

# 人工視網膜

電機三	魏裕明
電機三	鍾榮哲
電機四	林偉博

# 事先說明

◎ 投影片大都是中文，你看到英文的話有下列可能：

1. 找不到中文（用google字典為準）

2. 電機系要會的（如ASK）

3. MARC =

Multiple-Unit Artificial Retina Chip

4. 地名、人名

# 大綱

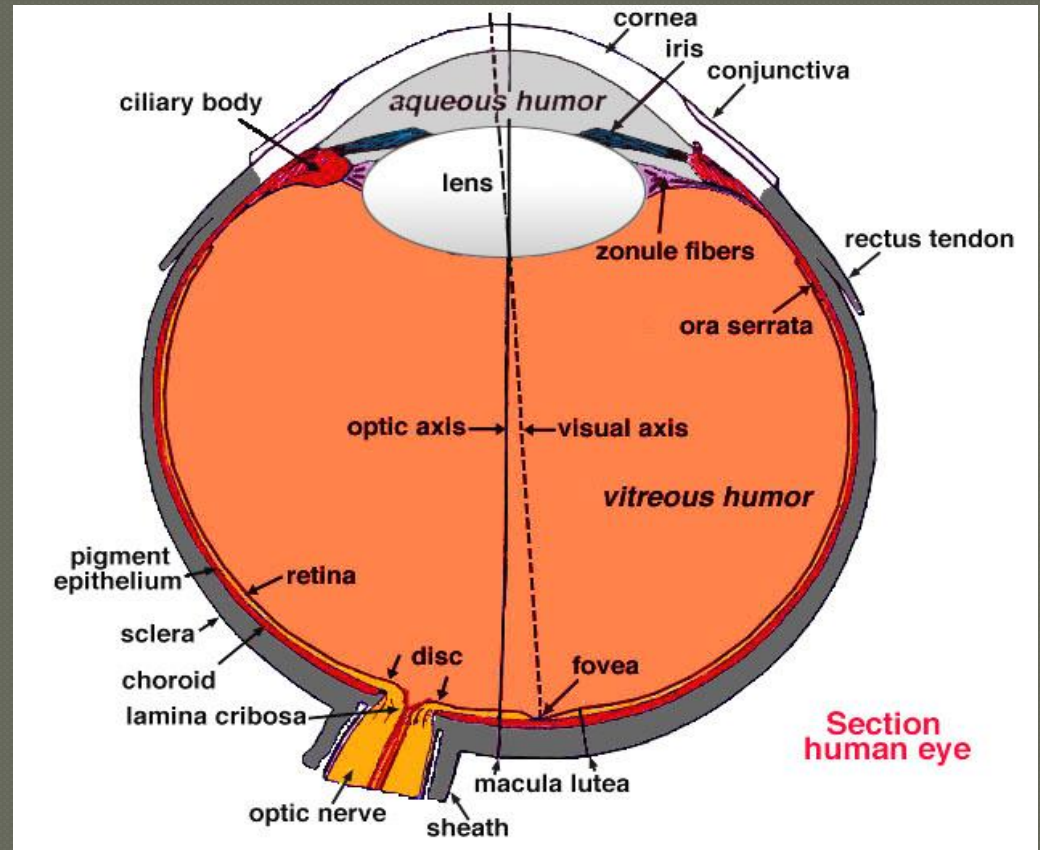
---

- ◎ 視覺歷程
- ◎ 視覺損害
- ◎ 人工眼的分類
- ◎ 人工視網膜原理
- ◎ 人工視網膜實作
- ◎ 其他人工眼的發展

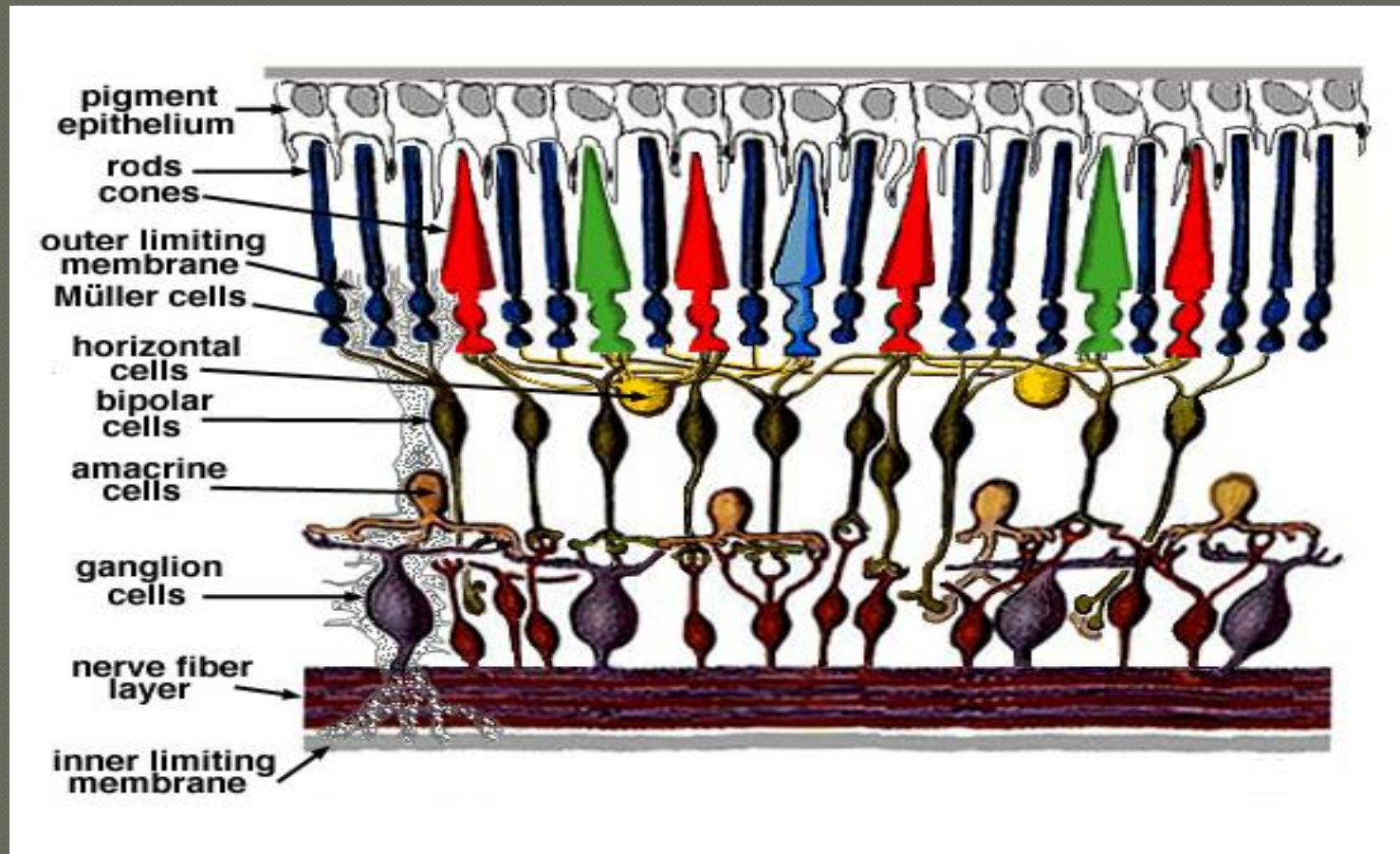
# 視覺歷程

# 眼球

- ◎ 光途徑：  
角膜→水樣液→  
水晶體→玻璃液  
→視網膜
- ◎ 中央窩：最重要  
視覺接收點
- ◎ 視神經：盲點處



# 視網膜



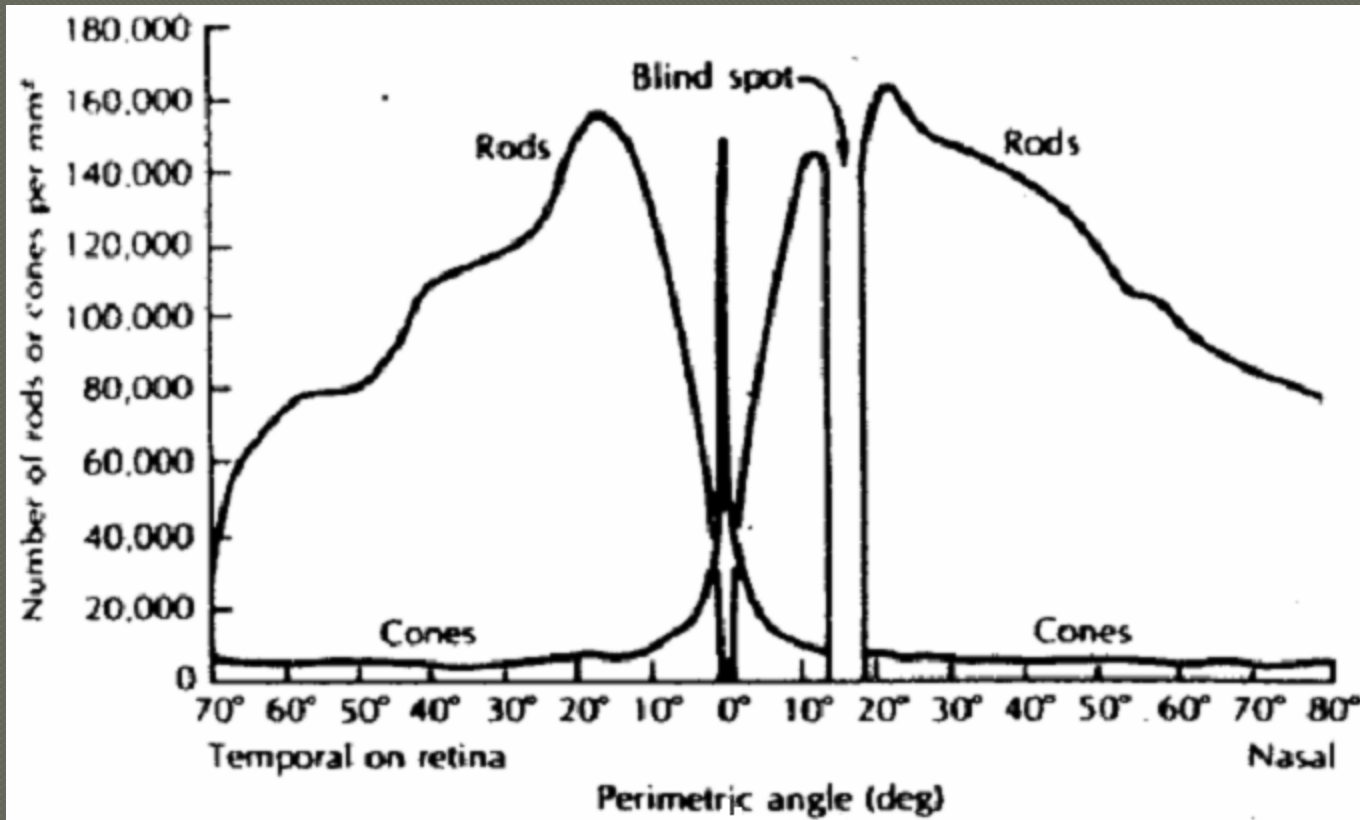
# 視網膜

- ◎ 上面代表眼球外部，下面代表眼球內部，光由下往上打入。
