



總結整合式課程 以機電整合及實習為例 Capstone Course Mechatronics and Lab.

周瑞仁、方玫文、陳彥庭(生機系)
符碧真、邱于真(教學發展中心)

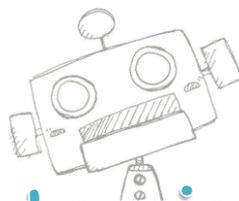


07.25, 2012於 教學/實務工作坊

Outlines (大綱)



- Syllabus (課綱)
- Final Project & Project Management
(專題製作與專案管理)
- Evaluation & Reflection(學習評估與反思)
- Current Situation (現況)
- Conclusion (結語)



Syllabus (課綱)



課程名稱：機電整合及實習		課程編號：611 4200	
英文名稱：Mechatronics & Lab.			
學分數： 學分	講演： 小時	實習： 小時	
修習年級： <input checked="" type="checkbox"/> 大學部4年級 <input type="checkbox"/> 碩士班 <input type="checkbox"/> 博士班			
預修科目：工程數學、動力學、電子學、自動控制		同修科目：	
<input checked="" type="checkbox"/> 必修	<input type="checkbox"/> 選修：所屬領域 <input type="checkbox"/> 機械與系統 <input checked="" type="checkbox"/> 量測與控制 <input type="checkbox"/> 材料與程序 <input type="checkbox"/> 一般領域		
課程簡介：機電整合係以『控制工程』為核心，將機械、電機與資訊系統加以整合的系統化整合技術，並用於產品的設計與製造上。加強工程科系的學生在機電整合方面之教育與訓練是世界各國的趨勢。機電整合與實習這門課程著重於學理之介紹與實作能力之培養，以及系統性能之評估。主要強調如何將自動化系統所牽涉到的“機”與“電”整合起來，達到預期的目標與功能。			



Syllabus (課綱)

預定課程內容：

- 一 課程簡介、分組、機電整合簡介(Ch.1 & Ch.2) (講義)
- 二 系統工程與專案管理(講義)
- 三 基本控制概念與控制器介紹(講義)
- 四 PLC控制器與實習(講義) (實習一、二、三)
- 五 基本電路與元件 (Ch.2) (講義)/ 基本電子儀器介紹與實習(講義) (實習四)
- 六 電子學基本觀念(Ch.3) (講義)/ 基本電子儀器介紹與實習(實習四) (講義)
- 七 類比信號處理與OPA放大器(Ch.5) (講義)/ 控制上常用之電子元件與實習(講義) (實習五)
- 八 數位電路(Ch.6) (講義)/ 數位電路實習(講義) (實習六)
- 九 感測器(Ch.9) (講義)/ 感測器實習(講義) (實習七)
- 十 致動器(Ch.10) (講義)/ 傳動與驅動實習(講義) (實習八)
- 十一系統反應(Ch.4) (講義)
- 十二資料擷取(Ch.8) (講義)
- 十三機電整合系統(Ch.11) (講義)
- 十四期末計畫報告

評分標準：

- 1.實習與作業成績25%；
- 2.期末計畫與報告20%；
- 3.期中考成績20%；
- 4.小考成績15%；
- 5.期末考成績20%

Syllabus (課綱)



教科書：David G. Alciatore, Michael B. Hstand, **Introduction to Mechatronics and Measurement Systems, 2012, 4th Ed., McGraw-Hill(偉明代理，2363-8586)**

講義一冊。

參考書：John Iovine, **Robots, Androids, and Animatrons, 1998, McGraw-Hill.** Gordon Mccomb, **Robot Builder's Bonanza-99 Inexpensive Robotics Projects, 1987, McGraw-Hill.**

參考書
或講義

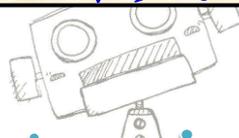
黃國勝、朱明毅、林知行、楊晴和，**模組式機器人之機電製作實務，1998，全華。**

D. A. Bradley, D. Dawson, N. C. Burd and A. J. Loader, "Mechatronics: Electronics in Product and Processes", Hapman & Hall, 1993.

Kilian T. Christopher, "Modern Control Technology-Components and Systems", West Pub. Co., 2001.

授課教師：周瑞仁(jjchou@ntu.edu.tw, 知武館電電實驗室) 週五(6、7、8節)

助教：方玫文、陳彥庭

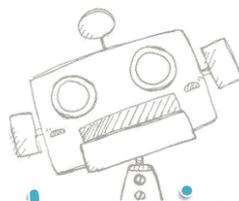


Related Courses (相關課程)

- 工程圖學
- 生物機電工程概論
- 機械工作法實習
- 機動學
- 應用力學
- 自動控制
- 感測器原理與應用
- 微處理機原理與應用
- 工程材料
- 機械設計
- 生物產業機械
- 系統工程



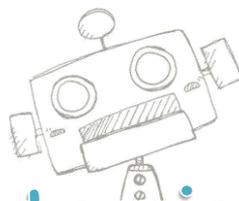
Final Project (期末專題計畫)



Grouping (分組)



- ◆ 每三人組成一小組
- ◆ 進而分成三中隊，其中第一、二中隊包含**5**個小組，第三隊包含**4**個小組，分配如下：
 - **Group 1** : 第 **1, 7, 11, 6, 14** 組
 - **Group 2** : 第 **3, 4, 12, 8, 10** 組
 - **Group 3** : 第 **2, 5, 9, 13** 組



Grading (計分)



◆ 團隊分數(35%)+小組分數(35%)+個人分數(30%)

◆ 團隊分數

- 口頭報告
- 書面報告
- 影片
- 現場DEMO

◆ 小組分數

- 分工情形
- 小組表現

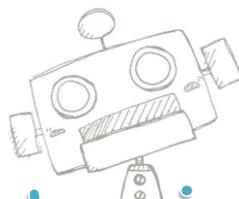
◆ 個人分數

- 參與與貢獻程度



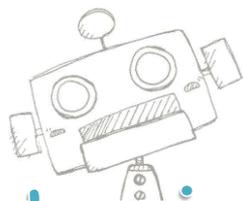
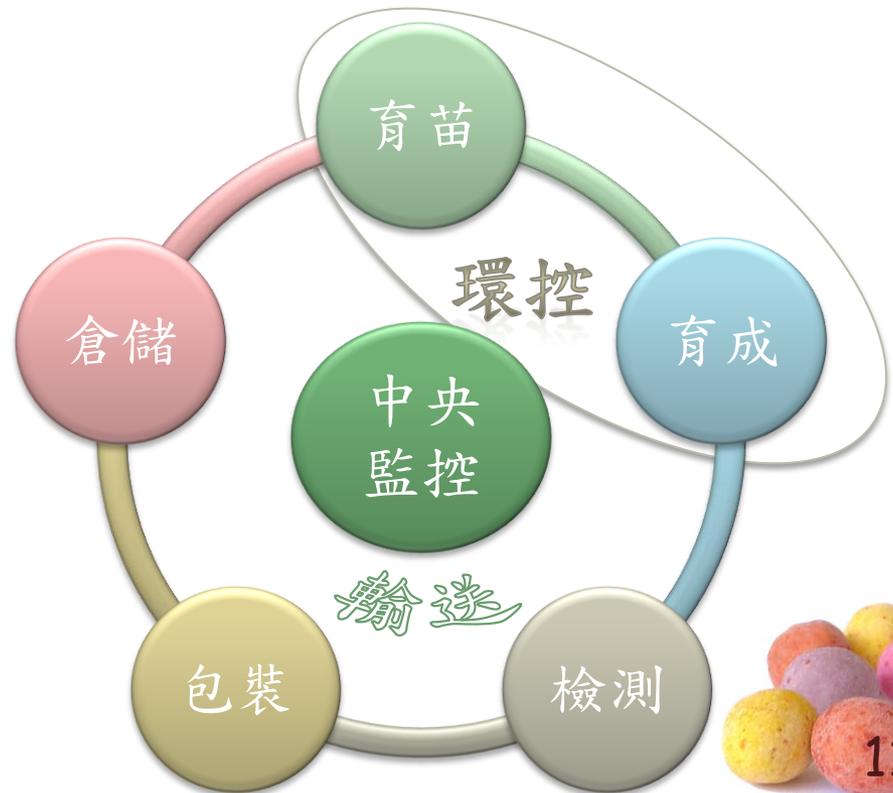
Project Management (專案管理)

- Project Objective (Overview) (PO)
- Work Breakdown Structure (WBS)
- Bill of Activities (BOA)
- PN (Project Network)
- Gantt Chart



Project Objective (專案目標)

- ◆設計並製作一以小型植物工廠為植物生長平台的
自動化生產系統，從育苗、育成、檢測到包裝出
貨之全自動化系統



Growth Chamber (生長平台)

- ◆ 以兩台小型植物工廠為植物生長環控平台，向外擴充成整體自動化生產系統



Project Objective (專案目標)



◆ 育苗

- 浸濕海綿、盛水、擺放種子至海綿

◆ 育成

- 擺放種苗至栽培盤、調配養液、養液循環

◆ 環控

- 溫度、濕度、二氧化碳、光照

◆ 檢測

- 作物重量、大小、品質(顏色)



Project Objective (專案目標)



◆ 包裝

- 從作物到可販賣的產品

◆ 輸送

- 每個環節之間的連接(ex: 包裝完的產品運送至倉儲)

◆ 倉儲

- 存放產品、出貨前的準備

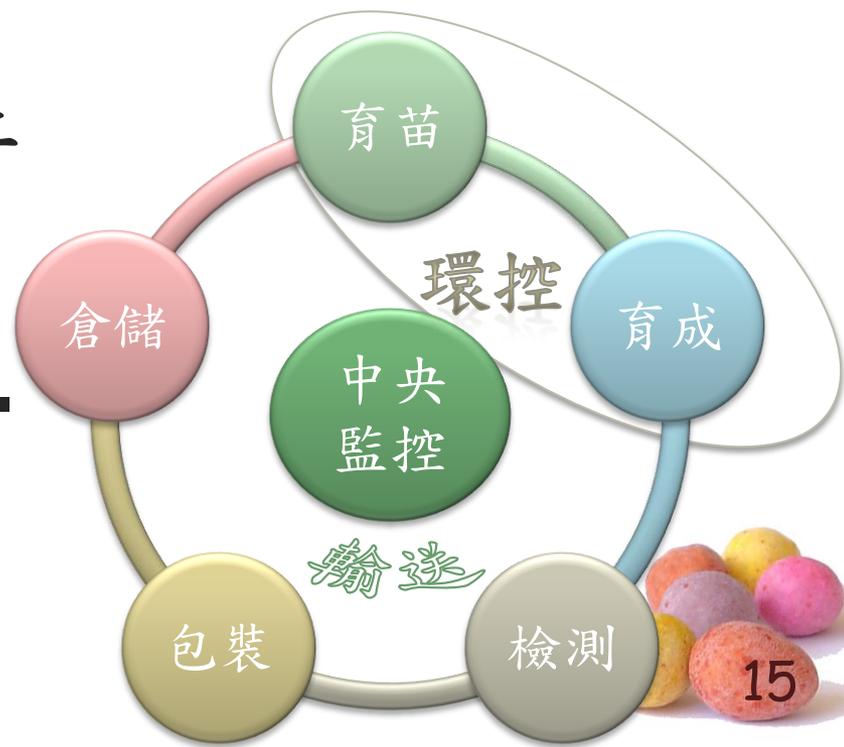
◆ 中央監控

- 控制整體流程



Project Objective (專案目標)

