

電吉他自動調音器之開發

林坤緯
朝陽科技大學資訊工程系
副教授
kwlin@cyut.edu.tw

黃建豪
朝陽科技大學資訊工程系
研究生
s10427603@gm.cyut.edu.tw

張榮陞
朝陽科技大學資訊工程系
大學生
s10127114@cyut.edu.tw

張博堯
朝陽科技大學資訊工程系
大學生
s10127032@cyut.edu.tw

黃泓慈
朝陽科技大學資訊工程系
大學生
s10127076@cyut.edu.tw

摘要

我們已經成功的製作一個電吉他自動調音器。市面上一般的調音器只能手動調音，自行旋轉弦鈕同時與調音器上顯示做比較，再逐一將每條弦調準，才完成調音的步驟。這樣的過程是費時且麻煩的。為了避免在調音時浪費太多時間，我們專門為電吉他設計了一台自動調音的裝置，利用馬達自動將要調音的弦調整到正確的音頻，與人工方式比起，能夠大大減少調音的時間與提升調音準確性。此外，本開發自動調音系統還能切換想要演奏的調性，只需要在調音前預先設定好，就能依照選擇的調性做調音。除了自動調音的功能外，我們還設計了可以將弦快速旋緊及鬆解的功能，讓使用者可以在弦斷裂或生鏽時，利用裝置快速將弦做更換。一般電吉他拾音器所產生的電壓大約 0.5-0.8mV，但是 Arduino 類比接腳只能接收 0V 到 5V 來判斷高低位，因此我們利用正相放大器將訊號放大到將近理想值 $\pm 2.5V$ ，再發送訊號進入 Arduino analog 輸入腳位。本專題設計的裝置可以適用於所有種類的電吉他，可提供樂手快速且方便的調音流程，避免手動調音時所浪費的多餘時間，進而大幅增加了演奏與練習的效率。

關鍵字：拾音器、自動調音、重新調音、快速換弦

Abstract

We have successfully implanted an automatic tuning system for electric guitar. The tuning of commercial pickup device must be adjusted by hand. According to the pitch value displayed on the monitor of tuner, the user tune the machine head to get the same pitch. Repeat these steps until all strings were tuned completely. Such a process is time consuming and cumbersome. In order to avoid wasting too much time at the console, we designed specifically an automatic tuning device for electric guitar. The motor will be tuning the strings to the correct tightness

automatically. Compared with the pickup, automatic tuning system can greatly reduce the time and upgrade tuning accuracy. In addition, our developed automatic tuning system can also switch the tone you want to play. Users only need to set up in advance before tuning, automatic tuning system will be able to do in accordance with the selected tone tuning. In addition to automatic tuning functions, we can also design a chord quickly tighten and release functions. When the string breaks or rust, the user can use this device to quickly replace string. Generally, the required voltage of pickup is about 0.5-0.8mV. However, the range to judge the low-high voltage level for Arduino is from 0-5V. Therefore, the required voltage was amplifier to around $\pm 2.5V$ of setting voltage, and then send the signal into the Arduino analog input pin. The topic of designed device can be applied to all kinds of electric guitar. The provided quick and easy tuning process can save unnecessary wasted time, thereby dramatically increasing the performance and efficiency of practice for musicians.

Keywords: Pickup Device, Automatic Tuning, Re-tuning, Fast Changing Strings

1. 前言

吉他早在 19 世紀已經很普遍的樂器，但是吉他的音量小，通常只能做為伴奏的樂器，直到西元 1930 年吉他拾音器的發明後，電吉他便成為各種音樂風格演奏的重要角色，而電吉他的演奏方式以及其音效的多變性更為人們所吸引並學習。至今不管是深受年輕人熱愛的搖滾樂，或是讓人放鬆舒適的爵士樂。因此在這樣一個時代，我們決定提升吉他調音的便利性，讓熱愛音樂的人們能因此而更加地享受練習；對電吉他的演奏有更深一層的熱忱。

踏入電吉他的最出門檻是調音，初學者常因為調音的問題而卻步。因此，我們製作出一個自動調音系統，此裝置的功能為自動將樂器調音至正確音準，利用接收樂器的頻率訊號決定調音方向及幅度，以方便使用者不管是練習或者演奏時，能更快