- ◎ 由外而內分成4層：色素滋養層、光接收器（錐/柱狀細胞）、雙極細胞、神經節細胞
- ◎ 電訊號途徑：光→光接收器→雙極細胞→神經節細胞→視神經
- ◎ 雙極細胞：柱狀細胞→多對一  
錐狀細胞→一對一



# 光接收器

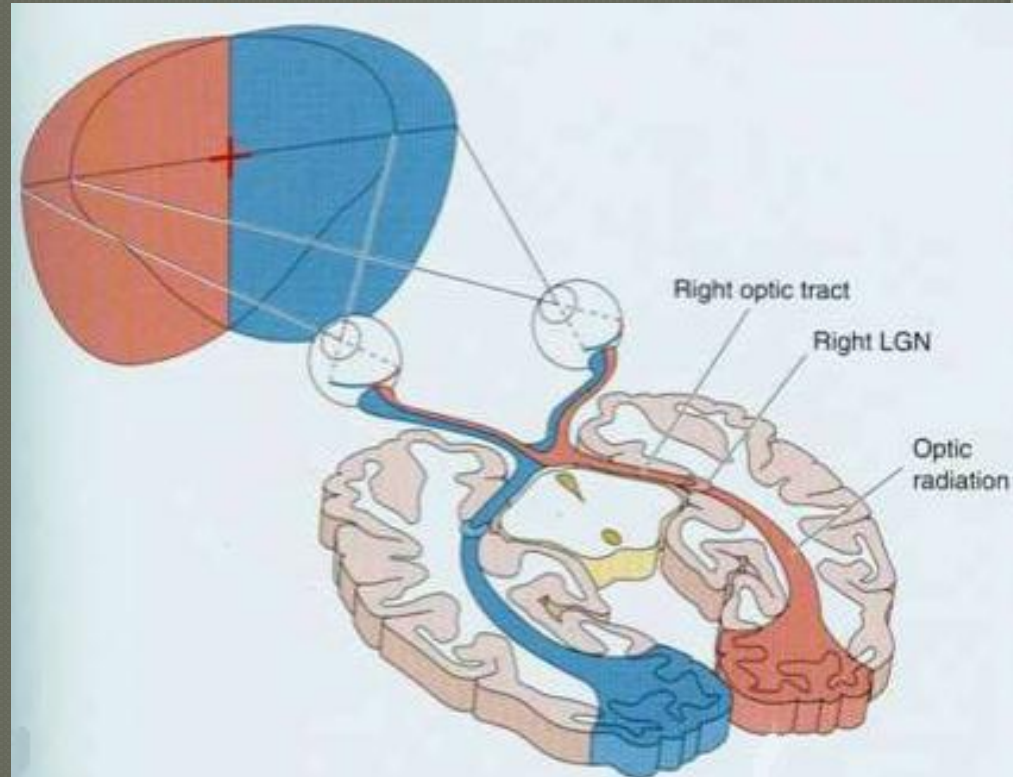
- 光接收器的分布圖，其中 $0^\circ$ 是中央窩，錐狀細胞多；盲點則都沒有光接收器。



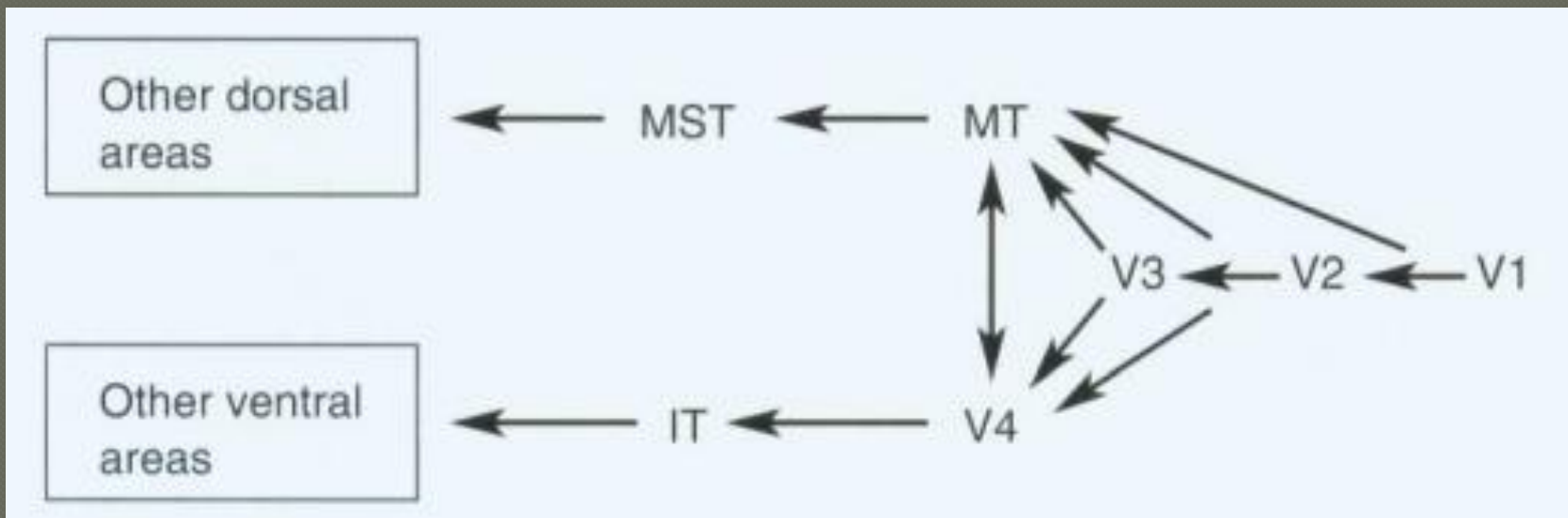


# 視覺通道

- ◎ 視覺通道經過：  
視神經→視神經交叉→視束→外側膝狀核→視輻射→視覺皮層
- ◎ 右圖表示視野合成



# 大腦視覺區



- ◎ 背側處理運動
- ◎ 腹側處理認知
- ◎ 認知需要比較豐富的資訊才能完成（解析度）
- ◎ 需要解析度排序：光暗→運動→認知

# 視覺損害

# 視覺損害分類

- ◎ 可以簡單依照症狀來分類
- ◎ 較難以受創部位來分類，因為症狀的異同不代表受創部位的異同
- ◎ 可以從視覺歷程由前到後分為：
  1. 視網膜損害
  2. 視神經損害
  3. 視覺皮層損害
- ◎ 我們只講視網膜損害

