

# 生物機電工程4.0教育

BME 4 Is: 智能、跨域、整合、創新

陳林祈

臺灣大學生物機電工程學系  
教授兼系主任

Email: [chenlinchi@ntu.edu.tw](mailto:chenlinchi@ntu.edu.tw)

Tel: 02-33665335

臺大生物機電工程學系

Department of Biomechatronics Engineering, NTU



Eng. for Life since 1928  
NTU BME

# 顧名思義 – 臺大生物機電工程學系

應用端、議題端、概念端  
愈往高年級這兩個字愈大

Science  
Technology  
“Economics”  
Mathematics

## 臺大 生物 機電 工程學系

世界頂尖大學  
研究型大學  
臺灣最高學府

機電整合核心  
(自動化→4.0)

學理與學術  
BSc/MSc/PhD

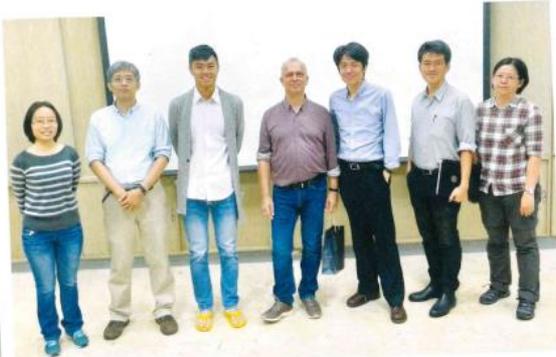
以生物為應用導向之機電工程學系 (隸屬生農學院、授予工程學位):

- 定位：生物機電工程學系是一個融合機電整合學、相關工程學知識與生物學概念以促進人類福祉與永續發展之跨領域工程學系。
- 使命：研發生物機電工程之科技與創新應用、培育跨領域整合與創新人才、促進生物機電相關產業發展。



# 跨域趨勢下的工程學系教育品牌

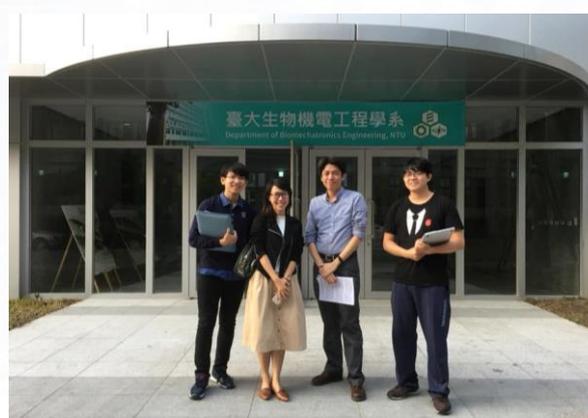
Cover Story  
封面故事



台大生機系學生都能以英語跟來訪的國際學者簡報實驗室研究工作。

## 台灣大學生物產業機電工程學系 整合機電、生物 培育多工要角

文／蘇怡和 照片提供／台灣大學生物產業機電工程系



2018.12.20



### 系主任怎麼說：

傳產逐漸飽和的背景，  
跨領域的生機系能培育對未來社會有所貢獻的能力。

——陳林祈／台灣大學生物產業機電工程系系主任

### 學長姊告訴你：

如果你是一個想做東西、想實踐工程的學生，  
就很適合來生機系。

——黃聖丰／台灣大學生物產業機電工程碩士班一年級  
(台灣大學生物產業機電工程系畢業)

# 學生選擇讀生機系的理由為何?



Would You Rather  
Win Silver Or Bronze?

生物 **機電** 工程學系

**生物** 機電 工程學系

生物 **機電** 工程學系

生物機電 **工程** 學系

**臺大** 生物機電 工程學系



個人化學習時代

跨域vs.深度學習

核心vs.專業發展

專題研究vs.創創

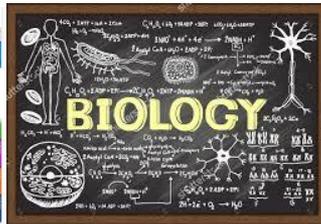
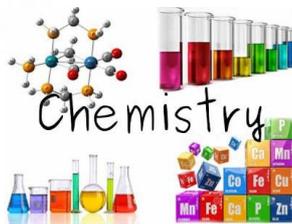
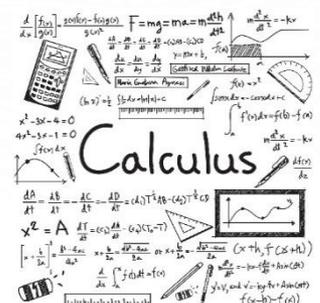
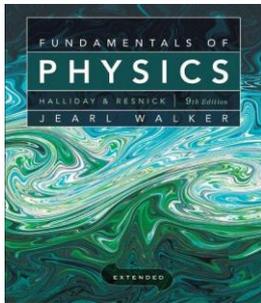
無論看到的關鍵字為何...  
臺大生機都能賦予未來所需的能力



# 如何描述生機系的學生特質(招生取向)?



- 工程(理工)性向
- 數理能力
- 跨域(生物)應用
- 語文(英語)能力
- Coding能(潛)力
- 專題能(潛)力
- 合作力與耐挫力
- 社會/人文關懷

