

進階嵌入式系統開發與實做

(2014 年秋季) 課程說明

Jim Huang (黃敬群) <jserv.tw@gmail.com>

國立成功大學資訊工程系

Sep 18, 2014



EMBEDDED

關於我

- 成功大學資訊工程系 / 兼任教師
- 台達電子 / 顧問
- 工研院資通所 / 顧問
- 聯發科技 / 顧問
- 深圳中微電科技 / 顧問
- 晶心科技 / 幕僚工程師
- 新酷音輸入法
- Android Open Source Project
- pcmanx
- Kaffe
- GCC / GNU Classpath
- LXDE
- Openmoko
- Linaro, Oxlab

先看我們所處的環境

2016 年，「台灣人」將出現三大轉折：

- 台灣 15 到 64 歲勞動人口將史無前例地減少。台灣勞工將由高峰 1737.6 萬人，從 2016 年算起的未來 10 年，每年減少 13 萬人。10 年累計減少 7.8 %
- 台灣老人數達 311 萬，將第一次超越小孩數
- 台灣人口的年齡中位數，將第一次突破 40 歲。過半台灣人走入人生的後半場
- 台灣在 1700 萬勞動力高峰時，經濟成長率勉強能保持 2%，若勞動力減半，則未來經濟會負成長
- 資料來源：《天下雜誌》



我為什麼來教書？
完全是為了自己！

Milton Friedman：
「把錢拿來自己花，遠比交給政府有效率」

發展嵌入式裝置或作業系統有意義嗎？

- 與其說課程要求同學「開發一套嵌入式裝置或作業系統」，不如說要同學「**理解開發作業系統的需求，並且實際去解決問題**」
- 實務上，開發和設計系統是常態
 - 每天都在接觸的手機作業系統
 - 消費性電子產品裡頭也多內建作業系統
 - 汽車、飛機、工廠設備等等都有特製的作業系統
 - 甚至可能連核心也從頭打造

嵌入式系統系列課程目標

- 教學計劃：
 - 體驗產品設計背後的工程考量
 - 做中學
- 期末專題就是打造出**可用的**電子產品雛型
 - 裡頭就內建客製化的作業系統！
 - open source!
 - 好東西不怕人家看（若有抄襲，也一併公諸於世）
 - 展示自己的技能給未來的同事、老闆，甚至是投資人看

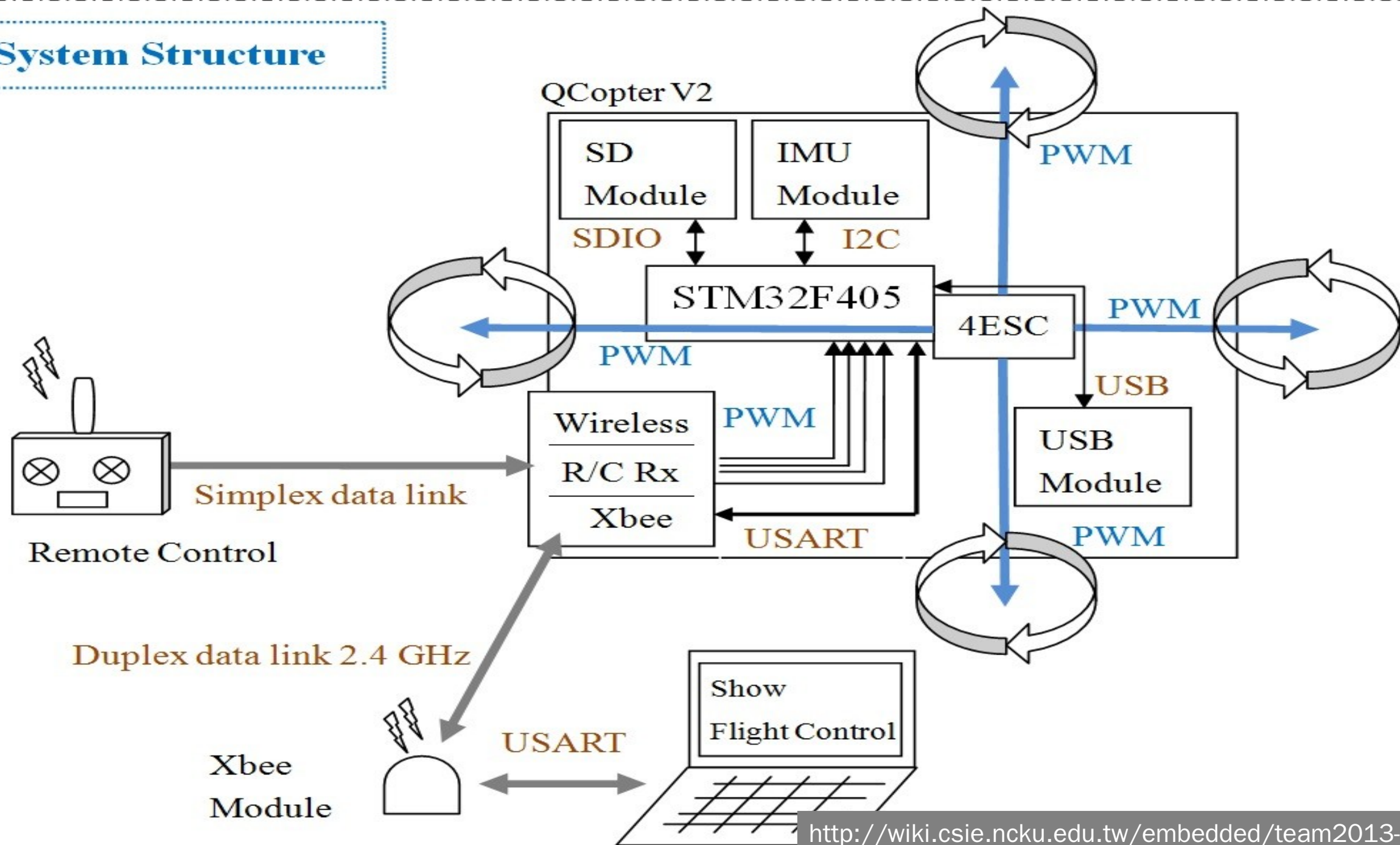











從作業系統核心、圖形系統、訊號處理系統
都是成大資訊系學生 100% 自幹的電吉他
調音器

親手打造 四軸飛行器



System Structure





QuadCopter Status Monitor

Copyleft - NCKU Open Source Work of 2013 Embedded system class

| PID | Pitch | Roll | Yaw |
|-----|-------|------|------|
| Kp | 50.0 | 50.0 | 10.0 |
| Ki | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Kd | 11.5 | 11.5 | 0.0 |

Copter Attitudes <true value>

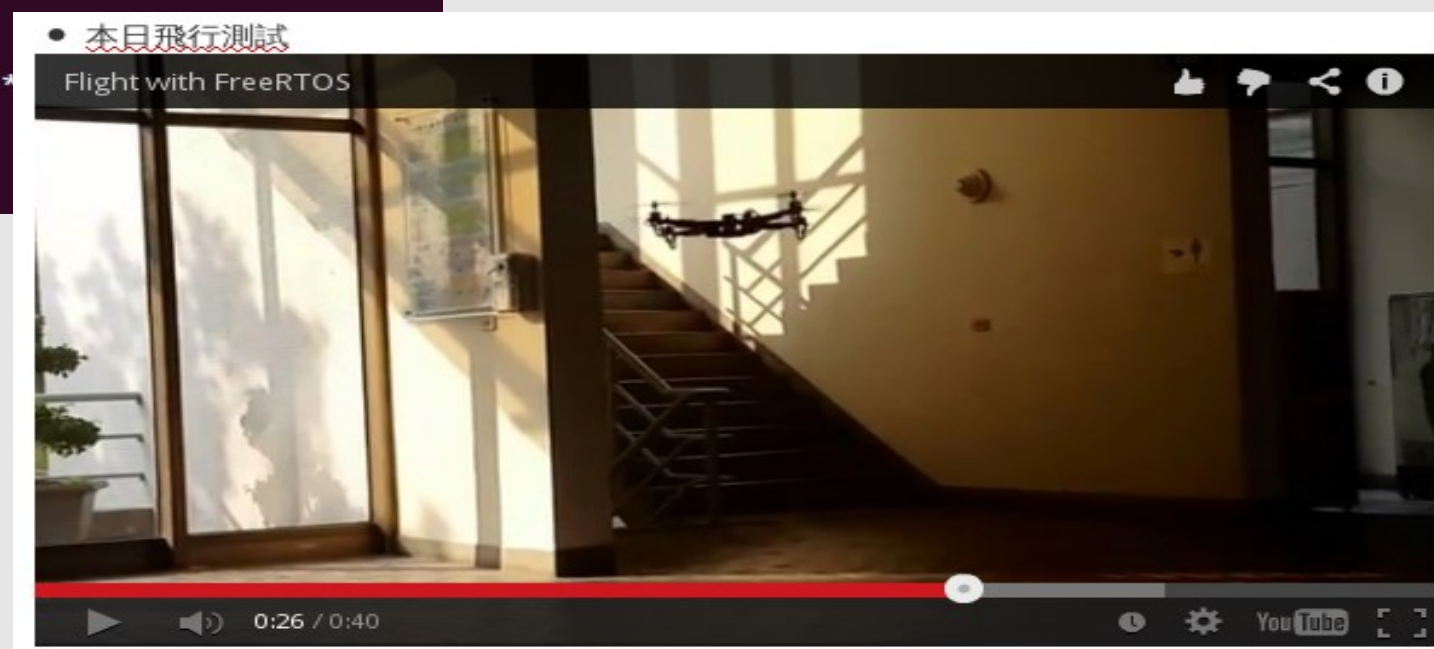
| | |
|-------|-----|
| Pitch | : 0 |
| Roll | : 0 |
| Yaw | : 0 |