# 視網膜損害

---

- ◎ 最常見下列2種：
  1. 色素性視網膜炎
  2. 視網膜黃斑退化

# 色素性視網膜炎

- ◎ 遺傳性基因疾病
- ◎ 周邊柱狀細胞退化
- ◎ 漸漸延伸向中心處
- ◎ 最後只剩下中央窩附近還有功能
- ◎ 會有類似“隧道”的效果





# 視網膜黃斑退化

- ◎ 與基因相關
- ◎ 中央黃斑附近的錐狀細胞開始退化
- ◎ 到最後只剩下周圍的感光細胞
- ◎ 中央影像消失
- ◎ 常發生在老人上



# 人工眼的發展與分類

# 讓盲人重見光明的方法

## ◎ 人因工程：人工眼技術

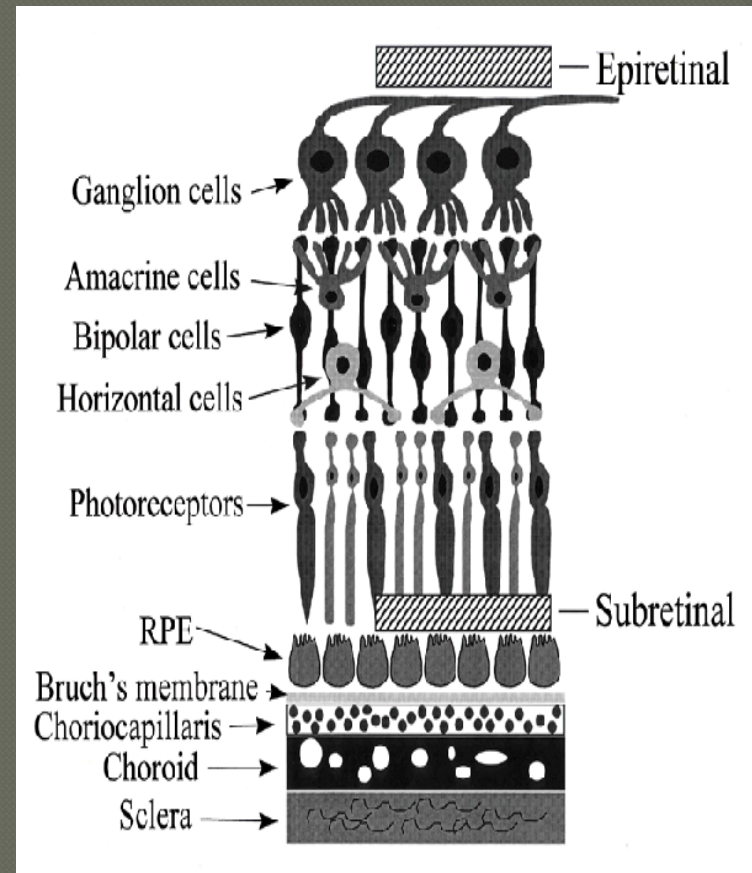
1. 視網膜外層補償
2. 視網膜下層補償
3. 視神經補償
4. 視覺皮層補償

## ◎ 生物工程：

1. 視網膜移植
2. 色素滋養細胞移植
3. 生長因子
4. 基因療法

# 視網膜“外”？視網膜“下”？

- ◎ 視網膜外補償常利用電訊號刺激神經節細胞，使之產生動作電位。
- ◎ 視網膜下補償常利用電訊號刺激光接受細胞（錐狀、柱狀），使之產生動作電位，並幫助光接受細胞恢復功能。
- ◎ 可以兩個一起做



# 選擇補償的位置

- ◎ 傷害的視覺歷程位置：  
補償的歷程位置一定要在損壞的歷程位置後面。
- ◎ 信號的分析難度：  
越後面的歷程位置，信號分析難度越大，也越難準確補償。
- ◎ 其他：  
手術難易度：視神經 > 視皮層 > 視網膜  
固定穩定度：視皮層 > 視神經 > 視網膜  
電極密度（解析度）：視皮層較高

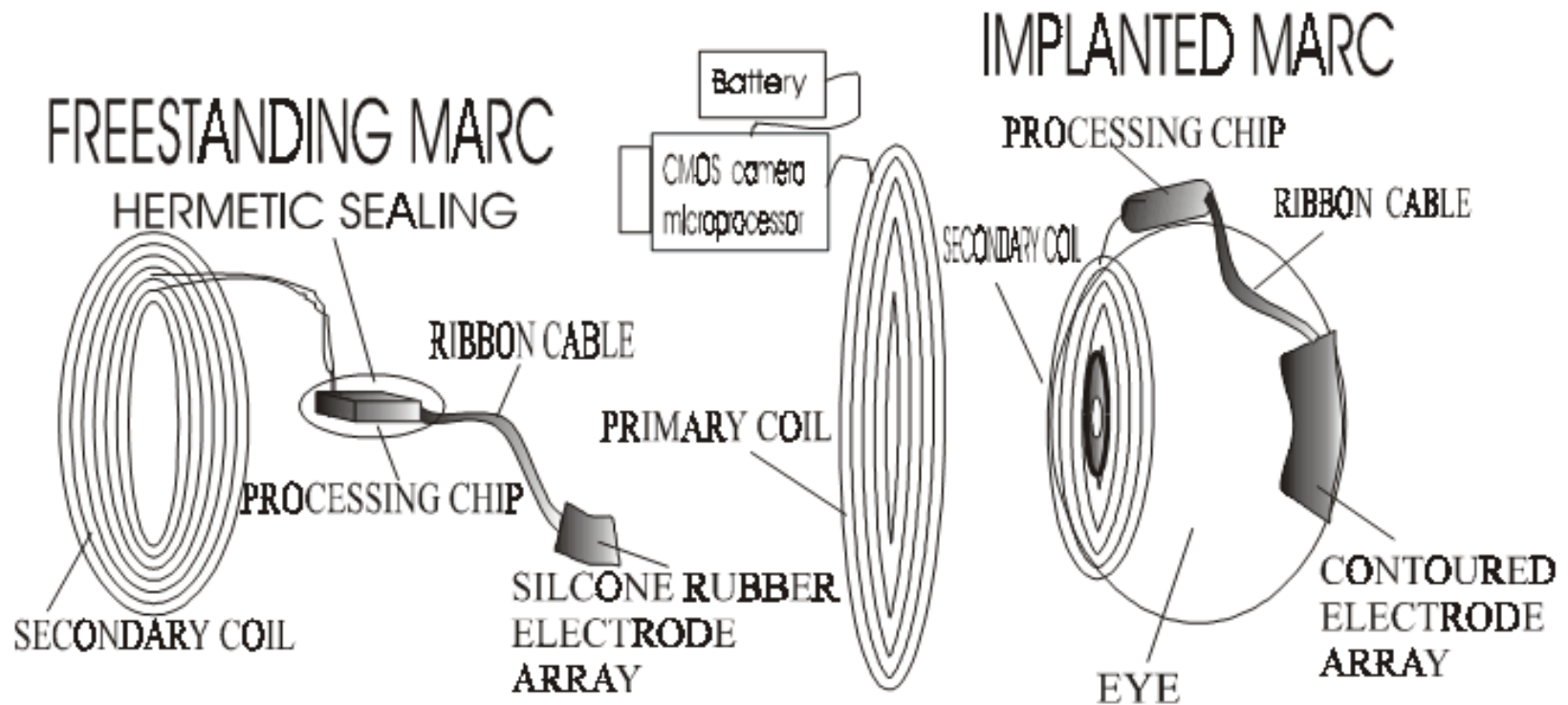
# 解析度





# 人工視網膜原理

# 人工視網膜結構



# 眼睛外部分構造

---

- ◎ 要有電池
- ◎ 把要進入眼睛的光用相機收集進來
- ◎ 處理光的資訊，算出相應的電訊號
- ◎ 訊號須包含時鐘、檔案，可包含能源
- ◎ 利用**RF**將電訊號發射出來，進入眼睛內部的接收電路