速且準確將樂器音準重新校正，並馬上進入狀況開始練習及表演。由於接收的數位訊號精度準確並且與裝置調音馬達相對應並同步執行，因此其調整偏移值得精確度比人為調音更為精準，不必擔心調音後仍不對調的問題。

2. 實驗方法

Arduino 互動程式開發的設計師 Amanda Ghassaei 在研究中提出[1]，若直接將音訊發送進 Arduino，所轉換出的電壓波形會輸出以零為中心的 $\pm V$ 訊號，但 Arduino 類比接腳只能接收 0V 到 5V 來判斷高低位，且透過外接音訊所發送進裝置的電壓訊號通常很微弱(通常為 200~250mV)，因此在開發上必須調整電壓。我們運用 TL082 和電阻將訊號做非反相放大，所以我們選用 22k 歐姆和 100k 歐姆來做訊號的放大，當訊號通過電阻時得到放大倍率為 $1+100/22=4.6$ ，能將原本的訊號放大 4.6 倍左右，這樣壓值會被放大到 $\pm 2.3V$ 接近理想值 $\pm 2.5V$ 。

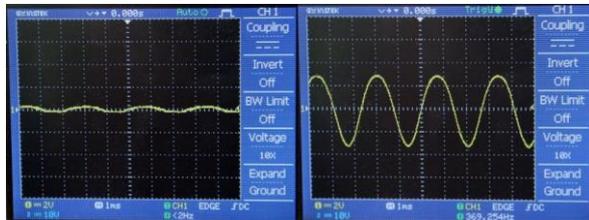


圖 1. 訊號波形放大前後差異圖

然後根據她提到可用 2 個電阻串聯做分壓並用電容將訊號中心偏移。運用了 2 個 100k 歐姆的電阻和 10uF 和 0.1uF 的電容，先將 Arduino 5V 電壓做分壓後得 2.5V，在經放大器後連接 10uF 和 0.1uF 電容輸出進入 A0 腳位，藉此將送進的電壓訊號中心點偏移置 2.5V 左右。

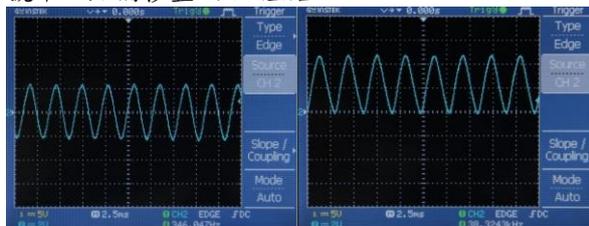


圖 2. 訊號波形偏移前後差異圖

最後利用 ADC Timer interrupts 計算出正弦波的頻率，方法是透過 A0 連續採樣，每經過中心值 2.5V(8 位元訊號為 127)且斜率也為上升狀態，則儲存那個位置點並使 timer 值增加，並在下一次經過且斜率也是上升狀態時回傳 timer 值，此時計算出的就是訊號的週期。因為基本音頻訊號採樣頻率約為 38.5kHz，且 ADC 轉換需要花費 13 個時間週期(clock)，因此我們將 ADC 計數器頻率在編手動設定為 500kHz 得到接近我們所需的採樣頻率(500/13 約等於 38.5kHz)，而將算出的採樣頻率除上計算出的 timer 值就可得出訊號的頻率值。

```
prevData = newData;
newData = ADCH;//將讀取新的值放進A0
if (prevData < 127 && newData >=127){ // 當斜率上升且經過中點2.5V
    period = timer;//儲存週期
    timer = 0;//timer歸零
}
timer++;
```

圖 3. 頻率計算程式碼

2.1 系統電路圖

本系統利用 TL082 放大電路將原本接收到的電壓訊號放大到 5V(p-p)範圍內，並利用 DC 直流偏移將原本 0V 偏移至 2.5，供 Arduino 類比訊號 A0 腳位接收並運算。

8、9、10、A3、A4、A5 腳位為最粗到最細弦所對應到黃色 LED 位置。12 腳位為大按鈕來控制回到上一個要調音的弦。5、11 腳位為小按鈕控制馬達正反轉(鬆緊弦)。2、3、4 腳位對應到 6 段波段開關 1、2、3 位置來做切換調性使用。