- ◆ 專題最後需呈現完整植物自動化生產系統，包括**育苗**、**育成**、**環控**、**檢測**、**包裝**、**輸送**、**倉儲**以及**中央監控**共8部分
- ◆ 設計時需考慮**成本(人力與機械)**、**生產效率**，從中找尋最好的平衡點
- ◆ 控制系統以**PLC**為主，需佔整個控制系統的**50%**以上，其他可以加入**PC-based, Microcontroller, DSP, CPLD/FPGA, iPhone, etc.**
- ◆ 不可改裝、或破壞所提供的**小型植物工廠**



Scheduling (時程) Checkpoint (查核點)



◆ Project Description (9/23)

◆ Project Proposal (10/14)

- 口頭報告：5分鐘
- 訂定題目

◆ Progress Report 1 (11/11)

- 口頭報告 or 影片：5分鐘
- 初步分工、元件採買情形、
時程表



◆ Progress Report 2 (12/09)

- 口頭報告 or 影片：5分鐘
- 進度報告

◆ Final Project Report (1/06)

- 口頭報告 & DEMO：20分鐘
- 書面報告：10頁
- 影片：5分鐘



Growth Chamber I (生長平台 I)

◆ 生長箱

◆ 受控體、感測器

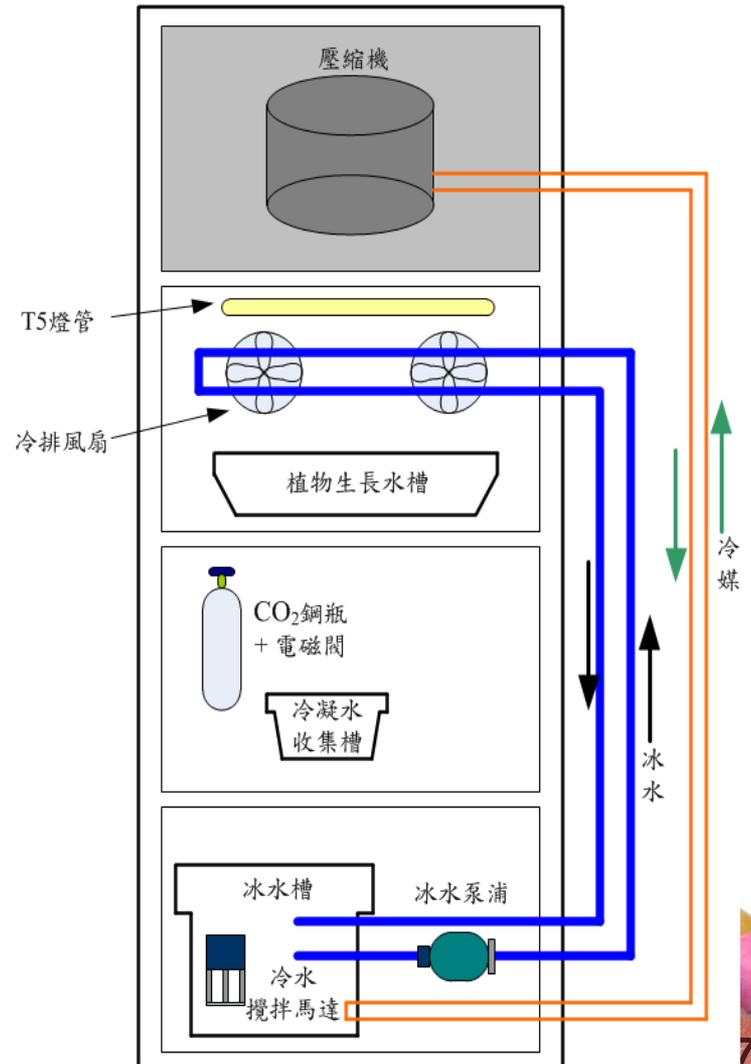


- 第一層(上)
設備
- (1). 超音波加溼器 + 加濕風扇
 - (2). 養液馬達
 - (3). T5燈管 (箱體內含)
 - (4). 冷排風扇 (箱體內含)

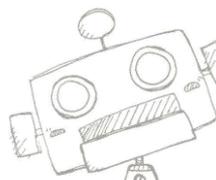
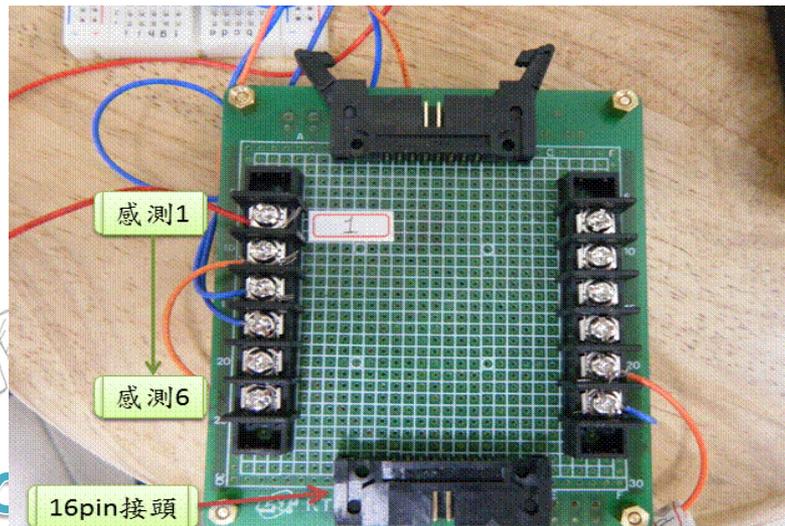
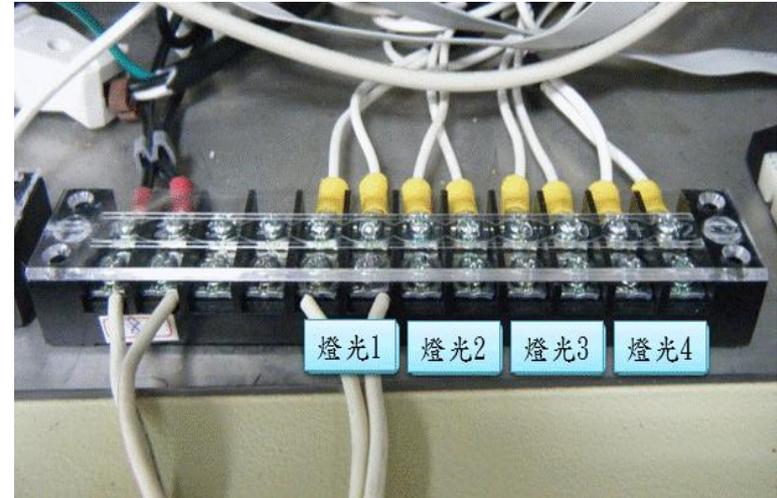
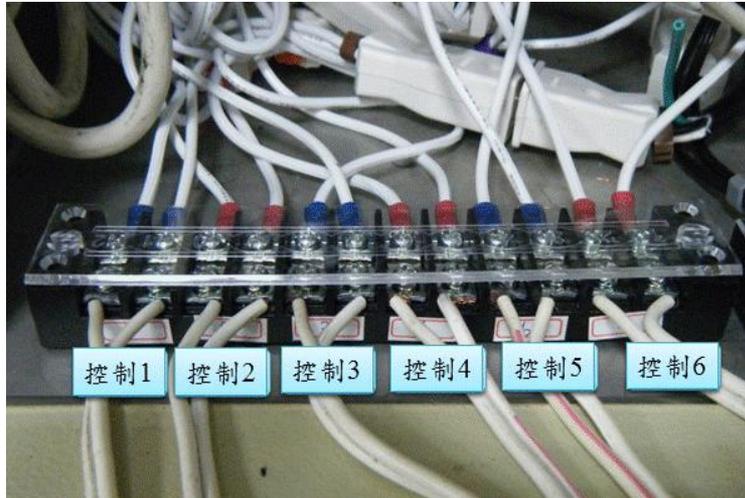
- 感測器
- (1). 溫溼度感測器
 - (2). 照度感測器
 - (3). CO₂感測器

- 第二層(中)
設備
- (1). CO₂鋼瓶 + 電磁閥
 - (2). 冷凝水收集槽

- 第三層(下)
設備:
- (1). 冷水攪拌馬達 (箱體內含)
 - (2). 冰水泵浦 (箱體內含)
 - (3). 冰水溫度設定旋鈕 + 感測器 (箱體內含), 可控制壓縮機啟動/關閉



Growth Chamber (生長平台) Interfacing (連接埠)





PIN	對應設備	PIN	對應設備
控制 1	冰水泵浦	燈光 1	最內側之兩組燈管
控制 2	冰水攪拌馬達	燈光 2	中間靠內之兩組燈管
控制 3	冷排風扇	燈光 3	中間靠外之兩組燈管
控制 4	CO2 電磁閥	燈光 4	最外側之兩組燈管
控制 5	超音波加濕器		
控制 6	加濕風扇		

腳位	註解
感測 1 (Temperature & Humidity Sensor)	Sensirion SHT-75, Pin1 SCK
感測 2 (Temperature & Humidity Sensor)	Sensirion SHT-75, Pin4 DATA
感測 3 (Temperature & Humidity Sensor)	Sensirion SHT-75, Ground
感測 4 (Temperature & Humidity Sensor)	Sensirion SHT-75, 5V
感測 5 (CO ₂ sensor)	欣全公司 A-100



Growth Chamber II (生長平台 II)



Electrical circuit

T5 lamp

CO₂ inlet

Plant

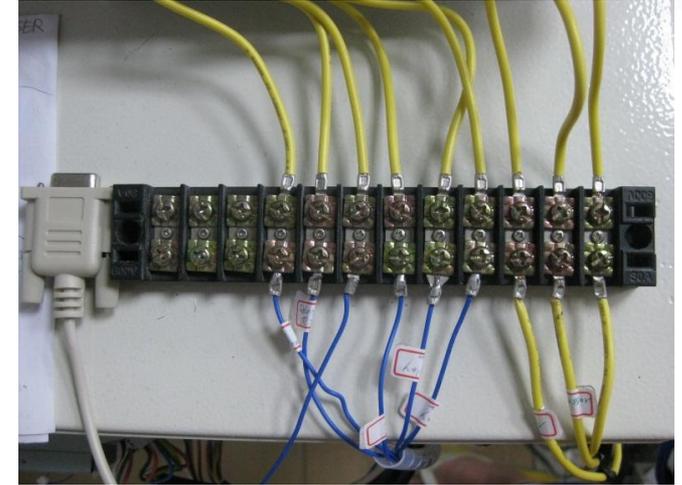
Sensor

Humidifier

Nutrient

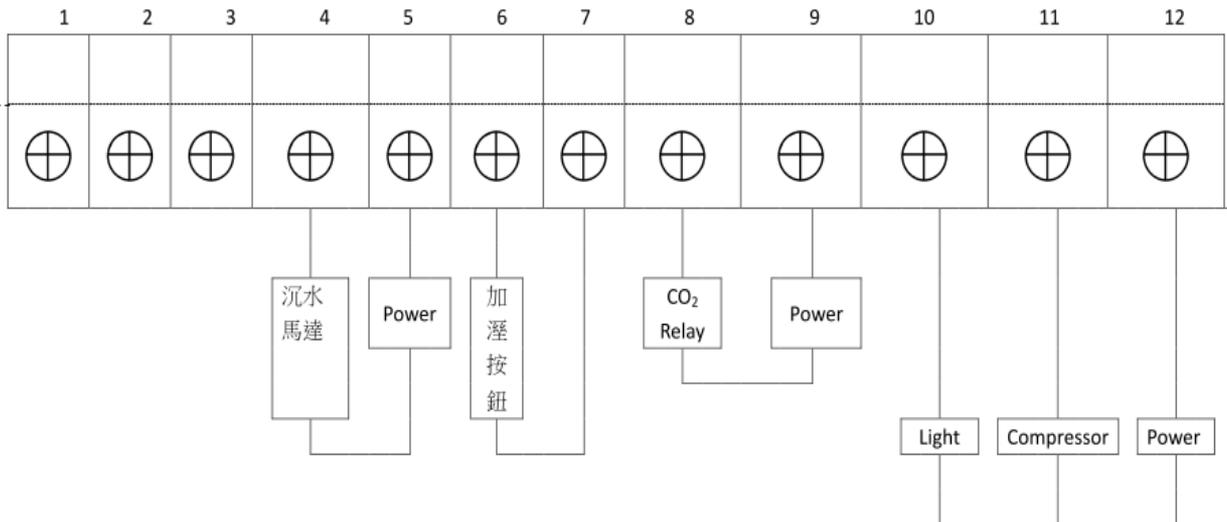
Compressor

Growth Chamber (生長平台) Interfacing (連接埠)



