目錄 ▼

AI 智慧休息椅 產品規劃書

坐滿 30 分鐘，椅背自動往後傾倒讓人休息 10 分鐘，再自動立起；頭枕感測器量頭與椅背的距離，太遠就嗶嗶提醒坐正。本頁說明產品的結構與電控架構、木工組裝與走線的實作建議，並附積木模型分析作為參考。

100° → 130°	30 + 10 分	≥ 2000 N	ESP32
椅背工作／休息角度	工作計時＋休息	24V 推桿推力	計時、感測、藍牙

PART 1

產品設計與實作

目標是把模型做成真人可坐的椅子：坐滿 30 分鐘自動往後躺，休息 10 分鐘後自動立起；頭離椅背太遠時嗶嗶提醒；App 可手動操作與設定。

一、產品定義

產品定位是「防久坐的書桌／辦公休息椅」，核心是讓椅子自己提醒並帶使用者休息。模型目前靠 App 手動傾倒、恢復，產品要補上「自動偵測有人坐下」才能真正自動計時。

功能	模型現況	產品做法
計時自動後傾	App 點一下傾倒、再點一下恢復	坐下自動開始計時，30 分鐘後後傾，休息 10 分鐘後立起；時間可在 App 調整
頭距提醒	紅外線測距，太遠嗶嗶叫	頭枕內建 ToF 雷射測距，超過設定距離且持續數秒才提醒，避免一直叫
坐下偵測	無	座墊壓力感測，有人才計時、離座就暫停
App 控制	有（手動傾倒／恢復）	藍牙 App：手動操作、設定時間與提醒靈敏度、使用紀錄
實體按鍵	無	扶手上「後傾／立起／暫停」三鍵，沒手機也能用

建議規格（先以一般書桌椅尺寸定案）

項目	建議值
座高	42–46 cm
座面寬 × 深	48 × 45 cm
椅背高（含頭枕，由座面起算）	70–80 cm
椅背角度	工作 100°，休息 130°（相對座面）
後傾時間	15–20 秒（慢速，安全、不驚嚇）
承重	使用者 110 kg
電源	110V 插座 → 24V DC 變壓器

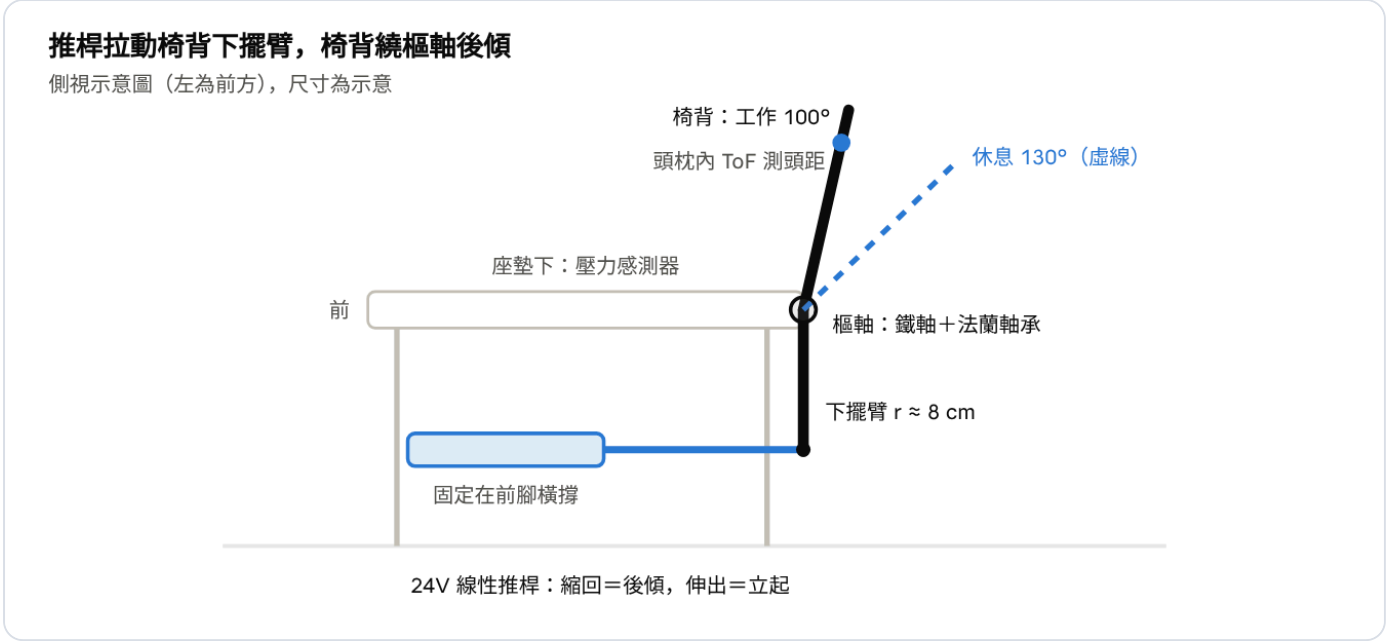
二、模型到產品的零件對應

模型的每個零件都有對應的產品級零件；最大的改變是「齒輪組」換成「線性推桿」，因為要推動的是一個真人。

模型零件	產品零件	換的理由
積木樑框架	木作框架（原型）→ 鉄管或鋁框架（量產）	要承受 110 kg 及後傾時的力矩
積木馬達＋40T/8T 齒輪	24V 電動線性推桿（含限位開關）	推力大、會自鎖，停電時椅背不會自己倒下
椅背後方橫軸	鉄軸＋法蘭軸承（或市售躺椅連桿機構）	反覆轉動不磨損、不鬆動
紅外線感測器	ToF 雷射測距（如 VL53L1X）	不受頭髮顏色影響、距離更準
無	座墊壓力感測（薄膜壓力感測器）	自動知道有沒有人坐
Robot X 主控盒	ESP32 控制板（內建藍牙）	可寫計時、接 App、便宜
主控盒嗇叭	蜂鳴器（可加震動馬達）	聲音大小可調，震動不吵到旁人
3 顆 AA 電池	24V 變壓器＋降壓模組（5V／3.3V）	推桿耗電大，電池撐不了
手機 App	藍牙 App（可先用現成藍牙工具 App 測試）	功能延續，加上設定與紀錄

三、機械結構設計

建議改成「椅背樞軸＋下擺臂＋線性推桿」：椅背與下擺臂是同一件剛體，推桿拉下擺臂，椅背就繞樞軸往後躺。這和市售電動躺椅的原理相同，零件好買。



後傾機構側視圖：推桿拉動下擺臂，椅背繞樞軸後傾

推桿「伸出」時要把人推回坐姿，是最吃力的動作；推桿的推力通常大於拉力，所以設計成伸出＝立起。

3.1 後傾驅動方案比較

方案	優點	缺點	建議
24V 線性推桿	現成品、內建限位、會自鎖、好安裝	需留座下空間	採用
蝸杆減速馬達＋齒輪（延續模型）	和模型概念一致、會自鎖	齒輪與軸要自己加工，精度要求高	備選
氣壓棒＋電磁釋放	便宜、輕	只能「放」不能主動「推回」，達不到自動立起	不建議
改裝市售電動躺椅	機構與推桿已驗證，最快	外型受限、偏沙發而非書桌椅	最快驗證方式

3.2 推桿力量估算

假設上半身靠在椅背的力約 500 N（約 50 kg），作用點離樞軸 30 cm，椅背後傾到比垂直多 40° 時力矩最大：

> $\tau = 500\ \text{N} \times 0.30\ \text{m} \times \sin 40^\circ \approx 96\ \text{N·m}$