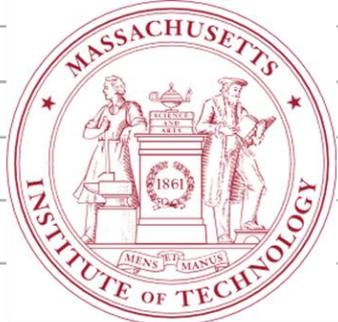


臺大生機系大一新生任務

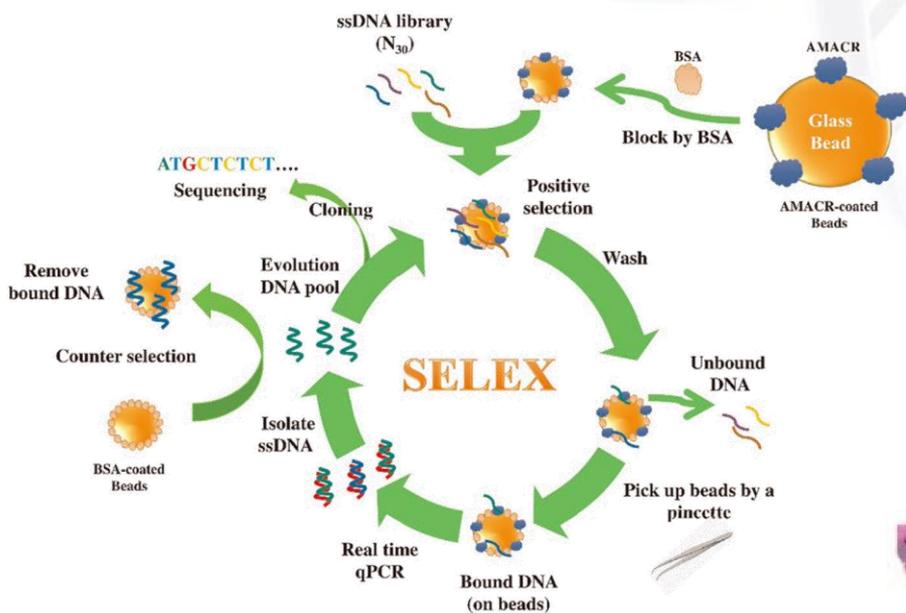


# 如何描述生機系的人才培育(教育特色)?

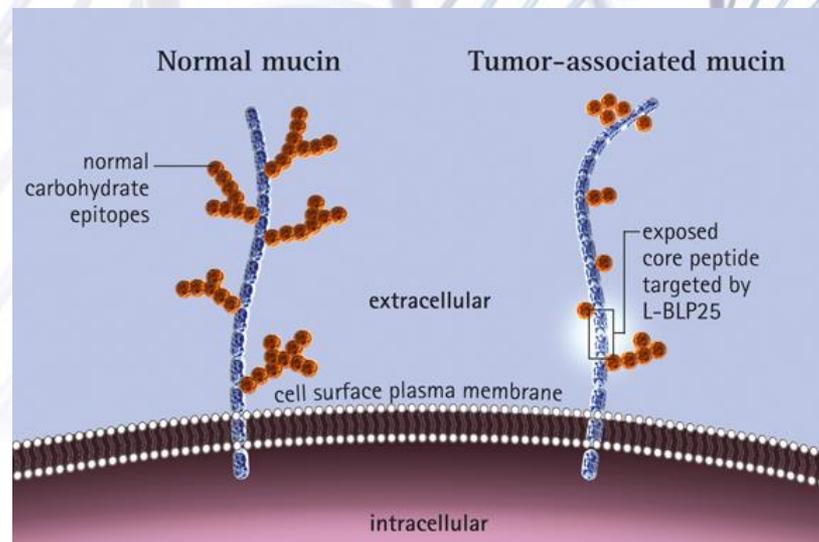
## 以智慧型生物分子感測系統發展為例

大學部主要課程			研究所主要課程 (碩一與碩二上)	
系內	系內	系外	系內	系外
微積分甲上	生物化學概論	線性代數	自動化系統設計	應用電化學
微積分甲下	生化反應工程學導論	工程數學-複變	機器人動力與控制	積體電路設計
普通物理學甲上	分子生物實驗方法導論	計算生物學	生物系統模擬與分析	類神經網路-理論與實務
普通物理學甲下	生物分子感測原理與應用	分子生物學	生物產業單元操作	
普通化學丙	流體力學	結構生物學概論	專題討論	
普通生物學丙	材料力學	生醫微機電與微流道系統	專題研究	
工程數學一	熱力學(一)		生機特論上	
工程數學二	熱傳學		生機特論下	
應用力學一	工程圖學與電腦製圖		B02611001 / R06631005	
應用力學二	計算機程式語言			
機動學一	電工學與實習		Motto in English: Mind and Hand	
自動控制	電子學與實習			
機械元件設計(一)	微控制器原理與應用-機電整合(一)			
動力機械	感測器原理與應用-機電整合(二)			
工程材料	致動器原理與應用-機電整合(三)			
物理化學	機電整合與系統設計-機電整合(四)			

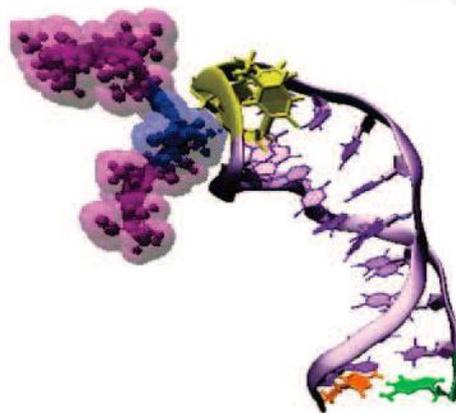
# 生物化學－癌症因子與DNA適體藥物



DNA適體之篩選 (D.-K. Yang et al.)



癌症因子於細胞表面之表現量



DNA適體藥物與蛋白質之結合反應

# 生物化學感測器 – 數學理論推導

EIS model fitting for two symmetric Au electrode

$$Z_{Rct} = R_{ct} \quad Z_W = \frac{1}{Y_0(j\omega)^{1/2}} \quad Z_{CPE} = \frac{1}{Q_0(j\omega)^n}$$

$$Z_{total} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Rct}} + \frac{1}{Z_W} + \frac{1}{Z_{CPE}}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ct}} + \frac{1}{\frac{1}{Y_0(j\omega)^{1/2}}} + \frac{1}{\frac{1}{Q_0(j\omega)^n}}}$$

EIS model fitting for two symmetric Au electrode

$$\frac{1}{\frac{A-jB}{A^2+B^2} + Q_0(j\omega)^n} = \frac{1}{\frac{A-jB}{A^2+B^2} + Q_0\omega^n(\cos\frac{n\pi}{2} + j\sin\frac{n\pi}{2})}$$

euler formula

$$= \frac{1}{(R_{ct} + \frac{1}{Y_0\omega^{1/2}}\cos\frac{\pi}{4}) + j(\frac{1}{Y_0\omega^{1/2}}\sin\frac{\pi}{4})}$$

$$= \frac{A-jB}{A^2+B^2 + Q_0\omega^n \cos\frac{n\pi}{2} + jQ_0\omega^n \sin\frac{n\pi}{2}}$$

$$= \frac{C-jD}{C^2+D^2} = \frac{C'-jD'}{C'^2+D'^2}$$

$$A = R_{ct} + \frac{1}{Y_0\omega^{1/2}}\cos\frac{\pi}{4}$$

$$B = \frac{-1}{Y_0\omega^{1/2}}\sin\frac{\pi}{4}$$

EIS model fitting for two symmetric Au electrode

$R_{ct}, Y_0, Q_0, n, R_s$   
 $A, B, C, D$

$R'_{ct}, Y'_0, Q'_0, n', R'_s$   
 $A', B', C', D'$

$$2 \frac{C-jD}{C^2+D^2} = \frac{\frac{C}{2} - j\frac{D}{2}}{(\frac{C}{2})^2 + (\frac{D}{2})^2} = \frac{C'-jD'}{C'^2+D'^2}$$

$$C = \frac{A}{A^2+B^2 + Q_0\omega^n \cos\frac{n\pi}{2}}$$

$$D = \frac{-B}{A^2+B^2 + Q_0\omega^n \sin\frac{n\pi}{2}}$$

$$\begin{cases} \frac{Q_0}{2} = Q'_0 \\ n = n' \\ 2A = A' \\ 2B = B' \end{cases}$$

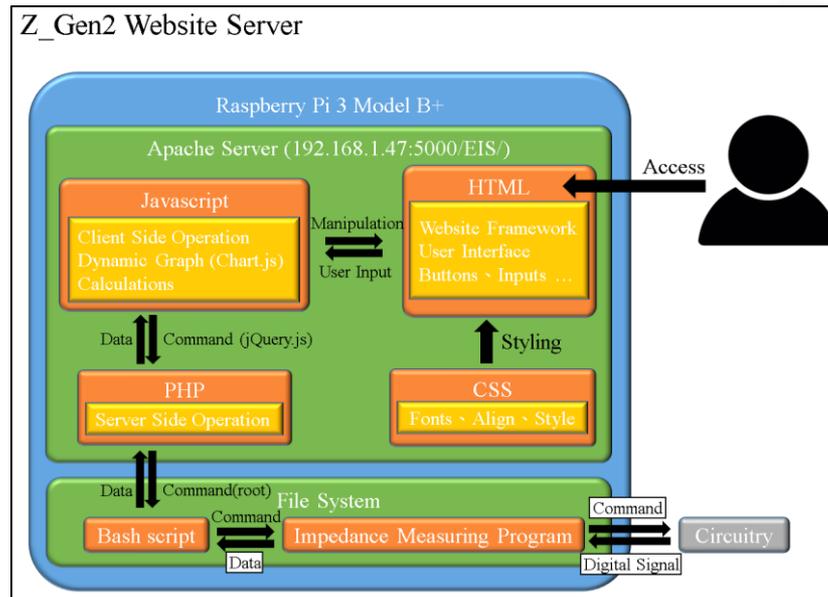
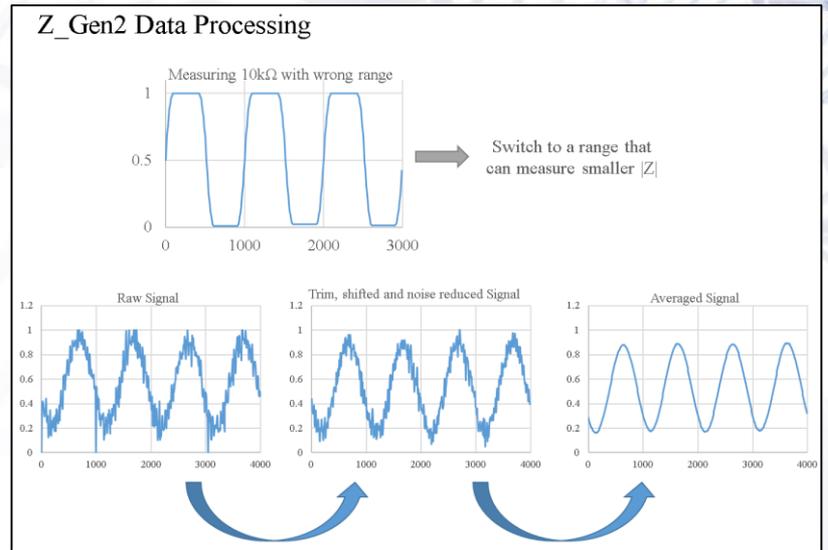
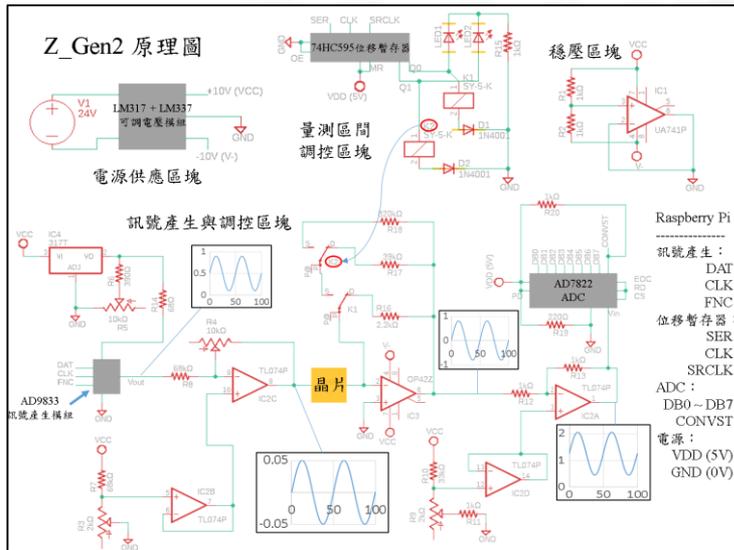
$$A = R_{ct} + \frac{1}{Y_0\omega^{1/2}}\cos\frac{\pi}{4}$$