| RC Messages | Current | Last |
|---------------|---------|------|
| Pitch(expect) | 0 | 0 |
| Roll(expect) | 0 | 0 |
| Yaw(expect) | 0 | 0 |
| Throttle | 0 | |
| Engine | Off | |

LED lights

| | |
|------|-------|
| LED1 | : Off |
| LED2 | : Off |
| LED3 | : Off |
| LED4 | : Off |

(monitor) set pitch.kp = 50.5



Demo video:
<https://www.youtube.com/watch?v=7wXxCX56rRc>
<http://moon-bear.github.io/>

開發動機：

拉菲羅安德烈 (Raffaello D'Andrea) 的團隊所開發的“四軸飛行器”，它是可以像運動員一樣思考的飛行機器人，安德烈展示了四軸飛行器可以接球、平衡，以及各種酷炫的功能，因此想藉由這次的進階嵌入式課程從頭到尾自行開發出屬於我們的四軸飛行器。

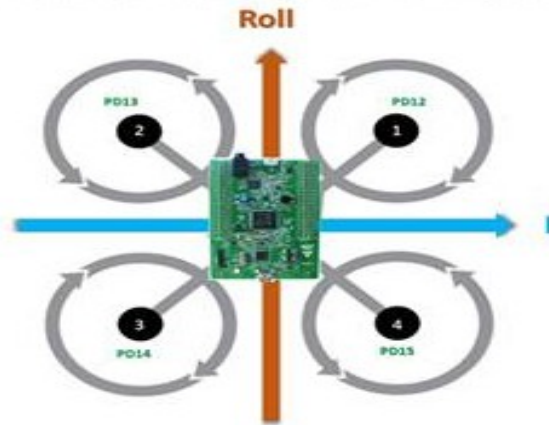


圖1 四軸飛行器動力控制示意圖

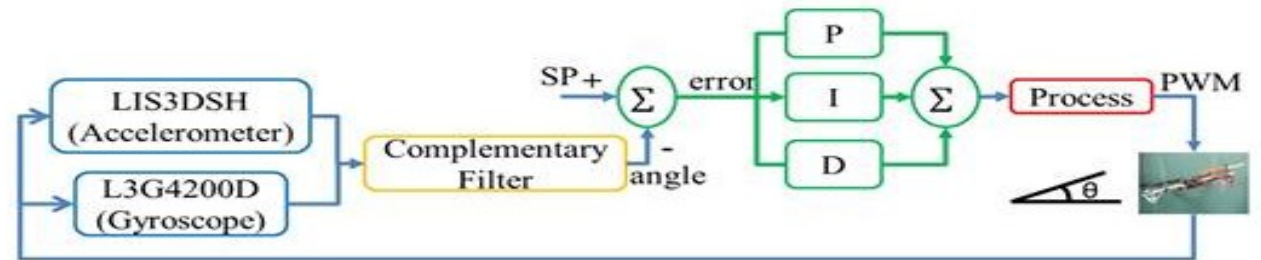
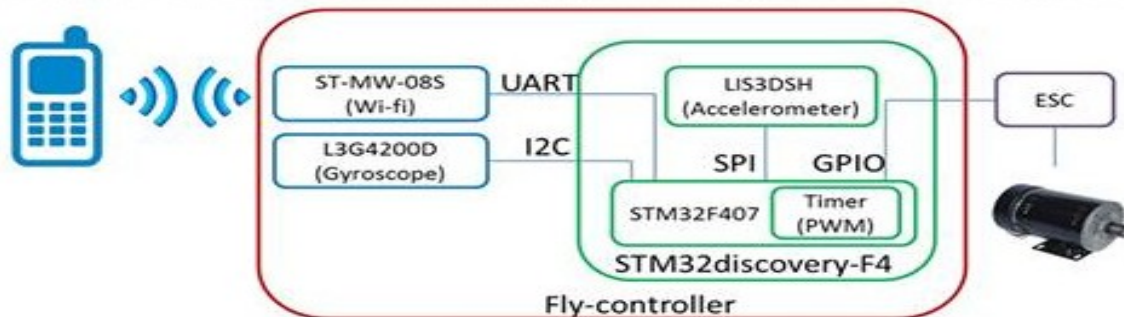