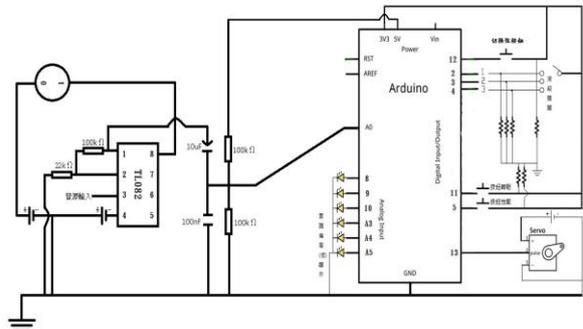


圖 4. 自動調音系統電路圖

2.2 系統工作流程圖

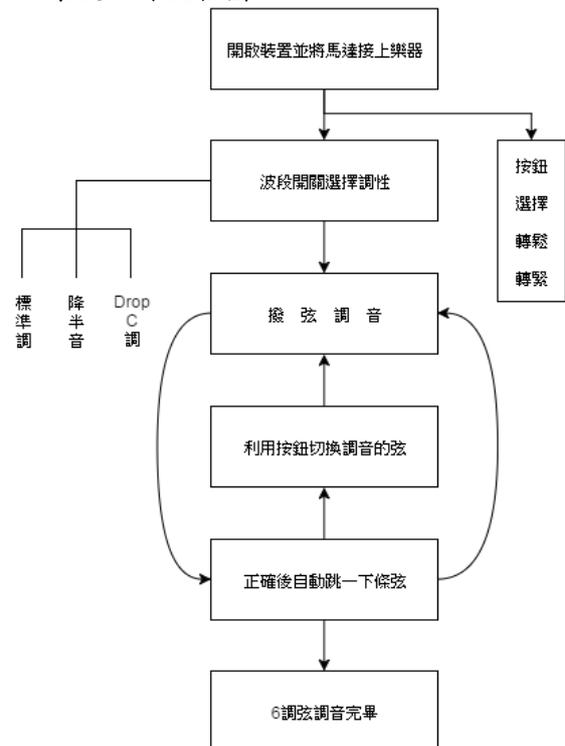


圖 5. 自動調音系統工作流程圖

2.3 系統功能

- (1)自動調音
- (2)多組調性可以選擇
- (3)快速鬆緊弦來更換新弦
- (4)手動更換條音的弦

表 1. 與一般市售調音器做比較

	一般市售調音器	自動調音器
調音速度	慢	快
準確度	普通	準確
調音方式	手動調音	自動調音
系統化	單純調音	整合許多功能與調音
更換弦速度	慢	快
CP 值	低	高

3. 研究成果及討論

接收頻率部分，我們利用程式碼分析發送進 Arduino analog 輸入腳位的訊號並進而確定音訊頻率。頻率取樣範圍設為 38.5kHz(可接收任意波形)，並利用接收進來的訊號所生成的正弦波峰對峰值檢測頻率，並藉由 loop 迴圈不斷讀入新的頻率值以做為持續判斷條件的參數。

自動調音部分我們藉由編譯進 Arduino 的程式計算出頻率，並將頻率值與預先設定好的正確音頻值做比較，進而驅動伺服馬達正反轉，以達到自動調音的效果。而裝置開啟時是由最粗弦開始調音，調至對應的黃燈閃爍時表示音準正確並調音完畢，閃爍完時裝置將會自動切換亮下一顆燈，表示可開始為下條弦做調音，依序進行即可完成 6 條弦的調音動作。使用者也可利用大按鈕切換燈號，以控制當前要調音的弦。

而切換調性的部分，我們利用 6 段切換開關連接 Arduino 作 loop 迴圈判斷，藉由開關狀態決定 6 條弦在特定調性的正確頻率，而設定常用調性有三種：吉他標準調性、全弦降半音以及 Drop C 調，設定完畢後即可繼續調音步驟，裝置將會自動依照使用者設定好的調性調音。