$$B = \frac{-1}{Y_0\omega^{1/2}}\sin\frac{\pi}{4}$$

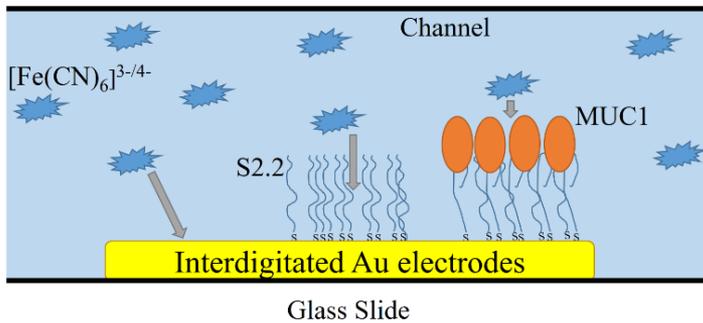
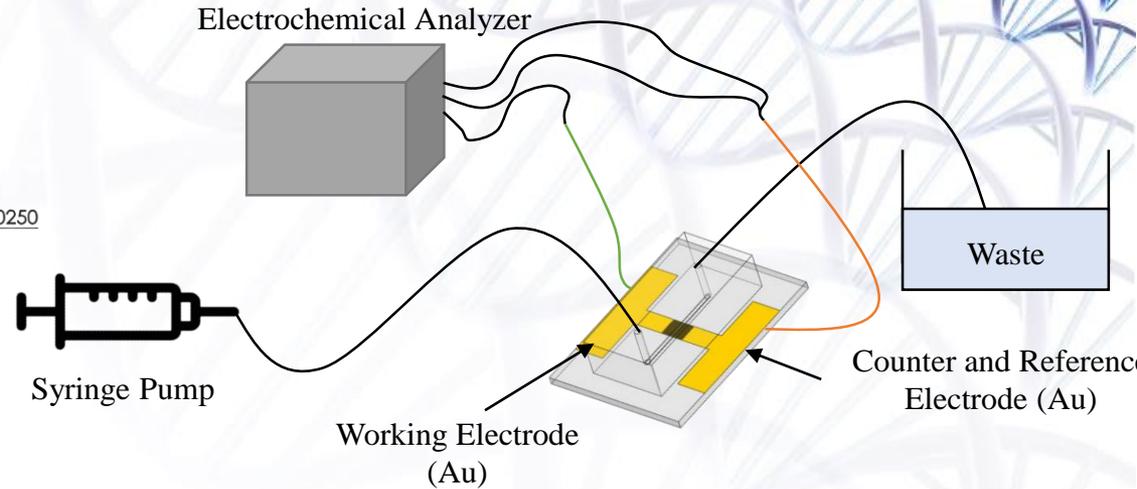
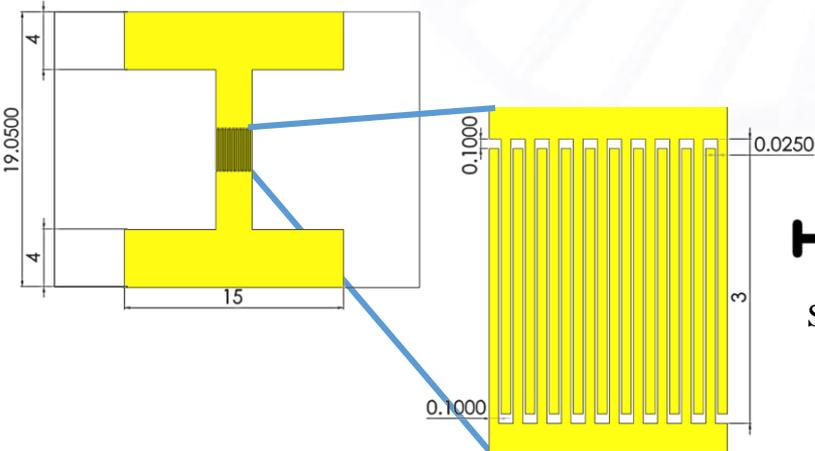
$$2R_{ct} = R'_{ct}$$

$$\frac{Y_0}{2} = Y'_0$$

# 生物 VS 機電 - 感測器系統設計與開發



# 生物 VS 機電 - 感測器系統設計與開發

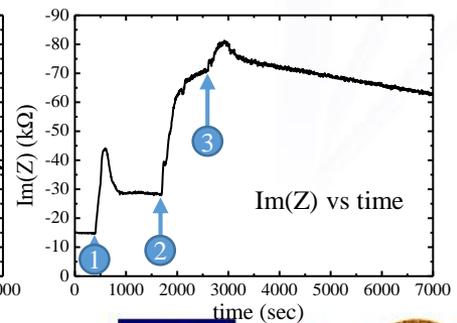
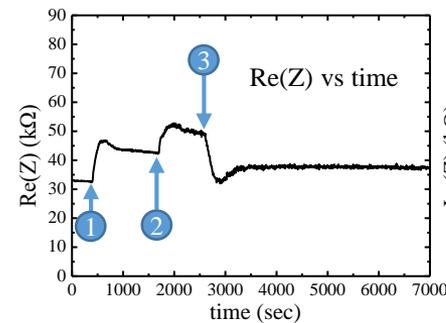
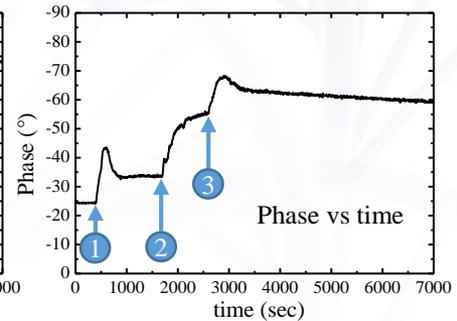
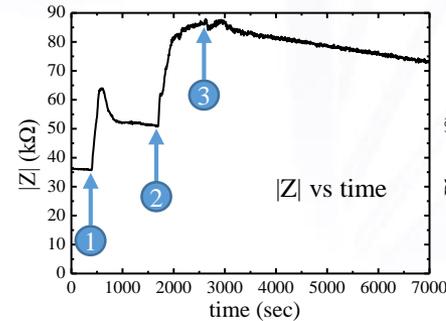


