

# 腦波訊號之 LED 顯示硬體實作與腦波儀應用程式開發教學教材編撰

施再繁  
朝陽科技大學助理教授  
e-mail :  
tfshih@cyut.edu.tw

林建豪  
朝陽科技大學研究生  
e-mail :  
s10227620@cyut.edu.tw

## 摘要

本論文說明腦波儀的硬體應用實作與教學教材編撰，採用美商神念科技的 MindWave Mobile 腦波儀，作為範例程式實作的腦波檢測設備，使用 Visual Studio Express 2013 開發工具並且選擇 C# 語言作為軟體開發的程式語言，透過應用程式實作，帶領讀者了解腦波儀應用程式之開發概念，過程中將學習如何以 C# 程式語言撰寫與腦波儀通訊的技術以及如何應用腦波訊息，其中通訊技術包含藍芽通訊、序列埠通訊、神念科技提供的技術，本論文最後介紹腦波儀教學教材，目的是希望初學者可藉由本教材輕鬆入門。

**關鍵詞：**腦波、腦機介面、腦波儀、藍芽通訊、序列埠通訊。

## Abstract

This paper describes the implementing application and teaching materials compiled of electroencephalography (EEG) biosensor. We using NeuroSky's MindWave Mobile EEG biosensor as an example operation of brainwave testing equipment, using Visual Studio Express 2013 development tool and choose C # language as a programming language for software development, through operating the application, we hope to lead readers to understand the development of the concept of EEG applications. The process will to learn how to write in C# language and the communication technology of EEG and how to apply the brainwave information, which contains the Bluetooth communication、serial port communication and ThinkGear Technology. At the end, the paper will describe the teaching materials of EEG, the purpose is to hope beginners can getting started easily with this teaching material.

**Keywords:** EEG, Brain-computer interface (BCI), Bluetooth communication, Serial port communication.

## 1. 前言

自從德國醫師漢斯伯格(Berger, Hans)於 1929 年發表了腦電波圖(Electroencephalogram, EEG)，腦神經科學研究開啟了新的階段，經過多年科學家與專家的研究，發展出許多腦波分析擷取的系統 [1]，稱為腦機介面 (Brain computer interface, BCI)，首次期刊提出是在 1973 年 [2]。

腦電波圖的波形不規則，其頻率變化範圍約在 1~30Hz 之間，依頻率之不同依序由有意識狀態到無意識狀態來區分大致可分為 Beta( $\beta$  波)、Alpha( $\alpha$  波)、Theta( $\theta$  波)和 Delta( $\delta$  波)四大類，歸納如表 1。

表 1 腦波各頻率之特性表

種類	頻率(Hz)	特性
$\beta$ 波	14~26	$\beta$ 波為優勢腦波時，對積極的注意力提升、認知行為的發展有關鍵性的幫助。
$\alpha$ 波	8~13	$\alpha$ 波為優勢腦波時，腦的活動活潑，是一種適合學習與思考的最佳腦波狀態。
$\theta$ 波	4~7	$\theta$ 波為優勢腦波時，意識狀態近似「入定」，可觸發深層記憶，對強化長期記憶有極大的幫助。
$\delta$ 波	0.5~3	$\delta$ 波為優勢腦波時，為進入深度熟睡之無意識狀態，是影響睡眠品質好壞的重要指標腦波狀態。

其中  $\beta$  波頻率落在 14~26 Hz 間，波幅為 5~20 微伏，為一種低振幅的快速腦波，屬於有意識狀態下動作時所呈現的腦波，常出現在清醒、思考、焦慮、運算時，是一種緊張狀態波， $\alpha$  波落在 8~13 Hz 頻率間，波幅為 20~100 微伏，為介於有意識與潛意識間的行為所量測到的波形，猶如意識與潛意識間的橋樑， $\alpha$  波在人意識清醒且身體處於放鬆狀態時， $\alpha$  波會展現為優勢腦波，屬於一種鬆弛狀態波， $\theta$  波的頻率則分佈於 4~7 Hz 間，波幅為 100~150 微伏，屬於潛意識行為下所反應出來的腦波，為一種忘我狀態慢速腦波， $\delta$  波的頻率落在 0.5~3 Hz 間，波幅為 20~200 微伏，為高振幅的慢速腦波，主要發生在深度熟睡時，屬於無意識動作之波形展現，是一種睡眠狀態波。