> $F = \tau \div r = 96 \div 0.08 \approx 1200\ \text{N}$，× 1.5 安全係數 ≈ 1800 N

結論：選推力 2000 N 以上、行程 100 mm、24V 的推桿；下擺臂轉 30°（100°→130°）約需 4–5 cm 行程，其餘用安裝位置與限位開關調整。數字為初估，原型做出來後要實測。

3.3 框架材料選擇

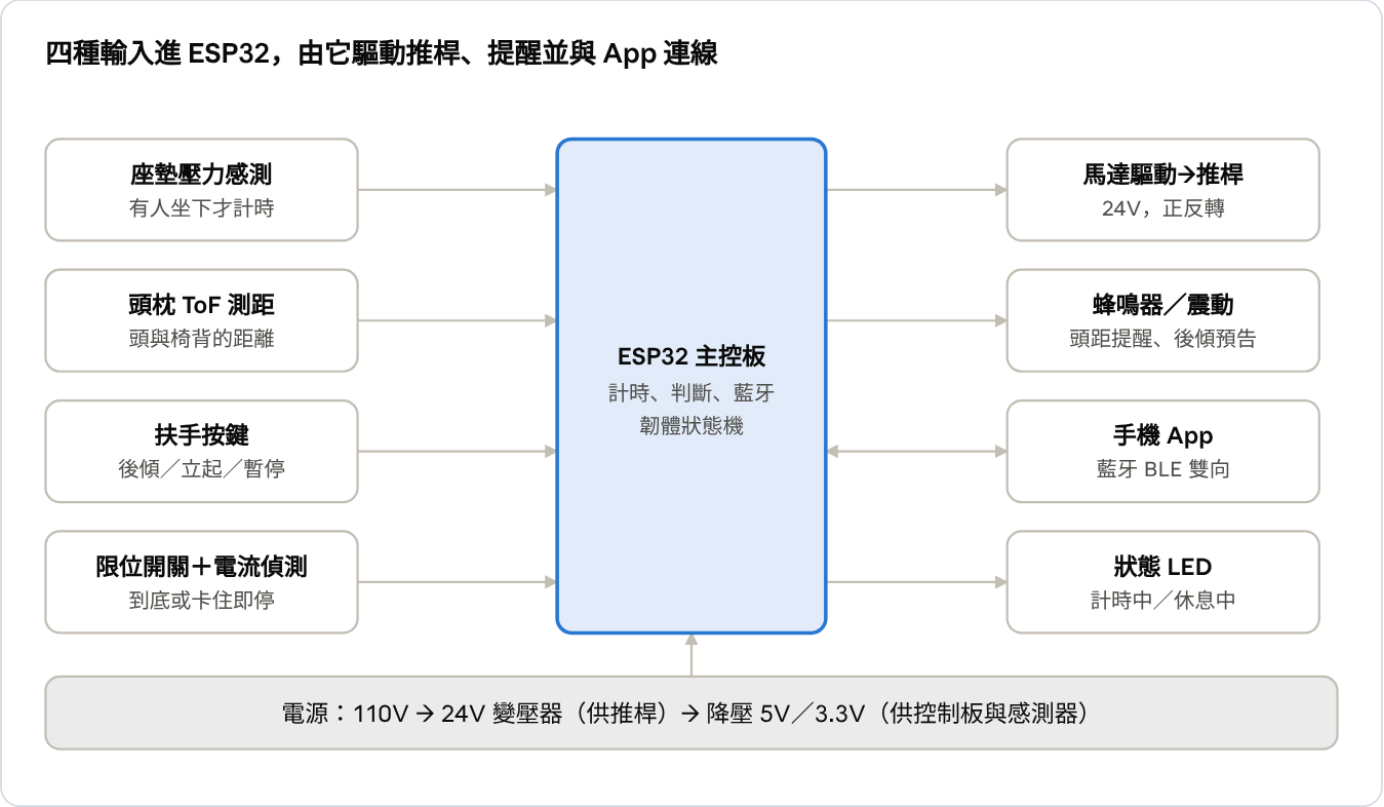
材料	適合階段	優點	注意
木作（18 mm 樺木合板、松木集成材）	1:1 功能原型	好加工、便宜、教室可做	樞軸與推桿座要加鐵件補強，木頭會裂
鋁擠型（4040 系列）	工程原型	免焊接、可反覆調整尺寸	外觀較像機器，需加外殼
鐵方管焊接＋烤漆	量產	強度高、單價低	要開治具、找焊接廠

3.4 其他結構要點

- 底座用四腳固定式（不加滾輪），後腳往後延伸至少超過後傾時的重心，防止往後翻。
- 椅背與座面之間保持 ≥ 2.5 cm 間隙或用布套包覆，避免後傾時夾到手指。
- 推桿、控制盒、變壓器都藏在座下，用薄板封住。
- 頭枕做成可上下調整，讓 ToF 感測器對準不同身高使用者的後腦。

四、電控與感測架構

控制核心改用 ESP32：一片板子就有計時、藍牙與足夠的腳位，原型階段可用 Arduino IDE 開發。



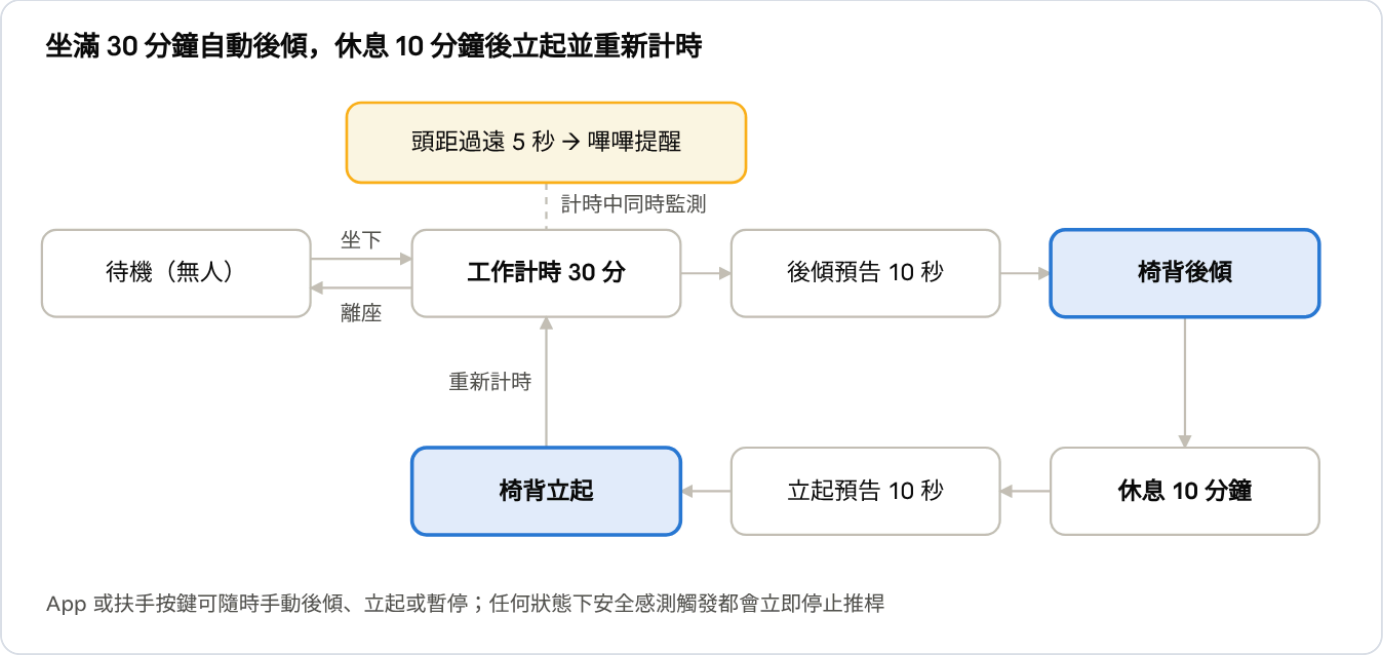
電控與感測架構

感測器選用要點：

- **頭距**：ToF（VL53L1X，量程約 4 m）比一般紅外線準，黑髮、白髮差異小；安裝在頭枕中央、朝前。
- **坐下**：座墊下貼薄膜壓力感測器（FSR）或椅座壓力開關，只需判斷「有／沒有人」。
- **安全**：推桿內建限位開關是第一道，程式監測馬達電流（INA219）是第二道，電流突然變大代表卡到東西，立刻停止並反向退一點。
- **馬達驅動**：原型可用 BTS7960 H 橋模組或雙繼電器；量產時繪製專用 PCB。