Scheme of M-AuIDT MUC1 Aptasensing

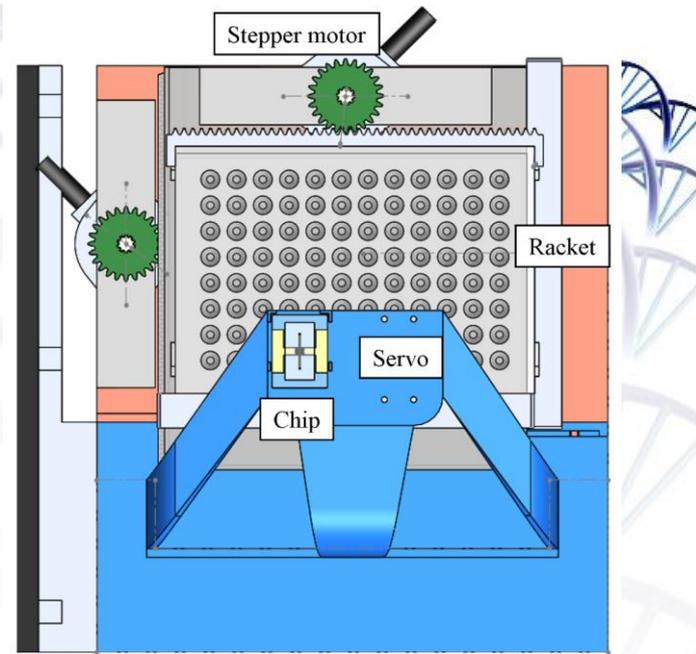
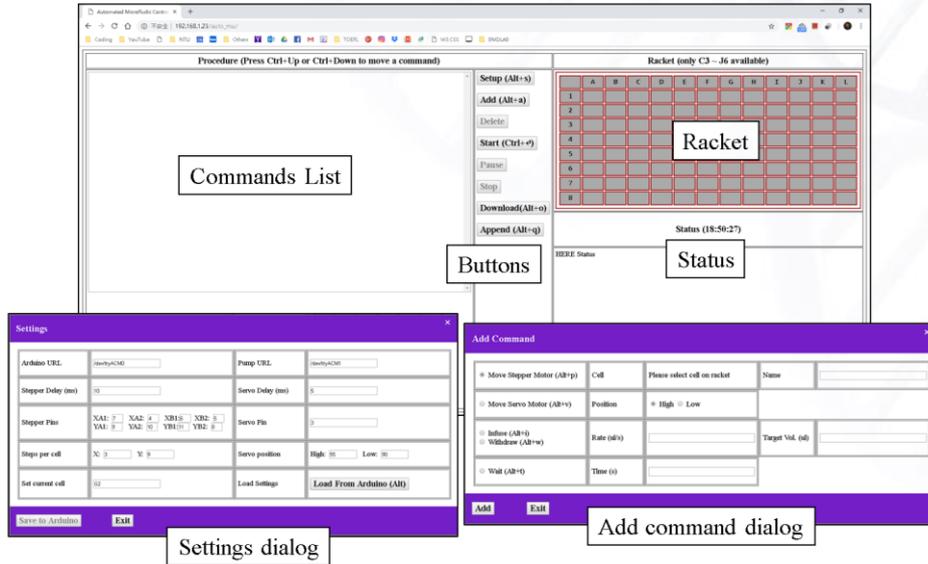
- ① 10 $\mu$ M S2.2-SH
  - ② 10 $\mu$ M BSA
  - ③ 200nM MUC1
- in Running buffer

Flow rate: 0.2 $\mu$ L/s

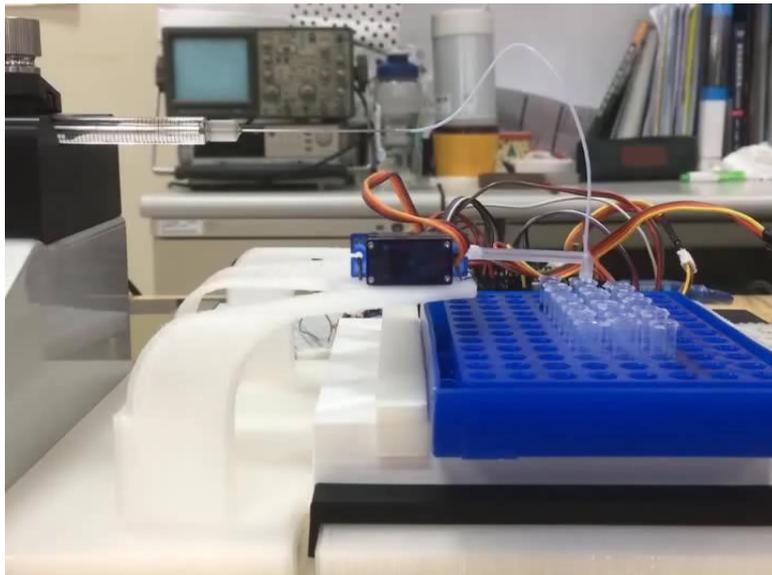
EIS conditions:  
Frequency = 100Hz  
Amplitude = 5mV



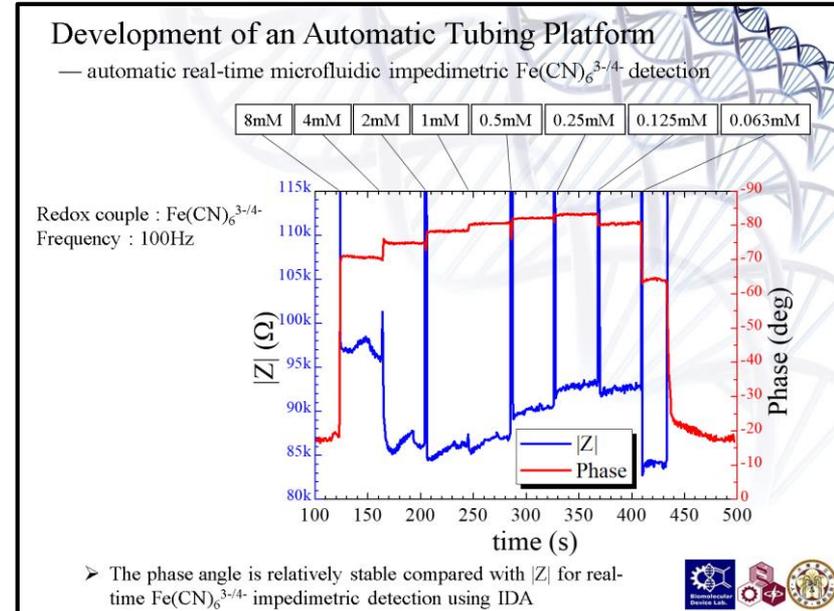
# 生物 VS 機電 - 自動化控制設計與開發



Drawing of auto- $\mu$ - $\alpha$  (partial)



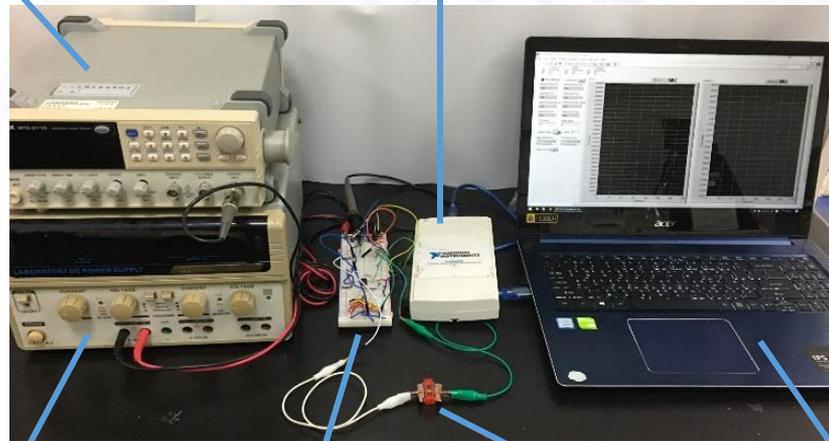
Concentration gradient generation experimental film (10x)



# 生物 VS 機電 - 系統架構與測試

訊號產生器

NI 儀器 (USB-6210)