傳統腦波檢測工具屬於高精密科技，必須在無干擾的環境下才能使用，並且配戴過程相當不方便，傳統腦波儀檢測腦波的方式為在頭頂部貼上若干電極或者配戴專用的電極帽，電極帽外形有些像碗，有些又像一個佈滿圓點的花游泳，帽上覆蓋許多電極片，看起來很不時髦，傳統腦波儀配戴時，需要在電極和頭皮上一一塗上凝膠，配戴的過程非常耗時，以 32 個檢測感應點的傳統腦波儀而言，黏貼 32 個感應點約需耗費 2 小時，因必須連接專用的測量儀器進行數據測量和分析，而且線路非常複雜攜帶不便，故通常需要在專用的實驗室進行檢測，傳統腦波儀價格非常昂貴，不易取得，設備成本和線路纏繞等種種限制，使其實用性亦大大的受到限制，因此阻礙了許多腦波應用以及研究的發展。

近年來美商神念科技公司(NeuroSky)設計了一系列耳機型或頭戴式方便穿戴、非侵入性乾式生物訊號感測之腦波儀設備 MindWave Mobile[3] (如圖 1)，相關產品主要是透過 ThinkGear™ 技術[4]，實現對腦電波訊號的採集和分析，使得腦電波數據採集不再侷限於實驗室，只需一部筆記型電腦或一支手機，就可以在任何地方即時監測到腦波數據，程序非常簡易且方便，因而各種創新的應用也隨之如雨後春筍般應運而生[5-6]。

2009 年澳洲臥龍崗大學做了一個大規模的實驗，針對 128 個兒童進行五個星期的專注力與衝動控制訓練，這些兒童中有一般兒童以及經診斷為亞型注意力不集中型過動症 ADHD 兒童，並把這些兒童分為實驗組、比較



圖 1 方便穿戴式腦波儀示意圖

組與對照組三組，比較組接受一般傳統專注力訓練，對照組則不加以訓練，當實驗組的兒童戴上腦波耳機，訓練隨即展開，它是一種經由腦波操控軟體的訓練方式，在與遊戲軟體的互動過程中，隨時顯示兒童的專注狀態與放鬆狀態，並適時給予兒童提示及回饋，實驗結果發現，搭配腦波耳機與遊戲互動訓練後，對注意力不集中型的過動兒童在行為上以及學習能力上都有改善。

因此，全新的腦波時代來臨，本論文為了幫助更多人能夠輕鬆入門，設計了一個腦波儀應用程式與硬體設備，透過範例說明腦波儀應用程式開發概念，並且將所有詳細過程撰寫於教學教材中，讓初學者跟著教材的腳步實作出腦波儀應用程式。

## 2. 相關技術

腦波儀應用程式開發，在電腦程式設計領域中，必須具備撰寫資料通訊之技術，分別為序列埠通訊、藍芽通訊，以及 ThinkGear 技術，ThinkGear 技術為腦波儀開發商所提供，其中包含藍芽與序列埠通訊技術，開發腦波儀應用程式只要學會運用 ThinkGear 中的函式配合 C# 即可。

### 2.1 序列埠通訊

首先，本節將介紹如何以 C# 來撰寫序列埠傳輸程式，在撰寫序列埠傳輸程式時，將會使用到 .NET Framework 之 System.IO.Ports 命名空間(namespace)中與序列埠傳輸相關之內建 SerialPort 類別函數庫[7]，SerialPort 類別提供了有關處理序列埠輸入和輸出的資源，在使用 SerialPort 類別之前，必須在專案的程式碼編輯視窗的最上方，加入引用 System.IO.Ports 命名空間的敘述，後面才能順利宣告各種相關的物