圖3 PID系統架構圖

系統架構：

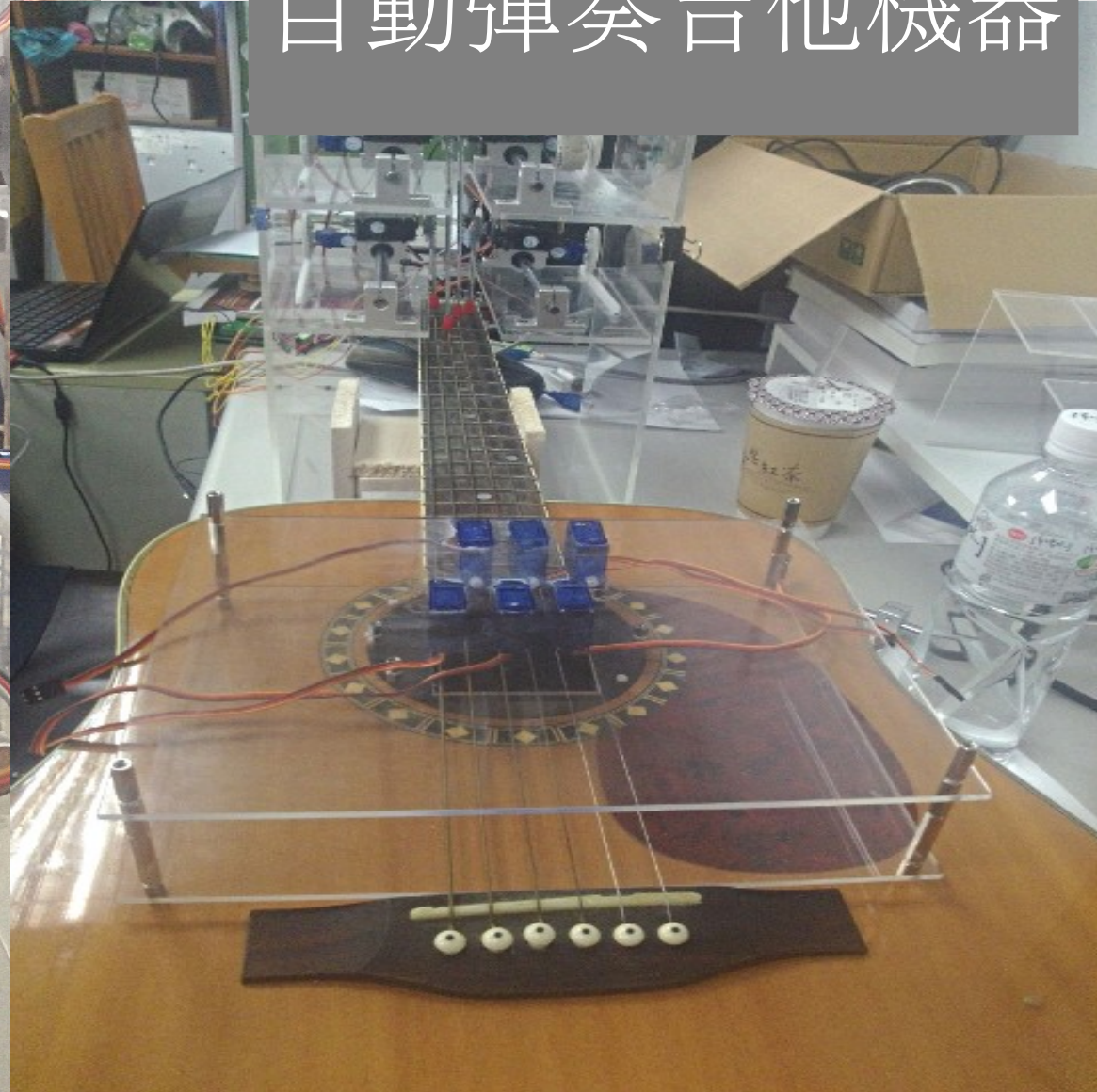
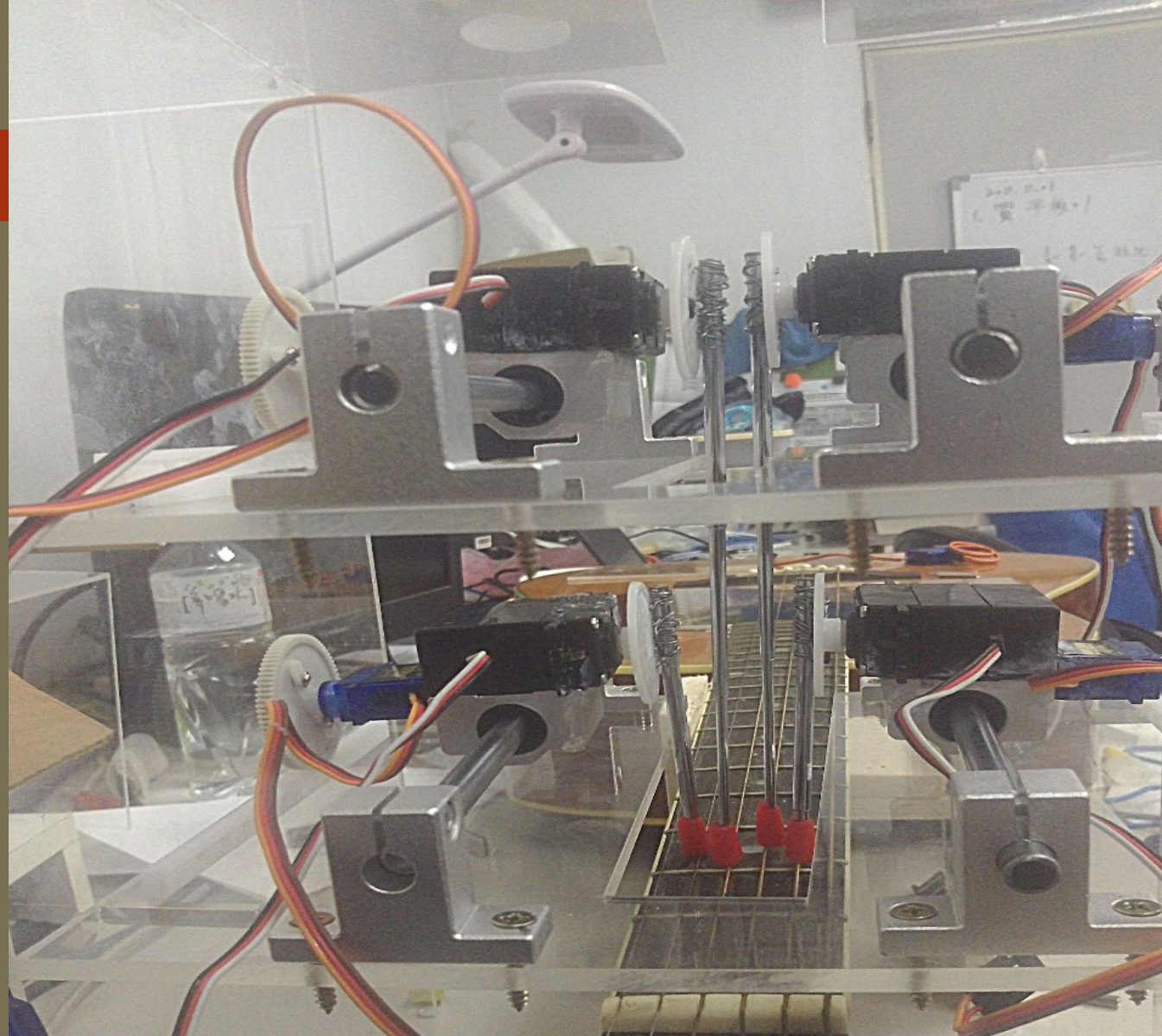
透過STM32discovery-F4內的Timer，計算出想要的PWM訊號，將訊號藉由GPIO傳至電子調速器，並使用SPI與STM32discovery-F4內的加速度感測器溝通，還配置了陀螺儀感測器(L3G4200D)並使用I2C通訊，計算出各軸的角度變化量；最後將兩個感測器所感測出的值，透過Complementary Filter(互補式濾波器)算出目前傾斜角度，將值帶入PID控制算出所需要的PWM使四軸飛行器保持平衡。

無線控制使用ST-MW-08S(Wi-Fi模組)當作AP，透過UART通訊與STM32discovery-F4溝通，並在開發Android的APP程式，利用現在最流行的智慧型手機就可以調整四軸飛行器的姿態。



體驗機電整合

親手打造 自動彈奏吉他機器

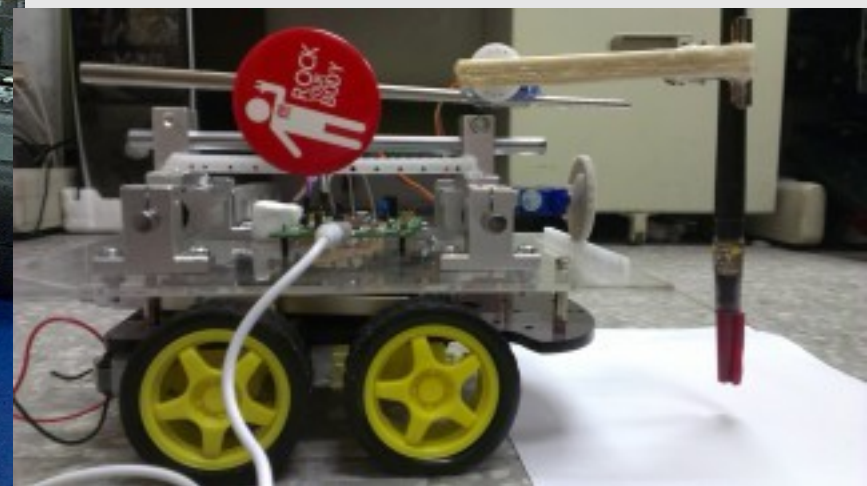
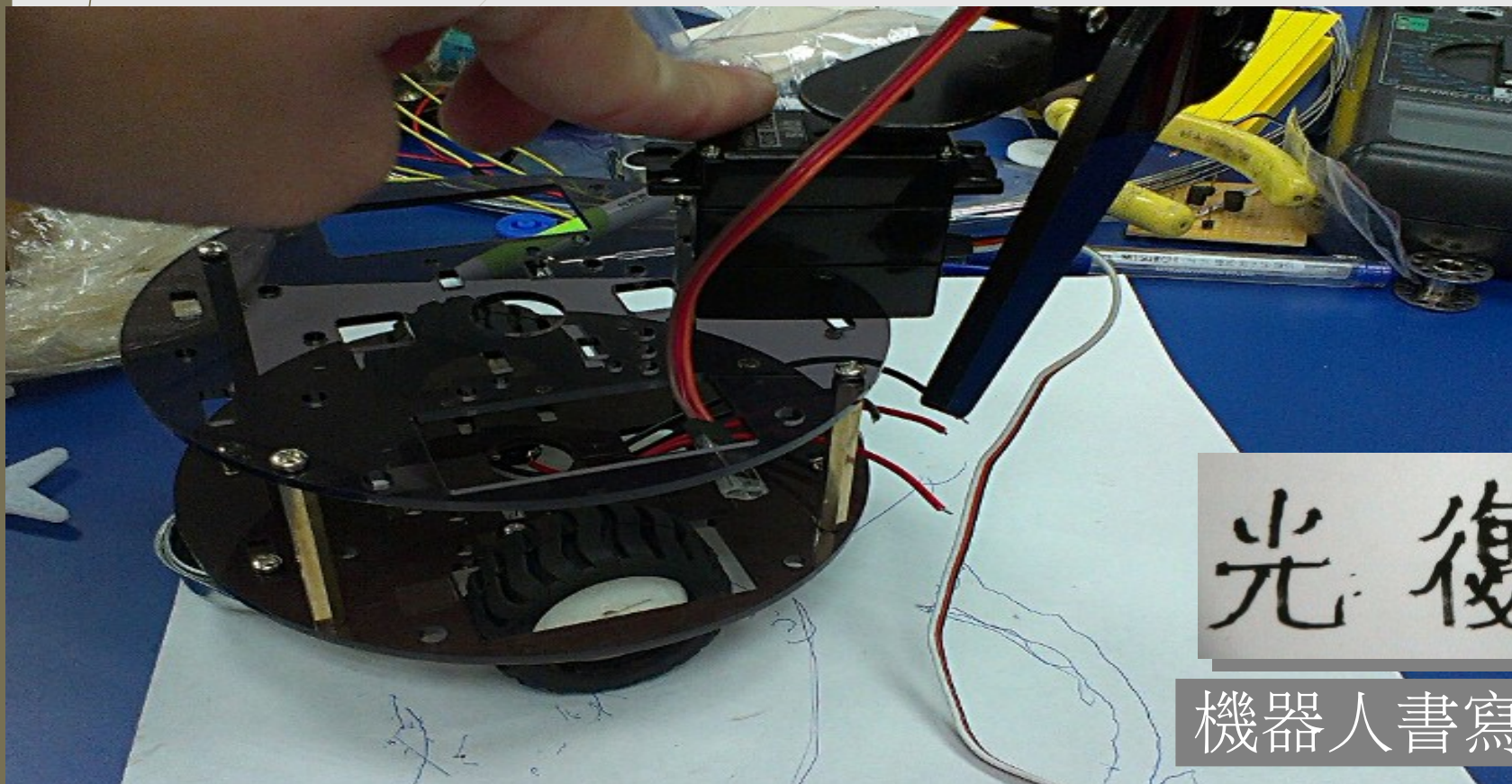