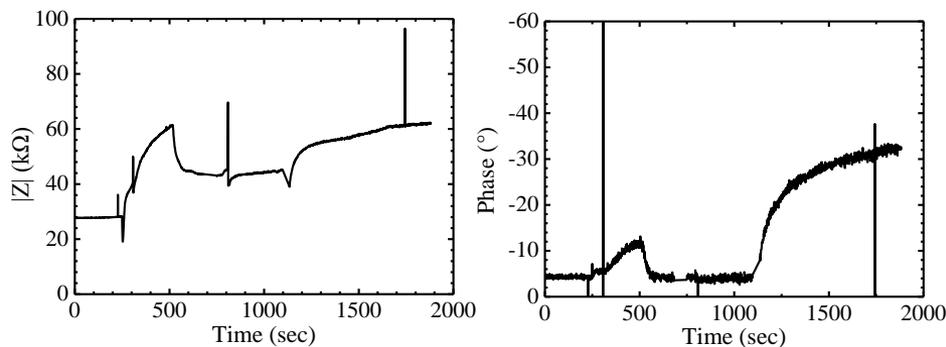


電源供應器

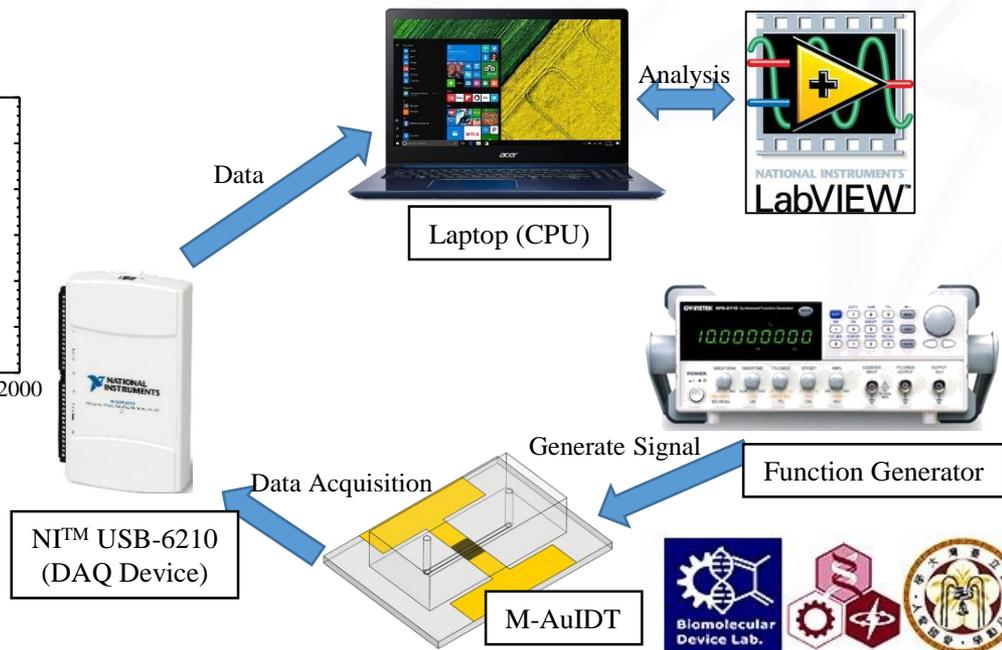
量測電路

微流道晶片

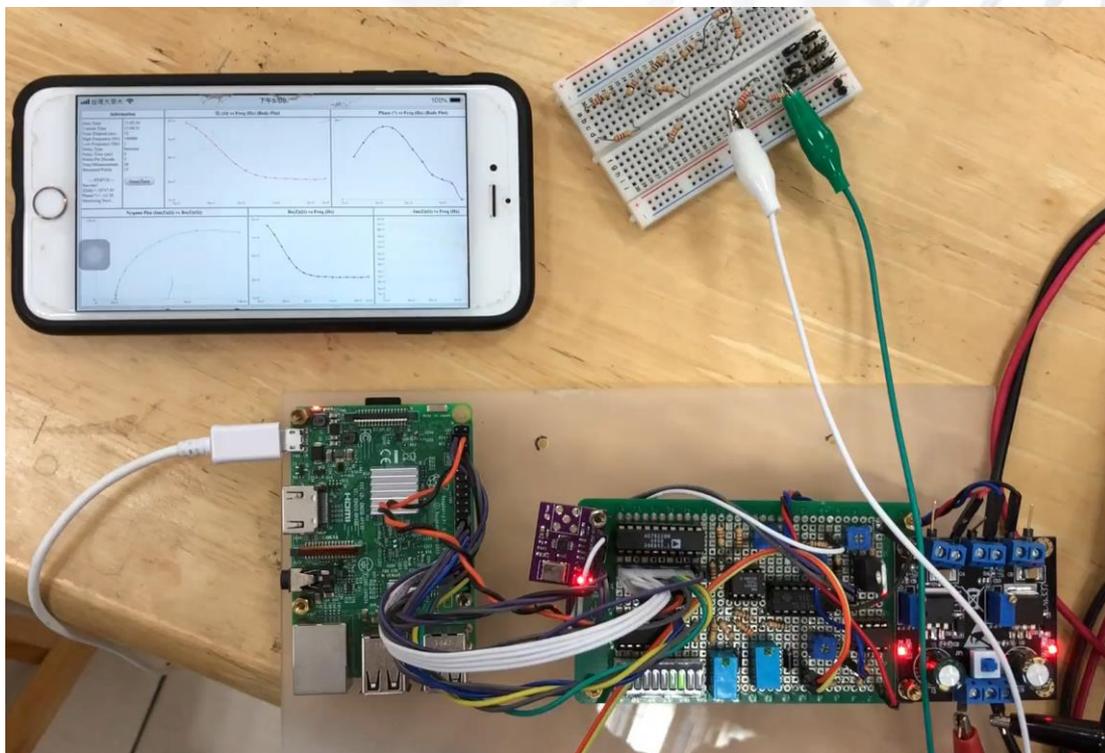
電腦與LabView軟體



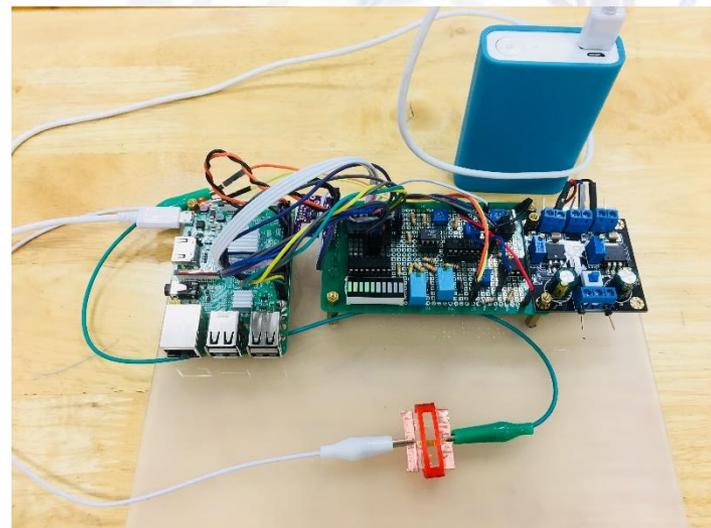
即時癌症因子之電化學感測



# 生物 vs 機電 - 應用與發展

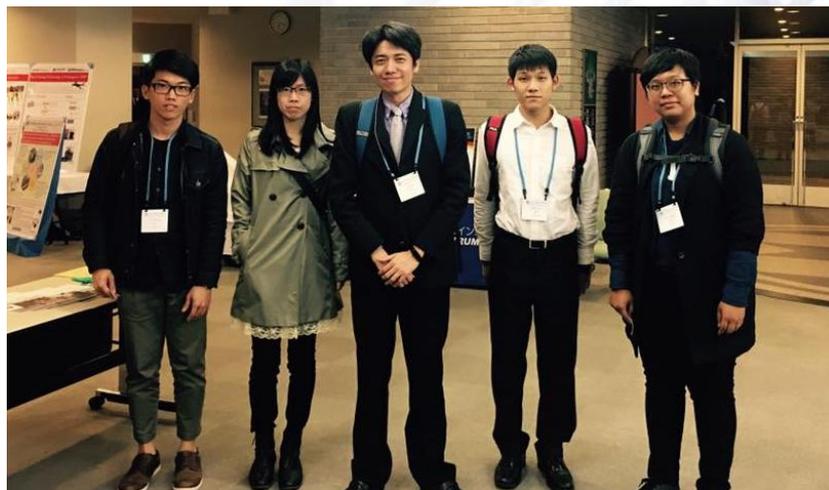


智慧型手機控制感測系統

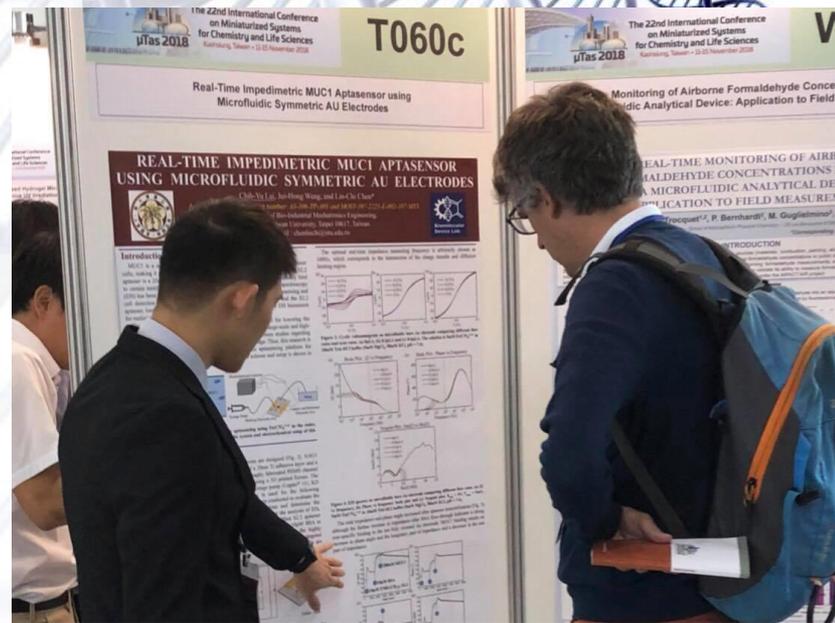


行動電源系統供電

# 研討會與實驗室合照



*ISE Presentation 2018/04/18*



*microTAS Presentation 2018/11/13*



*BMDLAB and C4LAB 2018/12/21*

# 大學生畢業：升學與深造為主

## 就業

### 證照與考試

- 技師考試（機械技師、電機技師、電子技師、冷凍空調技師）
- 公務人員高普考（農業技術職系、醫學工程、機械工程職系、電機工程職系、資訊工程職系）
- 民間專業證照（資訊工程師證照...）

