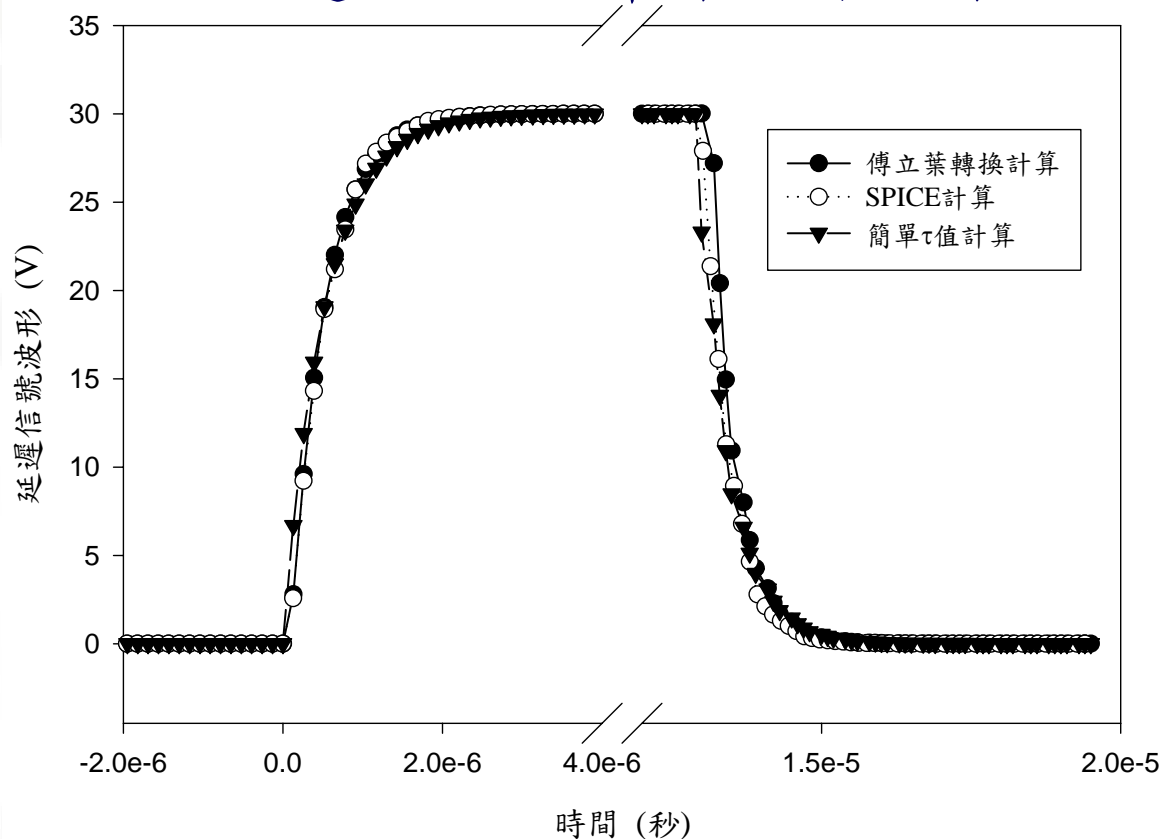
2.6.2.2 利用簡單的公式估計延遲信號

$$\tau = N(N+1)R_n C_n / 2$$

$$\tau = 1[1+(1/N)]R_n C_n / 2$$

2.6 信號延遲

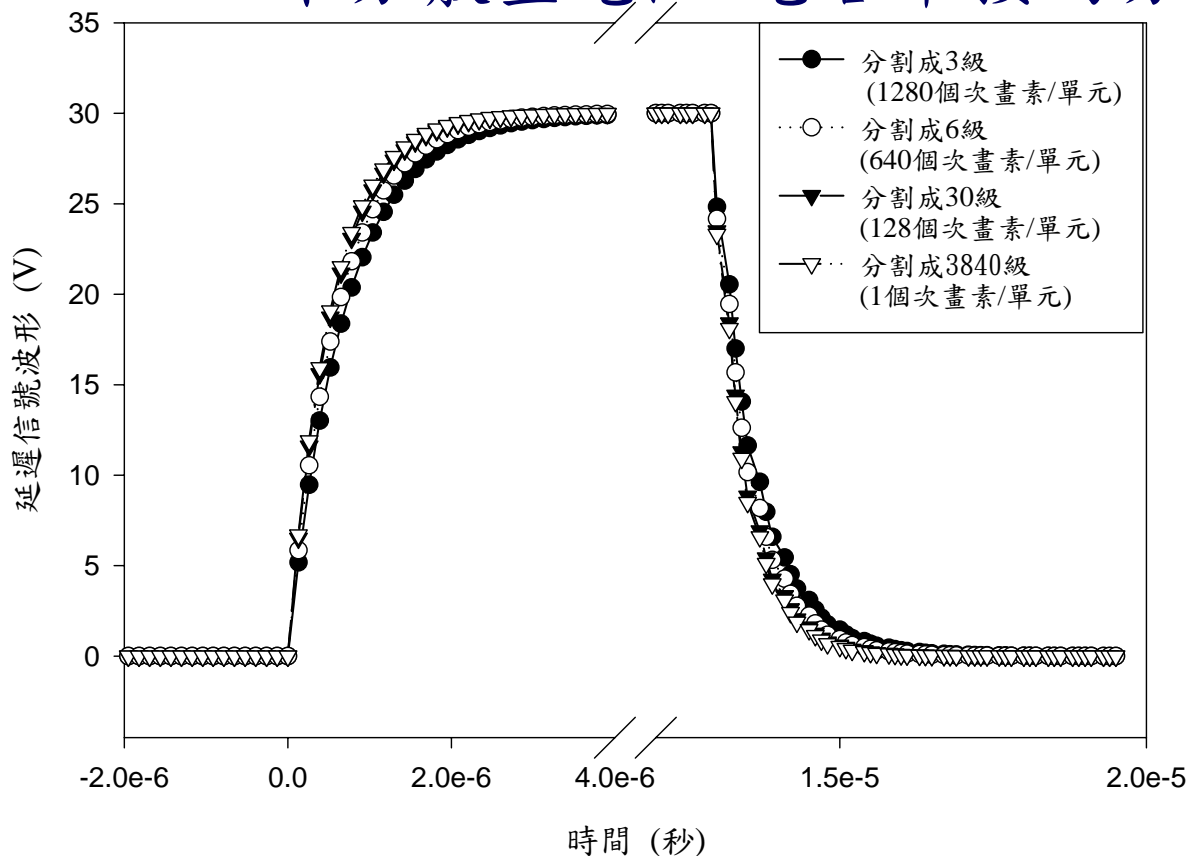
2.6.2.3 延遲信號的計算結果比較



{圖2.30} 延遲波形計算方式的比較

2.6 信號延遲

2.6.2.4 一維分散型電阻-電容串接的分割級數