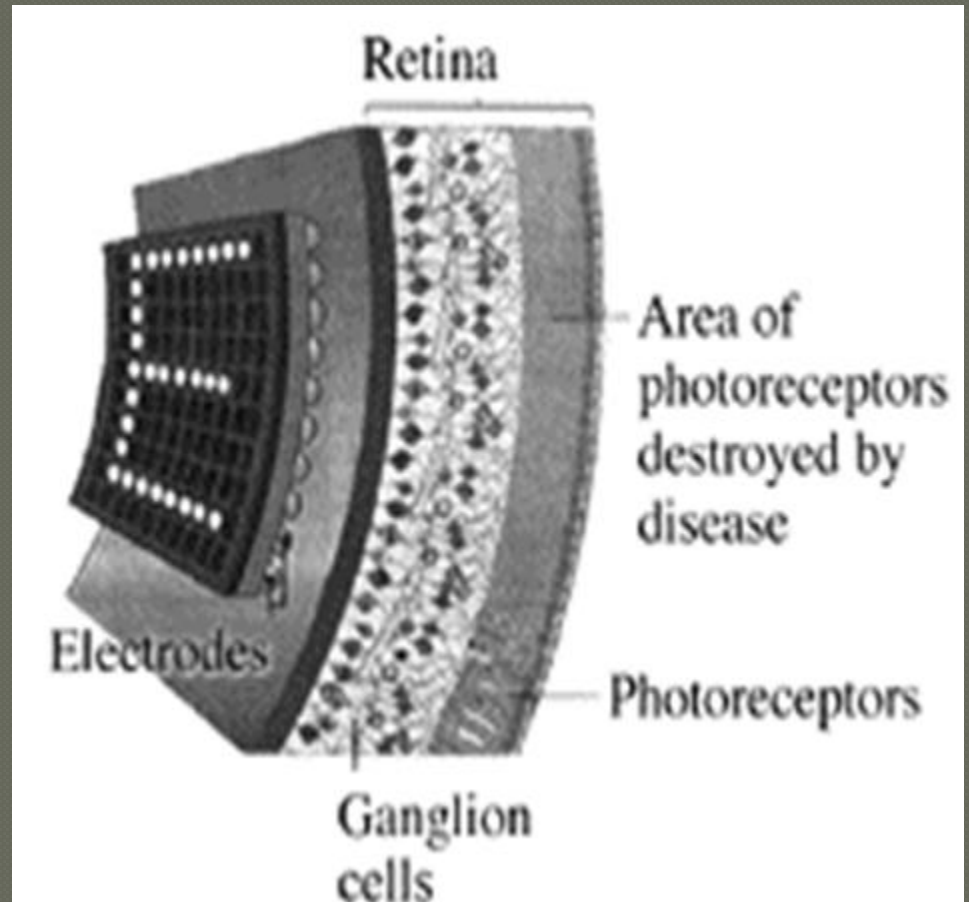
# 眼睛內部分構造

---

- ◎ 接收眼睛外部進來的電訊號
- ◎ 若沒接收到能源，需連接電池
- ◎ 解出時鐘、檔案訊號
- ◎ 將根據解出訊號調整電流控制器
- ◎ 控制電流輸出到電極

# 電極

- ◎ 電極可影響神經節細胞，使神經節細胞產生動作電位。
- ◎ 要考慮膚電效應，通常以矽橡膠+鉑或銱當材料。
- ◎ 電極產生波形最好類似於神經節產生波形



# 你的腦

- ◎ 你的腦是彈性最強的硬體。
- ◎ 透過反覆練習，腦會學習新的神經節細胞信號與腦中視覺區的對應，讓你可以用新的信號型態得到影像。
- ◎ 有盲人在舌頭上裝了差不多的裝置，而此人從此可以透過攝影機用舌頭的感覺細胞“看”到影像，證明了腦的學習性。

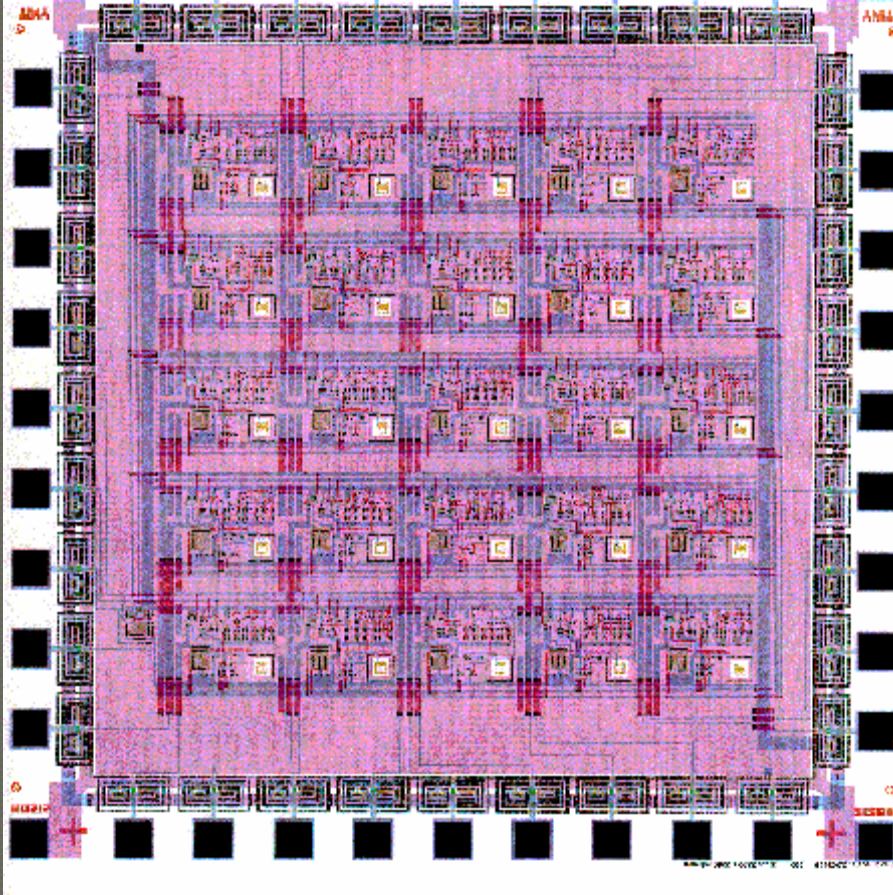


# 人工視網膜的限制

- ◎ 只能夠處理光感測器部分損壞（柱狀、錐狀細胞）的情況，若是色素滋養細胞或神經節細胞或後面視覺歷程損壞，則沒有用處。
- ◎ 大概只對上述兩樣疾病有用。
- ◎ 現在還不能產生彩色視覺，因為柱狀細胞和錐狀細胞的神經節細胞無法分開來刺激，並且因電極密度關係會一次影響很多神經節細胞。

# 人工視網膜實作 - MARC

# MARC 晶片



# MARC演進

---

- ◎ MARC是視網膜外補償法
- ◎ MARC1：感光+電極刺激
- ◎ MARC2：增加RF功能
- ◎ MARC3：加強功能多樣性
- ◎ MARC4：將眼內部分處理和電極部分整合

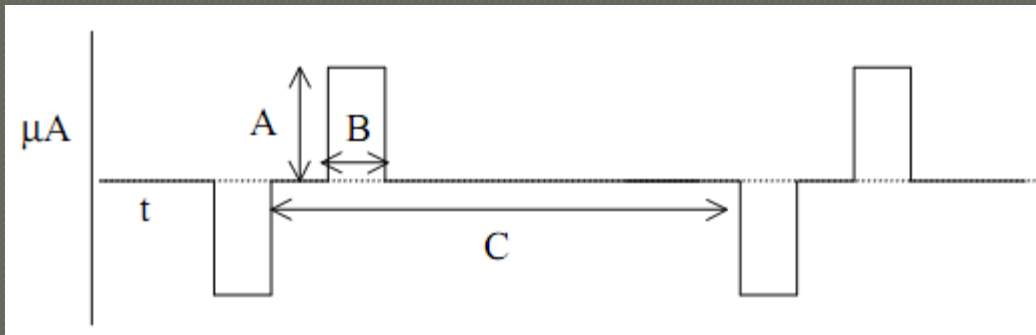


# MARC 影像規格

- ◎ 目前還是用在單色，沒有彩色。
- ◎ 解析度：透過接在視網膜上的電極陣列來決定，每一個電極相當於一個畫素，受到電極密度、電極厚度限制，MARC3是 $10 \times 10$ 。
- ◎ 灰階度：由加密時以多少位元為一個單位來決定，受到標準視網膜刺激頻率、系統運作速度（元件、散熱、電源）限制，MARC3是4位元（灰階度16）。

