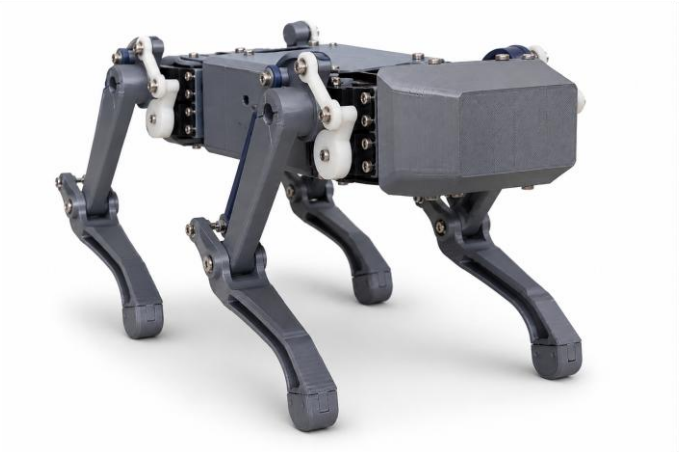
EDU Mini

四足機器人學生實作教材

28 節完整課程｜每節 50 分鐘

DIY Kit • Ready Kit

ESP32 / MicroPython



版本 V5.5｜學生版

卡德爾股份有限公司 QADIR Corporation

www.qadircorp.com

目錄 INDEX

使用範圍與重要說明 4
課程大綱 5
第 01 節｜認識 EDU Mini、學習目標與操作安全 6
第 02 節｜零件辨識、工具與組裝準備 8
第 03 節｜DIY 腿部機構組裝（一）／Ready 結構觀察 10
第 04 節｜DIY 腿部機構組裝（二）／Ready 機構分析 12
第 05 節｜四腿安裝與方向辨識 14
第 06 節｜機構檢查與組裝驗收 16
第 07 節｜EDU Mini Servo、關節與 12 DOF 19
第 08 節｜ESP32、供電與訊號系統 21
第 09 節｜首次開機與安全檢查 23
第 10 節｜手機 App 操作與動作觀察 25
第 11 節｜Thonny 安裝、USB 連接與序列埠 28
第 12 節｜MicroPython 韌體燒錄與版本確認 30
第 13 節｜第一支程式：執行、儲存與上傳 32

目錄 INDEX（續）

第 14 節｜Python 語法（一）：輸出、變數與型別 34
第 15 節｜Python 語法（二）：運算與條件判斷 36
第 16 節｜Python 語法（三）：迴圈與時間 38
第 17 節｜Python 語法（四）：函式與參數 40
第 18 節｜Python 語法（五）：串列與字典 42
第 19 節｜模組化、例外處理與除錯 44
第 20 節｜關節角度、控制介面與安全界限 46
第 21 節｜姿態、重心與站立穩定 48
第 22 節｜步態原理與參數 50
第 23 節｜前進、後退與轉向 52
第 24 節｜動作序列與資料紀錄 54
第 25 節｜基礎運動學與動作改良 56
第 26 節｜專題設計與實驗規劃 58
第 27 節｜專題實作與測試 60
第 28 節｜成果展示、評量與反思 62

QADIR EDU Mini

學生實作教材｜28 節 × 50 分鐘｜V5.5 中文版（校訂稿）

ESP32 / MicroPython｜高中職至大專院校｜DIY Kit 與 Ready Kit 共用

教學主軸：先組裝、再操作、學會寫入 ESP32、理解 Python、最後完成四足機器人專題。

使用範圍與重要說明

本版整合 28 節課程、組裝圖解、Python 實作範例與學生練習單；機型專屬操作須經 QADIR 工程確認。影片截圖可作組裝視覺輔助，但實機組裝方向、出廠校正狀態、韌體版本、接線、控制 API 與安全動作範圍，仍須以 QADIR 量產版工程文件確認。未確認的實機指令不會以可直接執行的範例冒充正式指令。

DIY Kit：完整組裝。Ready Kit：主體已組裝，學生安裝四腿。兩者均使用標準 12 × EDU Mini Servo 與 ESP32；EDU Mini Servo-PWM 為另購改裝配件。

ℹ 出廠設定｜伺服馬達已完成角度校正

【出廠校正說明】EDU Mini 的伺服馬達在出廠前已完成角度校正。學生組裝時不需要自行調整伺服馬達零位；請依照組裝圖示安裝，勿強行扭轉關節或自行更改校正參數，以免造成機構損壞或動作異常。

韌體燒錄（安裝 MicroPython 執行環境）與 Python 程式上傳（寫入 .py 檔）是不同操作。實機韌體燒錄須經教師或 QADIR 核准，避免覆蓋出廠控制程式。