{圖2.31} 延遲波形分割級數的比較

2.6 信號延遲

2.6.3 掃描線上的信號延遲

2.6.3.1 掃描線的次畫素等效電路

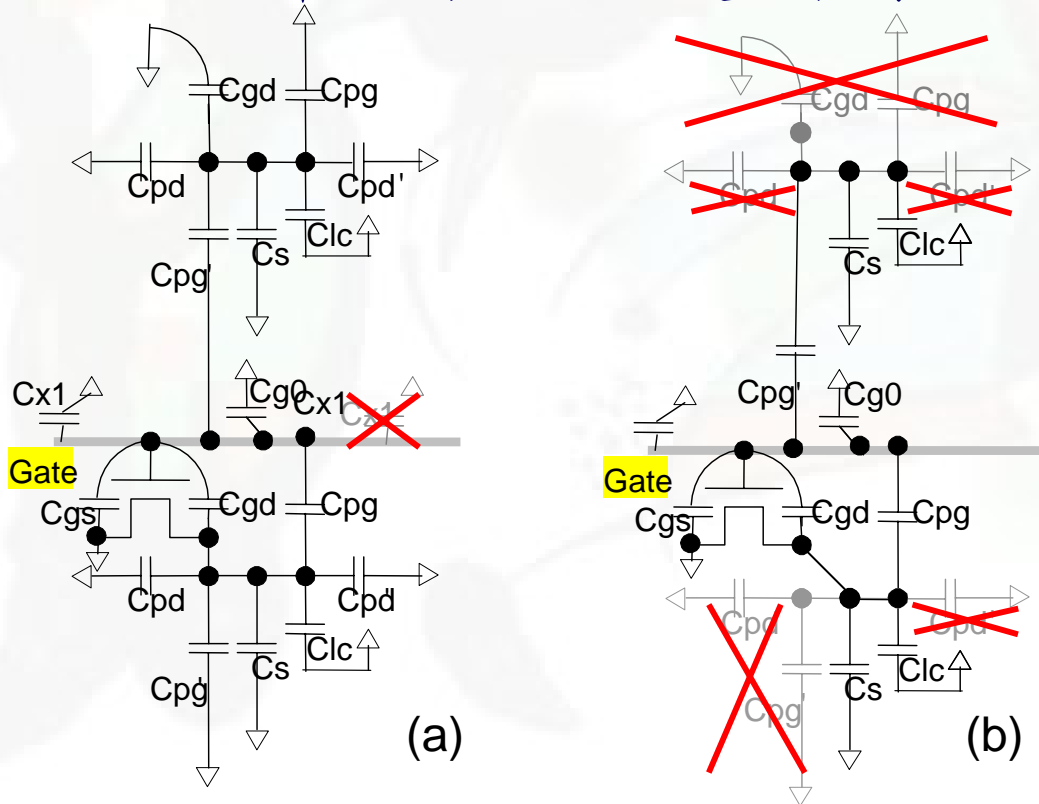
{圖2.19} 畫素佈局

2.6.3.2 掃描線上的次畫素等效電阻

2.6 信號延遲

2.6.3 掃描線上的信號延遲

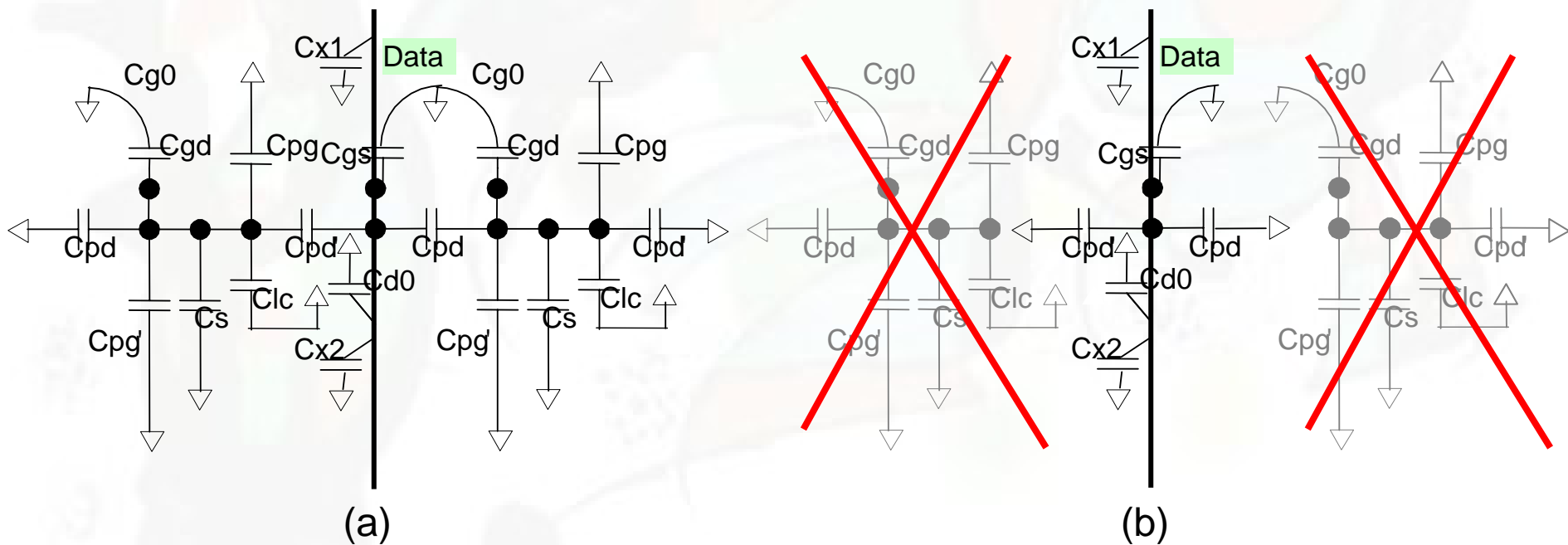
2.6.3.3 掃描線上的次畫素等效電容



{圖2.32} 掃描線上次畫素電容
(a) 包括畫素電極上所有電容的等效電路