Demo video:

<http://www.youtube.com/watch?v=tk7hJ3-j62Q>

<http://wiki.csie.ncku.edu.tw/embedded/team2013-8>

開發自動寫書法機器人

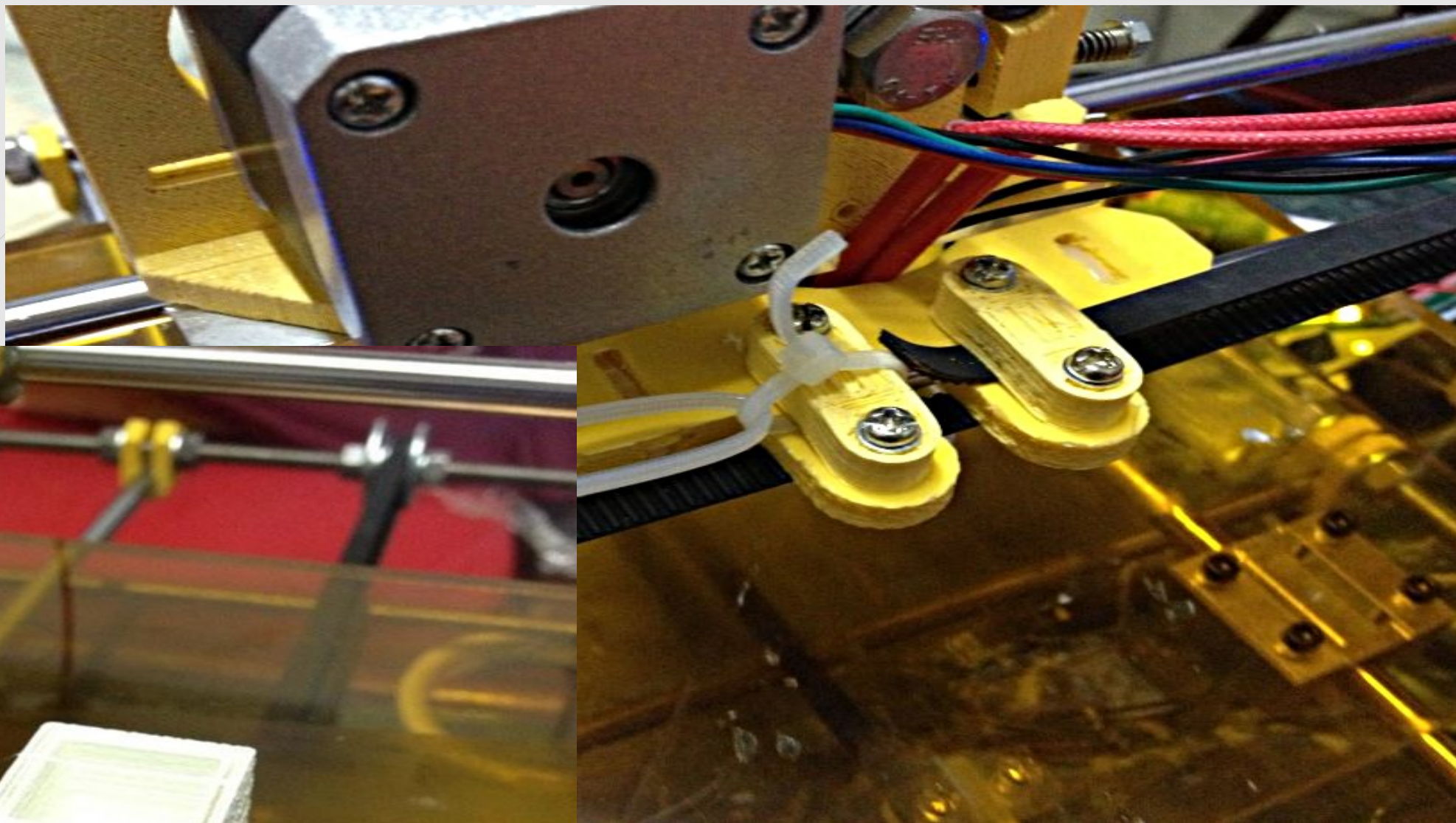
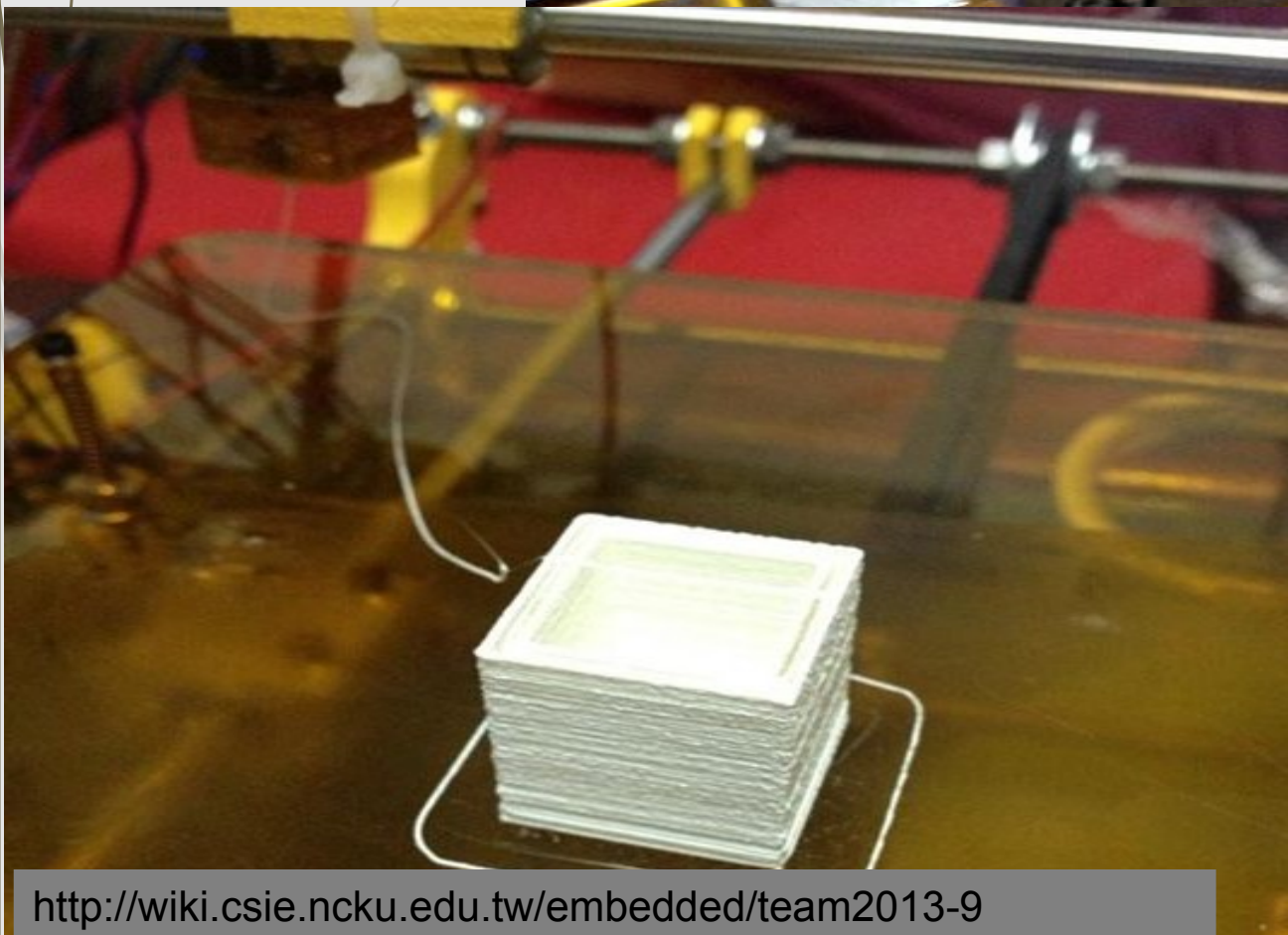