件及使用各種相關的函式，而引用 System.IO.Ports 命名空間的敘述如下：

```
using System.IO.Ports;
```

引用 System.IO.Ports 命名空間之後，接下來即可進行 SerialPort 物件變數宣告與建立 SerialPort 物件，相關敘述如下所示：

```
System.IO.Ports.SerialPort 物件名稱;  
物件名稱 = new SerialPort();
```

SerialPort 類別常用方法與屬性的說明如表 2 所示，利用這些函式即可寫出各種序列埠控制程式，以控制序列埠或和序列埠進行資料的收送。

表 2 SerialPort 類別常用方法與屬性表

方法	說明
Open()	開啟新的序列埠連線。
Close()	關閉已建立的序列埠連線，將 IsOpen 屬性設為 false，並釋放內部 Stream 物件。
GetPortNames()	取得電腦中有效序列埠名稱的陣列。
WriteLine()	將指定字串和 NewLine 值寫入輸出緩衝區。
ReadLine()	讀取輸入緩衝區 NewLine 值之前的內容。
屬性	說明
BaudRate	存放序列傳輸速率值，可用以取得或設定序列傳輸速率。
CDHolding	對一個序列埠取得該載體線路的狀態，若無載體，通常表示，接收端終止連線，或載體已被卸下。
CtsHolding	取得 Clear-to-Send 線路的狀態，CTS 用於 (RTS/CTS) 硬體交握，再傳送資料之前，序列埠會查詢 CTS 線路。
IsOpen	取得 SerialPort 物件開啟或關閉狀態。

## 2.2 藍芽通訊

MindWave Mobile 耳機式腦波儀使用藍芽與電腦通訊，因此使用腦波儀前，電腦與腦波儀必須先手動藍芽配對以新增裝置，而新增腦波儀裝置前，必須確認該電腦具備藍芽介面卡，大部份的桌上型電腦沒有內建藍芽介面卡，因此必須新增一張介面卡至電腦上，筆記型電腦大部份有內建藍芽介面卡，但通常處於關閉狀態，因此必須將它開啟，確認電腦已經安裝藍芽介面卡後，開啟【裝置和印表機】，按下【新增裝置】，此時若腦波儀為配對狀態即可在視窗中發現 MindWave Mobile 裝置，選取後按下【下一步】，出現要求輸入配對碼，請輸入 0000，配對完成後電腦將自動安裝驅動程式，等待驅動程式安裝完成後表示成功新增腦波儀裝置。

當新增 Bluetooth 裝置至電腦時[8]，這通常會建立連入 COM 連接埠和連出 COM 連接埠，連入 COM 連接埠允許裝置連線到電腦上的程式，而連出 COM 連接埠則允許電腦上的程式連線到裝置，通常只需要使用其中一個 COM 連接埠，意思是當藍芽配對完成後，傳輸資料的過程與序列埠通訊相同，因此在藍芽配對完成後，可以使用上一節序列埠通訊方法設計程式。

## 2.3 ThinkGear

神念科技將 ThinkGear 技術公開於網際網路中，提供各界程式設計師參考，它們所開發的腦波儀中，都嵌入了 ThinkGear 晶片，因此若想得到腦波儀所檢測的腦波資料，必須先了解 ThinkGear 晶片是如何運作，ThinkGear 晶片主要工作為檢測腦電波訊號，並透過藍芽將腦電波訊號傳輸至接收端，也就是電腦、智慧型手機等，訊號傳輸至電腦後，利用神念科技提供的 ThinkGearNET 函式庫對訊號解碼，即可獲得腦的各種數值，如前面所提到 Beta ( $\beta$  波)、Alpha ( $\alpha$  波)、Theta ( $\theta$  波) 和 Delta ( $\delta$  波)，並且還有專注值與放鬆值，下表 3 列出 ThinkGearNET 函式庫中常用之屬性與方法。

表 3 ThinkGearNET 常用方法與屬性表

方法	說明
Connect ( )	執行連接腦波儀，當連線成功時，持續接收腦波儀所傳遞的訊息。
Disconnect ( )	中斷與腦波儀的連線
屬性	說明
ThinkGearState	內含三名成員，分別是專注值、放鬆值、雜訊值。
事件	說明
ThinkGearChanged	每當腦波儀傳輸訊號時，觸發事件並且接收訊號、解析訊號。

