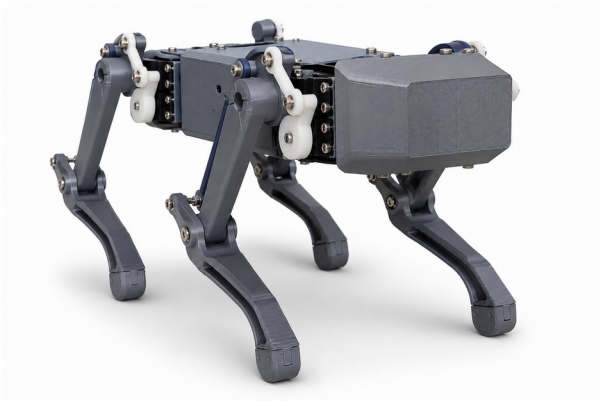
EDU Mini

四足機器人教師教學手冊

28 節課程對照版 | 每節 50 分鐘

DIY Kit ・ Ready Kit

ESP32 / MicroPython



版本 V0.2 | 教師版

卡德爾股份有限公司 QADIR Corporation

www.qadircorp.com

QADIR EDU Mini

教師教學手冊｜28 節課程對照版

依據：QADIR EDU Mini 學生實作教材 V5.5（已校稿中文版）

初稿 V0.1｜供 QADIR 教學及工程確認｜2026 年 11 月

本手冊提供教師的授課安排、觀察重點與評量建議，並不取代學生教材及 QADIR 正式工程文件。學生材的技術規格、程式碼與操作說明不在此重寫或改動。

一、授課原則與使用方式

- 課程時數：28 節 × 50 分鐘。每節均對應學生材相同節次，建議師生同步使用。
- DIY Kit 進行完整組裝；Ready Kit 主體預組裝，學生安裝四腿。二者課程目標相同，但第 3–4 節教師需安排不同活動。
- 每節採「課前準備 → 教師引導 → 學生實作 → 證據紀錄 → 安全與學習檢核」順序。
- 鼓勵學生先預測再操作，保留錯誤、修正與測試證據；不要只以機器能動作作評分依據。

二、實機安全與工程界線

- 伺服馬達出廠前已完成角度校正。學生不須自行調整零位，不可行轉關節或擅自改校正參數。
- 通電前確認螺絲固定、關節無干涉、線束未夾傷、電池外觀正常，**逐項**完成機構驗收。
- App 的 Stop 是操作介面按鍵，不應視符合機械安全標準的緊急停止裝置。
- 韌體燒錄與 .py 程式上傳不同。取得 QADIR 對應韌體、備份與還原方案以前，不以通用韌體覆寫出廠程式。
- 任何控制 API、GPIO 腳位、實際供電電壓、動作角度安全極限及韌體版本，以 QADIR 正式工程文件為準；學生教材的模擬範圍不得視為實機極限。
- 實機測試採低風險、逐步驗證；無法確認安全或版本相容時，改做紙上分析或程式模擬。

三、建議評量架構

評量面向	建議比重（教師可調整）
安全操作與遵守規範	25%

實作與技術理解	30%
紀錄、分析與修正	25%
合作、表達與反思	20%

以上比重為本教師手冊的教學建議，並非學生教材既定規範。

四、28 節課逐節教學指引

第 01 節｜認識 EDU Mini、學習目標與操作安全

對應學生材目標　說明四足平台與 DIY／Ready 差異

學生主要實作　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

課前準備　安全區標示、電池外觀照片、低高度操作台與小組工作單

教師引導與示範

先展示四足運動與關節夾點；讓學生提出至少三個風險，再以現場走查確認安全區。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

學生只談碰撞、不談跌落或突然啟動。追問「斷線、電池異常時會怎樣？」

課堂驗收與評量證據

能辨識夾點、電池與跌落風險；安全區圖具操作與旁觀界線。

對應學生教材檢核問題　請說明第 1 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 02 節｜零件辨識、工具與組裝準備

對應學生教材目標　辨識零件與使用工具

學生主要實作　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

課前準備　零件盒、基本工具、零件清單與拍照設備

教師引導與示範

先示範螺絲與孔位對正，分組清點並用照片留下件數與缺件記錄。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