機器人書寫的成果

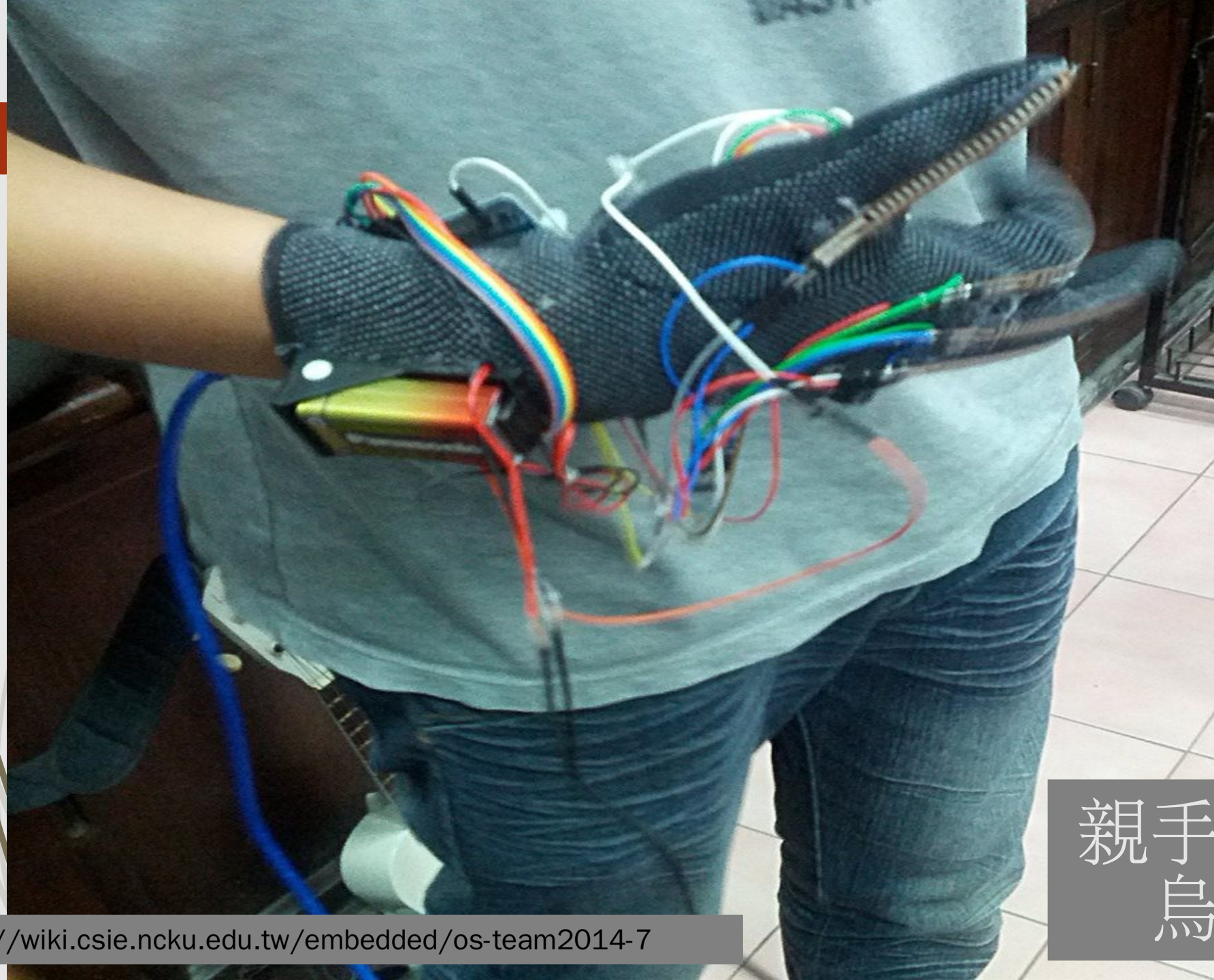
Demo video:

<https://www.facebook.com/photo.php?v=613934675322288>

<http://wiki.csie.ncku.edu.tw/embedded/team2013-11>



親手改造 3D
印表機



親手打造空氣
烏克蘭麗

看了同學們的作品後，你還想問「開發作業系統有什麼意義」這問題嗎？

- ❑ **四軸飛行器**得同時處理馬達轉速轉向、平衡感測、用演算法修正飛行姿態、遙控訊號、影像運算，還有保存影像資料等繁複的操作
 - multi-tasking, synchronization, I/O, file system
- ❑ **彈奏吉他**的機器人對時間要求非常苛刻，否則不只是「慢半拍」，還會無法正確地進行和弦刷法
 - realtime
- ❑ **自動寫書法**的機器人需要高效能的資料處理，否則無法自外界擷取大量的書法資料
 - throughput, networking

開發產品，屢屢面對作業系統的議題

- 本學期課程目標就是指出嵌入式系統中，若干關鍵的作業系統設計議題，並且帶著同學著手處理
- 不要說「怎麼可能？」，上學期修課的同學不就證明**雙手萬能**的道理了嗎？現在我們則深入箇中的設計議題，並以軟體思維去解構系統
 - 讓你重新理解作業系統的基本觀念
 - 同時也強調計算機組織與結構的概念
 - 甚至還會複習數學觀念和工程方法

捫心自問

□ 若 Apple Inc. 的工程師跟你一樣懵懵懂懂，得過且過地面對工程挑戰，他們做出來的手機，你敢每天放在身邊使用嗎？

我心動了，但沒基礎怎麼辦？

- ▣ 只要你願意花時間，就算沒修過作業系統或計算機組織與結構一類的科目也沒關係，課堂中會有重點提示
- ▣ 只要資訊系、電機系、工程科學系、機械系、航太系或相關科系的**大二以上**（含），學過 C 語言即可
 - 前一個學期還有物理系和經濟系的學生修課，依舊表現不俗，所以千萬別擔心

大學資訊教育的問題

- 有人說大學都在教理論，與業界脫軌。但不少資訊工程系學生連**數學觀念**都很差，這是哪門子「教理論」呢？
- 一句話總結就是「要求太低」
- 以至於業界面試的時候都得先「測謊」

C 語言程式設計測驗 (1)

- 只能使用邏輯運算子和遞迴，在 C 程式中實做兩個整數的加法

```
void add(int a, int b)
{
    ...
}
```

C 語言程式設計測驗 (2)

- 使奇偶位的位元相互交換，儘量用最短的程式碼
(bit 0 <-> bit 1; bit 2 <-> bit 3; bit 4 <--> bit 5 以此類推)

```
#include <stdint.h>
```

```
int32_t swap_even_odd_bits(uint32_t x)
```

```
{
```

```
...
```

```
}
```

這門課除了學作業系統和嵌入式系統外，
可能還有其他收穫 ...

