

類別：工程技術類

篇名：

實習工場實驗機台借用系統

作者：

張心語。松山工農。電子科高三仁班
林軒至。松山工農。電子科高三仁班

指導老師：

郭兆育老師

壹、前言

一、研究動機

為了讓學生能夠實際進行實驗操作，學校實習工場內擁有許多設備讓學生可以使用，鑒於該類型設備沒有明確的借用機制，且易發生設備遺失及短少之問題，發想出實習機台的借用及查詢系統，使實習工場的管理能夠更加方便及快速，也讓學生的學習權利能更加發達。

二、研究目的

開發方便使用的電子借用系統，管理借用者及設備借用狀態，並建立可查詢及管理借用紀錄的軟體程式以完成此系統。

三、研究方法

首先規劃研究如何進行，設計設備及軟體程式等，透過網路及書本資源學習相關程式語言及相關設備如何運用，隨後進行實際程式的撰寫及硬體設備的線路連結和程式燒錄，撰寫完成後隨即進行實際測試及找出問題並解決。

貳、正文

一、內容規劃

設置一組 RFID 感應模組和 Arduino Mega 單板微控制器，可利用學生證刷卡借用，並將工具箱外櫃加上伺服馬達製成電子鎖，當學生刷卡後對應座號之櫃子將解鎖開門，且設置資料庫可記錄借用紀錄並由管理端隨時進行查詢。

二、使用設備

(一) Arduino MEGA2560 單板微控制器

Arduino 單板微控制器具有 UNO、Duemilanove、Leonardo、Nano、Due、Yun 及 Mega 等不同類型的控制板，其主要差別在於能當作輸入或輸出使用的腳位數量，以及內部儲存空間大小的差異。本次設計使用 Arduino Mega 2560 單板微控制器，因其具有較多數量的 54 路數位輸入/輸出埠（其中 15 個可以作為 PWM 輸出），16 路類比輸入埠，4 路 UART 串列埠，16MHz 的晶振，USB 連線口，電池介面，ICSP 頭和復位按鈕，簡單地用 USB 連線電腦或者用交直流變壓器就能使用，且其內部具有 256kBytes 的記憶體可儲存較多程式內容。

(二) ESP32 Wi-Fi&Bluetooth 單晶片微控制器

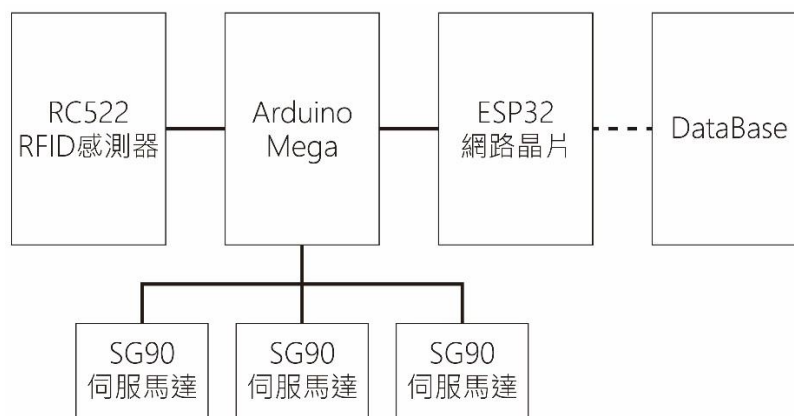
ESP32 是一系列低成本，低功耗的單晶片微控制器，整合了 Wi-Fi 和雙模藍牙。ESP32 系列採用 Tensilica Xtensa LX6 微處理器，包括雙核心和單核變體，內建天線開關，RF 變換器，功率放大器，低雜訊接收放大器，濾波器和電源管理模組。ESP32 為校內實習及個人製作需要使用網路晶片的設備時較常使用的晶片模組，其特色為一次整合較多網路相關功能，能提供本次實驗所需的連接區域網及無線傳輸資料功能。