↑ 植物工廠門口

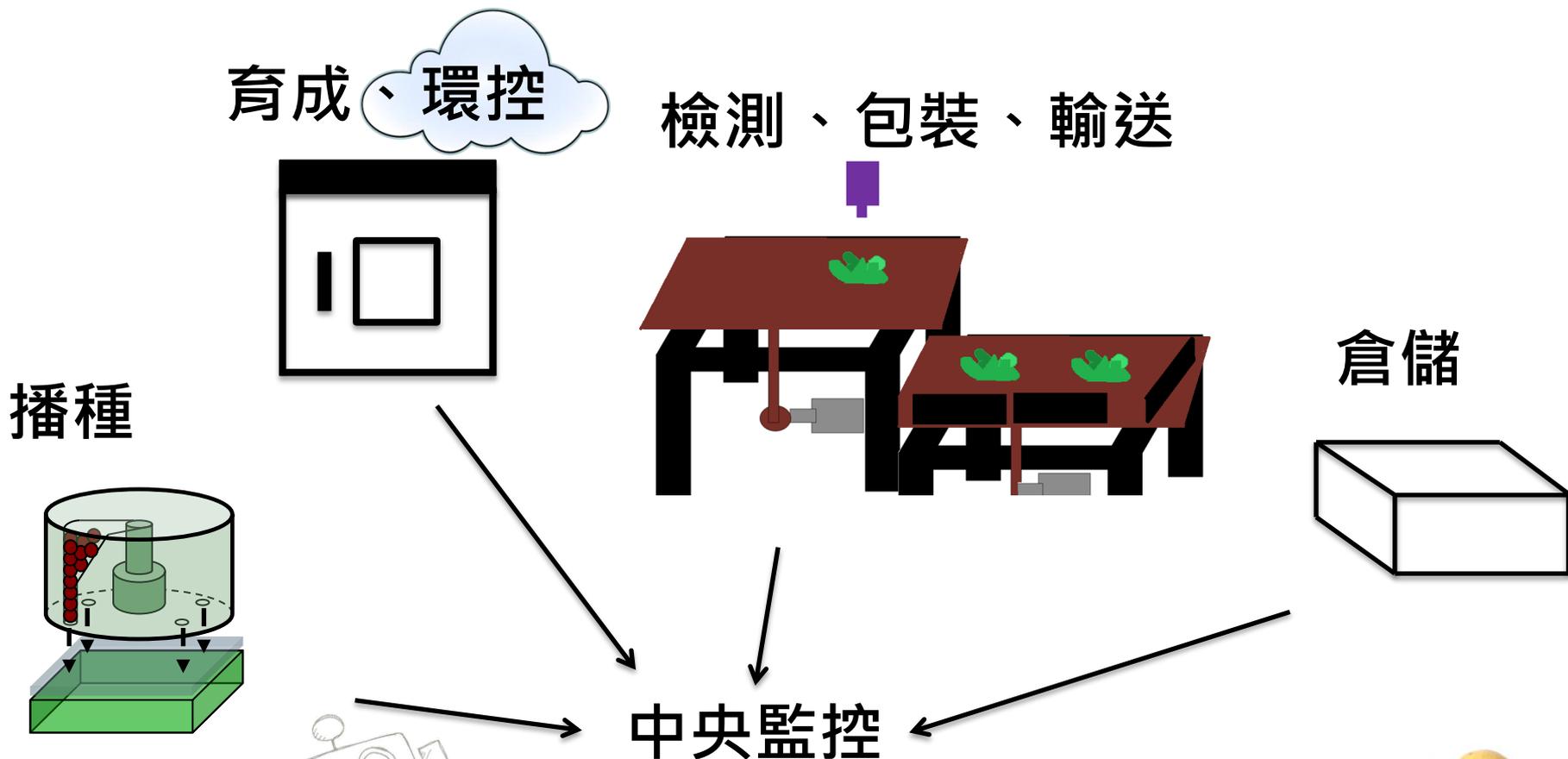
USER 端



↓ 植物工廠後端



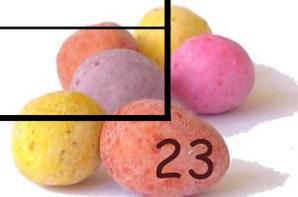
System Overview (系統綜覽)



System Overview (系統綜覽)



Project No.	Project Name	Project Manager	
Problem/Opportunity: 問題與機會 問題：人口爆增、農地減少、氣候變遷、糧食不足。 機會：充分利用工程與栽培技術，提高生產量。			
Goal: 計劃目的 建構一套自動化植物工廠。			
Objectives: 行動目標 自動化播種、栽培、輸送、檢測、包裝、儲藏。可以完全控制蔬菜生產所需的光、溫、水、養、氣。			
Success Criteria: 成功的要件/指標 日產：顆；光質光量：；溫度控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；相對濕度：65~90%；二氧化碳濃度：800~1200ppm；			
Assumptions: 可控變因		Risks: 外部不可控因素	
Prepared By	Date	Approved By	Date



Work Breakdown Structure (工作分解)

小型植物工廠系統

播種系統

播種機構

浸濕海綿

輸送帶

育成與環控系統

光照控制

溫度控制

濕度控制

CO₂控制

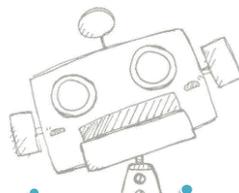
環控室

採收、檢測與包裝系統

包裝機構

採收機構

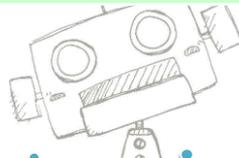
檢測設備



Work Assignment (工作分配)



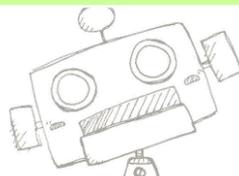
工作	負責人員
自動播種機- 機構設計、元件採買與實作	何品萱、彭迦儒、徐瑋宏
育成與環境控制- 元件採買、系統控制程式、網頁設計	何威毅、謝宗翰、高佑瑄
輸送、檢測、包裝、倉儲- 機構設計、元件採買與實作、檢測程式	劉庭宇、鄭兆良、賴昱行、王廷先、林哲毅、陳威同
系統整合	何威毅、謝宗翰、高佑瑄、劉庭宇、賴昱行



Bill of Activity (項目清單)



編號	名稱	前置作業	作業時間			
			O	M	P	E
A	決定植物	--	1	2	3	2
B	分工	A	1	1	1	1
C	決定育種形式及機構	B	4	7	10	7
D	決定檢測方式及機構	B	7	10	13	10
E	決定包裝方式及機構	B	7	10	13	10
F	設計環控程式	B	4	7	10	7
G	決定輸送及倉儲方法	B	4	5	6	5
H	採買育種機構之材料	C	2	5.5	6	5
I	採買檢測機構之材料	D	4	6	8	6



Activity Node (項目節點)



Early Start

ES

EF

Early Finish
 $= ES + E$

作業編號

E

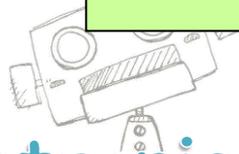
$= (O+4M+P)/6$

Last Start

LS

LF

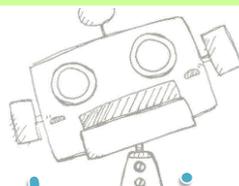
Last Finish
 $= LS + E$



Bill of Activity (項目清單)



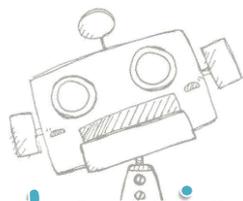
編號	名稱	前置作業	作業時間			
			O	M	P	E
J	採買包裝機構之材料	E	4	6	8	6
K	測試環控程式及修正	F	3	4	5	4
L	實地了解輸送及倉儲	G	7	14	15	13
M	製作育種機構	H	14	20	24	20
N	製作檢測機構及程式	I	19	26	27	25
O	製作包裝機構及程式	J	19	26	27	25
P	將育種、檢測、包裝機構與植物工廠整合	M,N,O,K	4	5	6	5



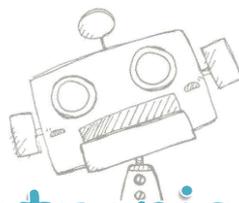
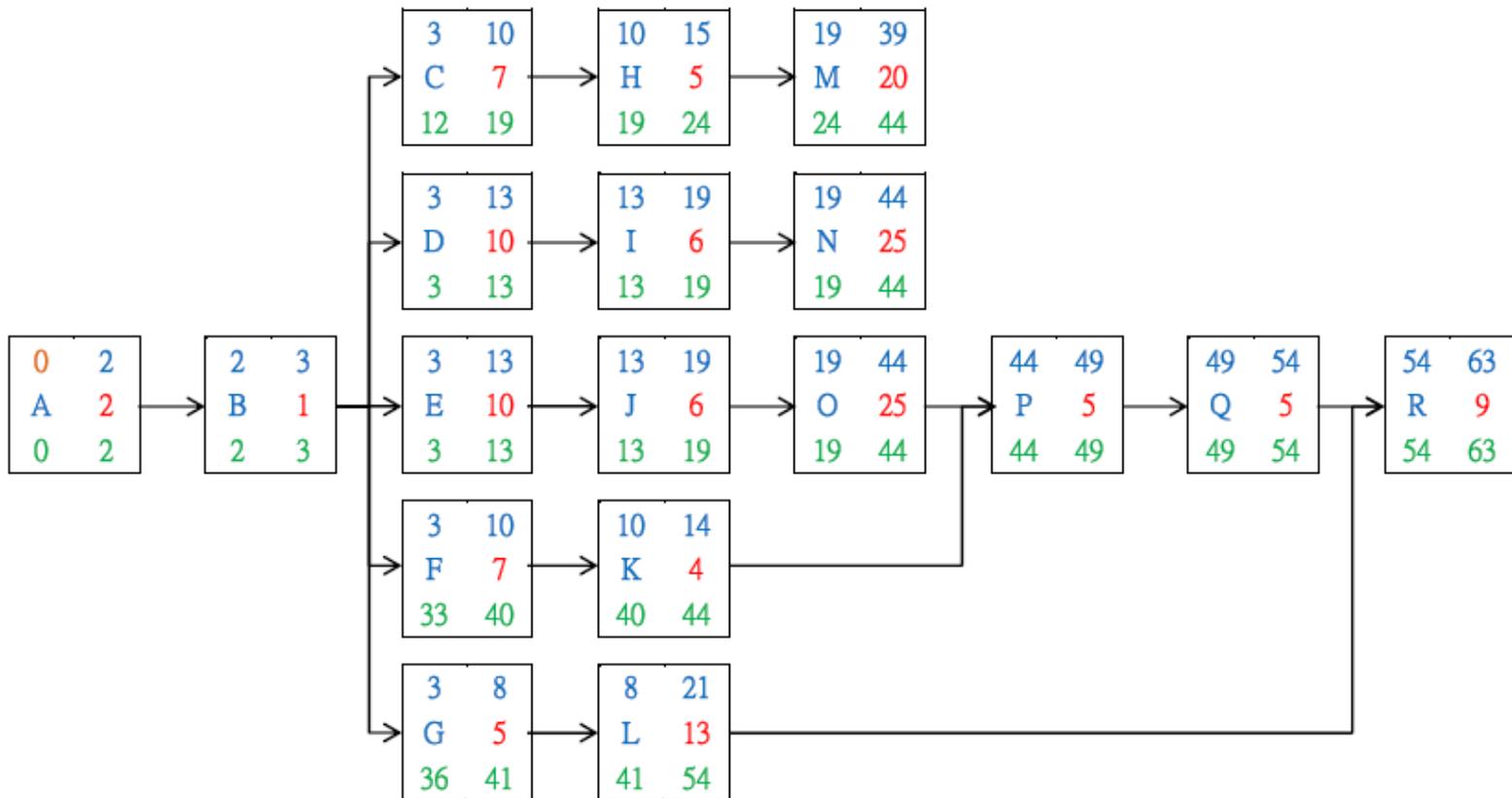
Bill of Activity (項目清單)