### 3. 腦波訊號之 LED 顯示硬體實作

腦波儀的應用將隨著腦神經科學的發展，而越來越廣泛，設想當腦波儀設備戴在頭上時，若能操控周邊電子設備，肯定是一件有趣的事且相當高科技，就目前 MindWave Mobile 腦波儀而言，雖然還不能解析大腦訊號進而控制周邊電子設備，但可以做到將腦波訊號顯示於周邊設備的顯示器中，本章將使用硬體電路板中的顯示器顯示腦波儀的狀態，其架構如圖 2 所示，由腦波儀、電腦、LED 顯示電路板組成，設計過程將分兩個階段，第一階段是腦波儀與電腦之間的通訊，第二階段是電腦與 LED 顯示電路板之間的通訊。

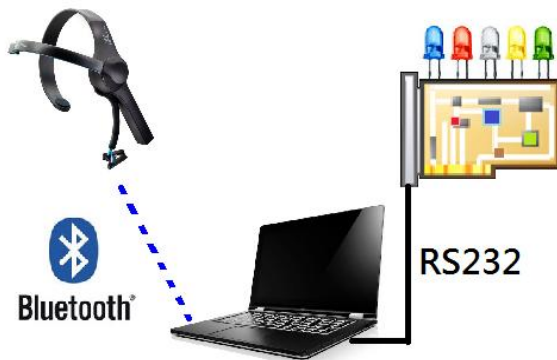


圖 2 腦波訊號之 LED 顯示硬體實作架構圖

#### 3.1 腦波儀與電腦之間的通訊

如前所述，腦波儀中有 ThinkGear 晶片，負責測量腦電波訊號以及透過藍芽將訊號輸出，因此這一個階段首要步驟是配對電腦與腦

波儀，當配對完成後，透過序列埠通訊技術接收腦波儀輸出的腦電波訊號，腦波儀與電腦之間的通訊流程如圖 3 所示。

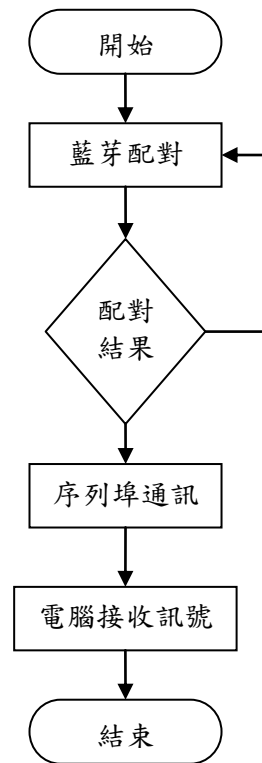


圖 3 腦波儀與電腦之間通訊流程圖

藍芽配對方法已於第 2 章描述，接下來將詳細說明序列埠通訊，當腦波儀新增至電腦上時，可以使用 GetPortNames 方法將其 ComPort 搜尋出，GetPortNames 將回傳電腦上所有可用的序列埠，接下來使用 Open 方法將所有可用 ComPort 開啟並取得 CtsHolding 屬性狀態，此時連接腦波儀的 ComPort 之 CtsHolding 屬性必定為 true，因此透過以上步驟可以自動確認腦波儀 ComPort，接下來使用 Close 方法關閉 ComPort，以免使用 ThinkGearNET 函式中的連線方法時產生錯誤，ThinkGearNET 中的連線方法 Connect 有三個參數分別為 ComPort、鮑率，同步旗標，其回傳值為布林值，表示連線成功或失敗，ComPort 為上述自動偵測出的腦波儀 ComPort，鮑率為 57600，同步設定為 true，當連線成功時，腦波儀將不間斷的傳輸腦電波訊號，可以訂閱 ThinkGearNET 中的訊號更新事件來解析訊號，並將其顯示到電腦螢幕中，其中連線品質值、專注值、放鬆值都可以在 ThinkGearState 屬性中找到。