課程大綱

節次	主題
01	認識 EDU Mini、學習目標與操作安全
02	零件辨識、工具與組裝準備

03	DIY 腿部機構組裝（一）／Ready 結構觀察
04	DIY 腿部機構組裝（二）／Ready 機構分析
05	四腿安裝與方向辨識
06	機構檢查與組裝驗收
07	EDU Mini Servo、關節與 12 DOF
08	ESP32、供電與訊號系統
09	首次開機與安全檢查
10	手機 App 操作與動作觀察
11	Thonny 安裝、USB 連接與序列埠
12	MicroPython 韌體燒錄與版本確認
13	第一支程式：執行、儲存與上傳
14	Python 語法（一）：輸出、變數與型別
15	Python 語法（二）：運算與條件判斷
16	Python 語法（三）：迴圈與時間
17	Python 語法（四）：函式與參數
18	Python 語法（五）：串列與字典
19	模組化、例外處理與除錯
20	關節角度、控制介面與安全界限
21	姿態、重心與站立穩定
22	步態原理與參數
23	前進、後退與轉向
24	動作序列與資料紀錄
25	基礎運動學與動作改良
26	專題設計與實驗規劃
27	專題實作與測試
28	成果展示、評量與反思

第 01 節｜認識 EDU Mini、學習目標與操作安全

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

說明四足平台與 DIY／Ready 差異

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜課程介紹、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜指出電池、關節夾點、突然啟動與桌面跌落風險；繪製安全工作區

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 指出電池、關節夾點、突然啟動與桌面跌落風險；繪製安全工作區

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 1 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 02 節｜零件辨識、工具與組裝準備

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

辨識零件與使用工具

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜以零件盤點表分組清點；標記左右、前後、螺絲與連桿；拍照存證

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 以零件盤點表分組清點；標記左右、前後、螺絲與連桿；拍照存證

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 2 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

組裝安全提醒｜螺絲鎖固

鎖緊螺絲時不宜過度用力，以確實固定、無鬆動為原則。過度鎖緊容易造成滑牙、塑膠零件崩齒或破裂。請使用尺寸合適的工具，保持螺絲與孔位對正，遇到明顯阻力應停止檢查，不可強行鎖入。

組裝完成後，應逐一確認固定件牢靠、關節可依規定活動，並由教師檢查後再通電。

第 03 節｜DIY 腿部機構組裝（一）／Ready 結構觀察

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

辨識單腿結構與裝配順序

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜DIY：依核准圖示組裝單腿前段；Ready：觀察預組裝腿部並描繪關節關係

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. DIY：依核准圖示組裝單腿前段；Ready：觀察預組裝腿部並描繪關節關係

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

DIY／Ready 差異

DIY Kit：依正式組裝圖完成零件組裝與檢查。Ready Kit：不拆解已完成的機身；第 3–4 節進行結構辨識與模擬，第 5 節安裝四腿。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 3 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 04 節｜DIY 腿部機構組裝（二）／Ready 機構分析

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解四腿對稱與機構干涉

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜DIY：完成剩餘腿部組件；Ready：比較左右鏡像、連桿活動範圍

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. DIY：完成剩餘腿部組件；Ready：比較左右鏡像、連桿活動範圍

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

DIY／Ready 差異

DIY Kit：依正式組裝圖完成零件組裝與檢查。Ready Kit：不拆解已完成的機身；第 3–4 節進行結構辨識與模擬，第 5 節安裝四腿。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 4 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 05 節｜四腿安裝與方向辨識

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

正確辨識四腿安裝位置

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜斷電狀態依機身前後標示裝四腿；逐一核對固定件、活動間隙與線束

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 斷電狀態依機身前後標示裝四腿；逐一核對固定件、活動間隙與線束

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

DIY／Ready 差異

DIY Kit：依正式組裝圖完成零件組裝與檢查。Ready Kit：不拆解已完成的機身；第 3–4 節進行結構辨識與模擬，第 5 節安裝四腿。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 5 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 06 節｜機構檢查與組裝驗收

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

執行機構驗收

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜使用檢查表記錄鬆動、干涉、線束夾傷、左右裝反；由教師簽核

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 使用檢查表記錄鬆動、干涉、線束夾傷、左右裝反；由教師簽核

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

DIY／Ready 差異

DIY Kit：依正式組裝圖完成零件組裝與檢查。Ready Kit：不拆解已完成的機身；第 3–4 節進行結構辨識與模擬，第 5 節安裝四腿。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 6 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