### 民間企業

- 農企業
- 農業機械與其他機械業
- 電機資訊業
- 生技產業
- 醫療產業
- 自行創業

### 政府單位與財團法人

- 農委會/衛生署
- 工業技術研究院
- 中央研究院
- 教育與研究單位

## 升學

### 國內研究所

- 生物產業機電工程學研究所
- 醫學工程學研究所
- 機械工程學研究所
- 電機工程學研究所
- 資訊工程學研究所
- 材料工程學研究所
- 應用力學研究所
- 其他有關環境工程、食品科學、生物工程、企業管理等相關研究所

### 國外研究所

- Biological and Agricultural Engineering
- Bioengineering
- Biomedical Engineering
- Mechanical Engineering
- Electrical Engineering
- Computer Science and Engineering
- Materials Science and Engineering
- Other disciplines such as Environmental Engineering, Food Science, Business Management, etc.



# 生機系畢業生就業地圖 (概述)

  
電子與程式

 軟體研發工程師

 硬體研發工程師

 **hp**  
invent

 **ADVANTECH**  
研華

 **MEDIATEK**  
聯發科技

 **wistron**  
Wistron ITS

 **NATIONAL INSTRUMENTS**

 **TREND MICRO**  
趨勢科技

 **tsmc**

 **Sitronix**  
矽創電子股份有限公司

 **Himax**  
奇景光電股份有限公司  
Himax Technologies, Inc.

  
機械與系統

 機械工程師

 工業設計師

 **htc**  
quietly brilliant

 **HIWIN**  
Motion Control and System Technology  
上銀科技

 **TATUNG**  
大同股份有限公司

 **裕隆汽車**

 **Campto SAMPO**

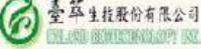
  
生醫技術

 生物技術研發人員

 **Bestgen**  
倍晶生技

 **MEDEON**

 **反華生技**

 **臺華生技股份有限公司**  
TAI HUA BIO-TECHNOLOGY, INC.

 **JSD**  
捷世登生技有限公司  
JIE SHI DENGBIO-TECHNOLOGY LTD.

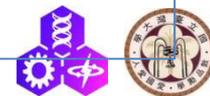
 **aquatree**  
水樹生技



# 學以致用 – 多元生物機電研究應用課題

- 1. 農業:** 智慧農業技術、精準農業、植物工場環控、無線網路監控、新世代農業機械、養殖工程、非破壞性檢測、機器視覺、食品安全工程等技術研發
- 2. 生醫:** 生物資訊、生物感測、微流體晶片、藥物輸送、組織工程等技術研發
- 3. 機電:** 醫療/農業/仿生機器人、自動化、動力機械、微機電系統、精密製造等技術研發
- 4. 能源:** 熱流分析、綠色能源、電化學系統、生物廢棄物資源化等技術研發

聯合國永續發展目標相關度: Zero Hunger (SDG#2), Good Health and Well-Being (SDG#3), Clean Water and Sanitation (SDG#6), Affordable and Clean Energy (SDG#7), Industry, Innovation, and Infrastructure (SDG#9), Sustainable Cities and Communities (SDG#11), Life Below Water (SDG#14) & Life On Land (SDG#15)



## 生物生產與處理

### 精準農業

收集農地土壤、營養、農業、濕度、產量等資訊分析決策，進行各農地個別耕作措施。



陳世銘 生物光電暨生物影像實驗室  
江昭皓 生物電磁實驗室  
陳世芳 光譜與感測實驗室

### 植物工廠

植物工廠整合環境控制功能：

溫度、光、風速、空氣、水體滅菌、養液溫度、酸鹼度、電導度等，以超集约方式種植植物。

方萍 生物環境控制與系統分析實驗室

### 養殖工程

將工程學知識結合養殖科技生產和管理技術，提升生產效率，降低成本並顧及產業和環境的永續性。

吳元甫 生物微系統實驗室

### 永續能源

生質能是全球第四大能源。利用生質物轉換所獲得的可用能源。如木粒與木屑等；農業廢棄物玉米穗軸、稻殼、蔗渣等。



陳河毅 先進材料實驗室  
周廷洋 生物程序及再生能源實驗室

### 食品安全工程

結合生物、化學、機械、電機、工業工程，評估食品安全。分析食品加工、儲存與銷售過程中，可能對於消費者生命健康造成危害之風險。



謝博全 食品藥品成分分析實驗室  
李允中 食品與生化工程實驗室

## 智慧機電

### 智慧材料與系統

擁有類似生物能夠感知外在環境的特性，並做出適當反應的能力之材料。包括壓電材料、仿生材料、記憶合金等等。



盧彥文 微米系統實驗室

### 機器視覺

機器視覺的技術用來取代或協助人工檢查。其中使用數位相機擷取圖像，再進行影像處理分析，最後執行指定動作。



林建德 生物光電暨生物影像實驗室  
郭彥甫 機器學習與機器視覺實驗室

### 智慧機器人

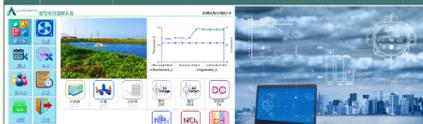
機器人協助或取代人類工作的工作，主要整合控制系統、機械電子、計算機、材料和仿生。目前在工業、醫學、娛樂、農業甚至軍事等領域中。



周瑞仁 生物與機電工程實驗室  
顏炳郎 機器人與醫療機電實驗室

### 精密製造與加工

藉由感測器接收環境參數(如：溫度、酸鹼值)回傳至控制器，進而達成系統自動控制各項環境因子。

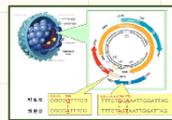


廖國基 精密製造與模擬實驗室  
黃振聲 質能傳遞實驗室

## 生醫生技

### 生物資訊

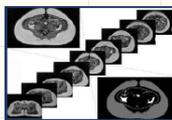
利用數學、資訊學、統計學和計算機科學的方法研究生物學問題，隨著因為人類基因組計畫(Human Genome Project)完成而越來越受到重視。



陳傳瑜 生物資訊實驗室

### 生醫影像

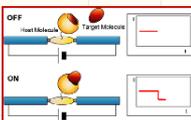
對生物體以非侵入方式取得內部組織影像，例如核磁共振/正子發射/電腦斷層掃描(MRI/PET/CT)影像，醫生依據機器學習的預測模型評估疾病可能性或位置。



尚呈翠 生醫計算影像實驗室

### 生物感測

利用具物理親和或化學催化特性的生物辨識元件，結合將生物訊號轉成電訊號的轉能元件，偵測生物體化學物質。常見如電化學(電壓、電流、電導度)、光學(螢光、光強度)、壓電(頻率共振)等方法。