### 3.2 電腦與 LED 顯示电路板之間的通訊

到目前為止，腦波儀的訊號正不間斷的傳輸至電腦中，所以接下來的目的是將電腦上已被解析的訊號使用字串的方式傳輸給 LED 顯示电路板，而通訊介面使用的是 USB 轉 RS-232 有線連接的方式，只要在電腦中安裝上驅動程式，電腦將配給一個 ComPort，與藍芽通訊相同，可以使用序列埠通訊進行資料傳遞，首先是使用 Open 方法開啟 ComPort，接下來使用 WriteLine 方法將腦波訊號以字串的格式傳輸，LED 顯示电路板中將有 IC 負責接收並將其轉換成 LED 控制訊號，電腦與 LED 顯示电路板之間的通訊流程如圖 4 所示。

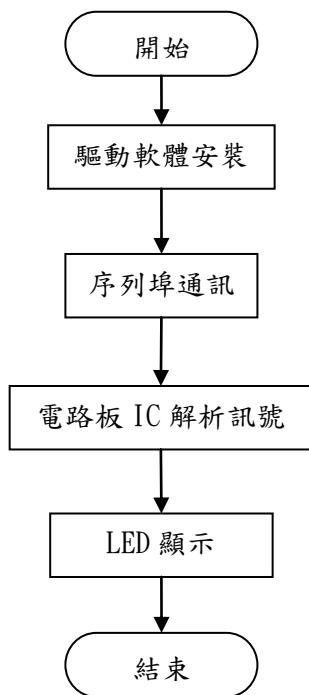


圖 4 電腦與 LED 顯示电路板之間的通訊流程圖

當電腦使用序列埠傳輸訊號給 LED 顯示电路板時，LED 顯示电路板上負責接收的 IC 必須先撰寫程式碼，主要目的是設定兩者間的通訊有相同的格式，例如電腦端傳送的字串資料為 "P0A5M3" 表示，通訊雜訊 0 專注值 50 放鬆值 30，所以 IC 首要任務是擷取英文字母後一位的字元，然後將截取的字元轉換成對應的控制訊號。

### 4. 實驗與結果

實驗使用神念科技 MindWave Mobile 腦波

儀作為腦電波訊號檢測設備，電腦作業系統為 Windows 7，採用 Visual Studio Express 2013 開發環境，硬體選用 8051 晶片與 LED 來製作，將其分為兩個部分 8051 电路板與 74595 顯示板，材料如表 4 所示：

表 4 硬體材料表

8051 电路板		
材料	規格	數量
電阻	220Ω	2
電容	10 μF	1
IC	AT89S51 或 AT89S52	1
排針	2.54 排針(公)*1Pin	3
電容	20pF	2
LED	一般型 LED	2
石英震盪器	石英震盪體 24MHz	1
按鈕	插板式按鈕	1
74595 顯示板		
電阻	220Ω	20
IC	74HC595	3
LED	LED 排*10 顆	2
排針	2.54 排針(公)*1Pin	3