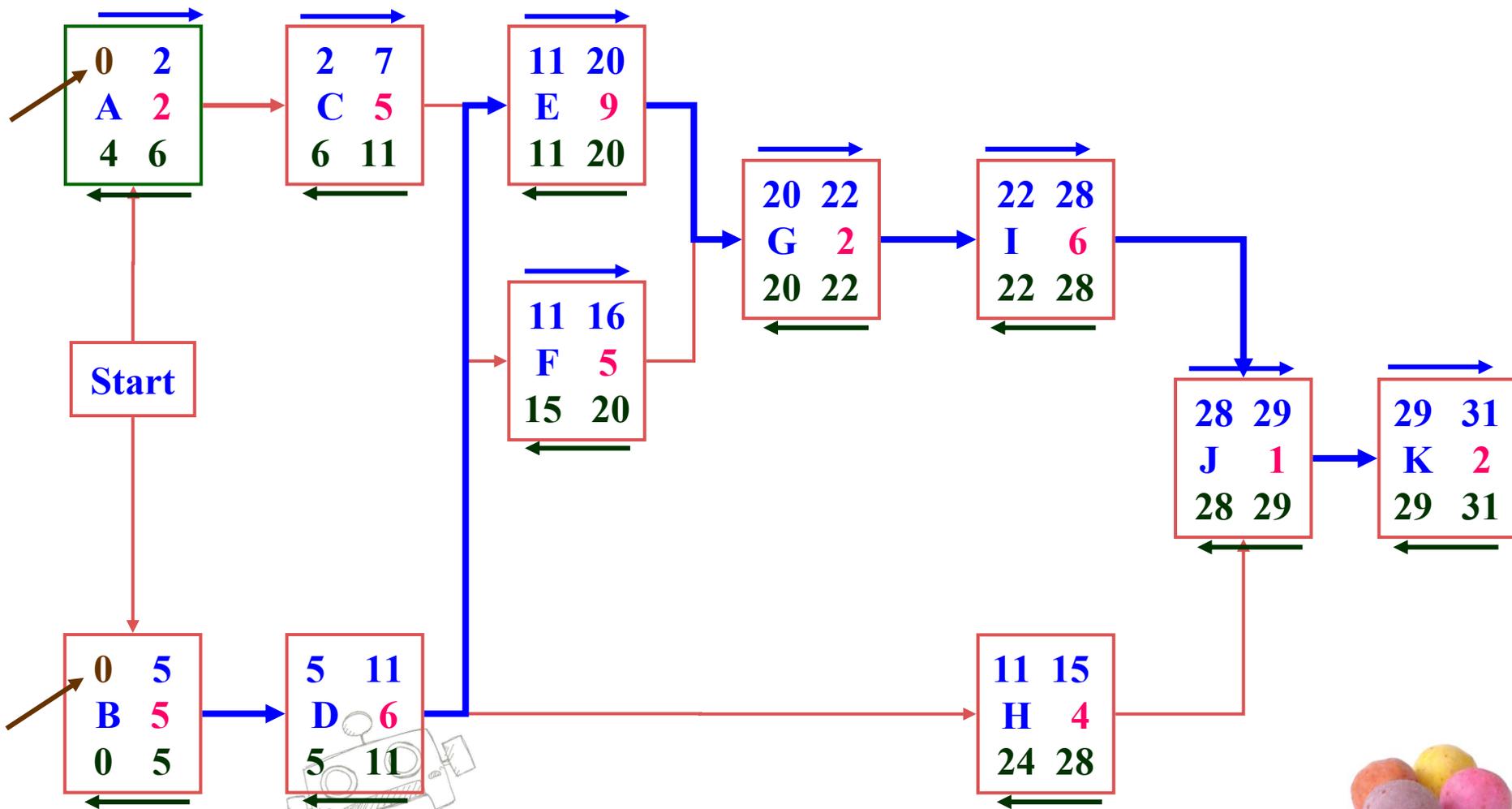
編號	名稱	前置作業	作業時間			
			O	M	P	E
Q	撰寫中央監控程式	P	4	5	6	5
R	將中央監控程式與機構結合並測試	Q, L	5	10	11	9
K	測試環控程式及修正	F	3	4	5	4
L	實地了解輸送及倉儲	G	7	14	15	13



Project Network (專案網路)



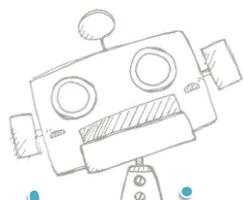
Project Network (PN)



Budget (預算)



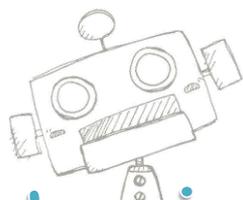
材料	費用
外殼、種子儲藏罐—玻璃纖維	500
直流馬達+其配件	1000
海綿300mm×400mm	50
培養盆300mm×400mm×200mm	300
種子數顆	50
網路攝影機	1200
漏斗	200
鋁條	2000
鍊條	1200



Budget (預算)



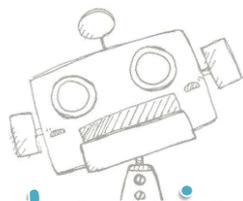
材料	費用
螺絲等小零件	2000
燈源	300
單晶片	500
繼電器	500
齒輪	800
輸送皮帶	2000
驅動馬達	1200
轉動滾輪x4	2000
馬達	3000



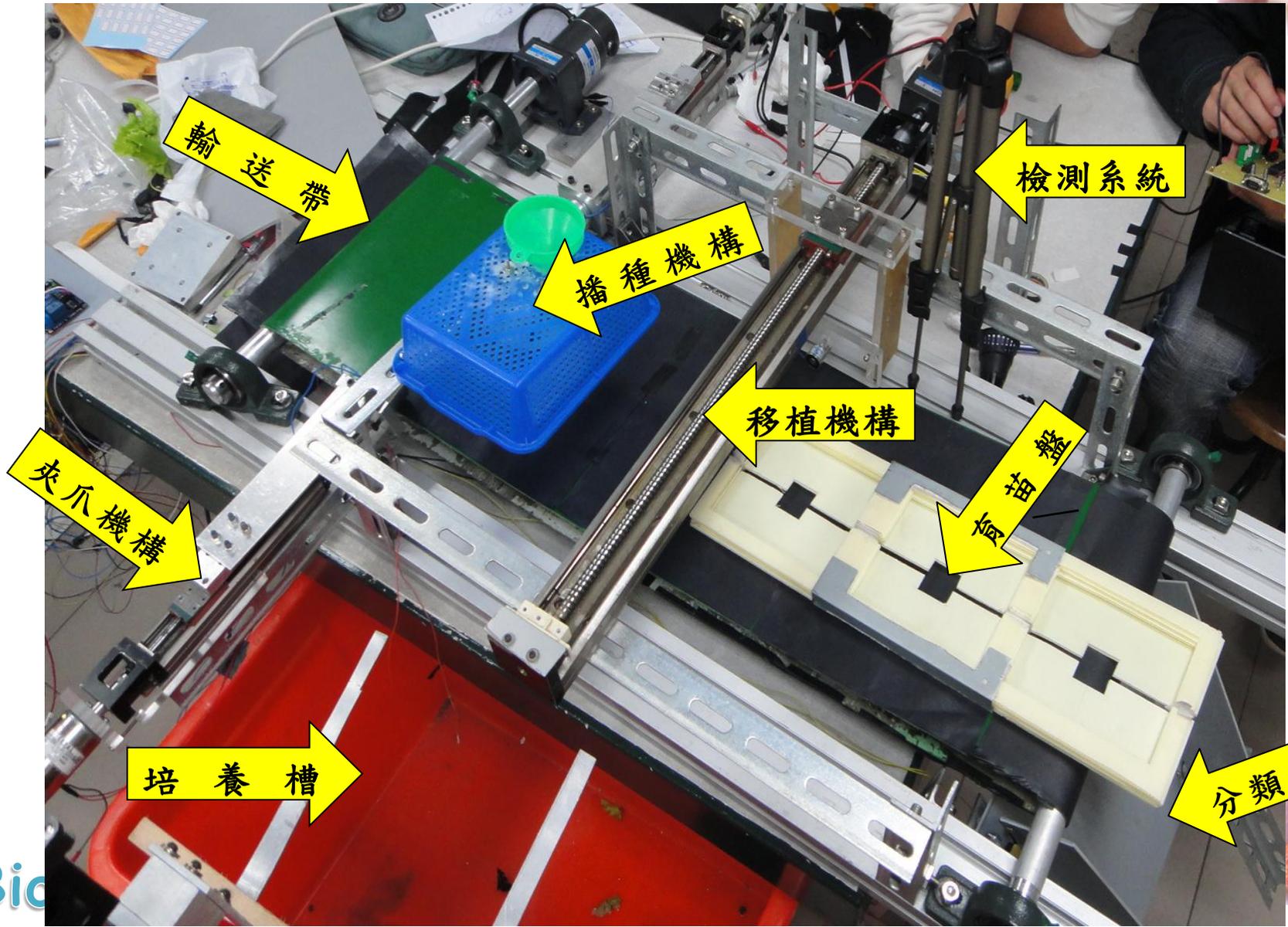
Budget (預算)