組裝影片圖解｜第 2–6 節配合使用

以下畫面擷取自 QADIR 提供的組裝示範影片。圖片供辨識零件與動作順序，不代替正式零件圖、螺絲規格、左右腳方向、出廠校正狀態及安全檢查。

圖 1　零件及固定件辨識



觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 2　腿部連桿組合



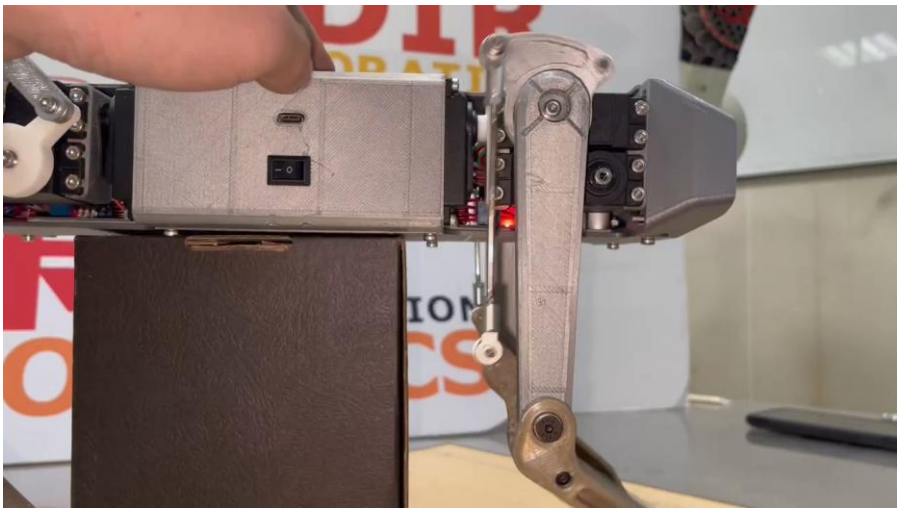
觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 3　關節組裝示範



觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 4　腿部與機身接合



觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 5　另一側關節安裝



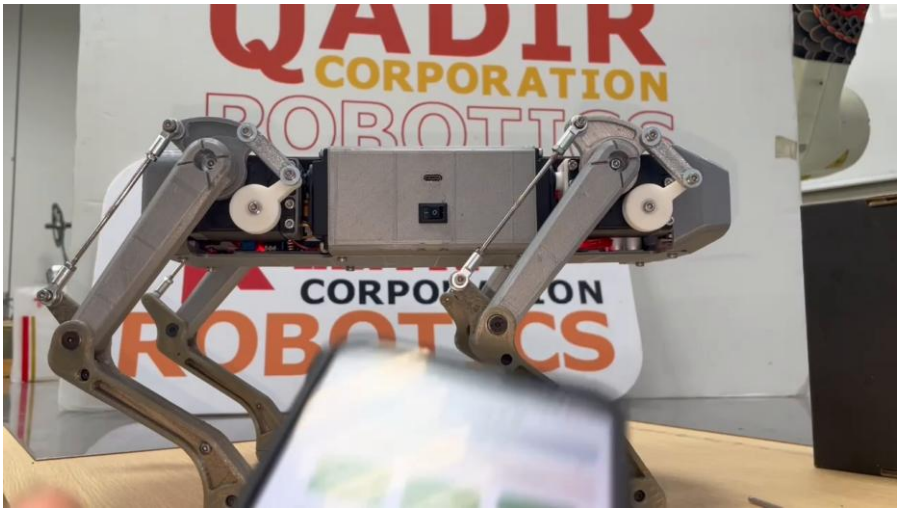
觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 6　腳部固定檢查



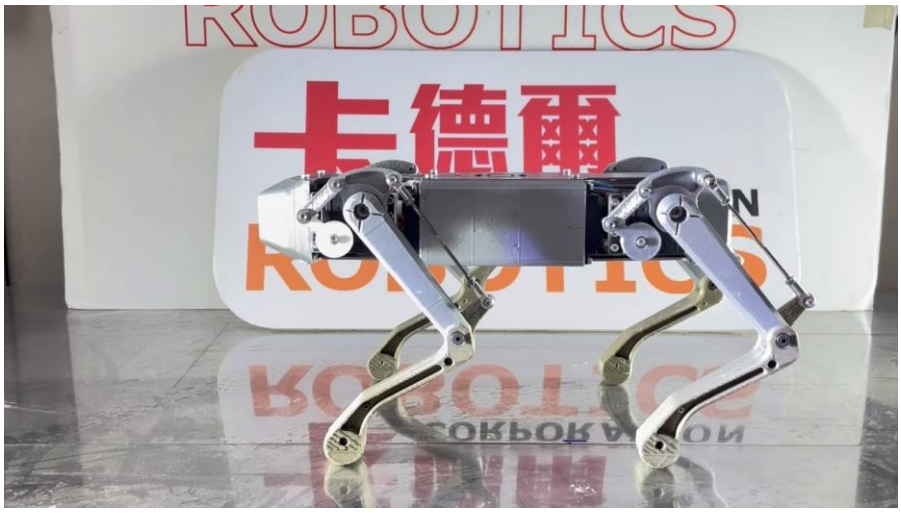
觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 7　手機控制介面



觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

圖 8　組裝完成動作測試



觀察與確認：請指出固定點、活動關節與可能干涉的位置；組裝前先斷電，並由教師核對本機型的正式裝配資料。

第 07 節｜EDU Mini Servo、關節與 12 DOF

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

辨識 12 個主動關節

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜對四腿各三關節編號，記錄預期動作與實際機構限制

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 對四腿各三關節編號，記錄預期動作與實際機構限制

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 7 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 08 節｜ESP32、供電與訊號系統

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解 ESP32 與電源分工

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜繪製電池→供電→控制器→馬達的方塊圖，不猜測腳位或供電電壓

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 繪製電池→供電→控制器→馬達的方塊圖，不猜測腳位或供電電壓

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題請說明第 8 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 09 節｜首次開機與安全檢查

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

完成首次開機檢查

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜在教師確認韌體與電池狀態後，架高機身並按正式出廠程序開機

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 在教師確認韌體與電池狀態後，架高機身並按正式出廠程序開機

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 9 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 10 節｜手機 App 操作與動作觀察

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

觀察遙控動作與安全停止

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜用核准 App 執行一個低風險動作，記錄姿態、回應與停止方式

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 用核准 App 執行一個低風險動作，記錄姿態、回應與停止方式

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

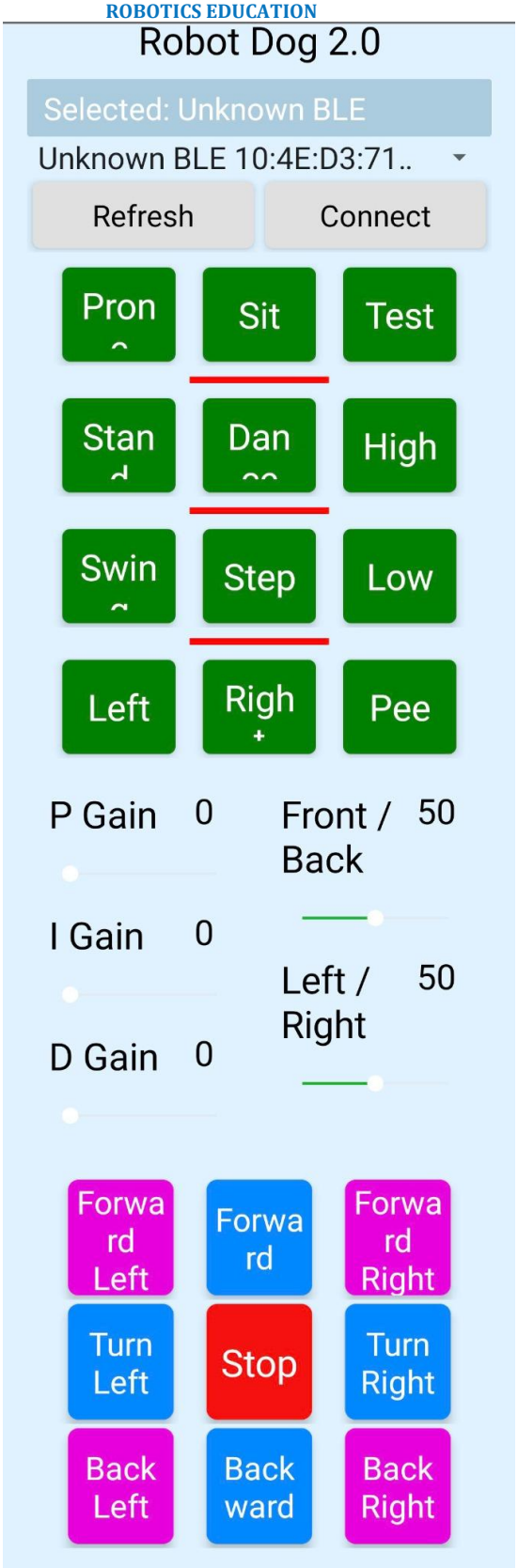
□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 10 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 10 節補充｜Robot Dog 2.0 App 操作圖解