陳林衍 生物分子元件實驗室

### 組織工程

為理解組織生長的原理，利用具有生物活性的物質，透過體外培養或構建方法，生產具備功能性以再造替代或修復原先器官及組織的技術。例如肝細胞培養。



侯詠德 生醫材料暨組織工程實驗室



# 完整跨領域工程師資與研究專長

農業、生物與食品工程博士: 9位

機械(含製造、熱流與控制)博士: 7位

電機與資工博士: 2位

化工、醫工與材料博士: 5位

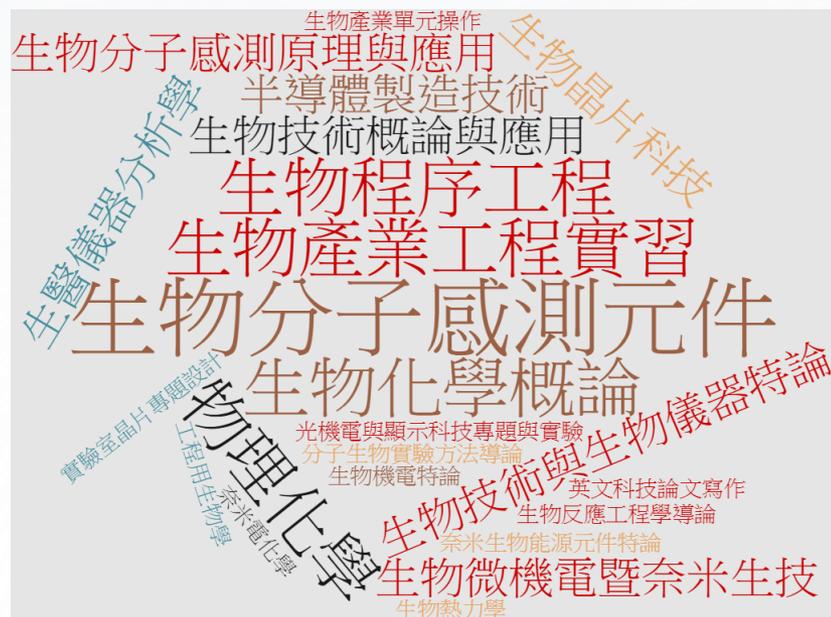
教學專長: 機械系統、機電控制、人工智慧、生物程序

研究領域: 農業、生醫、機電、能源



# 如何描述生機系的教職發展(教師成長)?

化工(電化學元件專攻)博士 2001  
生醫(適體、微陣列、感測)博士後 2005

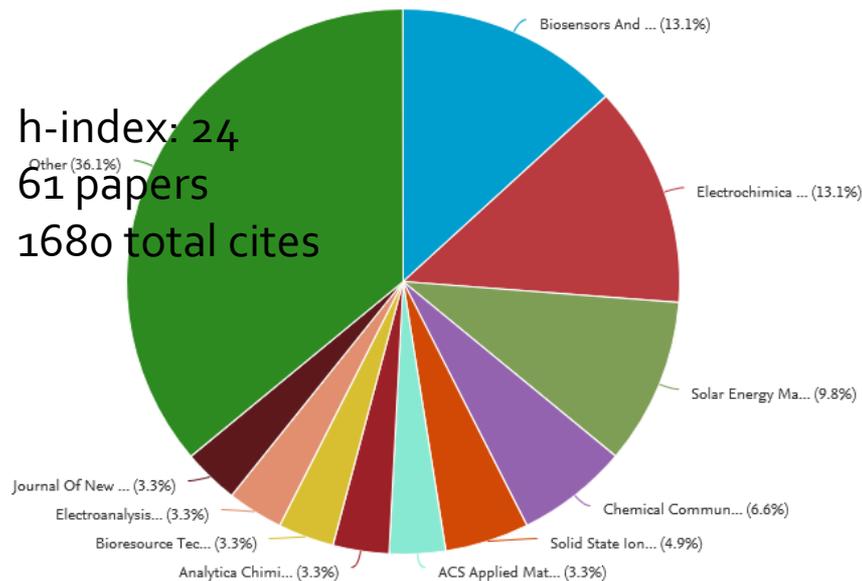


104-1學期迄今授課文字雲

授課專業演化:

- 1) 生物分子感測元件(生物感測)
- 2) 生物程序工程
- 3) 物理化學/生物化學概論

2005研究專長: 電致色變元件、酵素燃料電池、適體微陣列晶片、生物感測器



2018研究專長: DNA 適體、電化學感測、生物晶片、奈米材料、藥物輸送

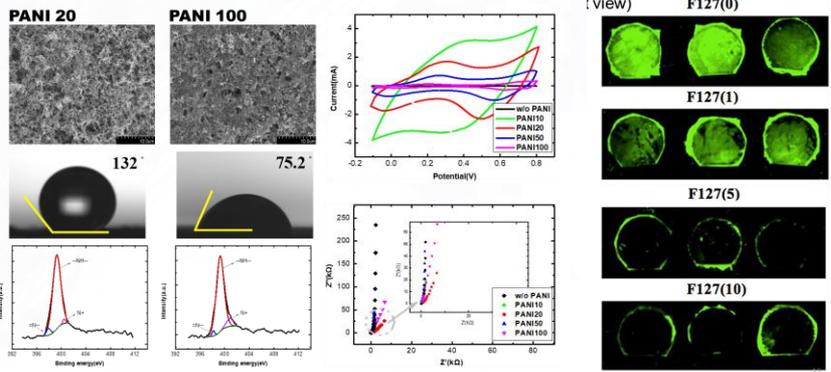
未來研究方向:

- 1) 機器味覺技術發展與應用
- 2) 智能化DNA構型分析與應用



# 產業、跨域整合與系統觀啟發 (研發為例)

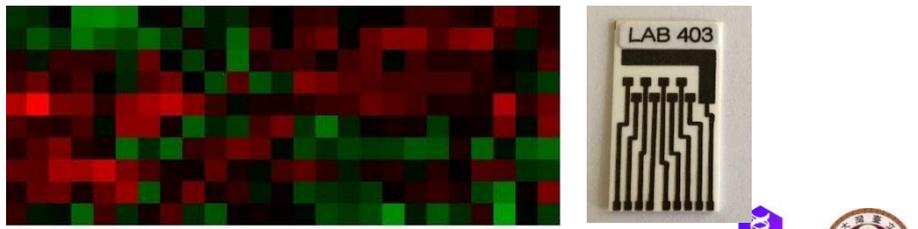
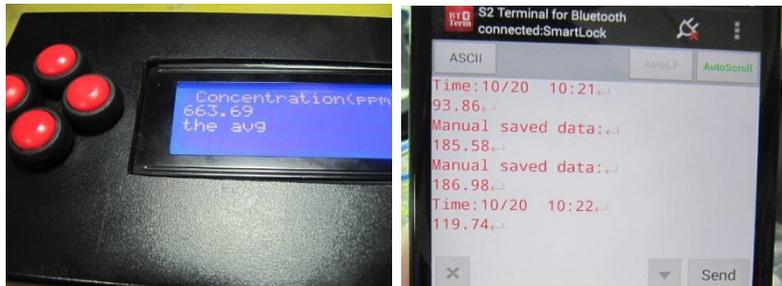
NTU BIME's ISE Tech R&Ds  
(since 2010 plant factory project)



Solid-contact ISE Chip Study



Smart Multiplex Ion Detection Study



Machine Taste w/ Ion Chip (Future)