五、控制流程

韌體寫成「狀態機」：每個狀態只做一件事，條件成立就跳下一個狀態，比一連串 if 好除錯。



韌體狀態圖：30 分鐘計時、後傾、休息 10 分鐘

參數	預設值	App 可調範圍
工作計時	30 分鐘	15–60 分鐘
休息時間	10 分鐘	5–20 分鐘
預告時間	10 秒（嗶 3 聲）	5–30 秒
頭距閾值	10 cm，持續 5 秒才叫	5–20 cm
離座重置	離座超過 2 分鐘就歸零	1–10 分鐘

- 預告期間按「暫停」可延後 5 分鐘，避免開會、趕工時突然躺下。
- 頭距提醒只在「工作計時」狀態啟用，休息時不叫。
- 離座短暫（倒水、接電話）只暫停計時，回來接著算。

六、安全設計

會自己動的椅子，安全比功能優先：任何一項安全檢查不通過，推桿就不動。

風險	對策
後傾時後方有人或牆	椅背後方加超音波測距，小於預設距離就不後傾並嗶嗶提示
夾手（椅背與座面、推桿附近）	間隙 ≥ 2.5 cm 或布套包覆；推桿藏在封板內；電流異常即停並反退
突然躺下嚇到人	動作前 10 秒預告、可取消；後傾速度慢（15–20 秒）
後傾時整張椅子往後翻	後腳延伸、不加滾輪；以 110 kg 實測傾倒試驗
停電或當機	自鎖推桿停在原位；扶手有實體按鍵；可加機械式手動釋放
程式卡住（當機）	ESP32 看門狗計時器自動重開，重開後推桿保持不動
電氣安全	使用有 BSMI 認證的 24V 變壓器，椅子內只走低壓電；加保險絲
兒童誤觸	App 與按鍵可鎖定；座墊壓力太小（例如小孩）不啟動自動模式

七、材料採購

建議先買推桿、再設計木件：推桿的安裝孔距、縮回長度與行程決定了下擺臂和橫撐的位置。以下價格為估計值，實際請詢價。

7.1 兩條可行路線

路線	做法	估計費用（新台幣）	適合
A. 改裝現成電動躺椅	買單人電動躺椅（二手亦可），保留機構與推桿，換成自己的控制板與感測器	約 5,000–15,000	最快驗證計時與提醒功能
B. 木工自製 1:1 原型	依第三章機構自己做椅子，選購推桿與電子零件	約 7,000–13,000	外型與尺寸自由，接近最終產品

7.2 木工材料（路線 B）

部件	材料與尺寸	數量
座板	18 mm 樺木合板，480 × 450 mm	1
椅背板（含頭枕段）	18 mm 樺木合板，480 × 750 mm	1
椅腳	實木角材 45 × 45 mm，長約 430 mm	4
橫撐	實木角材 30 × 60 mm，長約 400 mm	6
椅背骨架＋下擺臂	6 mm 鐵板或 25 mm 方管，請鐵工加工	2 組
樞軸	M12 螺栓或 Ø12 mm 鐵軸＋法蘭軸承	1 支軸＋2 顆軸承
推桿固定座	U 型鐵件（推桿多半附贈）＋穿心螺栓	2
雜項	木螺絲、L 型鐵片、白膠、砂紙、木器油	依需
座墊與椅背墊	高密度海綿 5 cm＋布料或皮革	2 套

7.3 五金與電子

品項	規格	估計價格
線性推桿	24V、推力 ≥ 2000 N、行程 100 mm、內建限位	1,000–3,000
變壓器	24V 5A，有 BSMI 標籤	500–800
控制板	ESP32 開發板	200–400
馬達驅動	BTS7960 H 橋模組	150–300
頭距感測	VL53L1X ToF 模組	300–500
坐下感測	薄膜壓力感測器（FSR）或座墊壓力開關	200–500
後方障礙感測	超音波測距模組	50–150
電流偵測	INA219 模組	100–200
降壓模組	24V → 5V	50–150
其他	蜂鳴器、按鍵、LED、線材、保險絲、外殼	300–600

7.4 採購通路（台灣）

- **木材**：地方木材行（可代客裁切，帶裁切清單去最省事）、特力屋等大型修繕賣場。
- **木工加工**：共享木工坊或木工教室（租用機具、可請老師指導）；鐵件找附近鐵工廠代工。
- **五金**：五金行；軸、軸承、鋁擠型可用 MISUMI 等機械零件通路。

- **電子**：光華商場、正華電子（icshop）等電子材料行，或網購平台搜尋「24V 電動推桿」「ESP32」「VL53L1X」。
- **量產級推桿**：台灣廠商 TiMOTION（第一傳動）、丹麥 LINAK 等專業品牌，可詢問樣品與量產價。
- **布料、海綿**：布料行、沙發材料行；也可委託沙發師傅包布。

7.5 採購順序

1. 定案尺寸與機構草圖。
2. 買推桿、變壓器、ESP32，先在桌上接線試轉。
3. 依推桿實際尺寸畫木件圖、開裁切清單。
4. 木材行裁切，鐵工廠做下擺臂與椅背骨架。
5. 組裝木架、裝推桿，空椅測試後再買海綿布料包覆。

八、現階段模型可以先改的地方

不換套件也能先把模型升級成「自動版」，當作產品的概念驗證。

問題	改法
不會自動偵測有人	椅座下加一個碰觸／按壓感測器，或把椅座上緣那顆紅外線感測器改用來判斷「有人坐」
靠 App 手動傾倒／恢復	在積木程式中加計時器：坐下開始計時，展示時可用 30 秒／10 秒代替 30 分／10 分
椅背倒下角度不固定	在「立起」與「躺下」位置加機械擋塊，或加碰觸感測器當限位開關
停止時椅背可能被壓回去	若套件有蝸杆，加一級蝸杆減速（會自鎖）；沒有就用程式在停止時繼續以低功率鎖住
頭距提醒一直叫	程式改成「超過距離且持續 3 秒」才叫，只在椅背立起時啟用
缺少安全概念	後傾前先嗶 3 聲預告；椅背後方加一顆紅外線感測器，後方有東西就不倒

模型的白色連桿與橫軸就是第三章「樞軸＋下擺臂」的縮小版，可用來向評審說明產品機構的由來。

九、木工組裝

木架用「圓木榫＋白膠」定位、「螺栓＋鐵角碼」受力；樞軸、推桿座這兩個受力最大的點一律用穿透螺栓加鐵件，不只靠木螺絲。尺寸以座面寬 480 mm、深 395 mm 為準，實際請依買到的推桿尺寸微調。