學生會把外觀相似的螺絲混用。要求以規格與位置核對，禁止硬鎖。

課堂驗收與評量證據

盤點表完整、左右及前後標記；缺件能追。

對應學生教材檢核問題　請說明第 2 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 03 節｜DIY 腿部機構組裝（一）／Ready 結構觀察

對應學生教材目標　辨識單腿結構與裝配順序

學生主要實作　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

課前準備　QADIR 核准組裝圖、單腿組件、斷電確認卡

教師引導與示範

DIY 示範單腿前段裝配；Ready 只觀察預組裝機構，不拆主體。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

將左右鏡像件視相同。先比對方向再鎖固。

課堂驗收與評量證據

能說明關節連接順序及兩個可能干涉位置。

對應學生教材檢核問題　請說明第 3 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 04 節｜DIY 腿部機構組裝（二）／Ready 機構分析

對應學生教材目標　理解四腿對稱與機構干涉

學生主要實作　DIY：完成剩餘腿部組件；Ready：比較左右鏡像、連桿活動範圍

課前準備　已完成單腿樣品、左右對照照片、核准組裝圖

教師引導與示範

以樣品比對鏡像與關節自由活動；DIY 分段完成其餘組件。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把活動自由度與動混淆。請觀察軸向、限位與緊固點。

課堂驗收與評量證據

左右部件方向正確、無強迫裝入或明顯干涉。

對應學生教材檢核問題　請說明第 4 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 05 節｜四腿安裝與方向辨識

對應學生教材目標　正確辨識四腿安裝位置

學生主要實作　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

課前準備　四腿、機身方向標示、接合螺絲及線束檢查表

教師引導與示範

斷電下先示範機身前後與四腿位置，再讓學生逐腿裝配交叉檢。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

線束被夾住或左右腿裝反。先做外觀檢查，不急著通電。

課堂驗收與評量證據

四腿位置、固定件、活動間隙與線束路徑均檢核。

對應學生教材檢核問題　請說明第 5 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 06 節｜機構檢查與組裝驗收

對應學生教材目標　執行機構驗收

學生主要實作　使用檢查表記錄鬆動、干涉、線束夾傷、左右裝反；由教師簽核

課前準備　機構驗收表、檢查照明、教師簽核欄

教師引導與示範

用「檢查—發現—記錄—修正—複查」示範一個假設缺陷，分組交叉驗收。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

學生把能動當成合格。強調鬆動、干涉與線束夾傷也要檢查。

課堂驗收與評量證據

驗收記錄完整，且教師確認前不得首次通電。

對應學生教材檢核問題　請說明第 6 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 07 節｜EDU Mini Servo、關節與 12 DOF

對應學生教材目標　辨識 12 個主動關節

學生主要實作　對四腿各三關節編號，記錄預期動作與實際機構限制

課前準備　四腿三關節示意圖、關節編號貼紙

教師引導與示範

讓學生在不通電狀態標出每腿三個關節，討論 12 DOF 的意義。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把機構連桿數量當成主動自由度。要求指出伺服驅動關節。

課堂驗收與評量證據

四腿各三個主動關節標示正確。

對應學生教材檢核問題　請說明第 7 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 08 節｜ESP32、供電與訊號系統

對應學生教材目標　理解 ESP32 與電源分工

學生主要實作　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

課前準備　ESP32 板、電池與訊號方塊圖教材

教師引導與示範

只畫功能層級的能量與控制訊號關係；已知資料與未確認腳位分欄呈現。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

自行猜測 GPIO、工作電壓與線色。提醒未核准前不得照猜測接線。

課堂驗收與評量證據

能區分供電路徑與控制訊號，圖中不包含臆測數值。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 09 節｜首次開機與安全檢查

對應學生教材目標　完成首次開機檢查

學生主要實作　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

課前準備　教師核准的啟動程序、機身支架、電池與機構檢查表

教師引導與示範

先核對機構驗收、電池外觀、韌體狀態；架高並保留安全空間後再示範。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

學生直接把機器放桌邊啟動。要求先架高與確認旁觀者距離。

課堂驗收與評量證據

完成啟動前檢核、反應觀察及異常時處置記錄。

對應學生教材檢核問題　請說明第 9 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 10 節｜手機 App 操作與動作觀察