# 學系發展目標與SWOT分析

**Objective** 永續生機: 萃聚人才、經營品牌、持續卓越、榮耀系友

## Strengths



- 跨領域工程教育經驗
- 師資結構與大學部課程
- 重視學生學習與專題引導
- 兼具傳承與世代演進能力
- 新系館、新系名

## Weaknesses



- 學術研究即時呈現
- 形象(避免以小機械、小電機自稱)
- 課程地圖
- 經費籌募

## Opportunities



- 跨領域熱潮、生農崛起
- 國際化、大學轉型
- 熱門關鍵詞: AI、機器人、生技
- 產業連結、系友連結

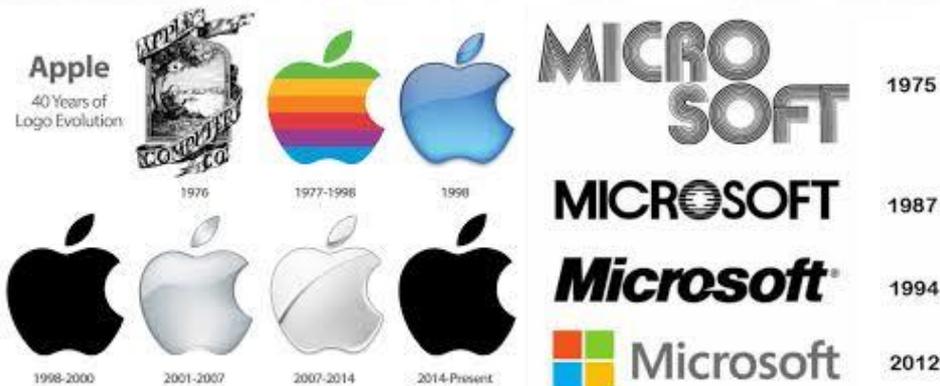
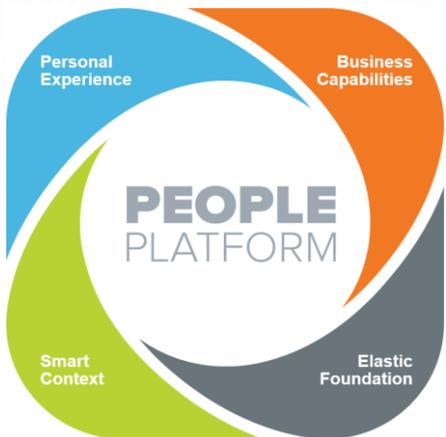
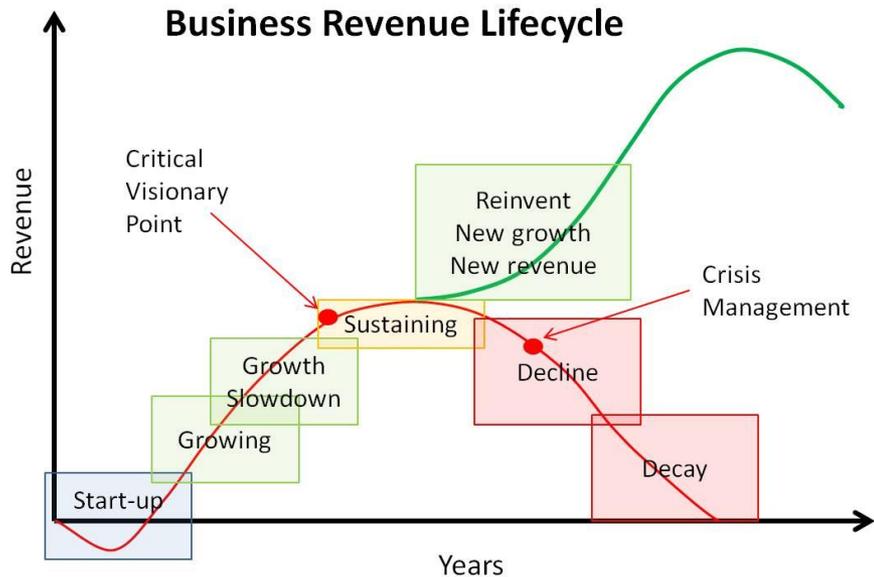
## Threats 挑戰



- 新設類似性質學系
- 108課綱學生數理課程時數減少
- 111考招變革
- 學位授予法修訂(院系角色模糊化)

# 企業演進的啟示

## - 疊代發展與演化



# 延續90年生物農業工程跨領域教育優勢

- 1.0: 農業工程化
- 2.0: 農業機械化
- 3.0: 生物產業自動化
- 4.0: 生物機電系統智能化



Division of AME  
in Dept. of AE

Agricultural Engineering Chair

農業  
工程學  
講座

農業工  
程學系  
機械組  
AE

1928

1945 (1.0)



Dept. of Agricultural  
Machinery Engineering

農業機械  
工程學系  
AME

1981 (2.0)

1988: Master Program  
1992: Ph.D. Program

生物產業機  
電工程學系  
BIME

2000 (3.0)

生物機電  
工程學系  
BME

2019 (4.0)

Dept. of Biomachronics  
Engineering



Dept. of Bio-Industrial  
Mechatronics Engineering



以農業機械工程時期(2.0)為例:  
專長深化: 機械專業養成  
跨域應用: 農業實場應用

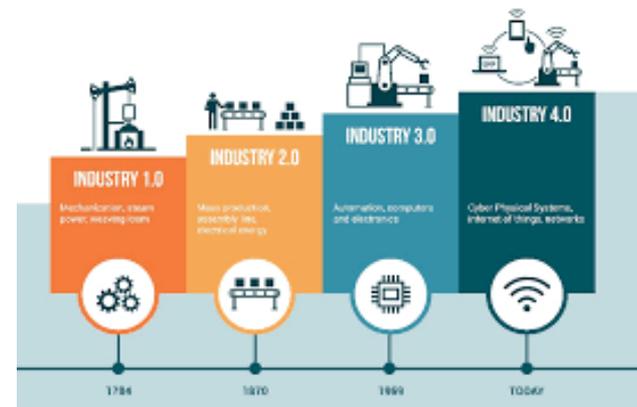


# 第四代(4.0或4G)生物機電工程教育定義

- ✓ 0.0 (0G): 農業工學講座(AE) 1928-1945
  - ✓ 1.0 (1G): 農業工程機械組(ME@AE) 1945-1981 (農業工程化)
  - ✓ 2.0 (2G): 農業機械工程學系(AME) 1981-2000 (農業機械化)
  - ✓ 3.0 (3G): 生物產業機電工程學系(BIME) 2000-2019 (生物產業自動化)
  - 4.0 (4G): 生物機電工程學系(BiME) 2019- (生物機電系統智能化)
- BME = biomechatronics eng. 4 Is (BME for all human beings)**  
**(i means intelligence, interdiscipline, integration, & innovation)**

工業4.0設計元素 (Wikipedia):

- (1) Interconnection (互聯)
- (2) Information transparency (資訊透明)
- (3) Technical assistance (科技支援)
- (4) Decentralized decisions (去中心化)



# 生物機電4.0教育 (108學年度起)

生物程序 (農業、生醫、永續應用)

機械系統 (設計、製造與工程分析)

機電控制 (感測、致動與界面整合)

人工智慧 (機器學習、AI與互聯網)

兼具工程/跨域潛力高中生



大學部課程:

1. 共同課程(基礎)
2. 工程基礎
3. 基礎生機工程
4. 專業必選(中階)
5. 專業領域選修



研究所課程:

1. 共同課程(高階)
2. 核心課程(高階)
3. 專業領域選修

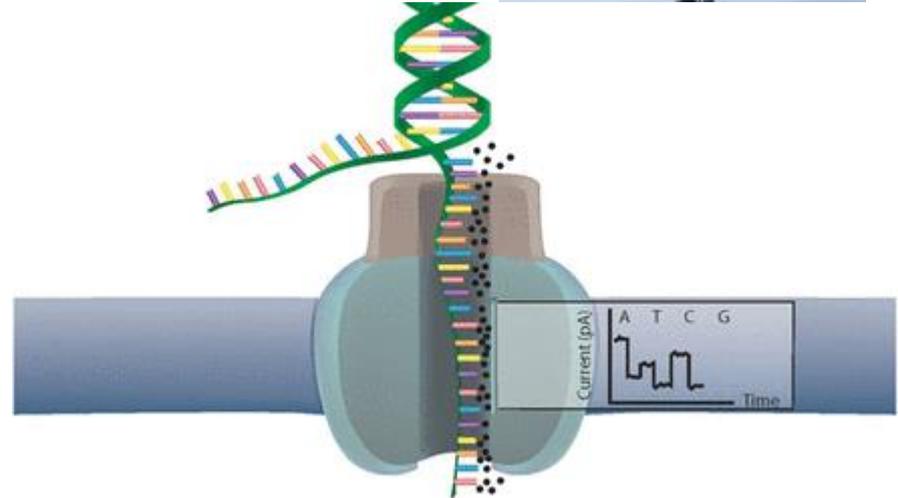
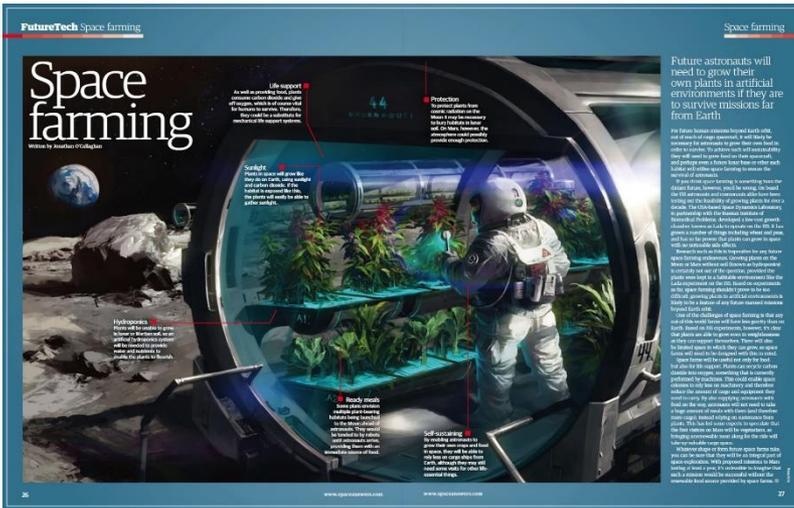


兼具高階工程專長  
與跨域應用能力之  
一流工程師或  
研發領導人才



BME 4 Is: 智能、跨域、整合、創新

# 這是一個生機時代：其實有很多生機系



網路圖片



# 歡迎就讀台灣大學生物機電工程學系



Eng. for Life since 1928  
**NTU BME**