(三) RC522 RFID 感應模組

MF RC522 是應用於 13.56MHz 非接觸式通信中高集成度的讀寫卡芯片，針對低電壓、低成本、體積小做設計，利用了先進的調製和解調概念，完全集成了在 13.56MHz 下所有類型的被動非接觸式通信方式和協議。RFID 感應模組擁有不同的規格，常以傳輸頻率分類，本次使用的 MFRC522 為較常運用在實習上的模組，因其在 Arduino IDE 上有既定的函式庫內容，且接線也較簡便故選擇使用此模組。

(四) SG90 5V 伺服馬達

伺服馬達裡含有直流馬達、齒輪箱、軸柄、以及控制電路，可透過訊號控制軸柄的停止角度；經由齒輪箱降速後，變成適當可用的轉速，並且提供更高的轉矩（扭轉力）。本次使用的 SG90 5V 馬達也是實習中常用的元件，因其在 Arduino IDE 上具有既定的函式庫可以直接使用，且對於本系統中以足夠使用，不需要功耗更大的元件。



圖一、系統架構圖（圖片來源：作者自行繪製）

三、使用程式語言及開發軟體

(一) Arduino Software IDE

Arduino Software IDE，一套以 Java 編寫的跨平台應用軟體。源自於 Processing 程式語言以及 Wiring 計劃的整合開發環境。它包含了一個擁有語法突顯、括號匹配、自動縮排和一鍵編譯並將執行檔燒寫入 Arduino 硬體中的編輯器。

Arduino Software IDE 使用與 C 語言和 C++相仿的程式語言，並且提供了包含常見的輸入/輸出函式的 Wiring 軟體函式庫。在使用 GNU toolchain 編譯和連結後，Arduino Software IDE 提供了一個程式「avrdude」用來轉換可執行檔成為能夠燒寫入 Arduino 硬體的韌體。

(二) XAMPP

一個免付費即可把 Apache 網頁伺服器與 PHP、Perl 及 MariaDB 集合在一起的安裝包，允許用戶可以在自己的電腦上輕易的建立網頁伺服器。XAMPP 裡的 X 指跨平台、A 是 Apache、M 是 MySQL（或者 MariaDB，一個 MySQL 的分支），兩個 P 分別代表 PHP 和 Perl。

(三) SQL

SQL（Structured Query Language:結構化查詢語言）是一種特定目的程式語言，用於管理關聯式資料庫管理系統（RDBMS），或在關係流資料管理系統（RDSMS）中進行流處理。

SQL 基於關係代數和元組關係演算，包括一個資料定義語言和資料操縱語言。SQL 的範圍包括資料插入、查詢、更新和刪除，資料庫模式建立和修改，以及資料存取控制。儘管 SQL 經常被描述為，而且很大程度上是一種聲明式編程（4GL），但是其也含有程序式編程的元素。

(四) PHP

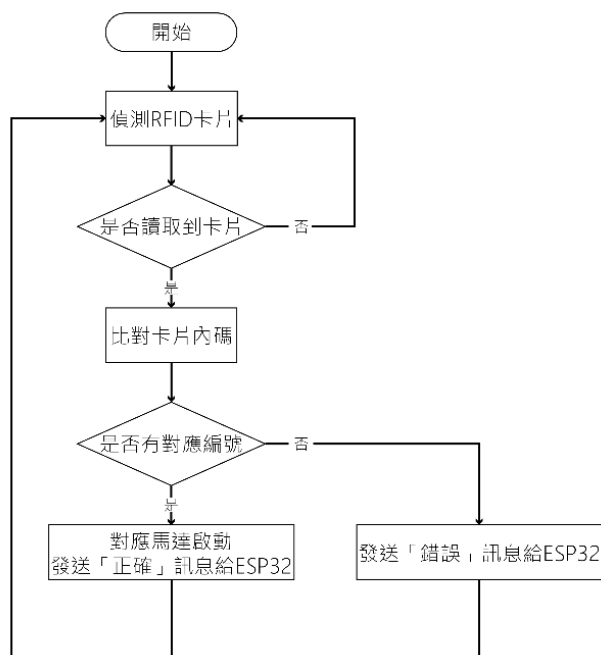
PHP（中文名：超文本預處理器）是一種通用開源腳本語言。語法吸收了 C 語言、Java 和 Perl 的特點，利於學習，使用廣泛，主要適用於 Web 開發領域。PHP 獨特的語法混合了 C、Java、Perl 以及 PHP 自創的語法。它可以比 CGI 或者 Perl 更快速地執行動態網頁。用 PHP 做出的動態頁面與其他的程式語言相比，PHP 是將程序嵌入到 HTML 文檔中去執行，執行效率比完全生成 HTML 標記的 CGI 要高許多；PHP 還可以執行編譯後代碼，編譯可以達到加密和優化代碼運行，使代碼運行更快。