對應學生教材目標　觀察遙控動作與安全停止

學生主要實作　用核准 App 執行一個低風險動作，記錄姿態、回應與停止方式

課前準備　Robot Dog 2.0 App、BLE 裝置識別方式與安全測試區

教師引導與示範

示範 BLE 掃描、確認裝置、連線、Stand 與 Stop，再逐項測試低風險動作。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把 Unknown BLE 當作正確裝置；將 App Stop 誤認緊急停止。

課堂驗收與評量證據

能記錄裝置識別、連線狀態、動作反應與停止方式。

對應學生教材檢核問題　請說明第 10 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 11 節｜Thonny 安裝、USB 連接與序列埠

對應學生教材目標　建立電腦與 ESP32 的開發連線

學生主要實作　安裝 Thonny、連接資料線、選擇 MicroPython(ESP32) 解譯器與序列埠

課前準備　電腦、資料型 USB 線、核准 Thonny 安裝版本

教師引導與示範

示範安裝、解譯器選擇、連接埠判讀及 Shell 回應；不覆寫板上程式。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

只有充電功能的 USB 線或選錯 COM 埠。先排線材再改設定。

課堂驗收與評量證據

能辨識正確連接埠並取得 Shell 回應。

對應學生教材檢核問題　為什麼充電線不一定能用來上傳程式？

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 12 節｜MicroPython 體燒錄與版本確認

對應學生教材目標　理解韌體與程式差異

學生主要實作　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

課前準備　ESP32 板型資料、核准韌體、備份及還原步驟

教師引導與示範

先對比「燒錄韌體」與「上傳 .py」，只有在備份及版本核准後才示範燒錄。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

學生下載通用映像直接覆寫出廠程式。未具還原資料時改採概念演示。

課堂驗收與評量證據

能說明兩類操作差異及覆寫風險。

對應學生教材檢核問題　韌體燒錄與儲存 hello.py 有什麼不同？

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 13 節｜第一支程式：執行、儲存與上傳

對應學生教材目標　執行並儲存第一支程式

學生主要實作　在 Thonny Shell 執行 print，再存成 hello.py 至電腦與核准裝置

課前準備　Thonny、可連接的 MicroPython 裝置、hello.py

教師引導與示範

先在 Shell 執行 print，再存到電腦；取得核准後以非 main.py 名稱存至裝置。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把 hello.py 誤存為 main.py。先示範開機自動執行的風險。

課堂驗收與評量證據

程式可執行、雙位置存檔記錄清楚，原 main.py 保留。

對應學生教材檢核問題　為什麼第一次練習不應直接覆寫 main.py？

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 14 節｜Python 語法（一）：輸出、變數與型別

對應學生教材目標　掌握輸出、註解、變數與型別

學生主要實作　建立機器人名稱、腿數、電池狀態的變數，觀察 type() 輸出

課前準備　Thonny、型別觀察表

教師引導與示範

先預測數字與字串輸出，再執行 print、type 驗證並更改單一變數。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把字串 "4" 當整數 4。要求以 type() 證實。

課堂驗收與評量證據

能解釋變數與型別，附程式與輸出證據。

對應學生教材檢核問題　請說明第 14 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 15 節｜Python 語法（二）：運算與條件判斷

對應學生教材目標　使用比較與分支

學生主要實作　寫出依電量模擬值決定是否允許測試的 if/elif/else 程式

課前準備　條件判斷流程圖、模擬電量資料

教師引導與示範

強調電量數字是模擬值，不是 EDU Mini 實際讀值；比較分支邊界結果。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把示例門檻當成產品保護設定。用「模擬」醒目標示。

課堂驗收與評量證據

能說明 if/elif/else 分支及邊界條件。

對應學生教材檢核問題　請說明第 15 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 16 節｜Python 語法（三）：迴圈與時間

對應學生教材目標　理解重複與延遲

學生主要實作　用 for 模擬四腿編號，用 while 的安全終止條件做計數練習

課前準備　迴圈流程圖、有限次數練習程式

教師引導與示範

先用 for 列出四腿編號，再示範 while 結束條件與手動中斷。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

忘記終止條件。要求在執行前說出何時停止。

課堂驗收與評量證據

兩類圈均有限定終止條件且輸出可預期。

對應學生教材檢核問題　請說明第 16 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 17 節｜Python 語法（四）：函式與參數