下圖為 EDU Mini 手機控制介面。請先確認機器人置於平坦、無障礙的安全區域，再進行藍牙連線與動作測試。


Robot Dog 2.0
Selected: Unknown BLE
Unknown BLE 10:4E:D3:71..
Refresh
Connect
Pron
Sit
Test
Stan
Dan
High
Swin
Step
Low
Left
Righ
Pee
P Gain 0
I Gain 0
D Gain 0
Front / Back 50
Left / Right 50
Forwa rd Left
Forwa rd
Forwa rd Right
Turn Left
Stop
Turn Right
Back Left
Back ward
Back Right

一、藍牙連線區

裝置清單：選擇欲連接的 BLE 裝置；Refresh：重新搜尋裝置；Connect：連線。畫面出現 Unknown BLE 只是掃描顯示名稱，不能單憑名稱認定已連接 EDU Mini，應依實際裝置識別與連線狀態確認。

二、姿態與預設動作按鍵

Prone（畫面截為 Pron）：趴下；Sit：坐下；Stand（畫面截為 Stan）：站立；Dance（Dan）：舞蹈動作；Test：測試動作；High／Low：較高／較低的姿態；Step：踏步；Swing（Swin）：擺動。Pee：名稱表示特定趣味動作。上述為依按鍵名稱的用途解讀，實際動作以 QADIR 出廠 App／韌體為準。

三、下方微調滑桿

P Gain：比例增益；I Gain：積分增益；D Gain：微分增益。這三項一般屬於 PID 控制參數，並非 Servo 出廠角度校正。不同韌體可能對應不同控制迴路；未取得 QADIR 確認的設定範圍前，學生只觀察數值，不自行修改。

Front / Back：前後方向的調整量；Left / Right：左右方向的調整量。畫面初始顯示 50，但 50 是否為中立值、其單位及調整幅度，須以實際 App 程式確認，不應直接當成角度或速度。

四、方向與停止按鍵

Forward：前進；Backward：後退；Turn Left／Turn Right：左轉／右轉；Forward Left／Forward Right：左前／右前；Back Left／Back Right：左後／右後；Stop：停止。

操作順序：① 確認機構與電池狀態 → ② 選取正確 BLE 裝置並連線 → ③ 先測試 Stand／Stop → ④ 逐一操作低風險動作 → ⑤ 記錄按鍵與機器人反應。

⚠ 安全提醒：首次操作時，先確保四足不會碰撞人員或桌面邊緣。Stop 是 App 的操作按鍵，不應視為符合機械安全標準的緊急停止裝置。

學生紀錄：BLE 裝置名稱_____；成功連線 □是 □否；Stand 反應_____；Stop 反應_____；觀察到的微調數值_____。

第 11 節｜Thonny 安裝、USB 連接與序列埠

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

建立電腦與 ESP32 的開發連線

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜安裝 Thonny、連接資料線、選擇 MicroPython(ESP32) 解譯器與序列埠

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 安裝 Thonny、連接資料線、選擇 MicroPython(ESP32) 解譯器與序列埠

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Thonny 連線步驟

1. 由教師提供核准的 Thonny 安裝來源及版本。

2. 使用可傳輸資料的 USB 線連接 ESP32；若無法辨識，檢查驅動程式與線材。

3. 在 Thonny 選擇「MicroPython (ESP32)」及正確的連接埠。

4. 開啟 Shell，確認能連線且未覆寫原有韌體。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

為什麼充電線不一定能用來上傳程式？

第 12 節｜MicroPython 韌體燒錄與版本確認

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解韌體與程式差異

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜確認目前韌體版本、備份原始設定；只在教師核准與備份完成後演示燒錄

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 確認目前韌體版本、備份原始設定；只在教師核准與備份完成後演示燒錄

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

韌體燒錄操作界線

先記錄 ESP32 晶片型號、板型、現有韌體版本與備份狀態。僅在 QADIR 確認市售版本支援、提供對應韌體與還原方法後，由教師示範 Thonny 的「Install or update MicroPython」流程。學生不自行下載任意 ESP32 韌體覆蓋出廠程式。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

韌體燒錄與儲存 hello.py 有什麼不同？

第 13 節｜第一支程式：執行、儲存與上傳

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

執行並儲存第一支程式

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜在 Thonny Shell 執行 print，再存成 hello.py 至電腦與核准裝置

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 在 Thonny Shell 執行 print，再存成 hello.py 至電腦與核准裝置

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

儲存程式到 ESP32

在 Shell 執行測試 → File > Save as → 先存到 This computer → 經教師核准後存到 MicroPython device。main.py 可能在開機時自動執行，第一次練習請使用 hello.py，避免覆寫出廠 main.py。