- ▣ 講師和邀請講者來自資訊產業
 - 長期開發系統軟體 (OS kernel, compiler) 並活躍於開放原始碼軟體專案
- ▣ 我曾經是個對高等教育徹底失望的人，**連大學都沒唸完**，但工作十年後，重返學校教書、再學習。如今想在台灣南部建立新的事業，讓工程師能夠兼顧生活與工作的品質，直接在學校培養工程人員
 - 著墨於**基礎建設**，將資訊技術作多方應用
 - 本課程不存在「與業界脫軌」的問題，這就是部份**產業的縮影**

你甚至可能因為寫作業而登上媒體！

Yahoo!奇摩首頁 > 新聞首頁 > 文教 > 教育 > 所有相關新聞

吉他自動演奏機 成大研發有成

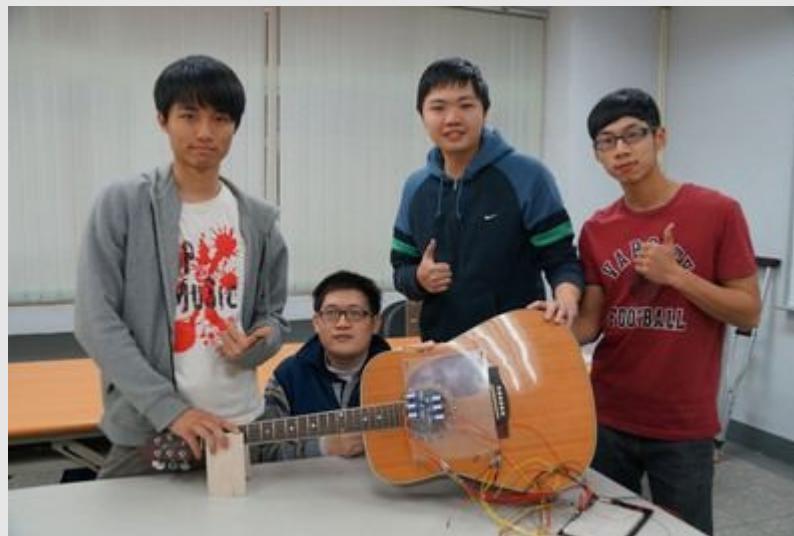


中央通訊社

中央社 - 2014年1月3日 下午5:10

(中央社記者張榮祥台南3日電)有人喜歡吉他卻不會彈，只能買把吉他乾過癮。成大吉他自動演奏機可讓吉他迷解癮，只要外掛在吉他上，就能彈出樂曲。

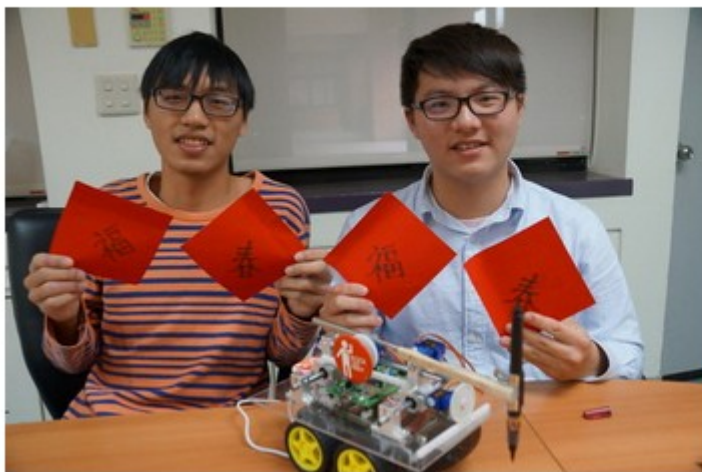
吉他自動演奏機簡稱 Guitar Bot，由成功大學電機所碩一蕭兆原、資訊所碩一詹博丞、林家宏及資訊系大二許友綸等4名學生共同研發，這是他們修習課程時，準備在期末提出的成果報告。



重點不是開發什麼產品，而是如何開發，而且保持熱情堅持下去

好東西不怕人看，勇敢接受外界挑戰

新年到 成大學生讓機器人寫春聯

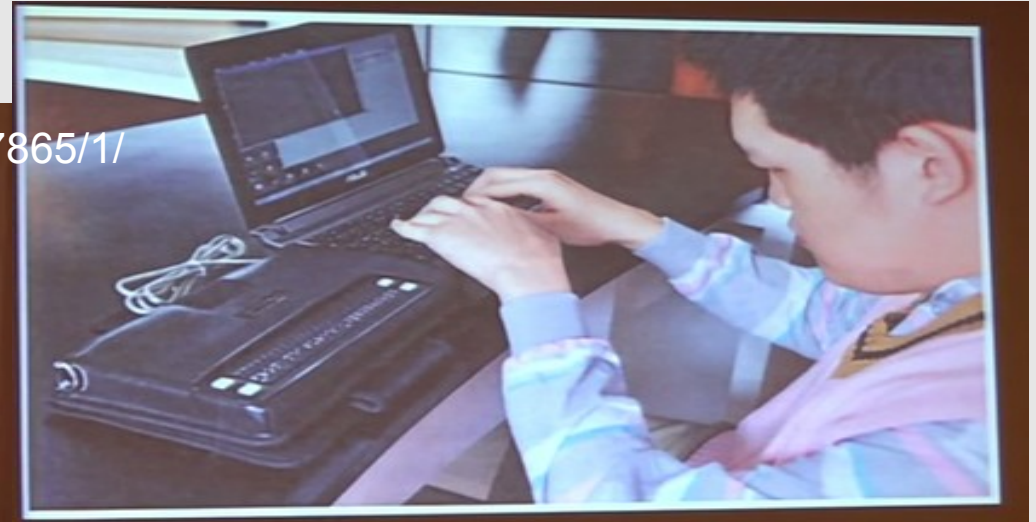


新年到 成大學生讓機器人寫春聯

(中央社訊息服務20140123 15:50:46)新年到了，家家戶戶都要貼春聯，成功大學電機系2名學生蕭傳錡和鄭煒翰請來機器人代勞，一筆一劃寫下「春」到「福」到，喜氣洋洋

- 若你身邊的親友都開始關注你的學習成果時，難道不會想要持續精進下去嗎？
- 工程就是要解決真正的問題，用作品打動人心！

<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20140722/437865/1/>



詹博丞是成功大學資訊工程所學生，他曾就讀於音樂資優班，但國中三年級時發生車禍，導致罹患點狀軟骨錯生症，因此不良於行，而且產生聽力、視力障礙。但他仍不放棄學習程式設計，並毅然地在兩年前參與新酷音輸入法的開發，並主導數位點字樂譜的設計，希望可以幫助視障朋友閱讀樂譜。由於視力有障礙，加上盲人點字閱讀機的限制，他撰寫程式時，是將所有程式碼背在腦海中進行開發、除錯，也由於聽力障礙，和他說話必須靠在耳邊。在演講中他提到，開發的過程中遇到最大的困難是交接程式碼，因為交接時必須閱讀（以點字方式）其他人的程式碼，最重要是放下成見，用別人的角度去思考。