(五) HTML

超文本標記語言，是一種用於建立網頁的標準標記語言。HTML 是一種基礎技術，常與 CSS、JavaScript 一起被眾多網站用於設計網頁、網頁應用程式以及行動應用程式的使用者介面。網頁瀏覽器可以讀取 HTML 檔案，並將其彩現成視覺化網頁。HTML 描述了一個網站的結構語意隨著線索的呈現，使之成為一種標記語言而非程式語言。

四、系統程式

(一) Arduino MEGA2560 單板微控制器



圖二、ArduinoMEGA 軟體流程圖（圖片來源：作者自行繪製）

程式透過 Arduino IDE 撰寫，起先定義使用<SPI.h>、<Wire.h>、<MFRC522.h>及<Servo.h>四個函式庫，用來使整體程式可以使用後續內容。接著定義 RC522 模組上的 RST_PIN 及 SS_PIN 兩個腳位，用來定義 RESET 功能及 SDA 功能。而後利用「MFRC522 mfrc522」和「Servo myservo*」建立 MFRC522 及伺服馬達實體。

本程式內使用 byte 型態的多個陣列分別儲存可解鎖的學生證 RFID 卡內碼，並設定 3 個伺服馬達腳位及 6 個傳送至 ESP32 晶片的控制訊號（3 個開啟訊號及 3 個錯誤訊號），並設定序列埠傳輸速率為 115200（同步 ESP32 之速率）。

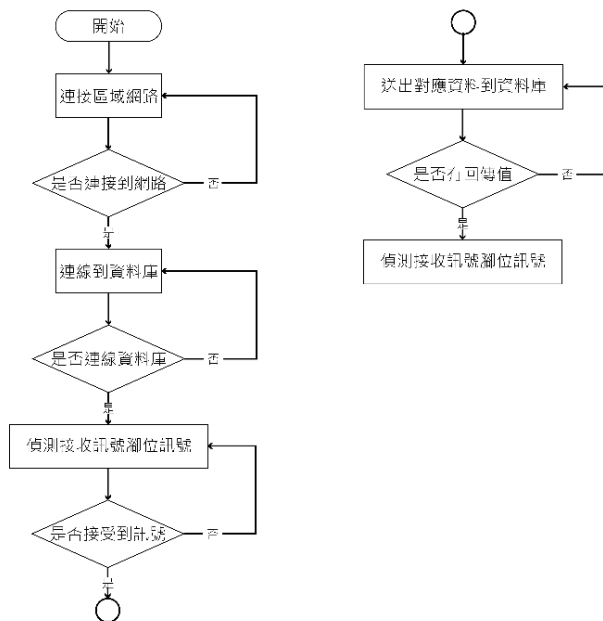
程式內利用「pinMode(腳位，輸出或輸入)」函式及「myservo*.attach()」設定腳位為輸出或輸入（myservo*函式僅利用於伺服馬達），利用「digitalWrite(腳位,訊號)」函式設定腳位的訊號輸出，並利用「myservo.write()」設定伺服馬達轉動角度。