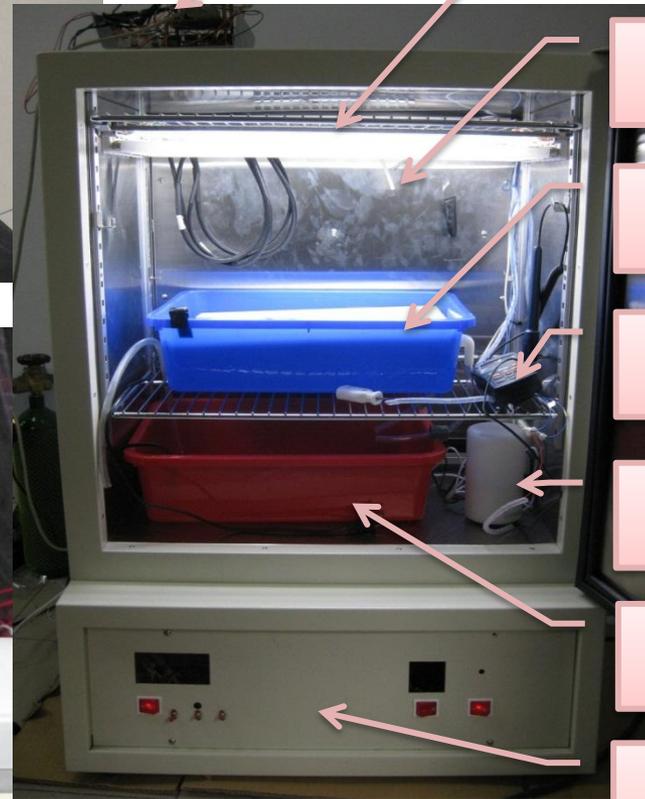
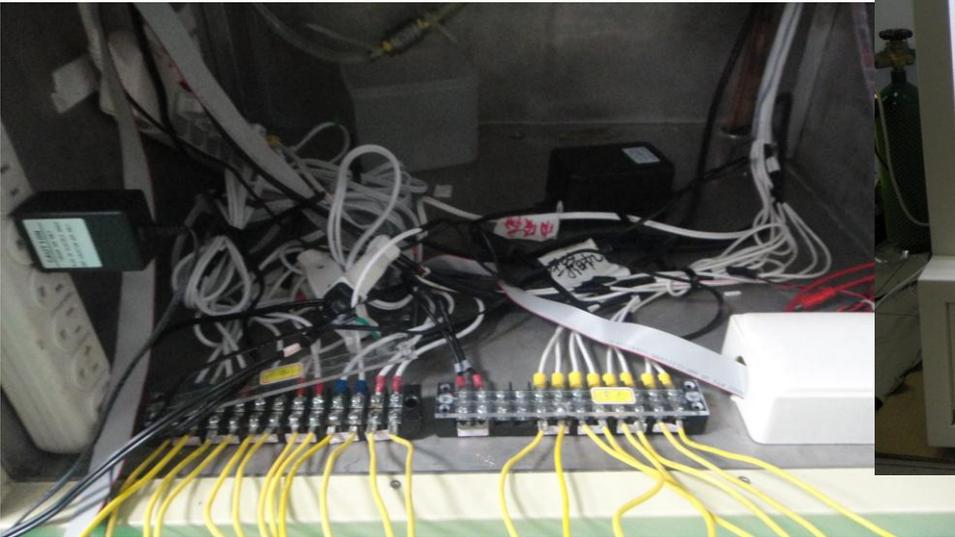
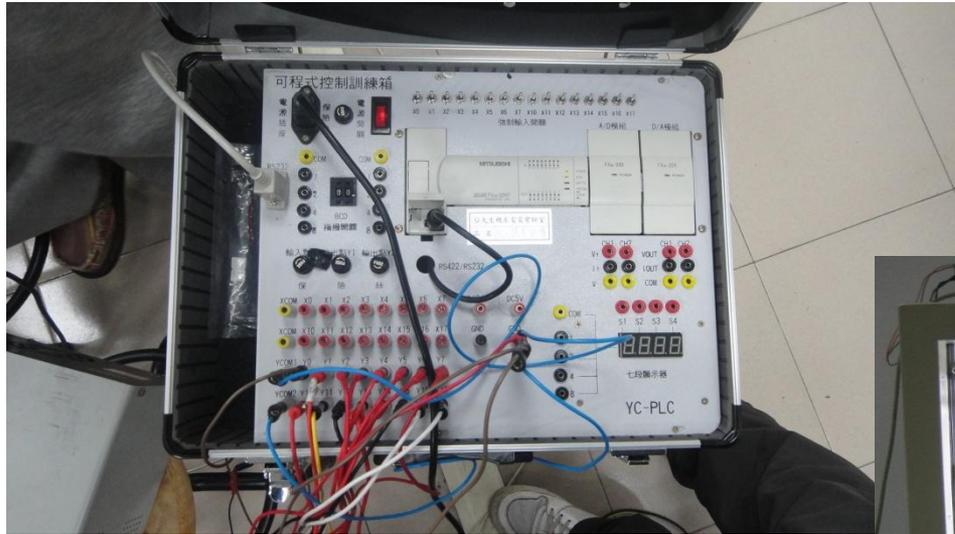
材料	費用
平台支架	1500
推動手把	500
斜面	500
紅外線感測器	100
總計	23400



Transport and Handling System



Control, Interface and Platform



Electrical circuit

T5 lamp

CO₂ inlet

Plant

Sensor

Humidifier

Nutrient

Compressor

Machine Human Interface



environment control V4.0 Front Panel

機電整合期末專題 Group2 W.T.F

環境控制 影像檢測

Welcome To Factory !!!

溫度 0 °C 濕度 0 % CO₂濃度 0 ppm

STOP

自動控制 手動輸入 網路輸入

溫度目標值(高)	濕度目標值(高)	CO ₂ 目標值(高)
11	52	1111
溫度目標值(低)	濕度目標值(低)	CO ₂ 目標值(低)
83	41	1234

ON ON ON ON ON ON ON

泵浦 攪拌馬達 冷排風扇 CO₂ 超音波 加濕風扇 T5燈管

手動控制

environment control V4.0 Front Panel

機電整合期末專題 Group2 W.T.F

環境控制 影像檢測

選擇攝名表

Frame Rate: 25.0 50.0 75.0 100.0

Threshold: Lower value 528.00, Upper value 255.00

攝影 影像擷取

Image Size: x: 0, y: 0

Buffer Number: 0

MainWindow

	Temperature	Humidity	CO ₂	Photoperiod
Now	20	80	1000	16
Object	20	50	1400	10

傳輸介面 控制介面

```

OK
AT+CMGR=10
+CMGR: "REC READ", "+886973773105", "11/11/02,19:21:02+32"
T20H50C1400L10E
OK
    
```

Receive Transmit

MainWindow

	Temperature	Humidity	CO ₂	Photoperiod
Now	20	80	1000	16
Object	20	50	1400	10

傳輸介面 控制介面

Receive from AVR Transmit to AVR

- Compressor
- Fluid Cycling
- Light
- Humidifier
- CO₂

Machine Human Interface

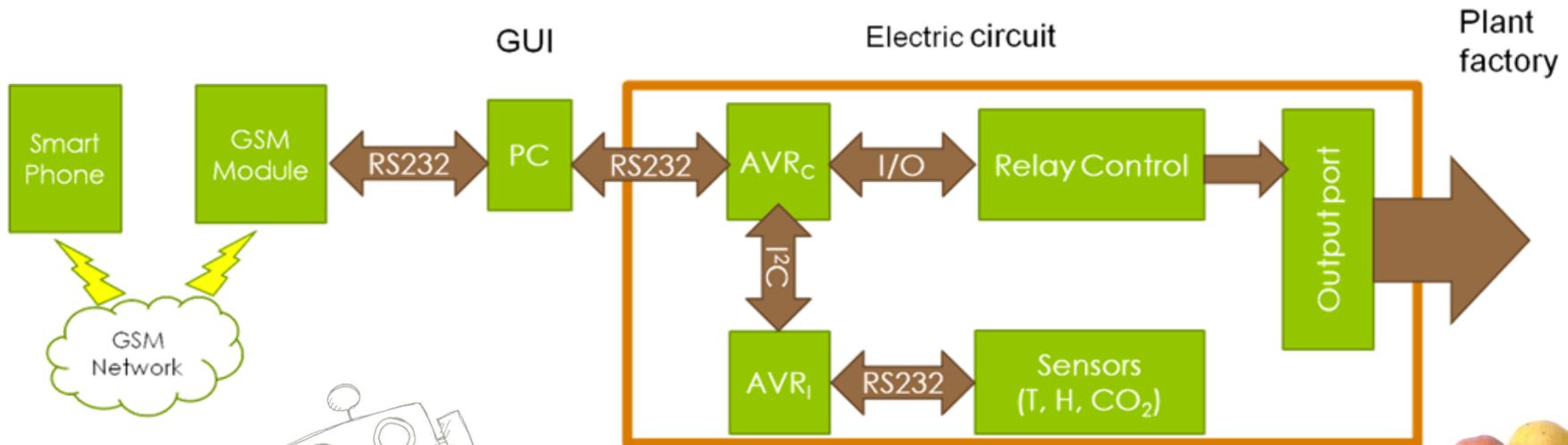


◆ 智慧型手機 APP



Control

- 控制架構
 - 手動控制
 - 自動控制
 - 遠端監控



Quality Inspection



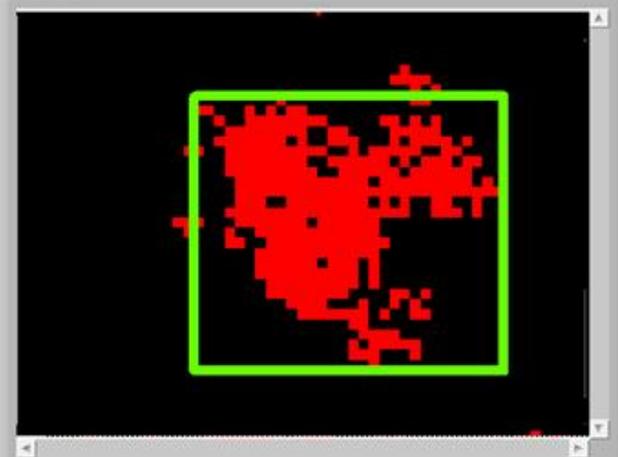
機器視覺檢測 設定

即時影像



640x480 0.72X 32-bit RGB image 80,56,37 (0,0)

辨識結果



128x96 3.59X 8-bit image 0 (99,52)

Auto inspection program start !

邊界矩形: 面積: 中心座標 X

0	Left	0	0
0	Top		
0	Right		
0	Bottom		

數目: 中心座標 Y

0	0
---	---

品質判定:

最佳 優良 佳

強制停止



Quality Inspection



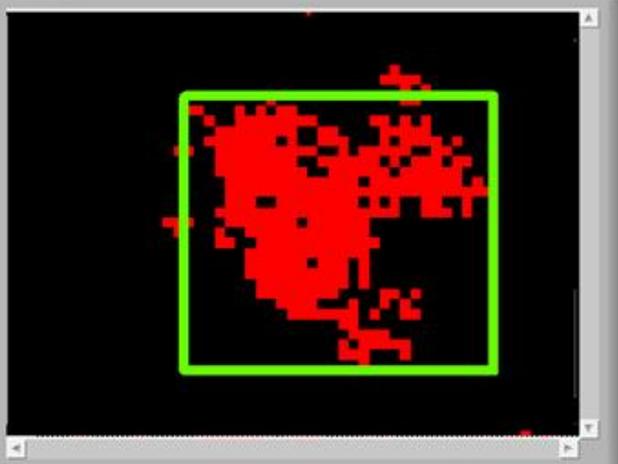
機器視覺檢測 設定

即時影像



640x480 0.72X 32-bit RGB image 80,56,37 (0,0)

辨識結果



128x96 3.59X 8-bit image 0 (99,52)

Auto inspection program start !

邊界矩形: 面積: 中心座標 X

0	Left	0	0
0	Top		
0	Right		
0	Bottom		

數目: 中心座標 Y

0	0
---	---

品質判定:

最佳 優良 佳

強制停止



Workshops



Workshops



Workshops

EMV-600 綜合加工機 Machining Center



Workshops

DYNA MYTE DM4400M 綜合加工機 Machining Center



DM4400M Machining Center

Workshops



CNC Carving and Milling Machine



Biomechatronics

Workshops

雷射切割機

Laser Cutting Machine



Workshops

快速原型製造系統
Rapid Prototyping, RP

3D光學雷射掃描器
3D Optical Laser Scanner



For Reverse Engineering
Biomechatronics

Workshops

焊接
Welding



Innovation Studio (原創工作坊)



Core Competence

◆大四必修，3 學分，半年：43人修課

◆檢視 7 項系核心能力

- 工程與科學基礎知識的運用能力
- 機械系統的分析與設計能力
- 感測與控制系統的分析與設計能力
- 生物機電系統的實作能力
- 跨領域整合、應用與創新能力
- 獨立思考及處理問題的能力
- 溝通、團隊合作與敬業樂群能力



Evaluation (評估)

質性資料:是否達成「整合」目標?