(b) 簡化的等效電路

2.6 信號延遲

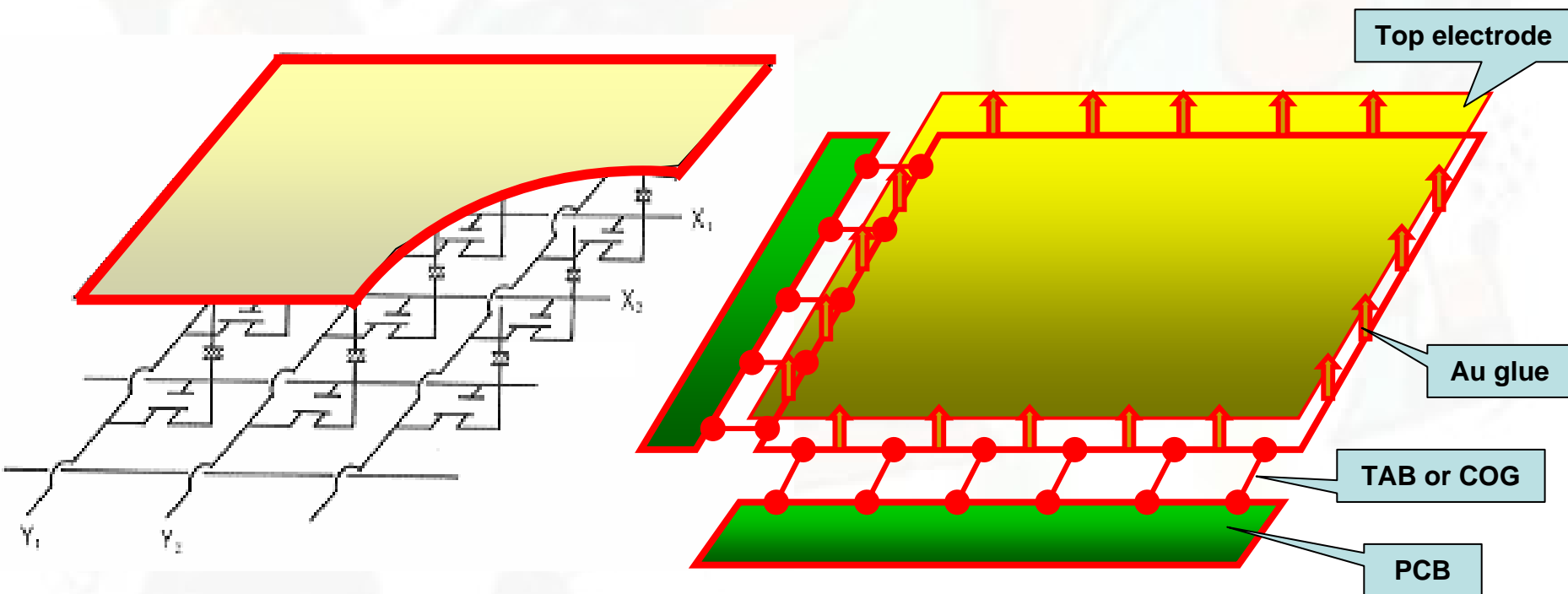
2.6.4 資料線上的信號延遲



{圖2.33} 資料線上次畫素電容 (a)包括畫素電極上所有電容的等效電路 (b)簡化的等效電路

2.6 信號延遲

2.6.5 共電極的信號延遲



2.7 綜合效應

2.7.1 充電與電荷保持

2.7.1.1 儲存電容

2.7.1.2 TFT的開關電流比

$$I_{\text{charge}} dt_{\text{charge}} > C_{\text{charge}} dV_{\text{charge}}$$

$$I_{\text{leak}} dt_{\text{hold}} < C_{\text{hold}} dV_{\text{hold}}$$



$$I_{\text{charge}} / I_{\text{leak}} > (C_{\text{charge}} / C_{\text{hold}}) (dV_{\text{charge}} / dV_{\text{hold}}) / (dt_{\text{charge}} / dt_{\text{hold}})$$