8051 电路板電路圖如圖 5 所示，負責接收電腦端訊號，电路板上的晶片將電腦所傳輸的字串轉換為 LED 燈控制訊號，最後傳送給 LED 顯示电路板。

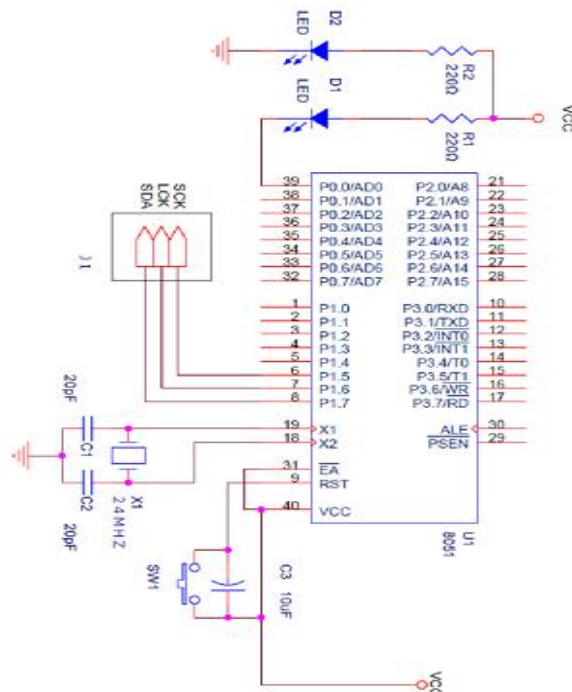


圖 5 8051 电路板電路圖

顯示電路板如圖 6 所示，工作較 8051 電路板單純，只需接收 8051 電路板之控制訊號，最後依造訊號輸出即可 LED 產生明與暗的結果。

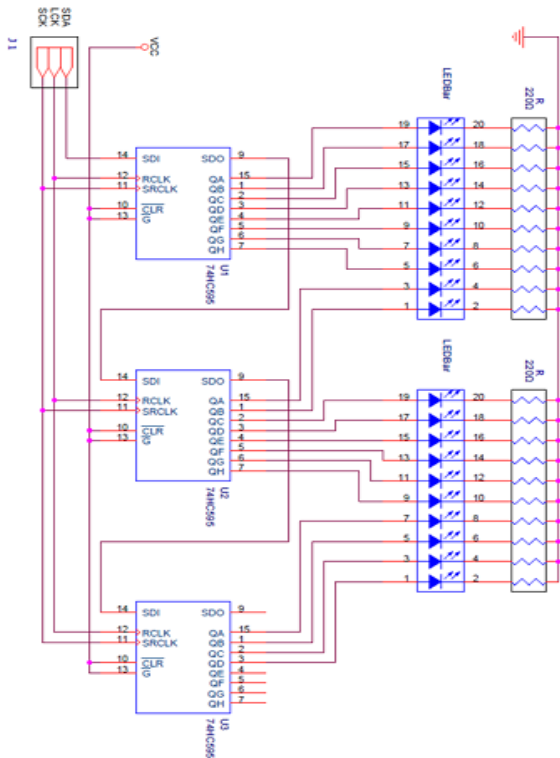


圖 6 74595 顯示電路板電路圖

8051 電路板中的晶片程式碼工作為讀取電腦所傳輸的訊號，並將訊號轉換成 LED 訊號，透過 LED 顯示板顯示腦波的專注與放鬆值。

啟動程式後，選擇電腦所對應的 RS-232 序列埠，按下 RS-232 連線與腦波儀連線，若腦波儀連線正常，則可看見連線狀態以及腦波儀所傳回的資訊，雜訊、專注、放鬆，如下圖 7 所示。