9.1 裁切清單（單位 mm）

編號	零件	材料	尺寸	數量	備註
A	地腳	實木	45 × 30 × 720	2	往後延伸防翻倒
B	椅腳	實木	45 × 45 × 380	4	後腳內側裝軸承座
C	側牙板	實木	25 × 50 × 350	2	
D	前／後牙板	實木	25 × 50 × 390	2	
E	中段側撐	實木	30 × 40 × 350	2	
F	推桿固定橫撐	實木	30 × 60 × 390	1	中央鑽 M8 孔
G	前下橫撐	實木	30 × 40 × 390	1	
H	座板	18 mm 樺木合板	480 × 385	1	開 Ø25 線孔
I	扶手立柱	實木	30 × 30 × 220	4	
J	扶手	實木	60 × 30 × 400	2	右扶手開按鍵孔
K	椅背板	18 mm 樺木合板	450 × 760	1	
L	底封板	6 mm 合板	390 × 350	1	可拆，維修用
S1	椅背骨架	25 × 25 鐵方管	直管 880 × 2、橫管 365 × 2	1 組	鐵工廠焊接
S2	下擺臂	6 mm 鐵板	孔距 100	1	焊在樞軸上
S3	樞軸＋軸承座	Ø12 鐵軸 500＋UCFL201 法蘭軸承	—	1＋2	

9.2 接合方式

位置	接合	理由
椅腳 – 地腳	Ø8 圓木榫 ×2 + 白膠 + 底部 M8 螺栓	整張椅子的根部，後傾時受彎矩
椅腳 – 牙板、側撐	Ø8 圓木榫 + 白膠 + 斜孔螺絲；四角內側加鐵角碼	防止框架方正走位
軸承座 – 後腳	M6 穿透螺栓 ×2 + 大墊片	樞軸受力最大，木螺絲會被拔出
推桿前座 – 橫撐 F	M8 穿心螺栓 + U 型座	推桿推力可達 2000 N
座板 – 牙板	木螺絲由下往上鎖（不上膠）	日後可拆檢修
扶手立柱 – 側牙板	M6 螺栓從內側鎖	扶手常被扶著起身
椅背板 – 鐵骨架	M6 螺絲 + 預埋螺帽	木板與鐵件結合

9.3 組裝步驟

1. **裁切與標記**：依 9.1 裁切，每件寫上編號與「前／內」方向。 - 檢查：同編號零件長度差 ≤ 1 mm。
2. **組左右側框**：每側「前腳 B + 後腳 B + 側牙板 C + 中段側撐 E」上膠、打榫、夾緊，再立在地腳 A 上。 - 檢查：兩片側框疊在一起輪廓一致、椅腳與地腳垂直。
3. **合框**：用前／後牙板 D 與前下橫撐 G 連接兩側框，四角鎖鐵角碼。 - 檢查：量兩條對角線，相差 ≤ 2 mm；放平地不晃。
4. **裝推桿橫撐 F**：鎖在兩側中段側撐上，距前腳內側約 80 mm，中央鑽 M8 孔。 - 檢查：用力往後拉橫撐中央不變形。
5. **裝樞軸軸承座**：在兩支後腳內側、距地 380 mm 處鑽孔裝 UCFL201；先把 Ø12 軸穿過兩座再鎖緊，確保同軸。 - 檢查：軸用手指就能轉動、無卡頓。
6. **椅背總成（鐵工）**：方管骨架 S1 與下擺臂 S2 焊在樞軸 S3 上，下擺臂朝下，與骨架成一直線。 - 檢查：裝上木架後用手推，椅背從 100° 到 130° 全程不碰座板與後牙板。
7. **裝機械擋塊**：在後腳上方加兩塊硬木擋塊，限制椅背只能在 100°–132° 之間。 - 檢查：推桿拆掉時，椅背也不會倒過頭。
8. **裝推桿**：前端接橫撐 F 的 U 型座，後端用插銷 + 開口銷接下擺臂。先用 24V 電源直接伸縮測試，不接控制板。 - 檢查：縮回到底 = 130°、伸出到底 = 100°；不對就調整前座位置。
9. **裝座板 H**：由下往上鎖在牙板上，後緣與椅背骨架留 ≥ 30 mm 間隙；在控制盒上方開 Ø25 線孔。
10. **裝扶手**：立柱 I 鎖在側牙板外側，扶手 J 鎖在立柱頂端；右扶手前端鑽 3 個 Ø12 按鍵孔，底面銑一條 8 × 8 mm 線槽。
11. **裝椅背板 K 與頭枕**：椅背板鎖在骨架前方，頭枕裝在可上下調整的滑槽上。
12. **試坐（未包布）**：依第十章接線後，用 110 kg 負重做 20 次後傾／立起，並在後傾狀態往後推測試傾倒。

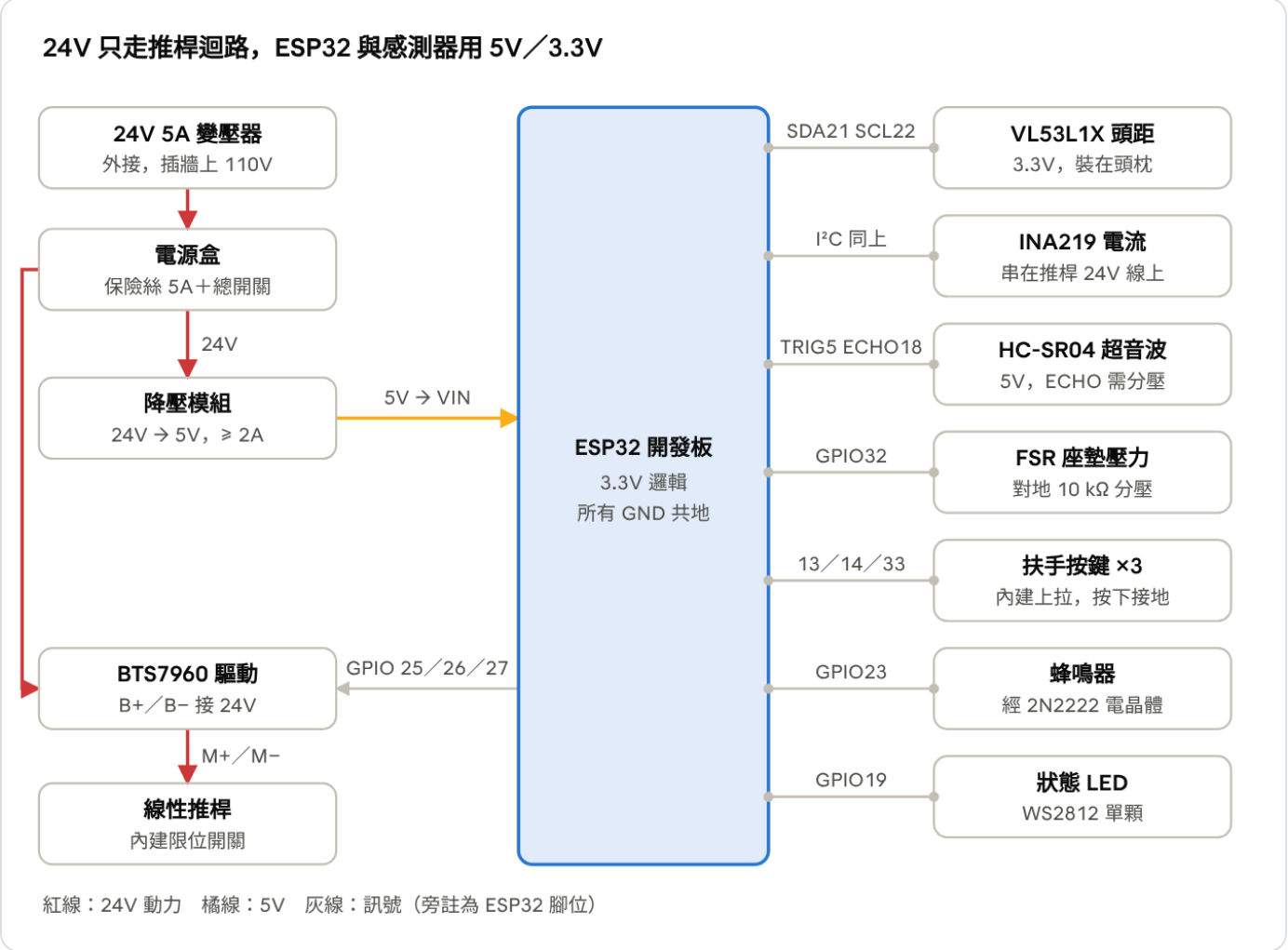
    - 檢查：框架無異響、螺栓不鬆、椅子不翻。
13. **表面處理與包覆**：拆下座板與椅背板，木件用 #120→#240 砂紙砂磨、上木器油 2 道；乾燥後貼海綿、包布再裝回。
14. **裝底封板 L**：用螺絲鎖在牙板下方，遮住推桿與控制盒，維修時可拆。