Python／MicroPython 練習

```
print("Hello, EDU Mini!")
robot = "EDU Mini"
print(robot)
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

為什麼第一次練習不應直接覆寫 main.py？

第 14 節｜Python 語法（一）：輸出、變數與型別

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

掌握輸出、註解、變數與型別

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜建立機器人名稱、腿數、電池狀態的變數，觀察 type() 輸出

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 建立機器人名稱、腿數、電池狀態的變數，觀察 type() 輸出

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
robot = "EDU Mini"
legs = 4
dof = 12
print(robot, legs, dof)
print(type(dof))
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 14 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 15 節｜Python 語法（二）：運算與條件判斷

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

使用比較與分支

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜寫出依電量模擬值決定是否允許測試的 if/elif/else 程式

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 寫出依電量模擬值決定是否允許測試的 if/elif/else 程式

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
battery = 72  # 教學模擬值，非實機讀值
if battery < 20:
    print("停止測試")
elif battery < 50:
    print("先確認電池")
else:
    print("可進行模擬練習")
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

☐ 已完成操作　☐ 已記錄證據　☐ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 15 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 16 節｜Python 語法（三）：迴圈與時間

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解重複與延遲

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜用 for 模擬四腿編號，用 while 的安全終止條件做計數練習

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 用 for 模擬四腿編號，用 while 的安全終止條件做計數練習

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
for leg in range(1, 5):
    print("Leg", leg)
count = 0
while count < 3:
    print("step", count)
    count += 1
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

☐ 已完成操作　☐ 已記錄證據　☐ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 16 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 17 節｜Python 語法（四）：函式與參數

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

使用函式封裝重複工作

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜定義 report_joint(leg, joint) 並傳入參數，檢查回傳值

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 定義 report_joint(leg, joint) 並傳入參數，檢查回傳值

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
def report_joint(leg, joint):
    return f"{leg}: {joint}"
print(report_joint("front_left", "hip"))
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 17 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 18 節｜Python 語法（五）：串列與字典

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

以資料結構表示關節與動作

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜使用 list 儲存四腿名稱、dict 儲存每腿三個關節名稱

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 使用 list 儲存四腿名稱、dict 儲存每腿三個關節名稱

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
legs = ["front_left", "front_right", "rear_left", "rear_right"]
joints = {leg: ["hip", "thigh", "knee"] for leg in legs}
print(joints["front_left"])
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 18 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 19 節｜模組化、例外處理與除錯

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

閱讀錯誤並分層除錯

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜故意觸發 NameError、TypeError，使用 try/except 記錄錯誤

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 故意觸發 ValueError，使用 try/except 記錄錯誤

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
try:
    angle = int("invalid")
except ValueError as err:
    print("資料格式錯誤:", err)
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 19 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 20 節｜關節角度、控制介面與安全界限

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

區分模擬角度與實機控制

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜先用軟體範例檢查角度範圍；實機呼叫只使用 QADIR 核准 API

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 先用軟體範例檢查角度範圍；實機呼叫只使用 QADIR 核准 API

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
def check_angle(angle, low=-30, high=30):
    # 示範範圍，非 EDU Mini 實機安全極限
    return low <= angle <= high
print(check_angle(15))
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

為什麼模擬角度限制不能直接當作實機安全範圍？

第 21 節｜姿態、重心與站立穩定

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

認識支撐多邊形與重心

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜畫出不同支撐腳組合，解釋何時容易傾倒

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 畫出不同支撐腳組合，解釋何時容易傾倒

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 21 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 22 節｜步態原理與參數

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解步態相位與步幅

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜用紙卡或模擬資料建立四腿抬放順序，分析穩定性

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 用紙卡或模擬資料建立四腿抬放順序，分析穩定性

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 22 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 23 節｜前進、後退與轉向

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

分辨方向控制的參數

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜比較前進、後退、轉向的足端軌跡示意，記錄差異

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 比較前進、後退、轉向的足端軌跡示意，記錄差異

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 23 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 24 節｜動作序列與資料紀錄

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

建立可重現的動作紀錄

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜設計動作名稱、時間、測試結果、異常與版本欄位

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 設計動作名稱、時間、測試結果、異常與版本欄位

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
log = {"action":"demo", "duration_s":2, "result":"observed"}
print(log)
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 24 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 25 節｜基礎運動學與動作改良

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

理解關節與足端位置關係

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜以二連桿簡化模型計算足端位置，討論與實機三關節的差異

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 以二連桿簡化模型計算足端位置，討論與實機三關節的差異

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

Python／MicroPython 練習