◆ 同意程度

- 27同意 (66%)
- 3位部分同意
- 6位不同意
- 1位沒感覺

◆ 學生敘述: **整合+ 應用所學**

- A生:「這門課包含過去所學,從大二的工廠實習、應用力學、電工,大三的控制、電子,大一、大二的程式語言都在內。再加上設計植物工廠,需要整合所有背景知識,應用於選材、加工、硬體架設、程式編寫、控制策略及解決bug的挑戰。整合相關知識已是一項挑戰,還要和組員合作、溝通、協調,內容遠遠超過一門三學分的課程。」
- B生:「在植物工廠的實習中,我們從買鋁材、在工廠加工、接電路、寫程式等等,都是利用大一到大三課程中所學的知識,例如工廠實習、機動學、電工學、電子學、C++等。」



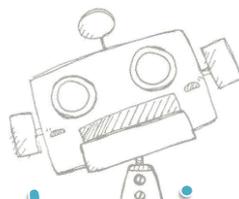
Evaluation (評估)

質性資料:是否達成「整合」目標?



◆學生敘述: 份量雖重, 但學到很多

- C生: 「這門課很硬, 但真的有學到東西, 有種把四年來學習的內容複習一遍的感受。」
- D生: 「為了植物工廠, 忙了好幾天沒睡覺, 雖然很累, 但是感覺真的學到不少東西。」
- E生: 「學到很多東西, 包括機械和程式部分, 並且享受和團隊奮鬥的過程。」



Evaluation (評估)

質性資料:是否達成「整合」目標?



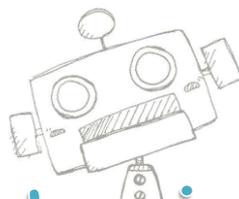
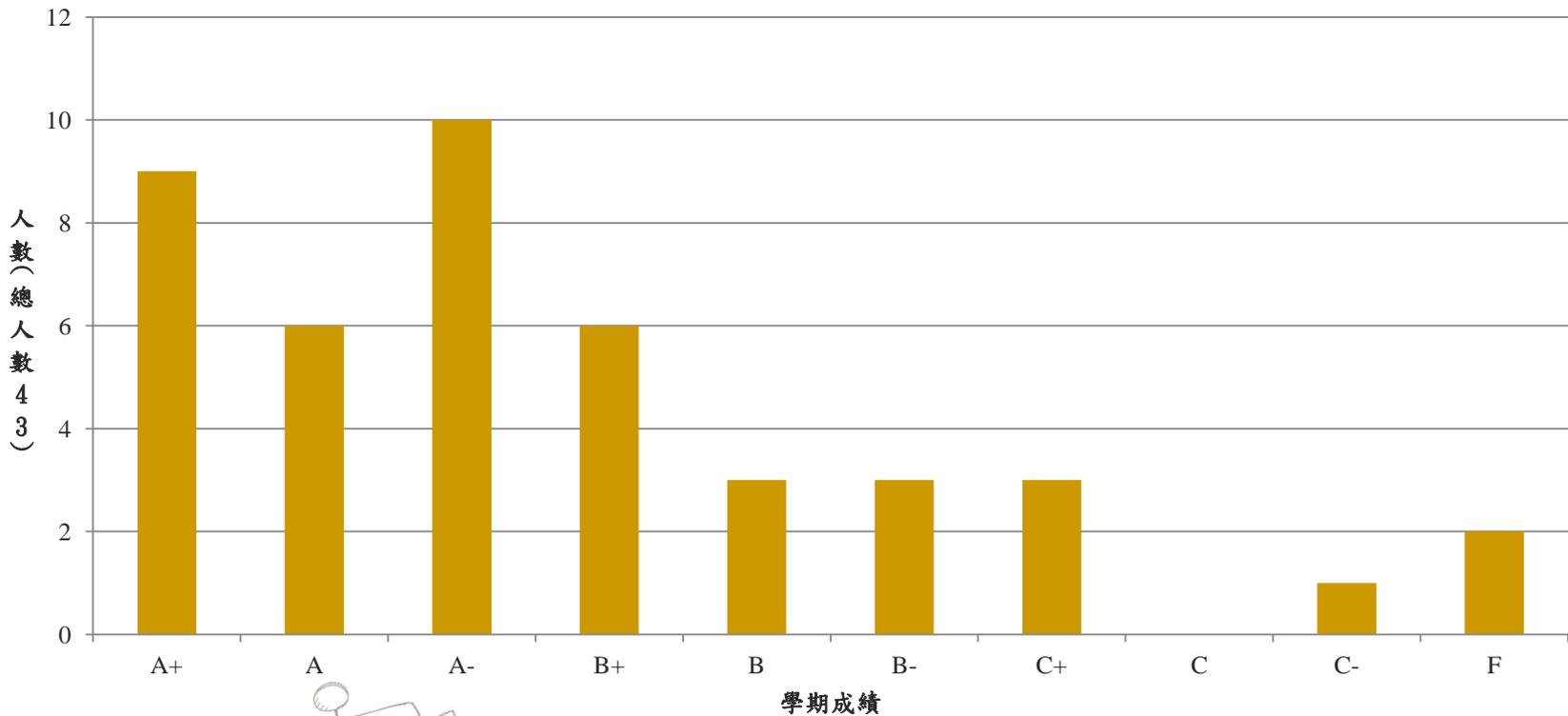
- ◆學生敘述: **反思不足+ 補強**
- ◆近半數學生 (20位) 會反思自己在哪些方面不足, 大四下學期力圖補強。
- ◆F生: 「大一到大三的實習課學得不紮實, 未來要多實作。」
- ◆G生: 「體認到過去所學不紮實, 會加強自己基礎能力, 利用大四下學期修習更多專案 (project) 的課程。」
- ◆H生: 「發現過去所學不夠紮實, 未來會補強工廠器具的使用、理論的加強、團隊合作能力的建立」
- ◆I生: 「會利用大四下學期, 加強單晶片實作與整合系統的能力。」

Evaluation (評估)

教師及助教評分(期末成績)



100-1機電整合與實習



Evaluation (評估)

教師及助教反思



◆釐清核心能力的內涵與定義

◆評量指標 (rubric) 要簡化

- 發展 rubric 過程中，會連結上課狀況，藉以調整上課目標、內容、流程。
- 若事先有清楚的課程目標，要學生要學到什麼，發展過程會容易許多

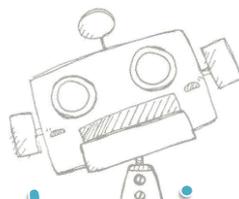


Evaluation (評估)

教師及助教反思



- ◆ 老師角度出發 → 學生成效角度出發，不容易
- ◆ 教學從憑感覺 → 證據導向 (evidence-based)
- ◆ 學生過去三年的知識不紮實，導致這堂課要花很多時間補強
- ◆ capstone course 要評量所有核心能力，不易 → 聚焦部分特定面向



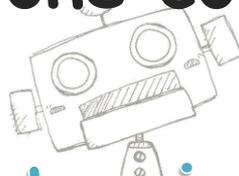
Evaluation (評估)

教師及助教反思



◆對學系建議：

- 核心能力不宜太多 + 清楚的定義
- 標示 capstone course 之整合目的：學生從大一一就了解穩固基礎知識的重要性
- 利用大一必修課程「生機概論」，介紹必修課程之間的關係，讓學生了解學系課程全貌，提供 roadmap
- 大三前課程都將與 capstone course 連結，不論課程與實習，老師教學與學生學習都應紮實
- capstone course 增加學分數



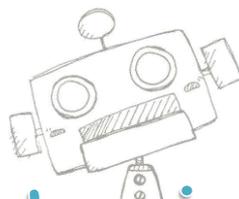
Evaluation (評估)

教師及助教反思



◆對課程的建議：

- 根據課程核心能力所發展的評量指標 (rubric) , 能力及面向不宜太多，以 3-5 項為宜
- 第一堂課告知評量指標，學生知道努力的方向
- 課程、實習與期末專題的關聯性可更緊密



Rubric (一般核心能力)

跨領域整合、應用與創新能力



	優	可	待改進
跨領域的新點子	順利利用所學知識，發展跨領域的新想法。	試圖利用所學知識，發展跨領域的新想法，但並不完整。	未能利用所學知識，發展跨領域的新想法。

註解：著重於(1) 運用所學知識(2) 跨領域(3) 新點子

獨立思考及處理問題的能力

	優	可	待改進
問題界定與解決	能夠清楚界定與描述問題，並能成功解決問題。	能夠界定與描述問題。嘗試思考解決問題，提出之解決方案尚有進步空間。	只能有限地界定與描述問題。未能思考並提出解決方案。

註解：著重於(1) 界定問題(2) 能否解決問題

溝通、團隊合作與敬業樂群能力

	優	可	待改進
口頭報告	清楚完善說明報告內容與要點。內容完整並具邏輯性。	報告內容與要點清晰，但稍有疏漏。內容尚稱完整與富邏輯。	報告內容與要點模糊。內容不夠完整，邏輯性尚需加強。
書面報告	內容與要點完善且清楚，讀者能夠清楚了解欲傳達之訊息(可複製性*)。	內容與要點清晰，但稍有疏漏。讀者大約能夠了解欲傳達訊息。	內容與要點模糊，讀者需自行揣測欲傳達訊息。
團隊合作	所有組員均主動參與，並平均分配組內任務。完成成品能夠明顯看出小組合作，並非只是個人部分任務之集合。	組員對於小組的參與度中等，組內任務分配尚稱平均。完成成品大致上為組員合作的結果。	組員參與度低落，組內任務未平均分配。完成成品只是組員個人負責部分之集合。

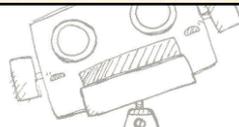
註解：口頭報告著重於(1) 掌握重點(2) 完整性(3) 邏輯性。書面報告與口頭報告相似，但增加可複製性，係指讀者可藉由閱讀書面報告，可清楚瞭解並完整複製內容的程度。

Rubric (機電整合核心能力)

生物機電系統的實作能力



	優	可	待改進
了解機械系統的原理並應用於生物機電系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 能從課堂講解、實習或專題製作中對於機械系統的原理或操作有充分的了解與認識，或抓到更深的感覺 ● 能把所學之機械系統的原理或操作妥善應用於期末專案-植物工廠系統之建構上 	<ul style="list-style-type: none"> ● 從課堂講解、實習或專題製作中對於機械系統的原理或操作有進一步的體悟與了解 ● 把所學之機械系統的原理或操作應用於期末專案-植物工廠系統之建構上 	<ul style="list-style-type: none"> ● 未能從課堂講解、實習或專題製作中掌握機械系統的原理 ● 未能把所學之機械系統的原理或操作應用於期末專案-植物工廠系統之建構上或者有應用，但未能達到目的
了解控制系統的原理並應用於生物機電系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 能從課堂講解、實習或專題製作中對於控制系統的原理或操作有充分的了解與認識，或抓到更深的感覺 ● 能把所學之控制系統的原理或操作妥善應用於期末專案-植物工廠系統之建構上 ● 清楚了解何謂系統表現與資料處理，且妥善應用於期末計畫上 	<ul style="list-style-type: none"> ● 從課堂講解、實習或專題製作中對於控制系統的原理或操作有進一步的體悟與了解 ● 把所學之控制系統的原理或操作應用於期末專案-植物工廠系統之建構上 ● 了解何謂系統表現與資料處理，並大致上能夠把所學知識應用於期末計畫上 	<ul style="list-style-type: none"> ● 未能從課堂講解、實習或專題製作中掌握控制系統的原理 ● 未能把所學之控制系統的原理或操作應用於期末專案-植物工廠系統之建構上或者有應用，但未能達到目的 ● 不清楚何謂系統反應能力與資料擷取，並未能把所學知識應用於期末計畫中，或有應用但效果不佳