程式核心的 MFRC522 感測部分，利用「mfr522.PICC_IsNewCardPresent() && mfr522.PICC_ReadCardSerial()」比對是否偵測到可感應的 RFID 卡片，讀取到後利用上述定義預設卡片的陣列及程式「uid*[i] == mfr522.uid.uidByte[i]」進行卡片 UID 碼的逐一比對（卡片內碼分為 4 段，逐一比對時 i 從 0 上數到 3），若比對正確則會有一個偵測是否比對正確的變數顯示為正確，則進入後方的馬達啟動及控制訊號傳輸程式。

當比對的變數有其中一個顯示為正確時，即利用「Serial.println(F("LOCK* OPEN!"));」程式將訊息顯示於序列埠監控視窗，且利用「digitalWrite(out_lock1, HIGH);」、「digitalWrite(out_espo*, HIGH);」、「digitalWrite(out_espe2*, HIGH);」及「digitalWrite(out_espe*, HIGH);」送出控制訊號給 ESP32 晶片，且利用「myservo*.write(0);」轉動馬達角度將門鎖開啟，在延遲一定秒數後再將門鎖關上，並不斷偵測達到能持續動作的系統。

當有偵測到 RFID 卡片但不為可啟動任何馬達的卡片時，也會傳送錯誤訊號給 ESP32，且進行系統復歸。

(二) ESP32 Wi-Fi&Bluetooth 單晶片微控制器



圖三、ESP32 軟體流程圖（圖片來源：作者自行繪製）

本程式透過 Arduino IDE 撰寫，起先定義<WiFi.h>函式庫，用以利用後續程式內容。而後定義常數 ssid 及 password 為 ESP32 須連上之區域網的名稱及密碼，且定義常數 host 為要連上的資料庫之 IP 位址、定義常數 streamId 為資料庫程式的檔案位置。

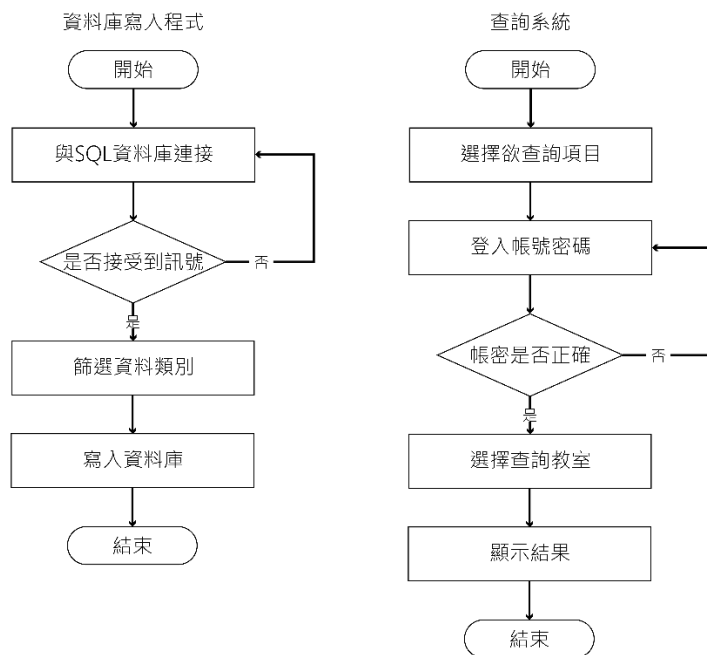
接著定義從 Arduino Mega 開發板接收的控制訊號腳位共 6 個、設定序列埠傳輸速率為 115200，在延遲 10 毫秒後利用「WiFi.begin(ssid, password)」函式連接至區域網，連接完成顯示「WiFi connected」和「IP address: (Local IP)」(即顯示 ESP32 在區域網下的虛擬 IP)，而後利用「WiFiClient client;」透過資料庫主機 IP 連接至資料庫(資料庫需與 ESP32 處在同一區域網下)。

定義常數 httpPort=80，即 http 協定中預設連接埠為 80，程式判斷當「!client.connect(host, httpPort)」即當 ESP32 無法連接至資料庫時序列埠監控視窗顯示「connection failed」並進行重新連線。