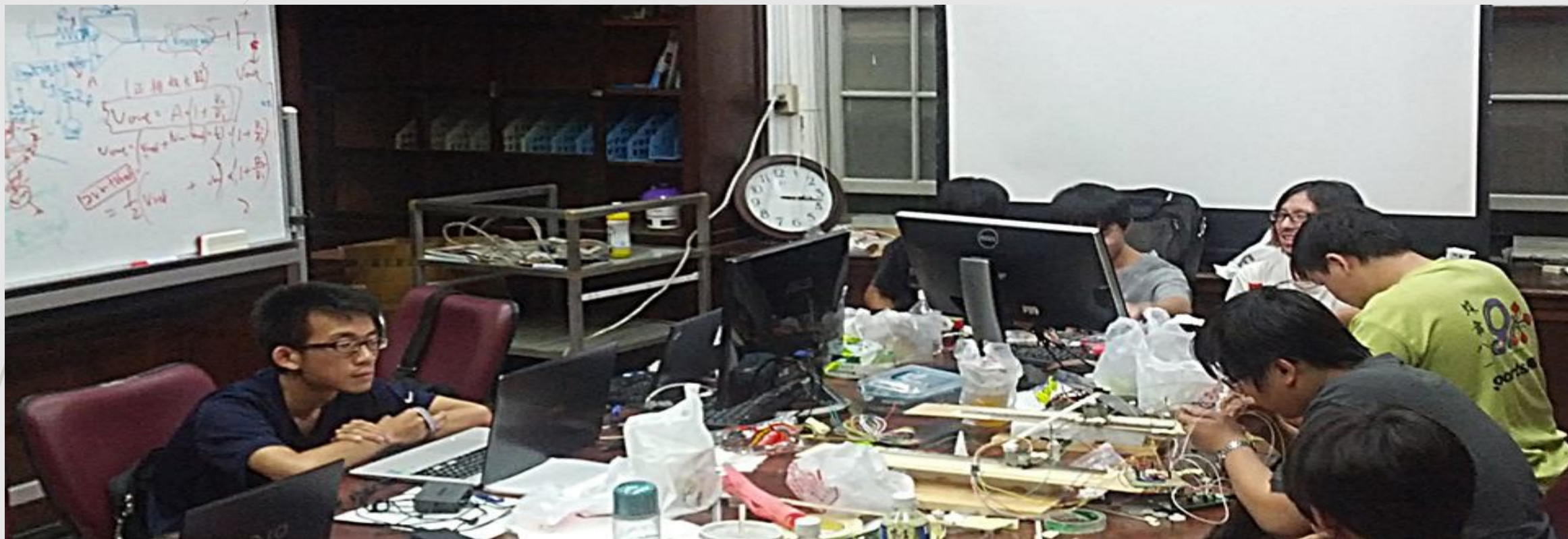
雖然我不會教書，但我可以陪同學奮戰 20 小時以上



一起看日出也行，我可是正宗的竹科工程師啊（茶）



累得只剩下程式碼！撐住，老師陪你們



結果時鐘是我們最大的敵人啊啊啊～

你可能是我的軟體使用者

- 這張圖說明了**系統軟體**的影響力：你
我或許互不相識，但你每天用著由多
種系統軟體建構而成的 Android 手機
 - 「我不認識你，但我謝謝你」
 - 就這樣把愛散佈到**上億台**手機和平板
 - 架站寫網頁要衝到這樣的流量要多久？
- 本課程也大量使用**開放原始碼**軟體和
硬體，最終也鼓勵同學**貢獻**出去

開放原始碼授權

any may not be used to endorse or promote
om this software without specific prior wr

DED BY ARM LTD ``AS IS'' AND ANY EXPRESS O
BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES
TNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAI
LTD BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, IN
CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT
STITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DA
INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THE
CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLU
E) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF TH
SED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

tweak by Jim Huang <jserv@0xlab.org>.

Android Open Source Project

che License, Version 2.0 (the "License");
ile except in compliance with the License.
of the License at

.org/licenses/...
**設定 -> 關於手機 -> 法律
資訊 -> 開放原始碼授權**

licable law or agreed to in writing, softw
License is distributed on an "AS IS" BASIS
CONDITIONS OF ANY KIND, either express or
e specific language governing permissions
License.

若 Nokia, Apple, Samsung 等公司的工程師缺乏作業系統認知，該品牌的手機你用得下去嗎？

- 人各有志，你若只想去遠通開發 ETC，我不怪你
 - 但不要偷我的錢！
 - 日後 e 化戶政系統的悲劇，希望不是你造成的
- 要改變所謂「22K」的困境，唯有提昇產值
 - 若你每年可為公司帶來兩千萬元的淨利，結果公司只給你月薪四萬元，你就會自行找出更好的工作，或者創業，不是嗎？
 - 從**觀念**、**方法**，還有**視野**調整起
 - 勇敢地迎向國際化挑戰
 - *** 國難當前 ***：你我應依恃**專業能力**和**工程素養**，試圖突破

Learn to Fail, or Fail to Learn

- 作一個 CPU、編譯器、作業系統並沒什麼了不起 (當然, 具體而微那種), 但學生若能**親眼看到**自己**親身實作**出這樣貌似遙不可及的項目, 難道不會對投身於資訊科技, 更有信心嗎? 有如此基礎, 才能進一步改善科技水平
- 本學期, 我們一同打造**真正能用的**作業系統, 並且解決實際的問題
 - 作不到的話, 恐怕連皮毛都學不到

我的承諾

- ▣ 只要你在這門課有充分付出，絕對不會讓你失望
 - 學期分數、工作機會
 - 我是為了**尋覓工作夥伴**而來，不是來打分數的
- ▣ 只要你願意學，我就花時間教
- ▣ 儘管課程作業有一定難度，但你只要開口，我陪你一起作、一同討論
- ▣ 我的講師費全數捐出給同學買硬體、買參考書目
- ▣ 若你在這門課表現不錯，拿著作品一定可找到中上的資訊科技相關工程職務
 - 每學期都有學生錄取聯發科技 / 晨星半導體公司的工程職務

適用對象與假設

- 對於資訊領域有熱情、並有堅持到底的學習精神
- 樂於助人，願意分享所學知識
 - 在**打群架**的年代，隔壁的同學就是夥伴！
- 願意花時間寫作業
- 自主學習課程所需的前備知識以及課程參考資料
- 願意花時間教會身邊的同學

課程規劃

- ▣ 三大主軸
 - ARM 組織和結構
 - 作業系統界面和設計
 - 系統效能、可靠度和安全議題
- ▣ 搭配使用 GNU/Linux 豐富的開發工具
- ▣ 引導同學拋開第二手資料，而是直接自源頭擷取知識並重整

時間地點

- ▣ Sep 18, 2014 - Jan 15, 2015
- ▣ 每週四
 - 14:10-17:00 (課程)
 - 19:00- (實習 / 解惑)
 - 你願意的話, 我從下午二點陪你到凌晨二點
- ▣ 每週一 19:00 補課 (地點再通知)
- ▣ 成功大學資訊工程系電腦教室

注意須知

- 不點名
- 考試採一對一口試，可重複應考(考到滿意為止)
- 歡迎旁聽，但請一同參與實習與進行作業繳交
- 每週都有實習課／作業
 - 在隔週六(含)之前需完成作業
 - 連續兩份作業寫不完的話，就不用來了
- 請利用共筆和 wiki
<http://wiki.csie.ncku.edu.tw/embedded/schedule>
- 期末有專題和口頭報告(Final project)
 - 修課同學可獲得開發板與相關硬體之補助

評分方式

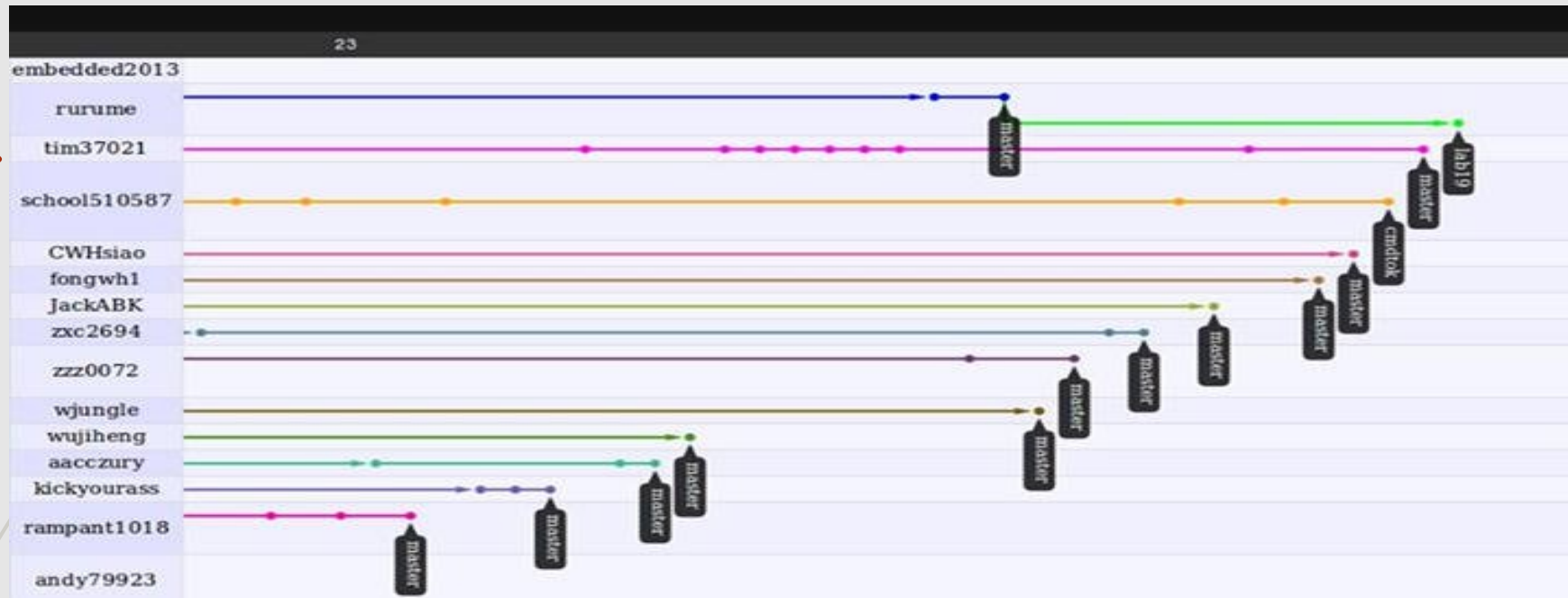
- 考試：15%（涵蓋基礎電腦科學概念和案例分析）
- 作業：30%（針對資訊產業需技能，所濃縮的訓練）
- 期中報告：15%（並非只是作投影片，而是要改程式，甚至修改硬體設計）
- 期末專題：40%
- 加分：參與和作業系統相關的 open source 專案開發（需獲得講師認可），**加學期總分 10 到 40 分**