2.7 綜合效應

2.7.2 充電與電容耦合

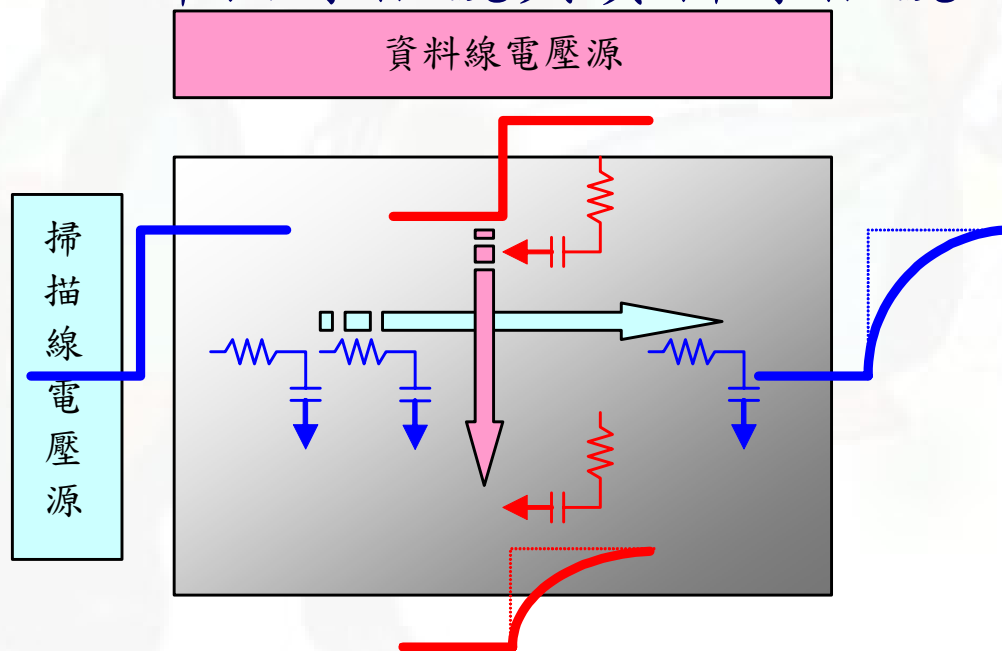
2.7.2.1 TFT的開電壓 V_{on}

2.7.2.2 儲存電容 C_s

2.7 綜合效應

2.7.3 充電與信號延遲

2.7.3.1 掃描線信號與資料線信號的同步

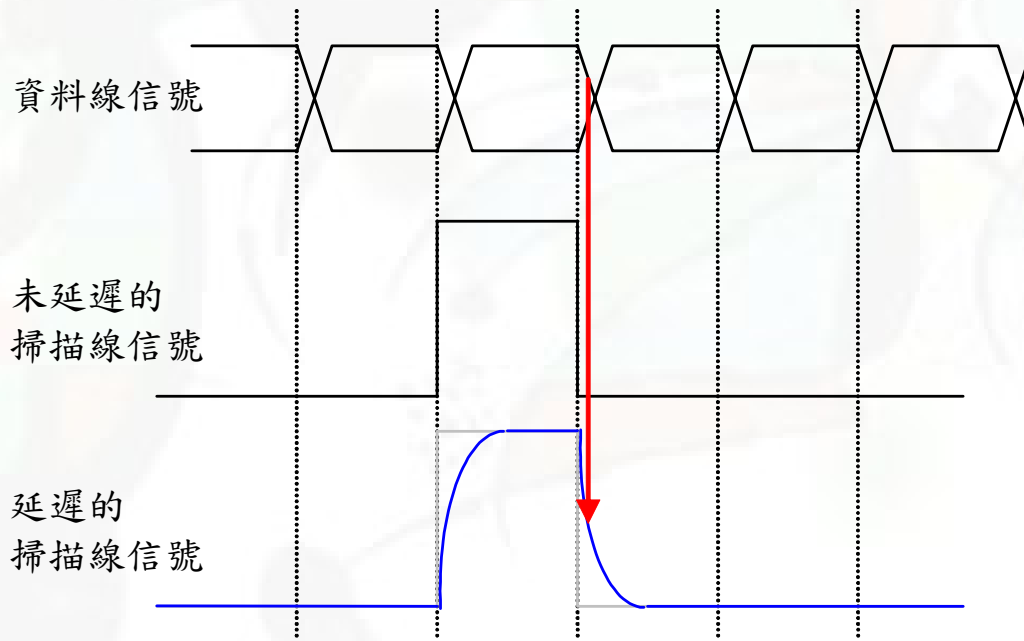