工具：圓鋸或線鋸、電鑽（最好有鑽台）、圓木榫治具、斜孔治具、F 夾 ×4、直角尺、捲尺、砂紙機。無機具可交由木材行裁切、在共享木工坊鑽孔組裝。

十、線路與走線規劃

所有線材集中到座下的控制盒：24V 只走「電源盒 → 驅動板 → 推桿」這條動力迴路，ESP32 與感測器用降壓後的 5V／3.3V。變壓器放在椅外插牆上，椅子內部只有低壓電。

10.1 接線圖



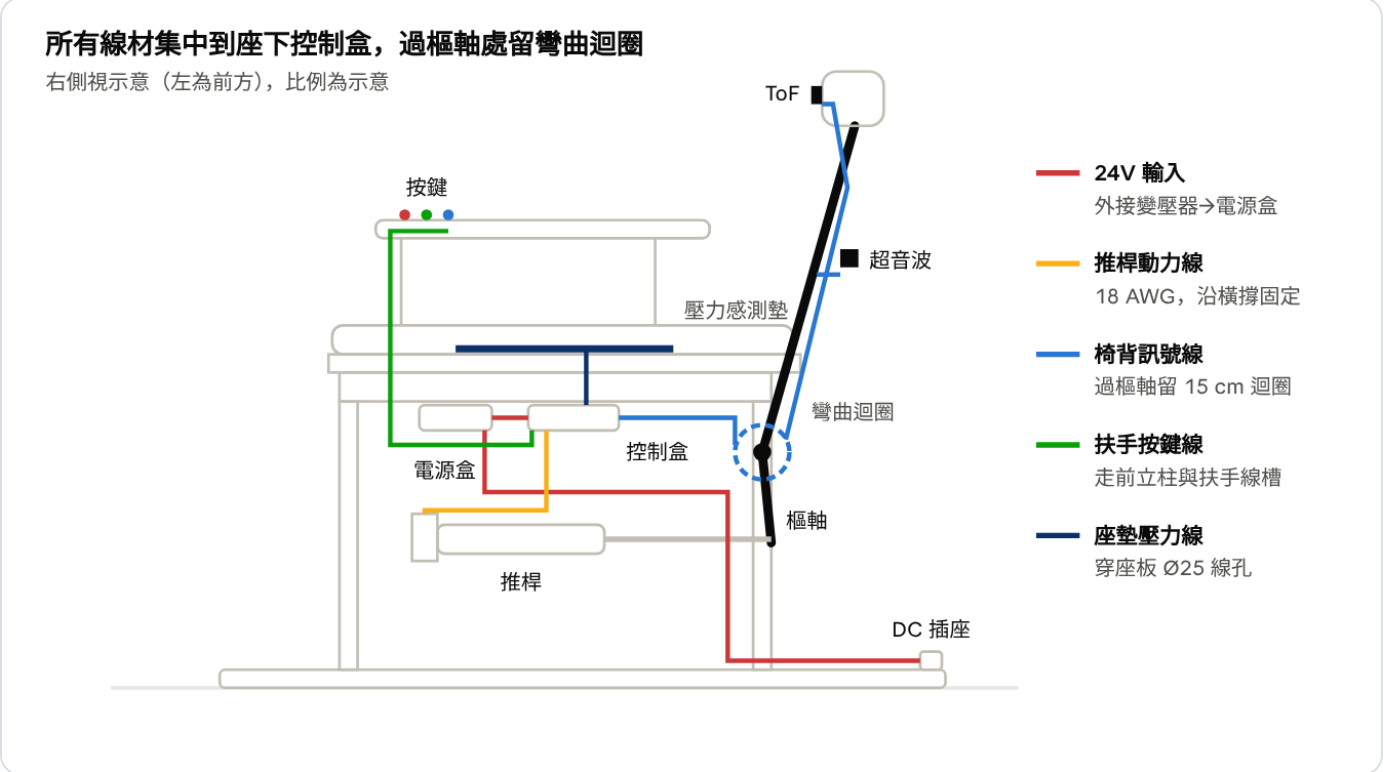
接線圖：電源與 ESP32 腳位

10.2 腳位表

功能	模組腳位	ESP32 腳位	備註
推桿驅動	BTS7960 RPWM／LPWM／R_EN＋L_EN	GPIO25／GPIO26／GPIO27	PWM 約 20 kHz；EN 拉低即停止
I²C 匯流排	VL53L1X、INA219 的 SDA／SCL	GPIO21／GPIO22	4.7 kΩ 上拉到 3.3V；速度 100 kHz
後方超音波	HC-SR04 TRIG／ECHO	GPIO5／GPIO18	ECHO 為 5V，用 1 kΩ＋2 kΩ 分壓後再進 ESP32
座墊壓力	FSR（另一端接 3.3V）	GPIO32（ADC）	對地接 10 kΩ
扶手按鍵	後傾／立起／暫停	GPIO13／GPIO14／GPIO33	內建上拉，按下接地
蜂鳴器	主動式蜂鳴器（5V）	GPIO23	經 2N2222 電晶體驅動
狀態 LED	WS2812 單顆	GPIO19	綠＝計時、藍＝休息、橘＝預告、紅＝故障
電源	降壓模組 5V 輸出	VIN＋GND	所有模組 GND 共地

INA219 預設量程約 3.2 A；若推桿啟動電流更大，改用 0.01 Ω 分流電阻或 ACS712-20A 電流模組。

10.3 走線路徑



走線路徑圖：所有線材集中到座下控制盒，過樞軸處留彎曲迴圈

線路	起點 → 終點	線材	長度（約）	走線與固定
外接電源	變壓器 → DC 插座	變壓器原廠線	1.5 m	沿地面靠牆，不可壓在地腳下
24V 輸入	DC 插座（後地腳）→ 電源盒	18 AWG 雙芯	0.6 m	沿後腳內側上行，每 15 cm 一個線扣；插座處加應力消除
電源盒 → 控制盒	座下	18 AWG 雙芯	0.2 m	並排固定在座板底面
推桿動力	控制盒 → 推桿	推桿原廠線	0.4 m	沿橫撐 F 固定，在推桿端留 5 cm 擺動餘量
椅背訊號	控制盒 → ToF、超音波	4 芯遮蔽線 ×2	1.2 m／1.0 m	座下 → 樞軸 → 沿椅背方管內側上行；樞軸處留 15 cm 迴圈
扶手按鍵	控制盒 → 右扶手	4 芯線（3 鍵＋GND）	0.8 m	沿右前立柱內側上行，嵌入扶手底面 8 × 8 mm 線槽
座墊壓力	控制盒 → FSR	2 芯線	0.4 m	穿座板 Ø25 孔（套橡膠護線圈）