# 標準視網膜刺激

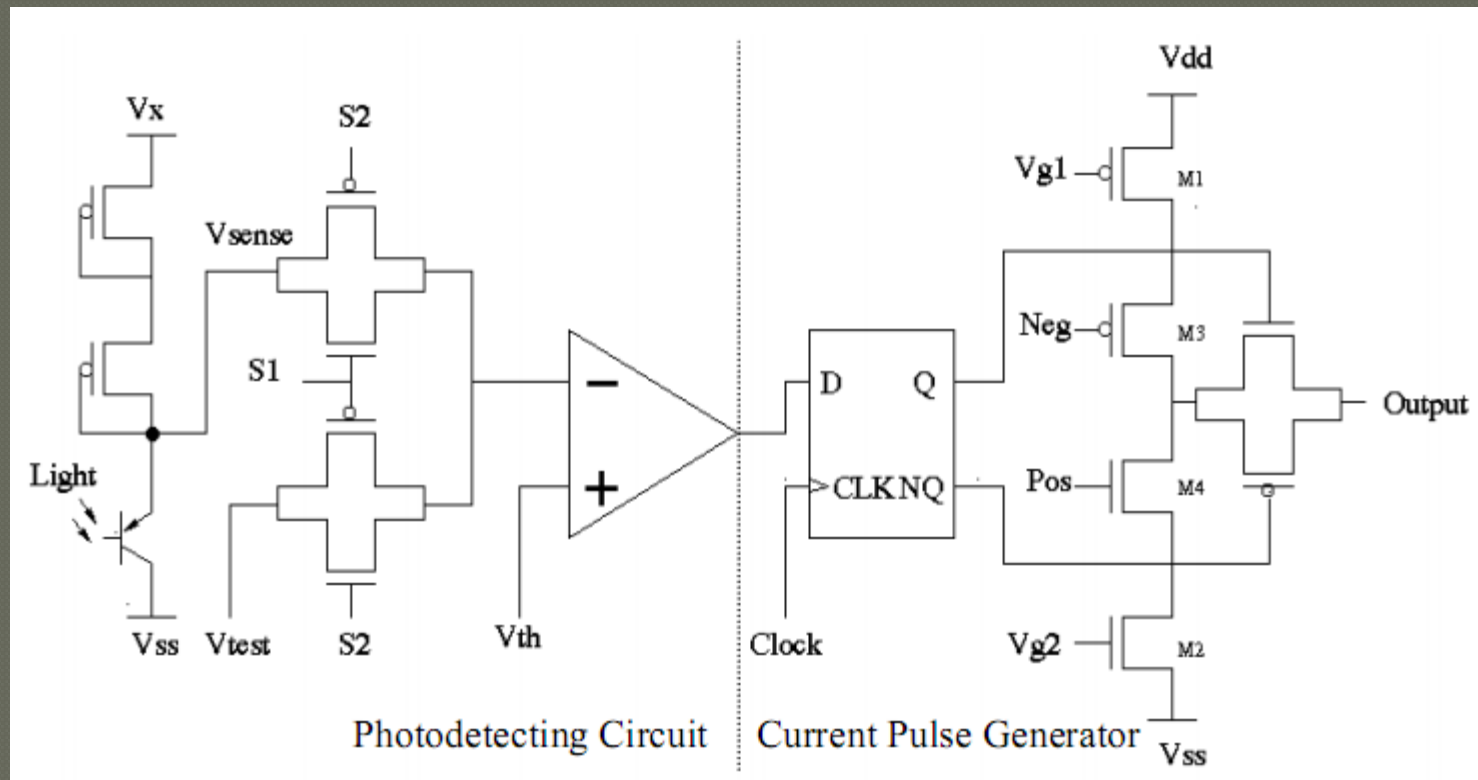
- ◎ 特定的波形可有效刺激視網膜細胞（ganglion cell）產生動作電位



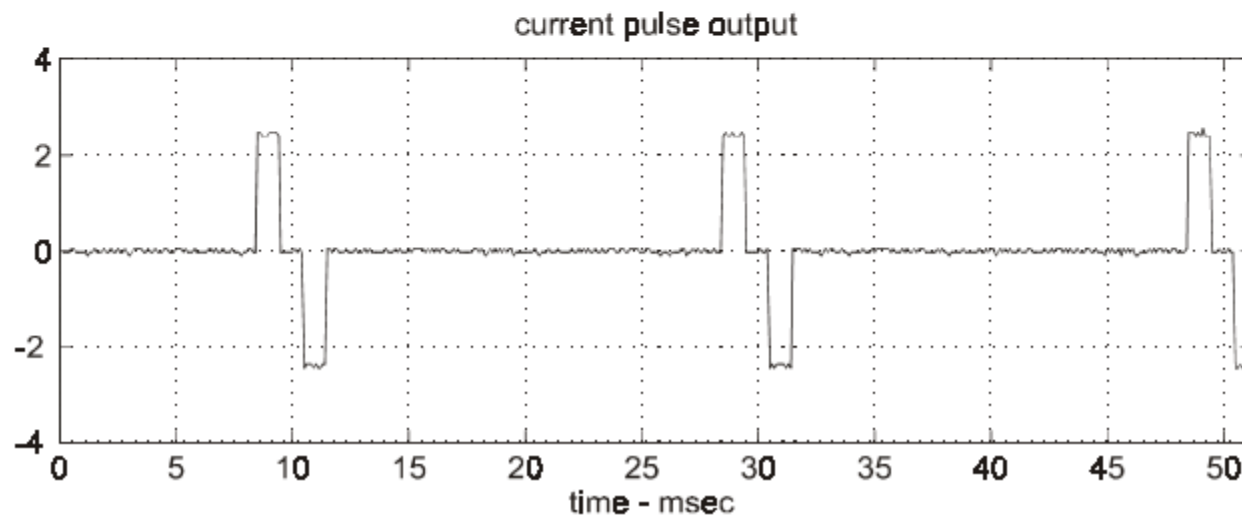
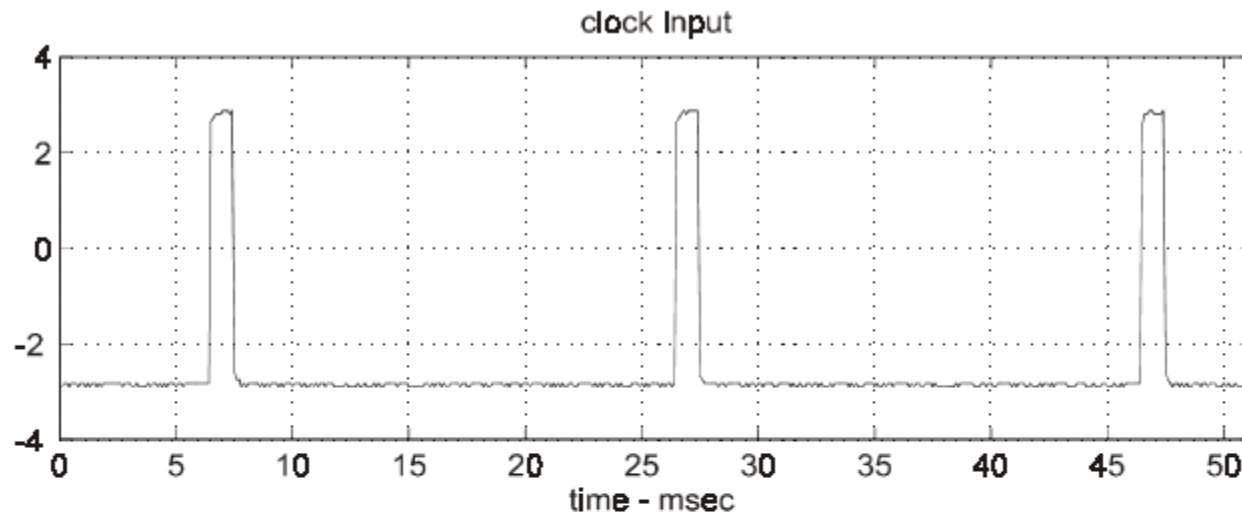
- ◎  $A=100\sim 600\ \mu\text{A}$ ,  $B=0.1\sim 2\ \text{ms}$ ,  $C=8\sim 100\ \text{ms}$
- ◎ 換算成頻率為  $10\sim 125\ \text{Hz}$