Rubric (機電整合核心能力)

生物機電系統的實作能力



	優	可	待改進
了解感測系統的原理並應用於生物機電系統	<ul style="list-style-type: none">● 能從課堂講解、實習或專題製作中對於感測系統的原理或操作有充分的了解與認識，或抓到更深的感覺● 有能力根據廠商所提供的感測器datasheet而清楚了解感測器的作用原理；瞭解如何正確使用該感測器並能發揮該感測器性能的極限。	<ul style="list-style-type: none">● 從課堂講解、實習或專題製作中對於感測系統的原理或操作有進一步的體悟與了解● 可以根據廠商所提供的datasheet，了解該感測器的使用，並大致上知道其作用原理	<ul style="list-style-type: none">● 未能從課堂講解、實習或專題製作中掌握感測系統的原理● 未能根據廠商所提供的感測器datasheet了解感測器的作用原理並加以應用
根據特定目的分析並設計生物機電系統中的機械系統	<ul style="list-style-type: none">● 能把所學的知識(例如: 靜力學、動力學、機動學和自動控制等)經由實習、專題或期末計畫整合並妥善應用於機械系統的分析上● 經由實習或期末專案能夠使用PLC控制機械系統實現多種目的● 根據期末專題的要求來設計機構或制動器，且設計出的機械系統穩定、強韌且精確● 經由實習或期末專案能夠正確地根據目的來分析並設計各種致動器	<ul style="list-style-type: none">● 能將學過的相關知識(例如: 靜力學、動力學、機動學和自動控等)，經由實習或專案應用於機械系統的分析上● 經由實習或期末專案，知道如何使用PLC來設計機械系統的控制器，能達成目的之八成● 根據期末專題的要求來設計機構或制動器，且能達到目的之八成以上● 經由實習或期末專案知道如何分析且設計致動器，能達到目的之八成	<ul style="list-style-type: none">● 未能將所學(例如: 靜力學、動力學、機動學和自動控制等)經由實習或專案應用於機械系統的分析上● 經由實習或期末專案，對於的PLC控制器的使用沒有概念或未能達成目的● 根據期末專題的要求，不知如何設計機械系統或者設計出的系統未能如願運作● 經由實習或期末專案仍不知道如何分析且設計致動器

Rubric (機電整合核心能力)

生物機電系統的實作能力



	優	可	待改進
根據特定目的分析並設計生物機電系統中的控制系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 能夠根據所學的知識對植物工廠控制系統的性能做分析與分析，且分析結果能提供改進的參考 ● 經由實習與期末計畫，設計PLC程式來控制系統不只能達到目的，更知道如何改善其系統性能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 會初步分析與設計植物工廠系統之控制器 ● 經由實習與期末計畫，設計PLC程式來控制系統以達到期望目標之基本功能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 不知如何使用所學知識來分析與設計植物工廠系統之控制器 ● 經由實習與期末計畫，設計PLC程式來控制系統但未能達到期望目標之基本功能
根據特定目的分析並設計生物機電系統中的感測系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 經由實習或期末專案能夠使用PLC控制器來設計程式以取得正確的感測器資料，且獲得知信號十分乾淨無雜訊 ● 經由實習或期末專案能夠正確地根據目的來分析並選擇適用的感測器 	<ul style="list-style-type: none"> ● 經由實習或期末專案能夠使用PLC控制器來設計程式以取得感測器資料 ● 經由實習或期末專案能夠根據目的來分析並選擇感測器以達成目的之八成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 經由實習或期末專案無使用PLC控制器來設計程式以取得的感測器資料 ● 經由實習或期末專案仍無法根據目的來分析並選擇感測器



Rubric (機電整合核心能力)

生物機電系統的實作能力



	優	可	待改進
機電整合實作	<ul style="list-style-type: none"> ● 能把感測器、致動器、控制器和機構做完善的整合來發展植物工廠系統之建構上，效果超出預期，甚至有許多創意的做法 ● 能夠根據目的，成功且順利整合感測器、致動器、控制器和機構，彼此間能順利協調與溝通 ● 對於本次的期末專案，整體的植物工廠系統之建構上可以順利達成目標的90%以上。控制器可以準確地控制溫度，濕度和二氧化碳 ● 知道如何正確處理類比信號，並能正確實作出期望之數位電路，達到目的並有不錯的效果 	<ul style="list-style-type: none"> ● 能把感測器、致動器、控制器和機構做整合來發展植物工廠系統之建構上 ● 能夠根據目的整合感測器、致動器、控制器和機構，彼此間能夠工作以達成目的之八成 ● 對於本次的期末專案，整體的植物工廠系統之建構上可以達成70%以上的目標。控制器可以控制溫度，濕度和二氧化碳 ● 知道處理類比信號，但有仍有些許干擾信號；能實作出期望之數位電路、達到期望功能之八成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 未能正確地把感測器、致動器、控制器和機構做整合來發展植物工廠系統之建構上 ● 未能根據目的整合感測器、致動器、控制器和機構，或者可以整合但未能達成目的之八成 ● 對於本次的期末專案，整體的植物工廠系統未能達成60%以上的目標。控制器不能完全控制溫度，濕度和二氧化碳 ● 對於處理類比信號未能掌握，未能實作出期望之數位電路
實習參與與學習結果	<ul style="list-style-type: none"> ● 每一次的實習皆有積極參與 ● 實習作業皆有如期繳交，且製作精美用心 ● 實習作業達成率超過九成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 有一到兩節實習課未能參加 ● 實習作業皆有如期繳交 ● 實習作業超過七成不到九成的目標 	<ul style="list-style-type: none"> ● 超過兩節實習課未能參加 ● 有一份實習作業未能繳交 ● 實習作業未能達到七成



Rubric (機電整合核心能力)

生物機電系統的實作能力



	優	可	待改進
專案的規劃與執行	<ul style="list-style-type: none">● 能夠使用系統工程的方式來規劃並執行專案計畫，且對系統的開發有幫助，例如：減少系統發展的時間、減少系統發展時所發生的錯誤、能掌握進度、降低風險等● 能使用Project Management妥善規劃與執行期末專題，使得計畫時程照進度走甚至提前(從口頭報告中評分)、風險管理適當、工作分配平均且明確、善用預算做出最佳之植物工廠系統● 開發出來的系統功能完備且控制精確，系統如預期完成	<ul style="list-style-type: none">● 有使用系統工程的方式來發展植物工廠系統之建構上● 使用Project Management規劃與執行期末專題，使得計畫時程照進度走(從口頭報告中評分)、有考慮風險管理、工作分配明確、用有限之金額做出合乎目的之植物工廠系統● 開發出來的系統功能堪用且控制程度尚可，系統達到目的之八成	<ul style="list-style-type: none">● 未能使用系統工程來發展植物工廠系統之建構上，或者不知道如何使用系統工程● 未能使用Project Management規劃與執行期末專題，或有使用Project Management但計畫時程照依然拖延(從口頭報告中評分)、未能考慮風險管理、工作分配不平均且不明確、用過多之金額做出未能達成目的之植物工廠系統之建構上● 開發出來的系統功能不理想且控制能力差，系統未能達到預期目的

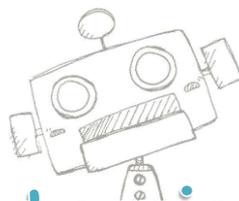
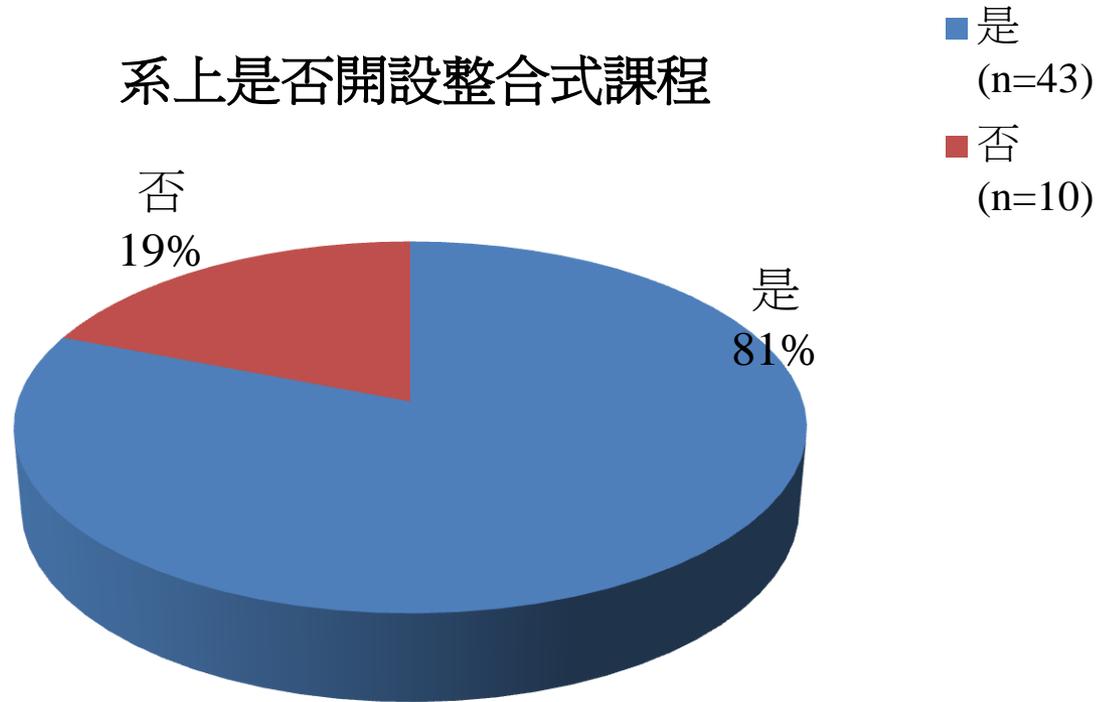


Current Situation (現況)