對應學生教材目標　使用函式封裝重複工作

學生主要實作　定義 report_joint(leg, joint) 並傳入參數，檢查回傳值

課前準備　函式呼叫圖、輸入輸出測試表

教師引導與示範

示範參數傳入與 return；讓學生以多組輸入測試函式。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

混淆 print 與 return。用下一段程式接收回傳值檢驗。

課堂驗收與評量證據

函式可重複呼叫具有至少兩筆測試記錄。

對應學生教材檢核問題　請說明第 17 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 18 節｜Python 語法（五）：串列與字典

對應學生教材目標　以資料結構表示關節與動作

學生主要實作　使用 list 儲存四腿名稱、dict 儲存每腿三個關節名稱

課前準備　腿部資料範例、串列與字典對照圖

教師引導與示範

以腿號或模擬關節資料建立 list、dict，示範查詢與更新。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

列表索引從 0 開始與字典鍵不同。先讓學生預測。

課堂驗收與評量證據

能正確取值並說明選擇資料結構的理由。

對應學生教材檢核問題　請說明第 18 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 19 節｜模組化、例外處理與除錯

對應學生教材目標　閱讀錯誤並分層除錯

學生主要實作　故意觸發 ValueError，使用 try/except 記錄錯誤

課前準備　模組化範例、故意設計的語法錯誤

教師引導與示範

示範如何閱讀 traceback、隔離問題，再使用 try/except 處理預期錯誤。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把所有錯誤用空的 except 忽略。要求紀錄錯誤內容。

課堂驗收與評量證據

具可重現的錯誤與修正證據，未隱藏異常。

對應學生教材檢核問題　請說明第 19 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 20 節｜關節角度、控制介面與安全界限

對應學生教材目標　區分模擬角度與實機控制

學生主要實作　先用軟體範例檢查角度範圍；實機呼叫只使用 QADIR 核准 API

課前準備　角度檢查模擬程式、核准控制 API 文件（若有）

教師引導與示範

先用軟體判斷示例角度，再指出示例 -30～30 並非實機安全極限。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

將模擬界限直接帶入關節命令。未取得核准 API 不做實機呼叫。

課堂驗收與評量證據

能分清模擬、出廠校正與實際關節限制。

對應學生教材檢核問題　為什麼模擬角度限制不能直接當作實機安全範圍？

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 21 節｜姿態、重心與站立穩定

對應學生教材目標　認識支撐多邊形與重心

學生主要實作　畫出不同支撐腳組合，解釋何時容易傾倒

課前準備　重心示意、平坦地面與安全支撐

教師引導與示範

以簡圖討論支撐多邊形及重心，再進行可控、低風險姿態觀察。

50 分鐘教學安排

- **0–8** 分｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18** 分｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38** 分｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46** 分｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50** 分｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

只看機身是否水平而忽略足端接觸與重心投影。

課堂驗收與評量證據

可提出姿態穩定的觀察依據及紀錄。

對應學生教材檢核問題　請說明第 21 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 22 節｜步態原理與參數

對應學生教材目標　理解步態相位與步幅

學生主要實作　用紙卡或模擬資料建立四腿抬放順序，分析穩定性

課前準備　步態相序圖、腳步時序記錄表

教師引導與示範

用慢速動畫或紙上時序圖比較步態參數，不先提高實機速度。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

把步頻提高視為必然更穩。討論接地時間與支撐。

課堂驗收與評量證據

能標示步態相序、參數與預期效果。

對應學生教材檢核問題　請說明第 22 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 23 節｜前進、後退與轉向

對應學生教材目標　分辨方向控制的參數

學生主要實作　比較前進、後退、轉向的足端軌跡示意，記錄差異

課前準備　平坦測試區、距離標示、核准動作控制方式

教師引導與示範

以單一指令分別測試前進、後退與轉向；每次改動只變更一個條件。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

同時修改多個參數，無法歸因。要求測試紀錄逐次獨立。

課堂驗收與評量證據

動作方向、偏差及停止反應都有記錄。

對應學生教材檢核問題　請說明第 23 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 24 節｜動作序列與資料紀錄