# MARC1 光感測與刺激電路

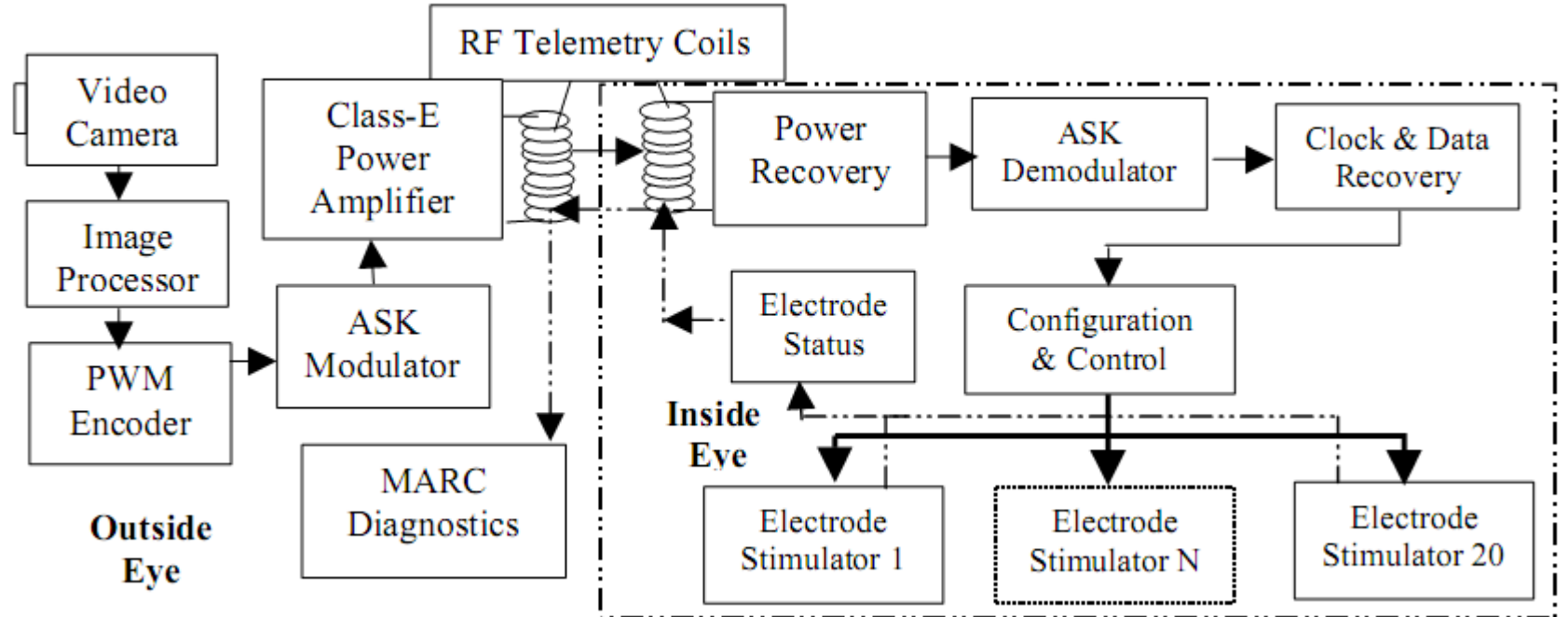


# MARC1 時鐘測試



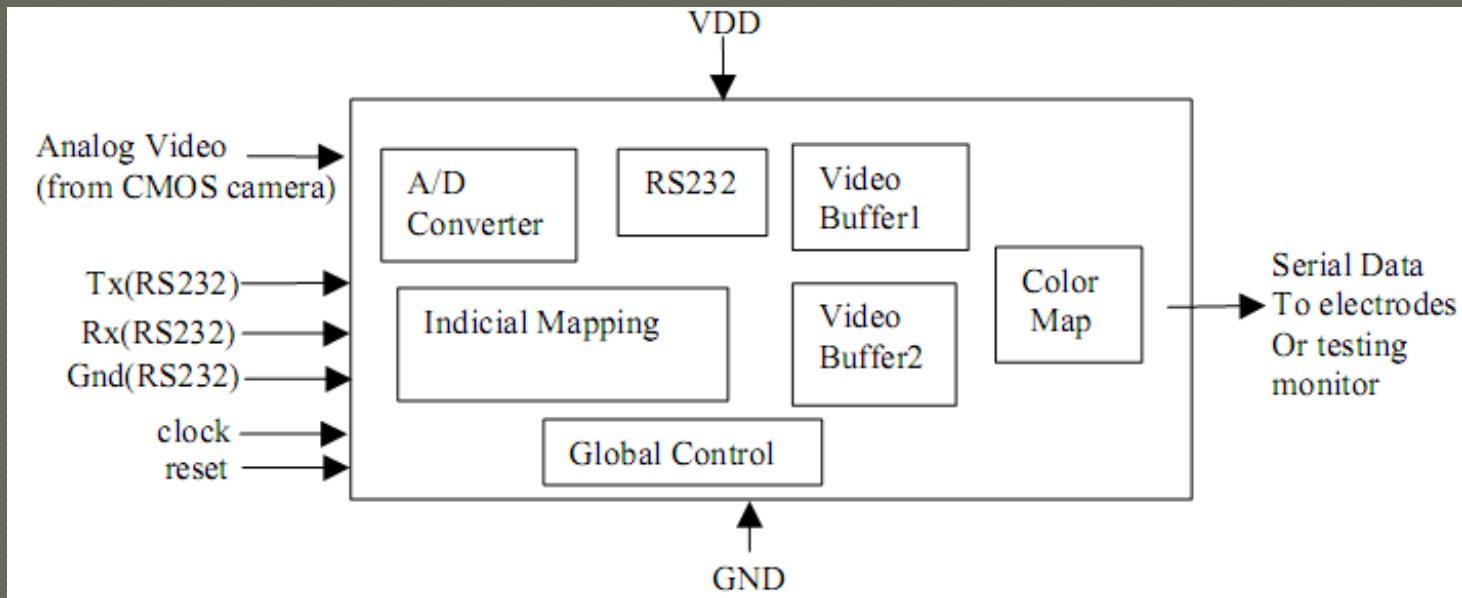
# MARC3 系統方塊圖

MARC SYSTEM BLOCK DIAGRAM



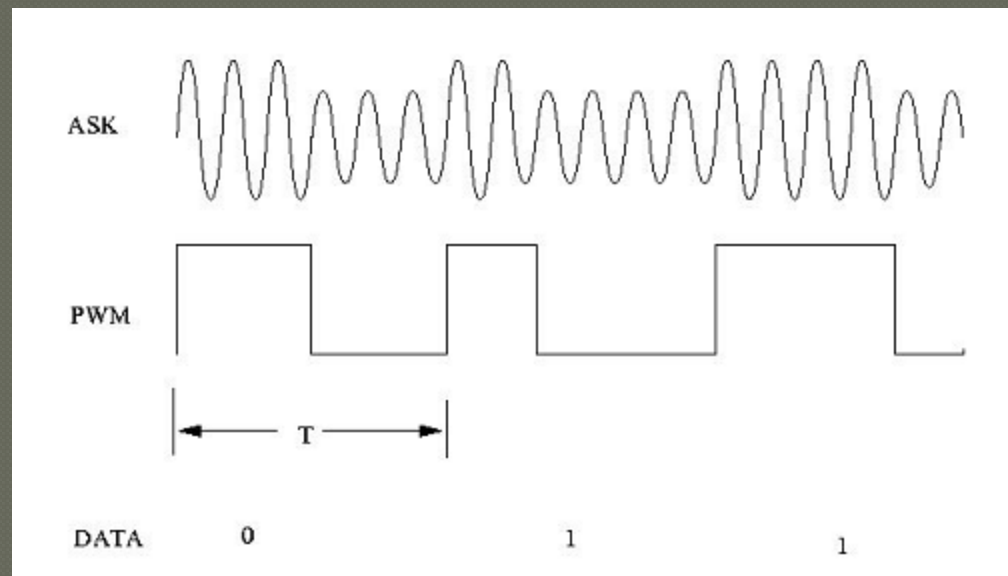