各系在既有基礎上推動



系上是否開設整合式課程



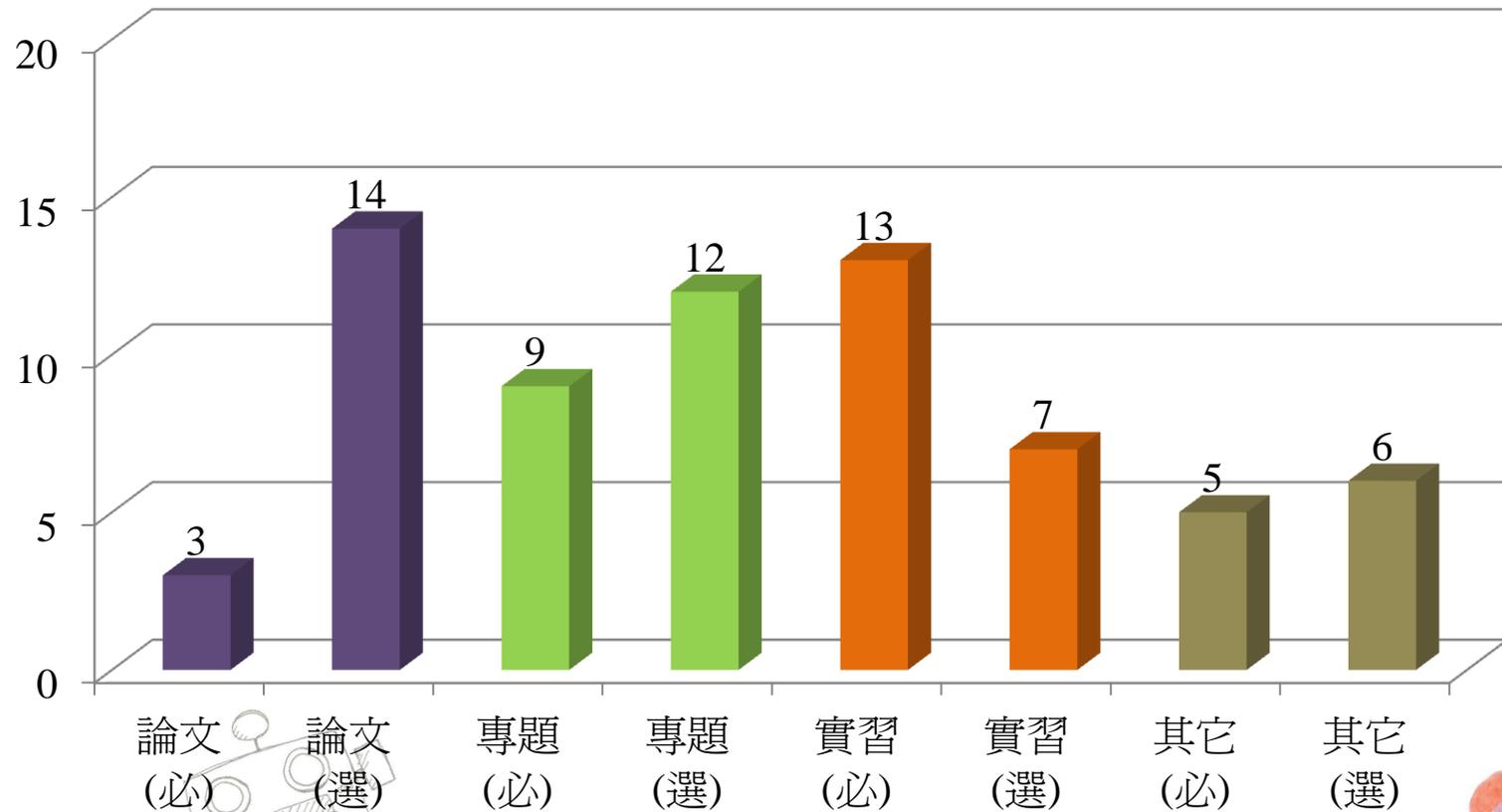
Current Situation (現況)

開設形式與屬性推動



開設形式與屬性

(系)



論文(必) 論文(選)

專題(必)

專題(選)

實習(必)

實習(選)

其它(必)

其它(選)

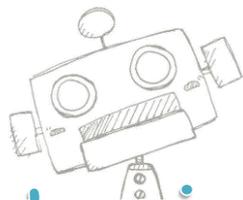


Current Situation (現況) 與核心能力之結合



◆多數學系已開設類似整合式課程，但是否與核心
能力結合？

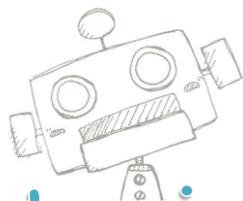
- 對學生：整合式課程是否幫助學生回顧與前瞻
- 對學系：整合式課程能否檢核核心能力的達成情形



Current Situation (現況) 與核心能力之結合



- ◆ 根據核心能力，訂定學習成果(evidence-based)
 - 可觀察
 - 可測量
- ◆ 發展評量方法 (如rubrics)



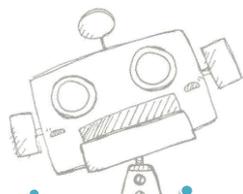
Evaluation (評估)



◆以「控制工程」為核心，將機械、電機、資訊系統與蔬菜栽培技術，加以整合。

◆透過下列方式：

- 授課
- 實習、作業
- 期末專題 (以「植物工廠」為例)



Evaluation (評估)

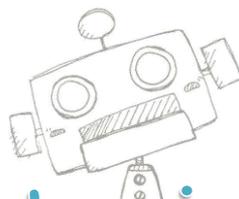


◆ 學生資料

- 量化資料
- 質性資料

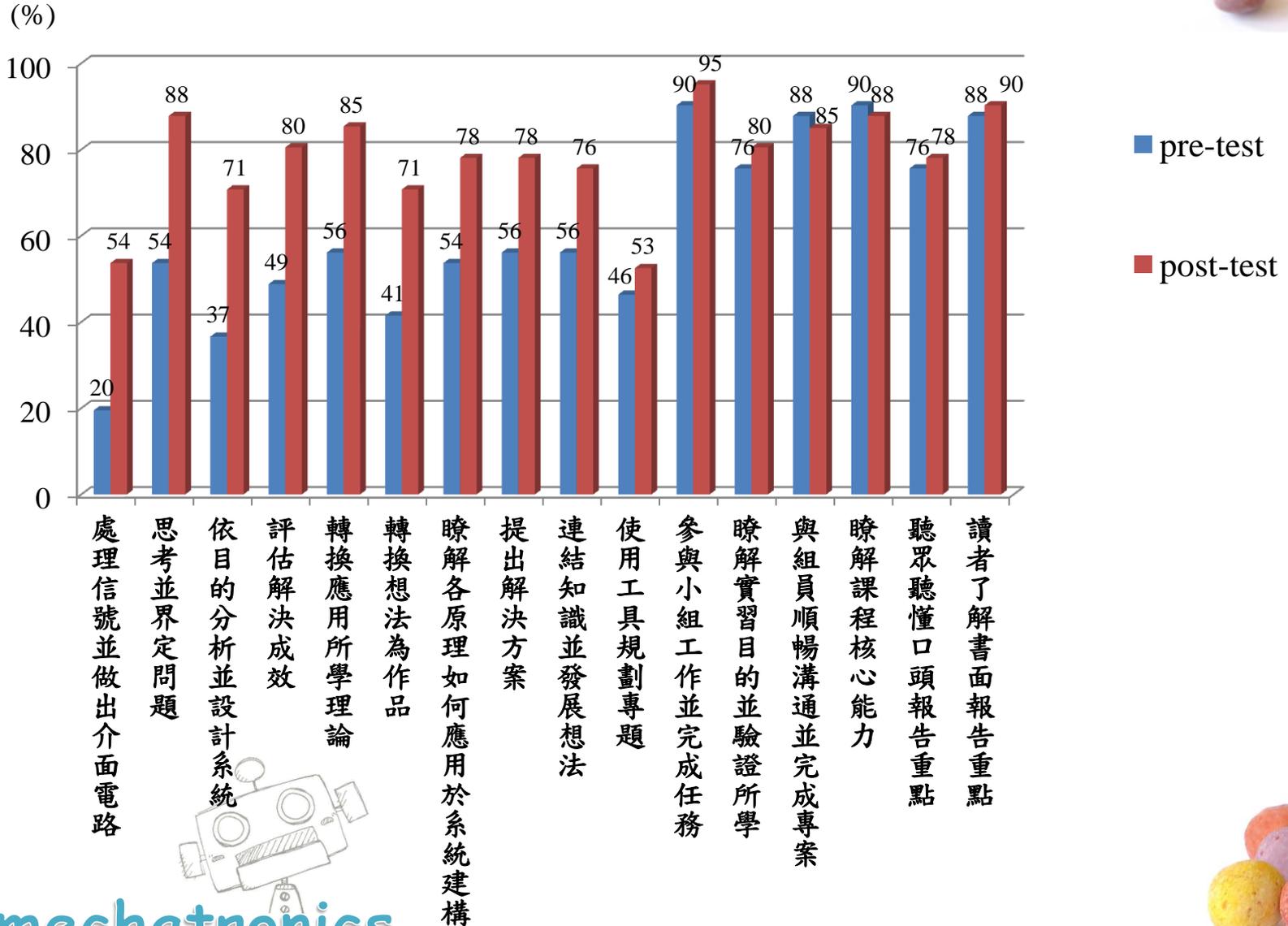
◆ 教師及助教評分

◆ 教師及助教反思



Evaluation (評估)

量化資料:核心能力前後測同意比例



處理信號並做出介面電路

思考並界定問題

依目的的分析並設計系統

評估解決成效

轉換應用所學理論

轉換想法為作品

瞭解各原理如何應用於系統建構

提出解決方案

連結知識並發展想法

使用工具規劃專題

參與小組工作並完成任務

瞭解實習目的並驗證所學

與組員順暢溝通並完成專案

瞭解課程核心能力

聽眾聽懂口頭報告重點

讀者了解書面報告重點



Evaluation (評估)

核心能力前後測平均數比較



	pre-mean	pre-std.	post-mean	post-std.	mean-diff.	t-test (p-value * < .05; ** < .01; *** < .001)
處理信號並做出介面電路***	2.00	0.707107	2.61	0.770651	0.610	***(-) 4.527 (.0001)
思考並界定問題**	2.63	0.661668	3.12	0.599797	0.488	**(-) 4.189 (.0002)
依目的分析並設計系統***	2.39	0.542128	2.93	0.720772	0.537	***(-) 3.955 (.0003)
評估解決成效***	2.49	0.596739	3.02	0.651452	0.537	*** (-) 4.418 (.0001)
轉換應用所學理論***	2.59	0.706244	3.10	0.624695	0.512	***(-) 4.398 (.0001)
轉換想法為作品**	2.49	0.778523	2.88	0.678053	0.390	**(-) 3.388 (.0016)
瞭解各原理如何應用於系統建構***	2.49	0.74572	3.00	0.67082	0.512	***(-) 3.903 (.0004)
提出解決方案**	2.71	0.715678	3.10	0.735013	0.390	**(-) 2.897 (.0061)
連結知識並發展想法*	2.63	0.69843	2.98	0.68876	0.341	*(-) 2.558 (.0144)
使用工具規劃專題	2.44	0.708829	2.65	0.769615	0.211	(-) 1.186 (.243)
參與小組工作並完成任務***	3.05	0.497555	3.51	0.596739	0.463	***(-) 3.984 (.0003)
瞭解實習目的並驗證所學	2.85	0.572755	3.05	0.739974	0.195	(-) 1.347 (.186)
與組員順暢溝通並完成專案	3.02	0.523823	3.20	0.757865	0.176	(-) 1.189 (.2415)
瞭解課程核心能力*	3.02	0.473699	3.34	0.693172	0.317	*(-) 2.574 (.0138)
聽眾聽懂口頭報告重點	2.88	0.599797	3.07	0.720772	0.195	(-) 1.598 (.1178)
讀者了解書面報告重點	3.07	0.565254	3.27	0.633419	0.195	(-) 1.432 (.1598)

Conclusion (結語)



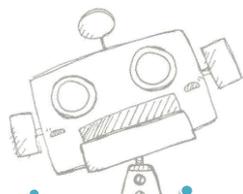
- 課程內容需與過去所學緊密結合
- 講演內容以及實習單元需與製作期末專題計畫所需背景在縱向與橫向上緊密結合
- 學習成果需與核心能力緊密結合
- 授課教師須掌握系上核心課程內容
- 授課教師需掌握班上同學的學習起點
- 同時兼顧程度好的同學與程度差的同學
- 主題實習單元與期末專題計畫所需設備與材料
- 鑑別同組同學的付出與貢獻



Conclusion (結語)



- 該門課有演講、實習、作業與期末專題計畫
- 對總結整合式課程的期待廣而高
- 修課同學、助教與授課教師負擔重
- 教與學的成果及責任不易釐清
- 實作機會多，助教品質關係大
- 同學對這種總結整合式課程認知不足
- 未能投入每週9小時的時間在這門課上($3 * 3 = 9$ 小時/週)

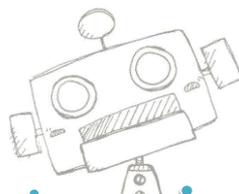


Acknowledgement (感謝)

教務處教學發展中心：符碧真教授、邱于真博士

助教：方玫文、陳彥庭

以及生機系**2011**年大四上修課同學們



以上文字與圖片版權皆屬 © 2012 國立臺灣大
學生物產業機電工程學系 周瑞仁教授所有，引用請註
明出處。