{圖2.34} TFT LCD的面板信號延遲示意圖

2.7 綜合效應

2.7.3 充電與信號延遲

2.7.3.1 掃描線信號與資料線信號的同步

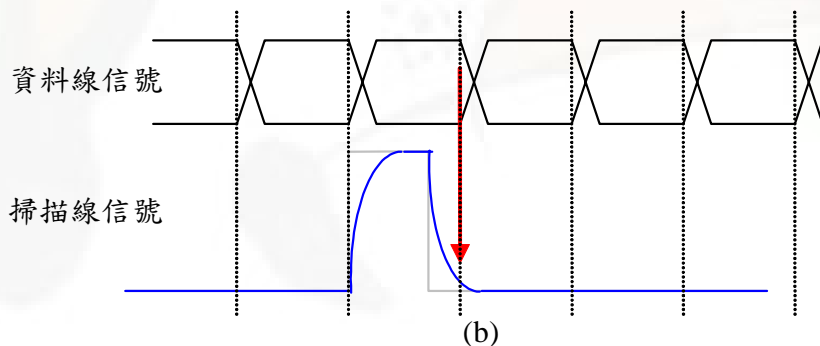
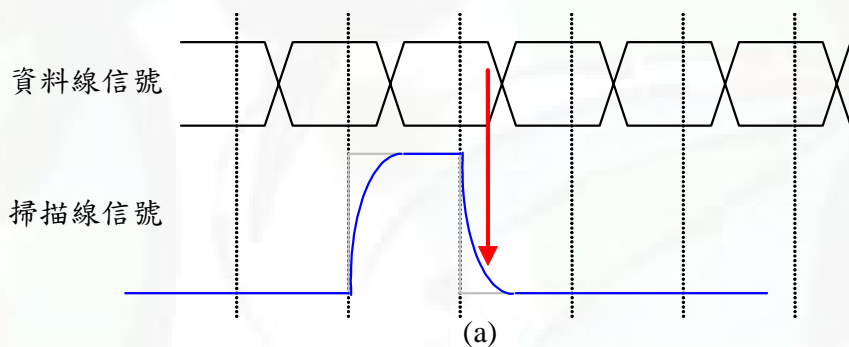