# MARC3 眼外部系統圖

- 閃爍：需要用刺激信號2倍的頻率處理（60Hz）
- 暫存器：SRAM
- 為了增加演算彈性，會用可編輯的FPGA

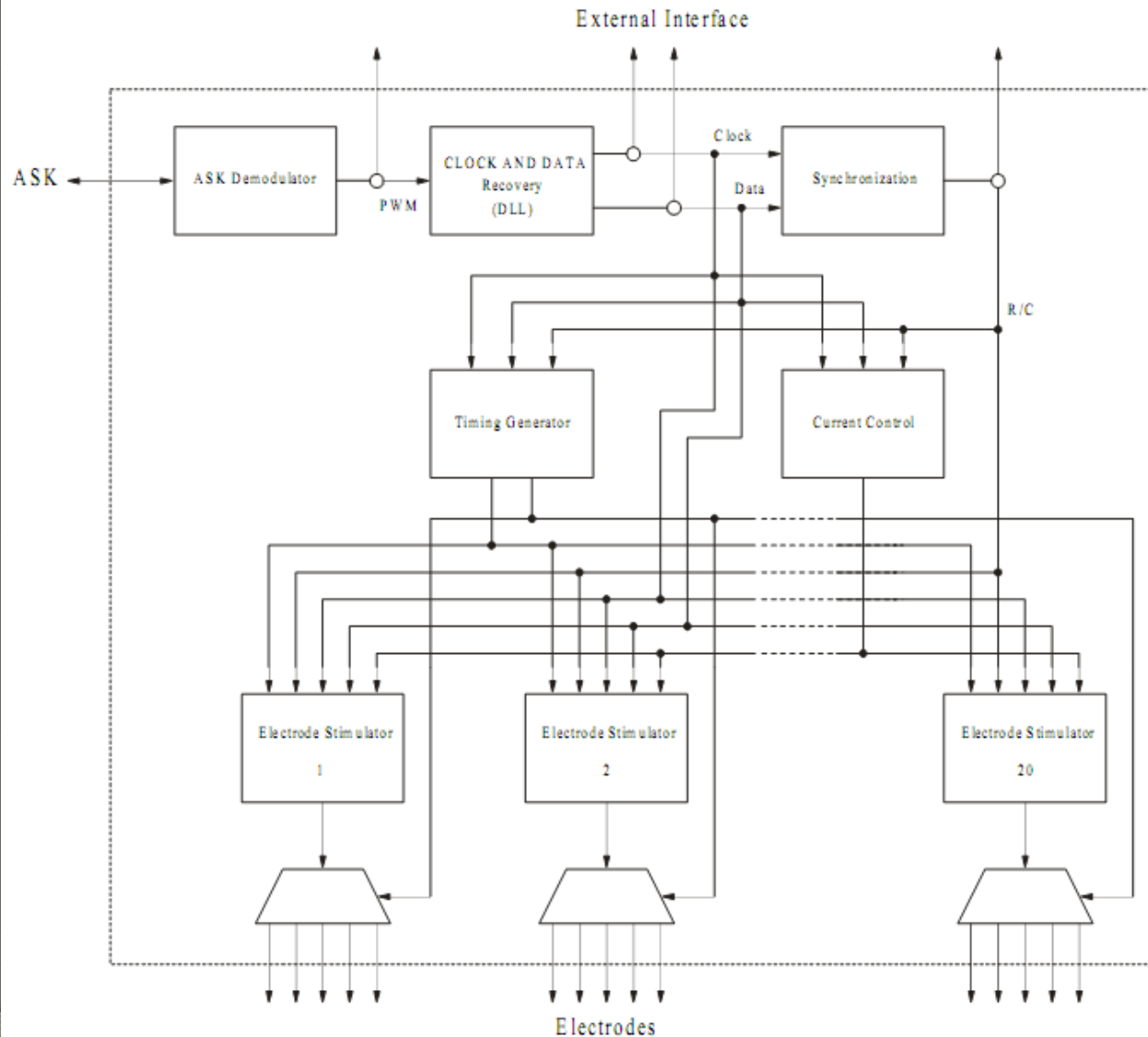


# MARC3 調變模式

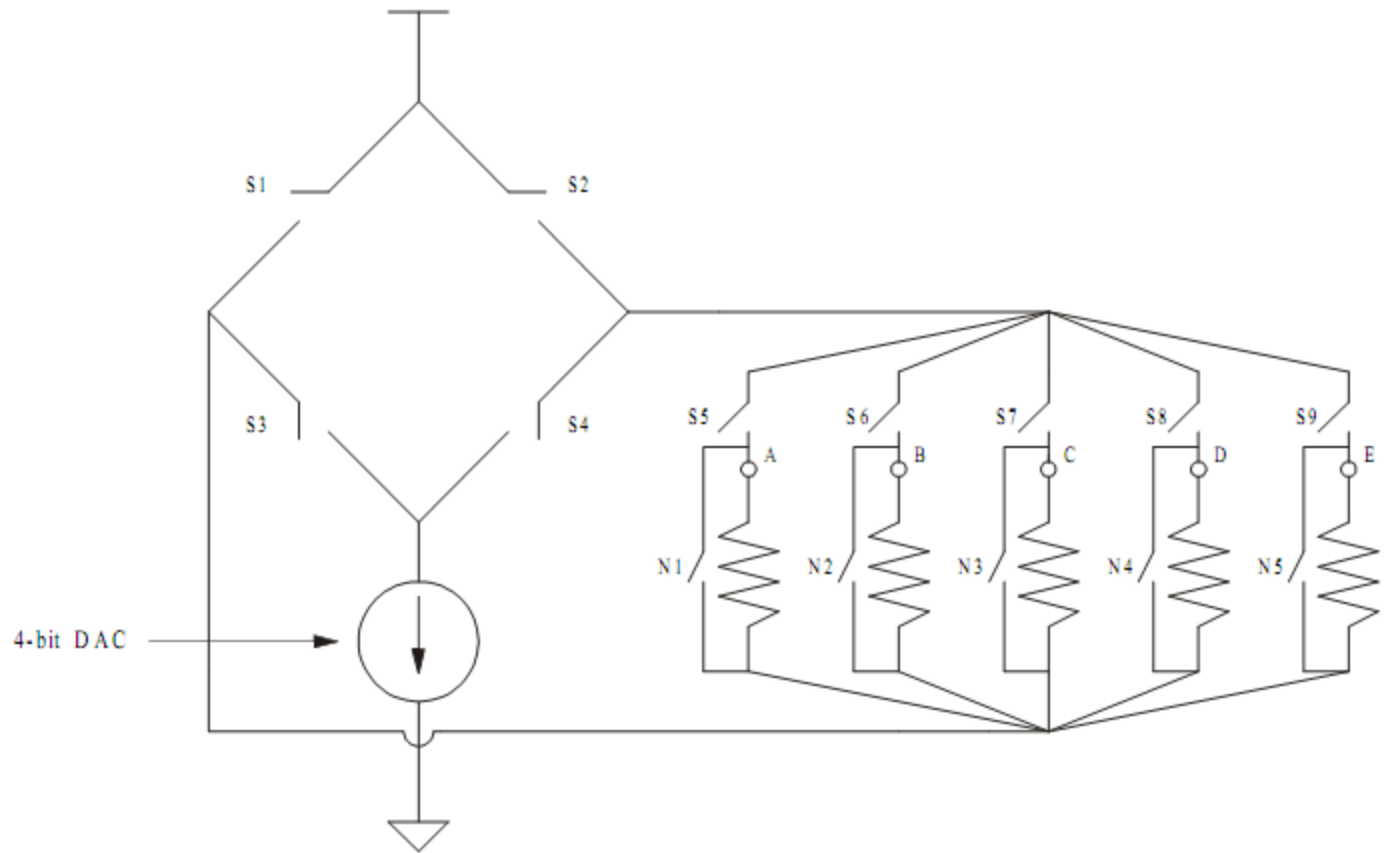
- ◎ 調變使用 PWM 編碼 + ASK 載波
- ◎ 解調直接看 envelope + DLL
- ◎ RF 常用模式