課程資料

- 不需要購買教科書，所有課程資料都放在網路上
 - 作業或考試表現優異的同學，可獲贈參考書籍
- wiki: <http://wiki.csie.ncku.edu.tw/>
 - 請先參閱「**進階嵌入式系統開發與實作** (2013 Fall)」和「**嵌入式作業系統設計與實作** (Spring 2014)」
- 討論區：<https://www.facebook.com/groups/ncku.embedded2014/>

「黃金 72 天」假說

- 每學期開始後的前 72 天，大學生的課業壓力相對小，這時應該強化基本訓練
 - 軟體開發
 - 熟悉開發工具
 - 每週都有 coding 作業
 - 「柿子不能只挑軟的吃」
 - 之後會讓同學準備期末專題



要求學生使用 open source 開發工具，連同作業都提交到 GitHub 上，接受教師和同學的 code review

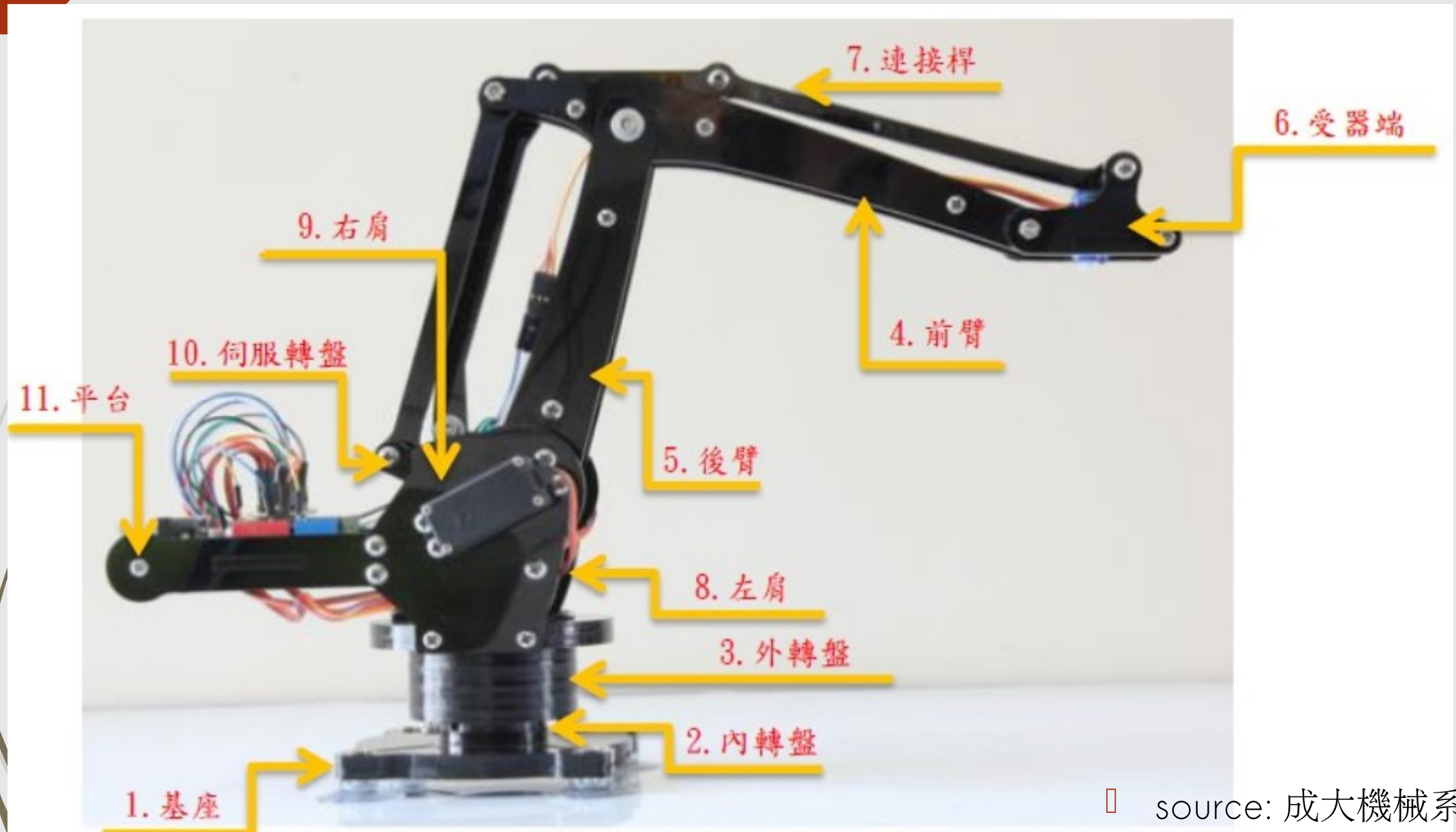
課程作業協作平台：

<https://github.com/embedded2014/>

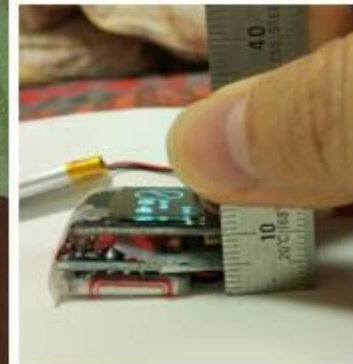
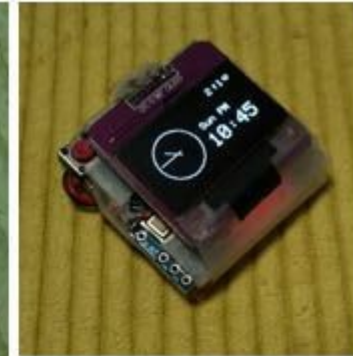
本學期參考專題提案

- 開發四軸飛行器的作業系統：結合影像辨識作到自動姿態調整
- 自動解魔術方塊的機械手臂，從硬體到軟體通包
- 開發能打電話收簡訊的手機，軟硬體通包
- 驗證 virtual machine monitor 實作
- 在手機上引入虛擬化技術並有合理效能

想像用自己開發的作業系統來控制機械手臂，
然後「手解」魔術方塊



Make Your Own Smart Watch



RetroWatch v1.0
Open source
smart watch DIY project

Find more at
<https://github.com/godstale/retrowatch>
<http://www.hardcopyworld.com>


How is a \$12 phone possible?

- The electronics consists of just two major IC
 - **Mediatek** (聯發科技) MT6250DA
 - single-chip GSM/GPRS/EDGE-RX entry-multimedia
 - **Vanchip** (唯捷創芯) VC5276
 - transmit module for dual-band



期末成果發表會

- 2015 年 1 月中旬，將公開舉辦發表會，讓同學們的成果有對外交流的機會
- 邀請來自 Intel 、 Marvell 、 聯發科技、晨星半導體、工研院、台達電子、鴻海科技，和若干新創公司等單位的代表給予評比
 - 現在就有機會遇見未來的雇主和同事
- 一同創造回憶



「船停在港灣裡是最安全的，
但是那不是船存在的目的」

- Grace Hopper

電機資訊科系的學生，如果不能解決實際工程問題、為人群尋求福祉，而只在教室「停泊」，是不是該反省呢？

來吧，一起在**踏著** open source 的基礎而出航！



「資訊人的本色，就是作什麼就要像什麼」

— 洪良茂，成大資訊系第一屆畢業生