對應學生教材目標　建立可重現的動作紀錄

學生主要實作　設計動作名稱、時間、測試結果、異常與版本欄位

課前準備　序列流程圖、資料紀錄表、時間戳範例

教師引導與示範

設計「動作—等待—紀錄」序列，先模擬再以核准方式觀察實機。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

缺少停頓或紀錄欄位，無法重現。要求記錄版本及條件。

課堂驗收與評量證據

同一序列能重複操作並比對結果。

對應學生教材檢核問題　請說明第 24 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 25 節｜基礎運動學與動作改良

對應學生教材目標　理解關節與足端位置關係

學生主要實作　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

課前準備　腿部幾何概念圖、長度測量工具、紙上計算題

教師引導與示範

先說明簡化幾何模型是假設，讓學生比較模型預測與實際偏差。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

將二維示意視為完整機構解。清楚列出假設與限制。

課堂驗收與評量證據

能提出一項可驗證的運動改良假設。

對應學生教材檢核問題　請說明第 25 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 26 節｜專題設計與實驗規劃

對應學生教材目標　提出可驗證專題

學生主要實作　撰寫目標、變因、控制條件、測量方式、風險及分工

課前準備　專題需求單、風險表、進度表

教師引導與示範

請每組訂出可量測目標、驗證方法、完成條件與安全限制。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

只提創意而沒有驗收指標。追問如何證明達成。

課堂驗收與評量證據

完成目標、測試條件、分工及風險表。

對應學生教材檢核問題　請說明第 26 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 27 節｜專題實作與測試

對應學生教材目標　完成小組實驗與修正

學生主要實作　執行教師核准的實驗、記錄數據、分析失敗與改良

課前準備　專題工作區、測試日誌、教師巡檢表

教師引導與示範

每輪要求記錄「變更前—變更—結果」，維持安全監督與版本備份。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

同時更改多個條件或未保存紀錄。鼓勵小步測試。

課堂驗收與評量證據

完成至少一次有資料支持的改良循環。

對應學生教材檢核問題　請說明第 27 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

第 28 節｜成果展示、評量與反思

對應學生教材目標　清楚展示成果與限制

學生主要實作　提交程式、操作紀錄、問題分析、簡報與同儕回饋

課前準備　成果展示規範、同儕回饋表、評分規準

教師引導與示範

要求展示目標、設計、實測證據、失敗與限制；評量重視驗證過程。

50 分鐘教學安排

- **0–8 分**｜回顧與安全檢查，確認本節任務。
- **8–18 分**｜依本節主題示範、提問並確認先備知識。
- **18–38 分**｜學生分組實作；教師巡視並記錄異常與操作證據。
- **38–46 分**｜同儕交叉檢查、分析錯誤與修正。
- **46–50 分**｜收整學生工作單，預告下一節課。

常見問題與教學介入

只展示成功影片，不說明失敗與限制。引導提出下一步。

課堂驗收與評量證據

成果可重現、資料充分，能清楚交代風險與限制。

對應學生教材檢核問題　請說明第 28 節操作的關鍵步驟、驗收方法及一項可能風險。

教師紀錄欄　出席／小組：_____　異常或補救教學：

_____

五、師課前／課後共用檢核表

課前

☐ 已核對學生教材與實機韌體版本

☐ 已確認操作空間、電池與線束安全

☐ 已備妥示範樣品、資料線及教具

☐ 實機指令與 API 均有正式核准依據

☐ 已備妥異常停止與現場處置方式

課後

☐ 已收齊學生操作證據與工作單

☐ 已記錄異常、失敗與修正方式

☐ 已備份本節示範檔／學生程式

☐ 已檢查設備、電池及零件狀況

☐ 已安排下一節補救或進階任務

六、工程確認單（正式學前）

☐ 出廠韌體版本與可恢復流程

☐ ESP32 板型、USB 連線方式及適用工具版本

☐ 關節控制 API、命令格式與安全角度／速度界線

☐ App 按鍵及各項滑桿的實際對應功能與可調範圍

☐ 機身、四腿、線束與電池的正式裝配／檢查圖

☐ 不同 Kit 配置下的啟動與故障處理程序

註：上述清單是教師授課前需由 QADIR 工程確認的項目，不代表現行產品缺少相應功能。