# MARC3 控制晶片結構



# MARC3 電流控制與二像電路



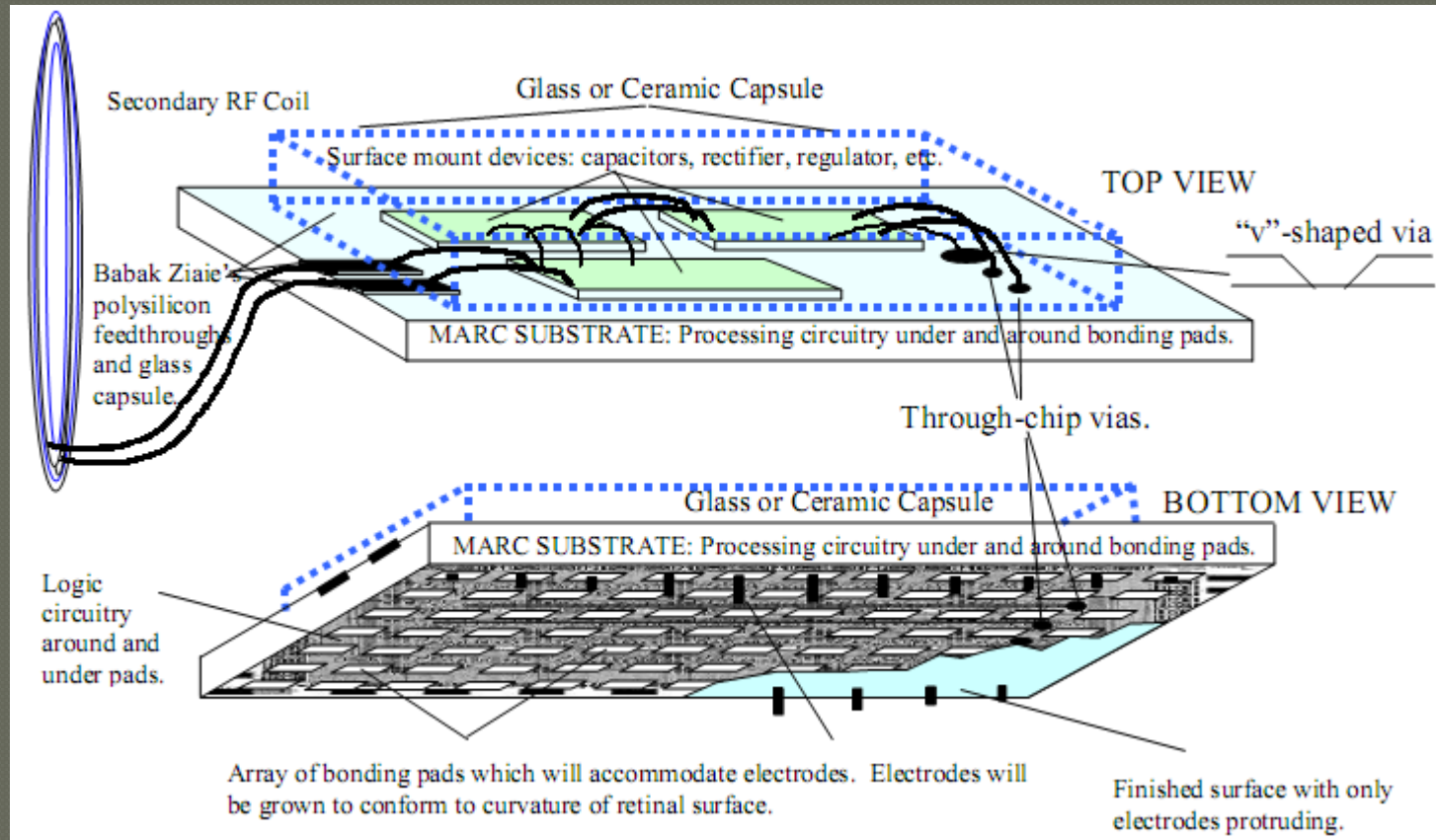
S1 - S4 Switch to Generate Bi-phase Current Pulses

S5 - S9 Demultiplex to Five Electrodes A - E

N1 - N5 : Neutralizing Switches



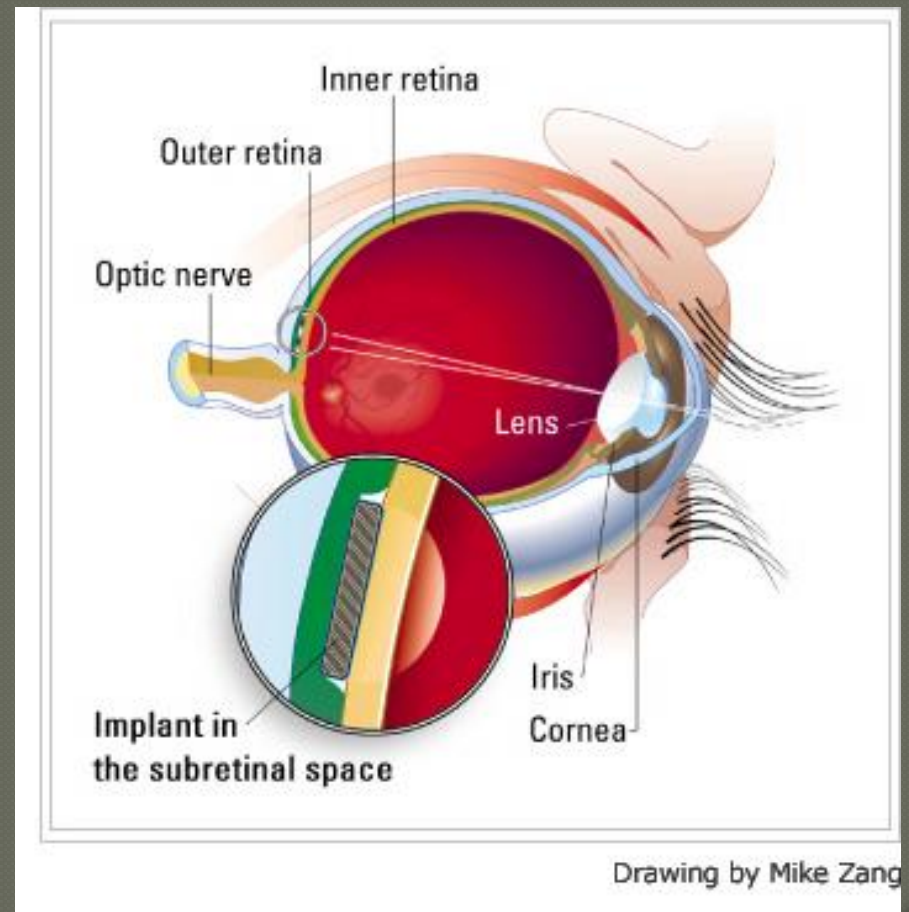
# MARC4 整體結構



# 其他種類人工眼的發展

# 人工矽視網膜

- ◎ Alan Chow and Vincent Chow
- ◎ 視網膜下補償



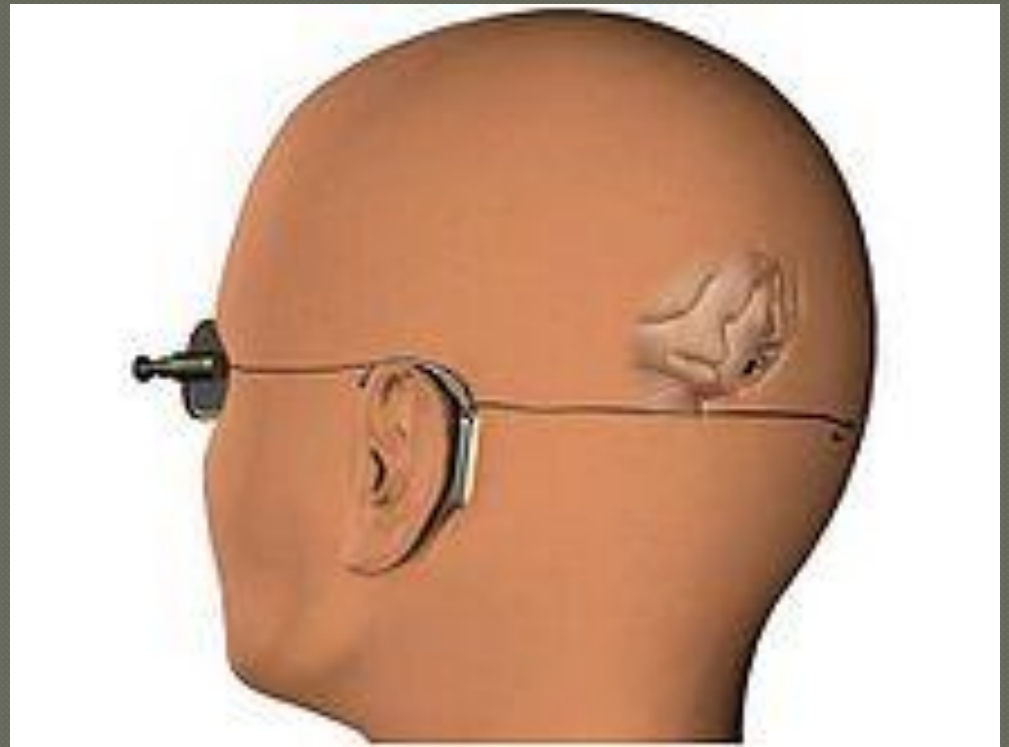
# MIVIP

- ◎ University of Louvain
- ◎ 視神經補償



# 視覺皮層植入

- ◎ Polystim neurotechnologies Laboratory
- ◎ 視皮層補償



# 參考資料

---

- North Carolina State University, John Hopkins University, “Multiple-Unit Artificial Retina Chipset System To Benefit The Visually Impaired”
- University Of Groningen, Human-Machine Communication “Bionic eye”
- University of Uta, John A. Moran Eye Center, <http://uuhsc.utah.edu/MoranEyeCenter/research/normann/normann.htm>

---

請發問