10.4 走線原則

- **動力與訊號分開**：24V 與推桿線走座下左側，訊號線走右側；必須交叉時以 90° 交叉。
- **活動處留迴圈**：椅背會轉 30°，過樞軸的線用螺旋套管包覆、留約 15 cm 彎曲迴圈，兩端固定點盡量靠近軸心，讓椅背轉動時線只彎不拉。
- **遠離夾點**：推桿與下擺臂周圍 5 cm 內不走線。
- **穿孔加護線圈**：木頭、鐵管上的穿線孔都套橡膠護線圈，孔緣倒角。
- **固定與應力消除**：每 15 cm 一個線扣或束線帶；控制盒入線處用 PG7 防水接頭。
- **標示**：每條線兩端貼標籤（例如「ToF-I2C」），維修時一看就知道。
- **I²C 距離**：拉到 1.2 m 已接近極限；用遮蔽雙絞線並維持 100 kHz，仍不穩時在控制盒加 I²C 延長晶片（如 P82B715）。

10.5 接線完成後的檢查

1. 不接推桿，先通電量測：降壓模組輸出 5.0 V ± 0.1 V，ESP32 3.3V 腳正常。
2. 用萬用表確認 24V 與 GND 之間沒有短路，保險絲規格正確。
3. 逐一測試感測器讀值：ToF、超音波、座墊壓力、三顆按鍵。
4. 接上推桿，以低速（PWM 30%）測試伸縮方向；方向相反就對調 M+／M−。
5. 椅背後傾、立起各 10 次，確認線不被拉緊、不被夾到。

PART 2 · 參考

積木模型分析

一、專案概述

本作品是一張以積木相容教育套件（主控盒標示 Robot X、型號 AP909、DC 4.5V／3 顆 AA 電池）搭建的「智慧休息椅」模型，結合三個功能：計時器（坐 30 分鐘後椅背往後傾倒、休息 10 分鐘後立起）、紅外線偵測頭與椅背的距離（太遠會嗶嗶叫）、椅背躺下與立起。現階段還不會自動偵測有人，是用 App 點一下讓椅背傾倒、再點一下恢復。

完整的功能流程、機構改良與產品化規劃，請見「產品化設計」分頁。

照片觀察重點

- 底座：紅色長樑（約 15 孔）上下兩層圍成方框，四角以淺藍色直立樑當椅腳，側面有綠色斜撐。
- 椅座：綠色長樑上鋪橘、白平板，約 10×10 顆凸點。
- 椅背：兩側淺藍色長樑（約 15 孔）為主柱，中間以白色樑夾住橘色、卡其色平板，正面裝有雙眼型感測器（上方一顆、椅座上方一顆）。
- 扶手：橘色彎折樑，固定在椅座兩側；椅背由後方橫軸帶動後傾。
- 傳動：椅子兩側各有一組灰色大齒輪（40 齒）與小齒輪（8 齒）組成的減速齒輪組，右側掛一個馬達模組。
- 椅背後方：白色長連桿與黑色橫軸組成曲柄連桿；下方為灰色大主控盒（電池＋控制器），以電線連接感測器與馬達。

設計目標

1. 結構穩固：模型可承受按壓、移動不鬆脫。
2. 動作可靠：椅背能在設定角度內平順後傾與立起，不卡齒、不跳齒。
3. 智慧感應：偵測到人靠近或坐下時自動動作，離開後自動復位。

二、系統架構

整張椅子拆成五個子系統：結構、動力傳動、感測、控制、電源，訊號由左向右流動，結構在底層承載全部。



系統架構：主控盒接收感測訊號，經馬達與齒輪減速帶動椅背

製作時可依此圖分成三塊進行：結構（底層帶狀區）、機構（馬達到椅背）、電控（感測器與主控盒）。

三、材料與零件清單（BOM）

數量依照片估算，備料時建議多準備 10–20% 的樑、銷、軸。

子系統	零件	規格	估計數量	用途
結構	有孔長樑（紅）	15 孔	4	底座上下方框
結構	有孔長樑（淺藍）	11–15 孔	8–10	椅腳、椅背主柱
結構	有孔長樑（綠、白）	7–12 孔	6–8	椅座框、斜撐、椅背內框
結構	平板	4×8、6×8 等	10–14	椅座、椅背面板
結構	磚塊、薄片	1×2、2×4	依需	墊高、補強、裝飾
連接	摩擦銷／無摩擦銷	藍、灰	40–60	樑與樑固定；樞軸處用無摩擦銷
扶手	彎折樑（橘）	L 型或彎臂	4	左右扶手
傳動	大齒輪	40 齒	4–6	減速、轉向
傳動	小齒輪	8 齒	2–4	馬達端主動輪
傳動	十字軸	長度 3–8	4–6	齒輪軸、椅背樞軸
傳動	軸套／半軸套	—	8–12	防止齒輪與軸滑動
動力	馬達模組	套件配套	1–2	帶動椅背
感測	紅外線／超音波感測器	雙眼型	2	偵測人靠近、坐下
控制	主控盒	Robot X AP909，4.5V	1	程式執行、供電
電源	AA 電池	1.5V	3（另備 3）	主控盒供電
電源	連接線	套件配套	3–4	主控盒接馬達、感測器

工具：拆件器、平板或手機（程式寫入）、捲尺、量角器、紀錄表。

四、結構設計

結構分四層由下往上堆疊：底座框架 → 椅座 → 椅背 → 扶手，每層完成後先確認方正、不晃動再往上。整體估計尺寸約寬 13 cm × 深 13 cm × 高 30 cm（以 1 孔 = 8 mm 換算）。

4.1 底座框架

- 以 2 支 15 孔紅樑做前後邊，底下鋪平板連成「口」字框，當作底盤。
- 四角立淺藍樑當椅腳，約在一半高度加一層紅樑橫梁，形成「日」字形側面。

- 左右側加綠色樑斜撐成三角形，三角形不易變形，是整張椅子不晃的關鍵。
- 底座內部留空間給下方齒輪與主控盒，主控盒重，放低可降低重心。

4.2 椅座

- 在椅腳頂端以綠樑圍成框，上方鋪橘、白平板（約 10×10 凸點）。
- 平板接縫要跨過下方樑，像砌磚一樣錯開，按壓時才不會彈起。
- 椅座前緣下方可加白色磚塊補強，也可在此安裝「坐下」偵測用感測器。

4.3 椅背

- 兩側各以 2 支淺藍長樑並排做主柱，下端穿銷固定在椅座後緣與底座立柱上。
- 主柱內側以白樑夾住中央平板，正面再貼淺藍、白、橘平板拼出圖案。
- 椅背上方中央留空缺放感測器，感測器的「眼睛」需露出、朝前。
- 椅背後方是走線與連桿空間，電線用小磚塊壓住，避免被齒輪捲入。