```
import math
L1, L2 = 5.0, 6.0  # 假設長度（公分）
a, b = math.radians(30), math.radians(45)
x = L1*math.cos(a) + L2*math.cos(a+b)
y = L1*math.sin(a) + L2*math.sin(a+b)
print(round(x,2), round(y,2))
```

觀察與思考：修改其中一個數值或字串，預測輸出後執行驗證。此範例為程式語法練習，不直接驅動 EDU Mini 馬達。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

☐ 已完成操作　☐ 已記錄證據　☐ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 25 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 26 節｜專題設計與實驗規劃

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

提出可驗證專題

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜撰寫目標、變因、控制條件、測量方式、風險及分工

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 撰寫目標、變因、控制條件、測量方式、風險及分工

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 26 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 27 節｜專題實作與測試

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

完成小組實驗與修正

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜執行教師核准的實驗、記錄數據、分析失敗與改良

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 執行教師核准的實驗、記錄數據、分析失敗與改良

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 27 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

第 28 節｜成果展示、評量與反思

課程時間：50 分鐘｜學生實作與紀錄

學習目標

清楚展示成果與限制

教學流程（50 分鐘）

0–8 分｜回顧前一節、確認安全與本節目標

8–18 分｜教師示範或概念說明

18–38 分｜提交程式、操作紀錄、問題分析、簡報與同儕回饋

38–46 分｜小組檢查、排除問題與紀錄

46–50 分｜整理成果、交作業與下節預告

學生實作任務

1. 提交程式、操作紀錄、問題分析、簡報與同儕回饋

2. 將操作條件、版本、觀察結果與照片／截圖記入工作單。

3. 說明遇到的問題、可能原因及下一次的改良方法。

本節工作單

操作前預測（我認為會發生什麼？）：

_____

實際觀察／輸出：_____

遇到的問題：_____

原因分析／下一步：_____

□ 已完成操作　□ 已記錄證據　□ 已遵守安全程序

檢核問題

請說明第 28 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

附錄 A｜Ready Kit 四腿安裝驗收表

檢查項目	結果／備註
機身前後方向標示已確認	□ 是 □ 否
四腿位置、左右方向已核對	□ 是 □ 否
固定件與連桿完整	□ 是 □ 否
線束無夾傷、拉扯與活動干涉	□ 是 □ 否
斷電狀態下活動範圍正常	□ 是 □ 否
教師已核准首次上電	簽名：_____

附錄 B｜ESP32 開發檢核表

□ 確認市售 ESP32 板型與 USB 連接方式

□ 確認 Thonny 版本與正確序列埠

□ 記錄原始韌體版本並備份必要檔案

□ 已理解韌體燒錄與 .py 程式上傳不同

□ 已使用 hello.py 測試，不覆寫出廠 main.py

□ 實機控制 API、出廠校正狀態與關節安全限制經工程確認

附錄 C｜正式出版前工程核對項目

必須由 QADIR 確認：四腿安裝方向及圖號、螺絲／墊片料號、伺服出廠校正狀態與關節限制、ESP32 實際型號、供電架構、韌體版本與還原方法、Thonny 連線支援方式、正式馬達控制 API、App 與藍牙操作程序。

影片截圖應逐張對應正式裝配步驟與零件版次；未核對前不應作為唯一裝配依據。

附錄 D｜28 節課學生練習與成果紀錄

每節課可影印本頁格式。學生須記錄實際觀察、數據與修正原因；不得以推測值當作測量結果。

第 01 節｜認識 EDU Mini、學習目標與操作安全

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 02 節｜零件辨識、工具與組裝準備

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 03 節｜DIY 腿部機構組裝（一）／Ready 結構觀察

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 04 節｜DIY 腿部機構組裝（二）／Ready 機構分析

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 05 節｜四腿安裝與方向辨識

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 06 節｜機構檢查與組裝驗收

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 07 節｜EDU Mini Servo、關節與 12 DOF

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 08 節｜ESP32、供電與訊號系統

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 09 節｜首次開機與安全檢查

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 10 節｜手機 App 操作與動作觀察

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 11 節｜Thonny 安裝、USB 連接與序列埠

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 12 節｜MicroPython 韌體燒錄與版本確認

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 13 節｜第一支程式：執行、儲存與上傳

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 14 節｜Python 語法（一）：輸出、變數與型別

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 15 節｜Python 語法（二）：運算與條件判斷

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 16 節｜Python 語法（三）：迴圈與時間

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 17 節｜Python 語法（四）：函式與參數

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 18 節｜Python 語法（五）：串列與字典

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 19 節｜模組化、例外處理與除錯

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 20 節｜關節角度、控制介面與安全界限

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 21 節｜姿態、重心與站立穩定

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 22 節｜步態原理與參數

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 23 節｜前進、後退與轉向

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 24 節｜動作序列與資料紀錄

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 25 節｜基礎運動學與動作改良

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 26 節｜專題設計與實驗規劃

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 27 節｜專題實作與測試

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

第 28 節｜成果展示、評量與反思

日期／班級／組別	_____
本節操作或練習	_____
實際觀察／執行結果	_____
問題、錯誤與修正	_____
教師確認／下一步	_____

附錄 D-1｜MicroPython 常用指令與語法速查表

以下為 ESP32 MicroPython 常見語法與函式。實際支援項目會因韌體版本而異；範例僅供學習，不直接驅動 EDU Mini 伺服馬達。

print(x)｜顯示訊息或變數值
範例：print("Hello EDU Mini")

input("提示")｜接收使用者輸入（需有可用的終端介面）
範例：name = input("Name: ")

註解｜加入程式說明
範例：# 這是註解

=｜變數指定值
範例：speed = 3

type(x)｜查看資料型態
範例：print(type(12))

int(x) / float(x) / str(x)｜轉換數值或文字型態
範例：n = int("12")

if / elif / else｜依條件執行
範例：if n > 0: print("OK")

for ... in range(n)｜重複指定次數
範例：for i in range(3): print(i)

while 條件｜條件成立時重複執行
範例：while False: pass

break / continue｜跳出迴圈／跳過本次
範例：if i == 2: break

def / return｜定義函式與回傳結果
範例：def add(a,b): return a+b

list / dict｜儲存清單與鍵值資料
範例：angles = [0, 10, 20]

len(x)｜取得元素數量
範例：print(len(angles))

append(x)｜在串列尾端加入元素
範例：angles.append(30)

enumerate(x)｜同時取得索引與元素
範例：for i,v in enumerate(angles): print(i,v)

import / from ... import｜載入模組
範例：import time

time.sleep(s)｜暫停指定秒數
範例：time.sleep(1)

time.sleep_ms(ms)｜暫停指定毫秒數
範例：time.sleep_ms(200)

try / except｜捕捉並處理執行錯誤
範例：try: x = 1/0
except ZeroDivisionError: print("Error")

open / with｜讀寫檔案（需注意裝置儲存空間）
範例：with open("log.txt","w") as f: f.write("OK")

machine.Pin｜設定 ESP32 GPIO 腳位（實機腳位須先確認）
範例：from machine import Pin

machine.PWM｜產生 PWM 訊號（不得直接套用至未確認的馬達介面）
範例：from machine import PWM

os.listdir()｜列出裝置檔案
範例：import os; print(os.listdir())

help()｜查看可用物件說明
範例：help("modules")

⚠ 程式操作提醒｜請勿任意覆寫出廠檔案

注意：一般 Python 與 MicroPython 並非完全相同；部分電腦端套件在 ESP32 上無法使用。不要覆寫 EDU Mini 出廠 main.py／boot.py，除非已依 QADIR 指引備份並確認還原方式。

附錄 E｜MicroPython 程式練習（可離線測試）

下列範例只示範語法，不會驅動 EDU Mini 馬達。實機控制須使用與出廠韌體版本相容、經 QADIR 核准的介面。

輸出、變數與資料型態