當連線完成後，偵測從 Arduino Mega 開發板的控制腳位傳來的訊號，當其中一個開啟訊號(o1、o2 或 o3)為高電位時，設定傳送資料內容的變數 privateKey 則對應輸入訊號改變內容(當開啟訊號皆無高電位且錯誤訊號未接受到資訊時傳送 Test 給資料庫且不收入資料庫內)，若接收到的為錯誤訊號(e1、e2 或 e3)時，privateKey 設定為 ERROR。

不論 privateKey 為任何內容，程式將會一直執行「client.print(String("GET")+url + " HTTP/1.1\r\n" + "Host: " + host + "\r\n" + "Connection: close\r\n\r\n");」即一直將 privateKey 傳至資料庫內，由資料庫接收的 html 檔案判斷是否需要將該資料收入進資料庫中。

(三) 資料庫程式



圖四、資料庫程式軟體流程圖(圖片來源：作者自行繪製)

資料庫程式使用 php 語言及 html 語言撰寫，起先 php 的部分設定\$host 為 phpmyadmin 資料庫管理工具的 IP、\$user 及\$password 為登入 phpmyadmin 的帳密以及 \$database 為使用的資料庫名稱，而後使用\$connect=new mysqli (\$host, \$user, \$password, \$database) 連接至使用的資料庫，利用 if(\$connect->connect_error)判斷是否連線成功，如果失敗使用 die("SQL 連線失敗: " . \$connect->connect_error . "
")輸出錯誤資訊與退出 php 腳本，反之顯示 SQL 連線成功。

與 SQL 連線成功後，使用\$connect->query("SET NAMES 'utf8'")設定編碼，避免文字亂碼。使用\$_GET[]取得 ESP32 傳送過來的變數，判斷資料是否重複或是否為預設值(TEST)，若資料產生變動就進行匹配測試，如果符合其中的一間教室名稱，就將原資料進行切割留下名稱，並將\$classroom 與\$classnum 設定為該教室的名稱及代號，最後寫入資料庫。

查尋系統使用 html 與 php 混和語法，使用 html 和 css 製作出導覽列給使用者選擇欲使用的功能，選則後進入登入系統進行身分驗證，驗證系統使用 phpmyadmin+MYSQL 進行驗證，驗證成功後即可選擇要教室並顯示查詢結果。

五、系統動作說明

(一) 當 Arduino Mega 開發板及 ESP32 晶片模組初始化時

兩者系統初始化時，透過 Arduino IDE 的序列埠監控視窗檢視系統動作狀態，可看到 Arduino Mega 開發板的視窗顯示「Reader : Firmware Version : 0x91=v1.0」即顯示 MFRC522 模組的版本，而 ESP32 晶片模組則顯示「Connecting to ELENET」開始進行區域網的連接，當連接完成後顯示「WiFi connected」和「IP address: (ESP32 於區域網下的 IP 位址)」，而後顯示「connecting to 192.168.1.182」連線至資料庫主機，若連接完成即開始傳輸資料並在控制腳位無接收資料的情況下顯示「Requesting URL:/dashboard/index.php?key=TEST」，即為將 TEST 資料送入資料庫。