4.4 椅背樞軸與扶手

- 椅背下緣以十字軸接在後方橫軸上，橫軸轉動時椅背跟著後傾；橘色彎折樑扶手固定在椅座兩側，不跟著轉。
- 椅背左右兩側共用同一支橫軸（照片椅背後的黑色長軸），確保兩側同步轉動。
- 樞軸處用無摩擦銷或圓孔，驅動端才用十字孔，轉動才會順。
- 在椅背「立起」與「後傾」位置各加一個機械擋塊，避免馬達轉過頭。

五、動力與齒輪傳動設計

馬達轉得快、力氣小，椅背需要的是慢而有力，所以用「小齒輪帶大齒輪」減速。照片中可見 8 齒小齒輪與 40 齒大齒輪，一級減速比即為 5 : 1。

> 減速比 = 從動輪齒數 ÷ 主動輪齒數 = 40 ÷ 8 = 5

配置	組成	總減速比	特性
一級減速	8T → 40T	5 : 1	簡單，適合輕的椅背
一級＋惰輪	8T → 40T → 40T	5 : 1	惰輪只改方向與距離，不改速度
二級減速	8T → 40T，同軸 8T → 40T	25 : 1	力氣最大、動作最慢、最穩

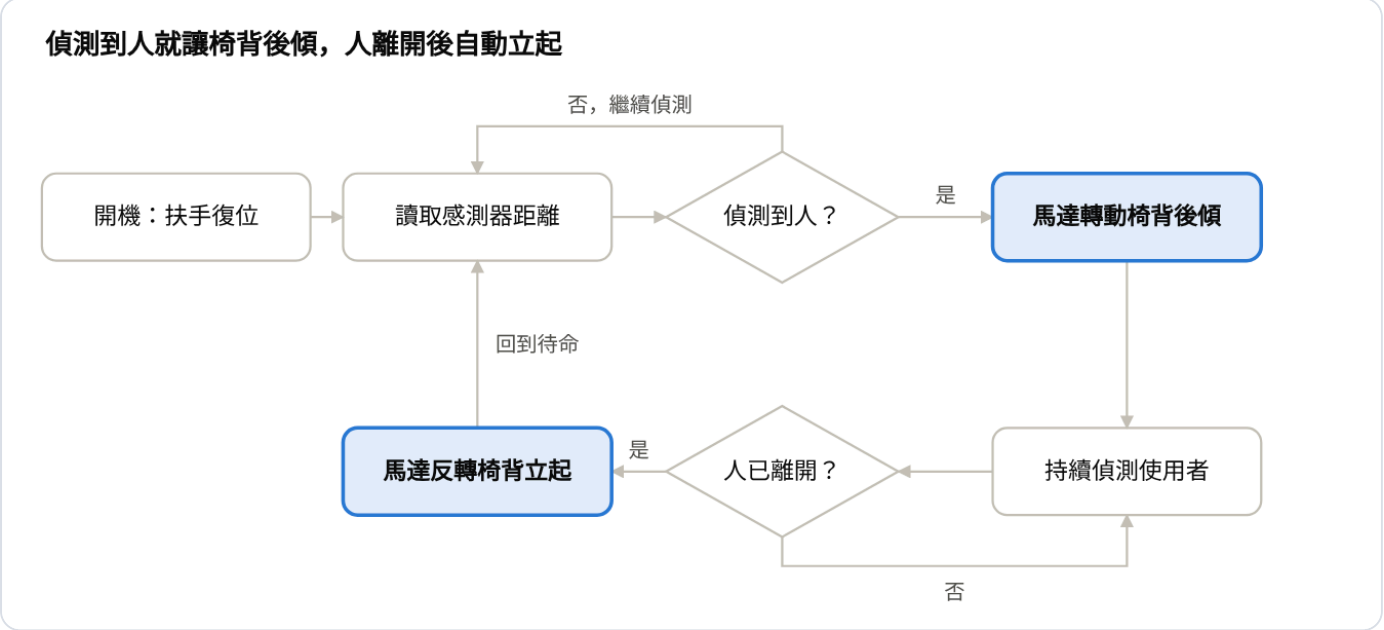
設計要點

1. 兩齒輪中心距要剛好：40T 與 8T 相隔 3 孔，40T 與 40T 相隔 5 孔（以常見規格為例，實際以套件為準）。
2. 齒輪軸要至少兩點支撐（兩片樑夾住），否則受力會歪斜跳齒。
3. 齒輪與樑之間留約 0.5 mm 間隙或加軸套，避免摩擦卡住。
4. 左右兩側都有齒輪組：可一側驅動、另一側當平衡，或兩側各一個馬達（程式需同步）。
5. 先用手轉動齒輪確認全程順暢，再接馬達。

六、感測與控制

程式採「待命 → 偵測 → 動作 → 復位」的循環。下圖是「偵測到人就後傾」的基本版；加入 30／10 分鐘計時與頭距提醒的完整狀態圖在「產品化設計」分頁第五章。

感測器位置	朝向	偵測內容	建議閾值（需實測調整）
椅背上方	朝前	人靠近或背部靠上椅背	距離 < 10 cm
椅背下方（椅座上緣）	朝前	椅座上有物體（人偶／手）	距離 < 5 cm



模型控制流程（基本版）

兩個判斷都建議「連續成立 1 秒」才動作，避免手揮過就誤觸發。

程式實作要點

1. 椅背到位的判斷：無編碼器時以「馬達運轉時間」控制（先實測從立起到後傾要幾秒），再搭配機械擋塊保護。
2. 用一個變數記錄椅背狀態（立起／後傾），已後傾就不再重複後傾。

3. 馬達速度先設中低速（約 30–50%），動作平順再微調。
4. 可加入蜂鳴器或 LED 提示「椅背即將動作」，增加安全感。

七、組裝步驟

依「由下而上、先機構後電控」的順序，每步完成後先檢查再進下一步。

1. **底盤**：紅樑與平板拼成方形底框。 - 檢查：放在桌上四角貼平、不翹。
2. **椅腳與側框**：四角立淺藍樑，加中段紅樑橫梁與綠色斜撐。 - 檢查：用手左右推不會變成平行四邊形。
3. **主控盒定位**：將主控盒固定在椅子後下方，電池蓋朝外。 - 檢查：不拆其他零件就能換電池、按開關。
4. **椅座**：綠樑圍框、鋪平板，接縫錯開。 - 檢查：按壓椅座中央不凹陷、不彈起。
5. **椅背**：立起兩側主柱，裝白樑與中央面板，預留感測器位置。 - 檢查：椅背與椅座垂直，往後推不晃。
6. **椅背與橫軸**：椅背下緣固定在橫軸上，橫軸兩端穿過支架並加軸套；橘色扶手固定在椅座兩側。 - 檢查：用手推動椅背，左右同步、輕順。
7. **齒輪組**：依第五章配置裝 8T 與 40T，最後一顆 40T 接到椅背橫軸。 - 檢查：轉小齒輪，椅背全程移動不卡、不跳齒。
8. **馬達**：馬達輸出軸接 8T 小齒輪，馬達本體至少兩點固定在框架上。 - 檢查：馬達運轉時本體不會反向扭動。
9. **感測器與配線**：裝兩顆感測器，接線到主控盒，記下每條線的埠號。 - 檢查：線不經過齒輪，椅背轉到底線不緊繃。
10. **寫程式與調整**：依第六章流程寫程式，調整閾值與運轉時間。
    - 檢查：通過第八章全部測試項目。

八、測試驗收、常見問題與改良方向

全部項目通過即算完成，每項建議測 10 次並記錄成功次數。

驗收清單

- ☐ 結構：由 10 cm 高處輕放至桌面，無零件脫落
- ☐ 結構：椅座放 200 g 重物，椅子不傾斜
- ☐ 傳動：椅背後傾、立起 10 次，無卡齒、跳齒
- ☐ 感測：手靠近感測器 10 次，至少 9 次正確觸發