```
name = "EDU Mini"
legs = 4
dof = 12
print(name, legs, dof)
```

條件判斷

```
battery_ok = True
if battery_ok:
    print("Ready for checks")
else:
    print("Stop and inspect")
```

迴圈與串列

```
joints = ["front-left", "front-right", "rear-left", "rear-
right"]
for index, name in enumerate(joints):
```

```
    print(index, name)
```

函式與參數

```
def clamp(value, low, high):
    return max(low, min(value, high))

print(clamp(120, 0, 90))
```

字典與紀錄

```
record = {"trial": 1, "stable": False, "note": "observe"}
print(record["trial"], record["note"])
```

例外處理

```
try:
    value = int("12")
    print(value)
except ValueError:
    print("Invalid input")
```

附錄 F｜確認清單

□ Ready Kit 四腿前後左右方向、固定件與螺絲規格

□ 出廠校正狀態、允許角度、動作界限及上電前檢查

□ ESP32 出廠韌體版本、燒錄權限、備份與還原程序

□ Thonny 連接埠與 MicroPython 版本的相容性

□ 實際馬達控制 API、App 配對流程與接線資料

□ 圖片與產品量產版本是否一致

□ 公開教材與購買者專屬韌體／App／完整程式的授權界線

文件狀態：28 節學生教材整合完整版；涉及實機特定參數與韌體操作之處，待 QADIR 工程核准後始可作為正式公開操作教材。

QADIR EDU Mini

讓動手實作成為理解機器人的起點

學生實作教材｜28 節課程｜V5.5

本教材適用於 EDU Mini DIY Kit 與 Ready Kit。請依正式產品說明及教師指導操作；涉及硬體接線、韌體與控制介面的內容，以 QADIR 核定版本為準。

卡德爾股份有限公司 | QADIR Corporation

www.qadircorp.com