{圖2.35} 不考慮信號延遲的掃描線與資料線信號時序關係示意圖

2.7 綜合效應

2.7.3 充電與信號延遲

2.7.3.2 掃描線的Output Enable信號與充電時間的縮短

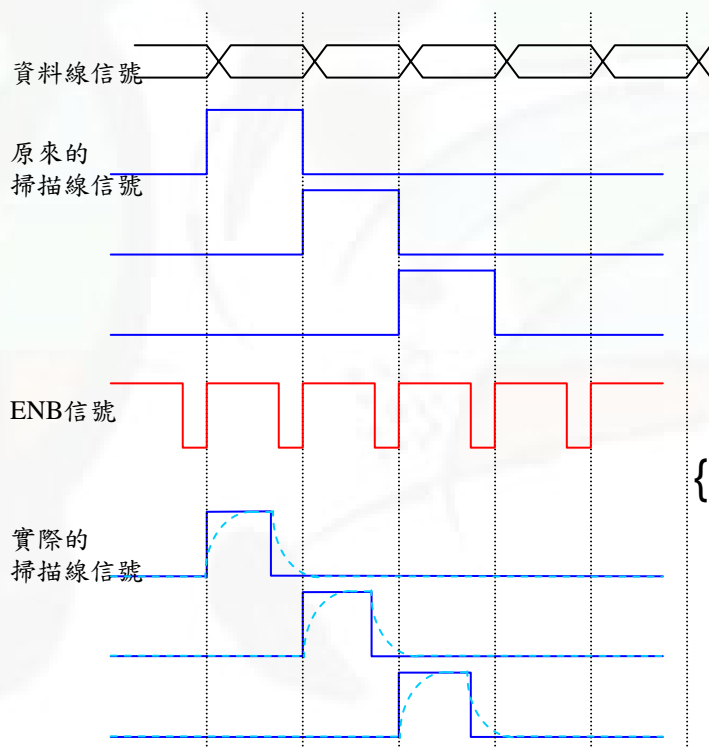


{圖2.36} 補償信號延遲的方式
(a) 延後資料線信號切換
(b) 提前掃描線關閉

2.7 綜合效應

2.7.3 充電與信號延遲

2.7.3.2 掃描線的Output Enable信號與充電時間的縮短

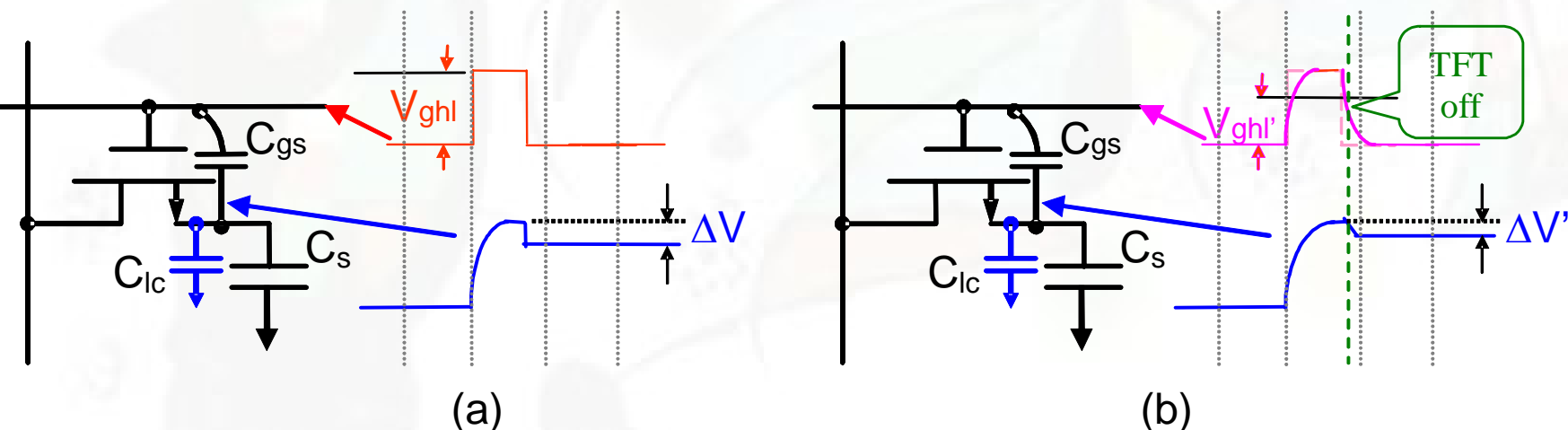


{圖2.37} 掃描線的Output Enable信號

2.7 綜合效應

2.7.4 電荷保持與電容耦合

2.7.5 電容耦合與信號延遲

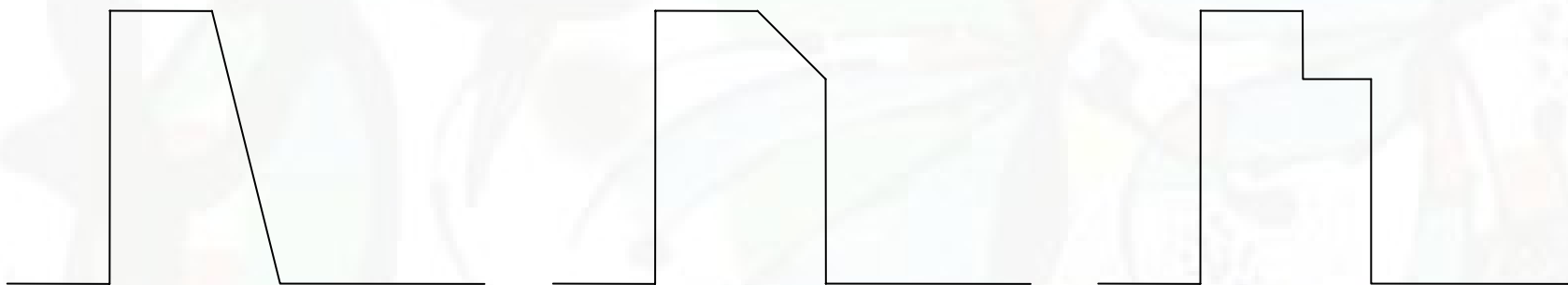


{圖2.38} 掃描線上不同畫素位置的電容耦合效應 (a)信號源的近端 (b)信號源的遠端

2.7 綜合效應

2.7.5 電容耦合與信號延遲

2.7.5.1 減少掃描線信號的高頻成分



{圖2.40} 幾種電容耦合效應差異較少的掃描線信號波形

2.7 綜合效應

2.7.5 電容耦合與信號延遲

2.7.5.2 以掃描線的延遲波形補償共電極的電壓波形