- ☐ 感測：手快速揮過不會誤觸發
- ☐ 控制：休息時間結束後椅背自動立起
- ☐ 電源：連續運作 10 分鐘仍正常

常見問題

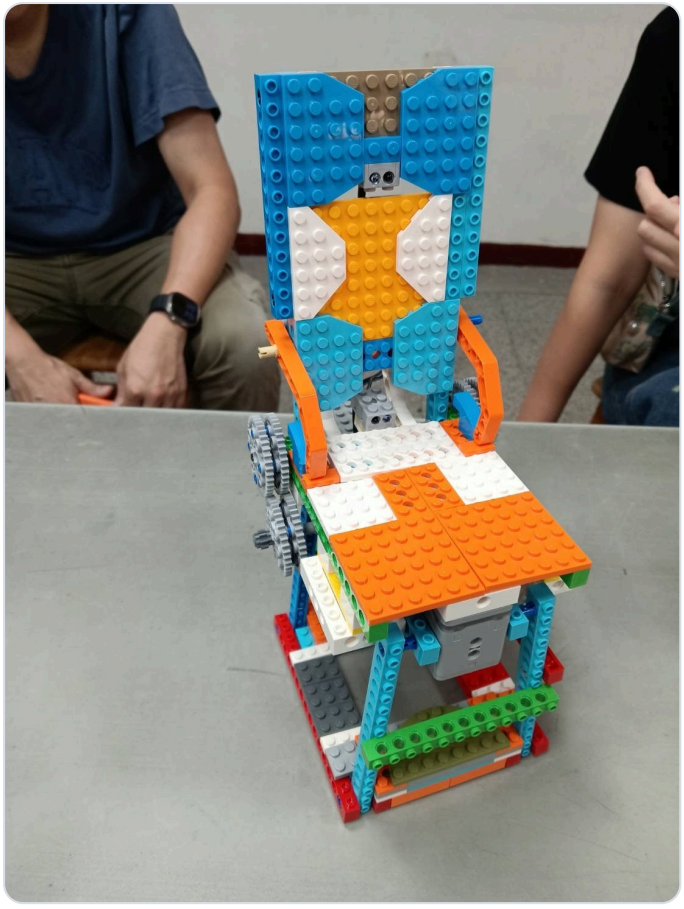
現象	可能原因	處理方式
齒輪跳齒、喀喀響	中心距不對或軸只單點支撐	重新對孔位，加一片樑夾住軸
馬達有聲音但椅背不動	負載太重或軸打滑	改二級減速；驅動處改十字孔
椅背左右不同步	兩側未共用同一支軸	改成一支長軸貫穿椅背
感測器一直觸發	閾值太大或照到自己的零件	縮小閾值，清掉感測器前方遮擋
動作時整張椅子晃	重心太高、斜撐不足	主控盒下移，底座加寬、加斜撐
運轉一陣子就當機	電池電量不足	換新電池，測電壓是否高於 4 V

改良方向

- 加入碰觸感測器當椅背「到位開關」，取代計時控制。
- 加蜂鳴器與 LED 做動作前提示。
- 延伸應用：長者起身輔助椅、遊樂設施安全壓桶、座位有人偵測。

附錄

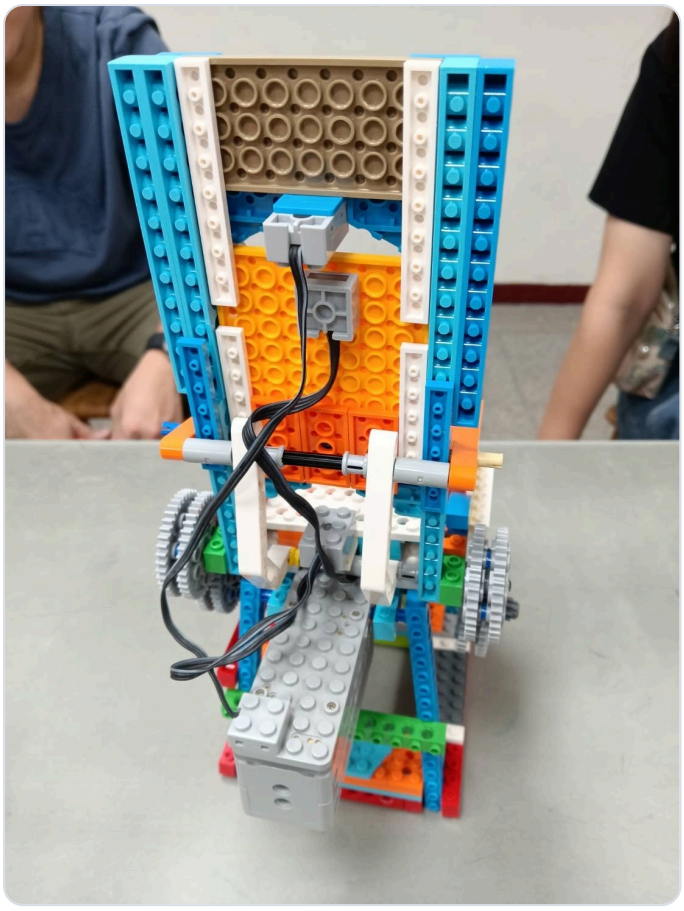
參考照片：積木模型



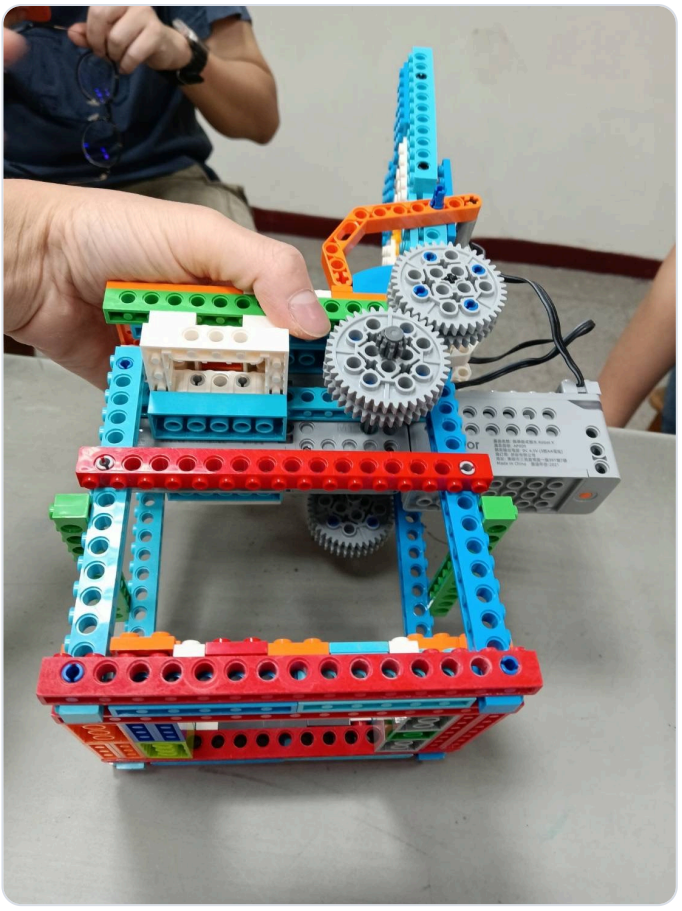
正面：椅背、頭枕感測器、座墊與兩側齒輪組



側面：椅背、齒輪減速組與馬達



背面：主控盒、配線與椅背樞軸



側視特寫：40T／8T 齒輪組與底座框架