(二) 當 RFID 卡刷卡通過時

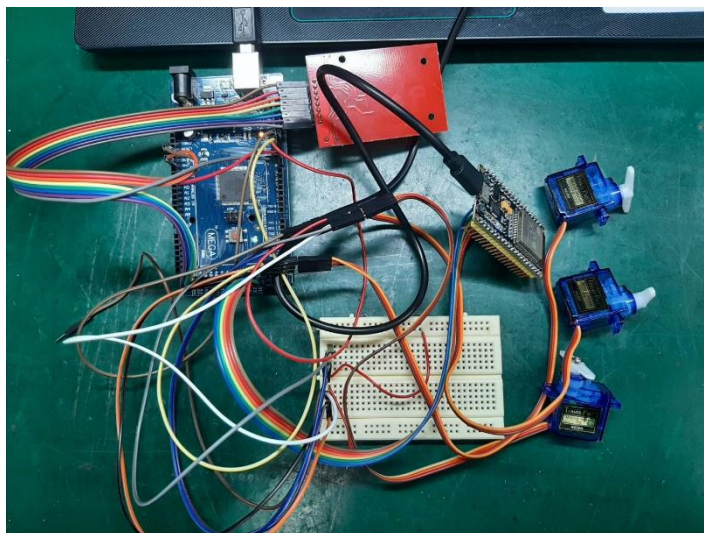
當刷卡通過時，透過 Arduino IDE 的序列埠監控視窗檢視系統動作狀態，可看到 Arduino Mega 開發板的視窗顯示「Card UID:(通過的卡片內碼)」、「PICC type:(卡片的內存類型及空間)」、「LOCK* OPEN!」即代表卡片啟動了對應的伺服馬達，並傳送控制訊號給 ESP32 晶片模組；ESP32 晶片模組接受到控制訊號後顯示「Requesting URL:/dashboard/index.php?key=(工場名稱)(開啟者學號班級座號姓名)」將開啟訊號的資料送進資料庫內，並在一次傳輸後重新傳送「TEST」避免資料重複送進資料庫。

(三) 當偵測到無法通過的 RFID 卡時

當卡片無法啟動伺服馬達時，透過 Arduino IDE 的序列埠監控視窗檢視系統動作狀態，可看到 Arduino Mega 開發板的視窗顯示 Card UID: (通過的卡片內碼)、「PICC type: (卡片的內存類型及空間)」、「ERROR!」即代表卡片錯誤無法啟動任何一組伺服馬達，並傳送控制訊號給 ESP32 晶片模組；ESP32 晶片模組接受到控制訊號後顯示「Requesting URL:/dashboard/index.php?key=ERROR」將錯誤訊息的資料送進資料庫內，並在一次傳輸後重新傳送「TEST」避免資料重複送進資料庫。

六、硬體組裝

硬體組裝完成後大致如上圖所示，其 Arduino Mega 開發板、ESP32 模組、MFRC522 模組及伺服馬達間以杜邦排線連接，另外為了使電源能供給各設備使用，故另外使用 9V 的電源供應器及設計了 5V 的穩壓電路板供給 Arduino Mega 開發板及伺服馬達使用。



圖五、硬體組裝示意圖（圖片來源：作者自行拍攝）

參、結論

在本次實驗中，在剛開始就遇到 ESP32 的區域網路連線程式如何撰寫的問題，因為要直接連接到資料庫，故在網路上搜尋了很多不同的程式，但都不符合我們所需要的功能，後在詢問指導老師後撰寫出適合的程式才解決此問題；我們也在製作過程中遇到判斷學生證內碼時在設定值外的卡片也能判斷通過的問題，後來發現原因是在程式中判斷不完整的問題，再經修改後也讓功能正常了。

本次設計出的結果能利用學生證進行刷卡解鎖放置實驗機台的櫃子之門鎖，也能透過網頁查詢資料庫內的借用紀錄，在未來的展望為希望能擴大系統的規模，在學校實習工場內各教室設置此系統，將 E 化的管理系統引進工場內，減少學生借用設備及管理設備遺失的問題。

肆、引註資料

趙英傑（2017）。超圖解 Arduino 互動設計入門（第三版）。臺北市：旗標。

文淵閣工作室（2011）。挑戰 PHP5/MySQL 程式設計樂活學。臺北市：碁峯資訊。

張義和、程兆龍（2017）。智慧居家。新北市：新文京開發。

Arduino/簡介。2021 年 1 月 13 日，取自

<https://zh.m.wikibooks.org/zh-tw/Arduino/%E7%AE%80%E4%BB%8B>

Arduino 的詳細介紹（基於 Mega2560）。2021 年 1 月 13 日，取自

<https://www.itread01.com/content/1550268552.html>