3.1 成果展示

在馬達部分，必須考慮到旋轉吉他旋轉扭力以及連續旋轉的問題，因此在步進馬達被屏除。我們使用伺服馬達，並藉由頻率判斷角度。另一個必須克服的問題是，伺服馬達只能定位 0~180 度，因此必須調整伺服馬達可以依據訊號調決定旋轉方向以及轉速，進而順利達到快速調音的目的。

在操作方面，首先將電吉他導線插入我們自動調音器的音源輸入插孔，並開啟電源，如圖 6 所示。



圖 6. 音源輸入及開啟裝置圖

開啟裝置後第一顆黃色 LED 會亮起，表示可以開始從吉他中最粗弦，第 1 條弦，調到最細弦，第 6 條弦，並利用波段開關來選擇當前想要調音的調性組合，可選擇 3 種不同調性，如圖 7 所示。調性分別為：

- (1)標準調
- (2)降半音
- (3)Drop C 調



圖 7. 燈亮起後選擇調性示意圖

如圖 8 所示，將馬達套上電吉他的旋鈕並彈撥要調音的弦，持續彈播直到黃色 LED 閃爍 3 次表示已經調到正確音準，黃色 LED 會跳至下一個與下一條弦所對應的燈，如圖 9 所示，繼續下一條弦的調音，依序將 6 條弦調至正確音準即可完成調音。



圖 8. 馬達連接電吉他示意圖



圖 9. 跳至下一條弦對應黃色 LED 燈示意圖

如圖 10 所示，也可利用大按鈕切回到上一條弦對應到黃色 LED 燈的燈號，重新做調音動作。

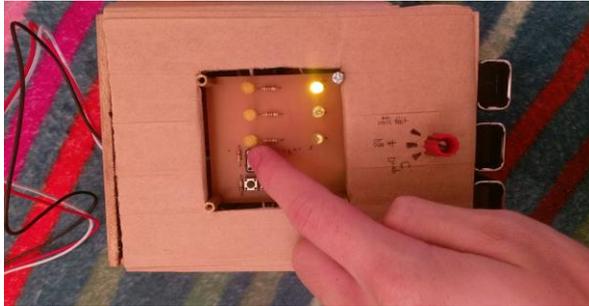


圖 10. 大按鈕示意圖

為了快速更換弦，如圖 11 所示，我們額外增加了兩個小按鈕分別用來將弦轉緊或轉鬆，提高更換電吉他上弦的效率。將馬達套上電吉他的旋鈕，按下對應的小按鈕即可調整馬達正反轉讓弦可以變緊或變鬆。



圖 11. 鬆緊弦示意圖

4. 結論

透過設計互動式產品提升人們的生活效率以及品質一直是科技業相當重視的領域之一。經過這次的開發研究，讓我們認識到許多有關 Arduino 設計與應用方面的知識，並且對於互動式系統設計產生了許多想法以及興趣。

我們已經成功開發出電吉他自動調音器。藉由這次的開發，可以讓初學者可以快速的調音，幫助初學者可以跨越學習電吉他的門檻。市售的調音器除了安裝附雜外，必須手動調弦以及自己確認音準等因素都會讓初學者卻步。我們開發的電吉他調音器具有(1)自動調音，(2)可選擇多組調性，(3)可快速鬆緊調音等功能，讓學習電吉他更具方便性。

5. 參考文獻

- [1] Amanda Ghassaei – Arduino Frequency Detection <http://www.instructables.com/id/Arduino-Frequency-Detection/?ALLSTEPS>. Young, The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [2] Arduino <https://www.arduino.cc/>
- [3] Arduino Guitar Tuner – nikoala3 <http://www.instructables.com/id/Arduino-Guitar-Tuner/>
- [4] 楊明豐 著
Arduino 最佳入門與應用：打造互動設計輕鬆學 / 楊明豐著
- [5] 孫俊榮 著
最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手 / 孫駿榮, 吳明展, 盧聰勇著
- [6] Karvinen Tero 著
Make:Arduino 機器人及小裝置專題製作 / Tero Karvinen, Kimmo Karvinen 著; 莊啓晃, 黃藤毅, 莊雯琇譯
- [7] 伺服馬達 <http://yehnan.blogspot.tw/2013/09/arduinotower-pro-sg90.html>