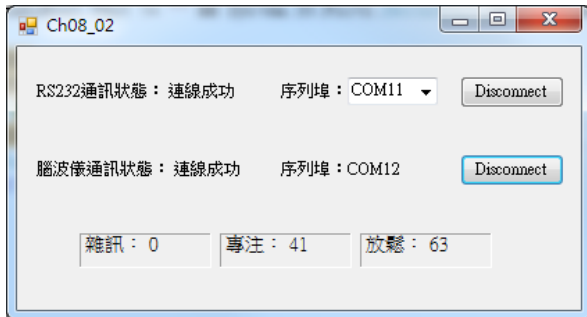


圖 7 電腦端介面示意圖

同時電腦將腦波儀的資訊以序列埠的方式傳輸至硬體顯示板上，當然電路板上的 IC 有對應的程式碼命令以及參數，再將其轉換成顯

示控制訊號，圖 8 表示當硬體接收不同資料時顯示不一樣的結果。

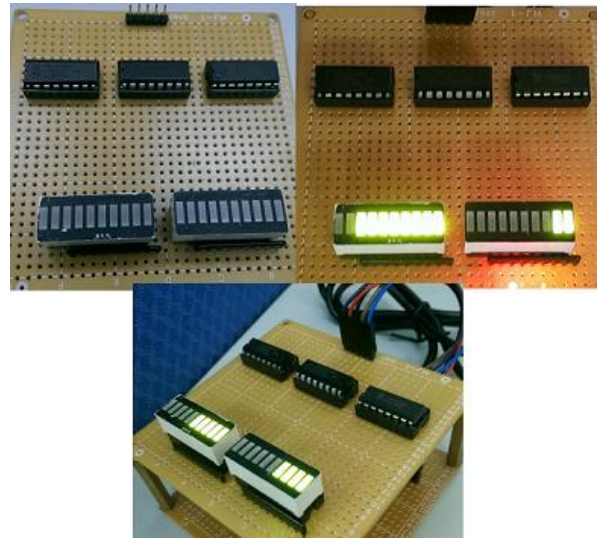


圖 8 電路板 LED 輸出示意圖

## 5. 腦波儀教學教材

雖然市面上已經有許多腦波儀相關的產品，但是腦波儀應用程式開發教學的相關資料卻很少，而腦波儀的領域範圍也尚未完全拓展[9]，當筆者完成上述腦波儀之硬體應用實作後，認為設計腦波應用程式，能使用這一個例子作為入門管道，因此開始撰寫腦波儀程式設計教學教材。

腦波研究涵蓋領域寬廣，如醫學、心理學等、資訊科學等等，同時滿足以上所述之知識背景的讀者屈指可數，但若只需滿足其中之一時，人數不計其數，因此本書於前段章節涵蓋各領域之基本概念，本書內容區分為三篇，第一篇涵蓋腦波與腦波儀的介紹、第二篇講述程式語言 C#與 C#開發環境，當讀者有了基本背景知識後，進入本書重點第三篇，循序漸進的說明如何開發腦波儀應用程式。

### 5.1 第一篇：腦波與腦波儀

本書第 1~2 章節是介紹腦波與腦波儀，第 1 章包含腦波的歷史、腦波的頻率、偵測腦波的方法、腦波檢測工具的改變，以及近代腦波科技發展下的產品，因本書使用的腦波儀設備是神念科技的 MindWave Mobile 腦波儀，第 2 章中詳細介紹如何使用腦波儀設備，包括腦波儀基本構造、Windows 7、8 作業系統版本的藍芽配對方法以及手持式設備藍芽配對方法。

## 5.2 第二篇：C#程式語言與開發環境

本書第 3 章是程式語言的基礎，Visual Studio Express 2013 的安裝使用和如何建立 C# Windows 應用程式。

第 4 章是 C#語言的所有基礎概念，變數、資料型別、運算子、輸入輸出介面、流程控制，筆者使用 Windows 應用程式範例說明，其中輸入輸出介面特別挑選腦波程式設計使用的控制項來說明，因為 C#內容非常多，故本書只能撰寫後段章節將使用到的工具與概念。

## 5.3 第三篇：腦波儀應用程式開發

第 5 章是腦波程式設計最重要的核心，System.IO.Ports 命名空間(namespace)中的 SerialPort 類別與神念科技公司 ThinkGear™技術都撰寫在第 5 章之中，透過範例分部解說的方式，讓讀者循序建立程式碼，了解運作架構。

第 6~7 章是插入許多腦波儀應用程式範例，由難易度不同而分別分配，第 6 章的部分屬於基礎；第 7 章的應用程式則較為生動有趣，不僅為讀者提供程式碼的撰寫方法，也提供啟發讀者創新創意的想法。

第 8 章是本書開始撰寫的目的，腦波儀配合硬體產品，將第 5~7 章所學的技術通通彙整，追加硬體設計後完成的章節，再次提醒讀者腦波儀應用可以相當廣泛。

## 6. 結論

本論文透過實作方式介紹腦波儀應用程式開發概念，並提出腦波儀應用程式開發之教學教材，目的是促使腦波科技加速發展，教學教材使得所有腦波儀應用程式設計初學者能夠快速入門，其原因有二點，第一點教學教材包含腦波與程式設計之背景知識，第二點教材中含有大量範例，並且大型範例被分解成許多小範例，使讀者能夠循序漸進理解設計過程。

本書目前所撰寫的內容已經可以設計出腦波應用程式，但 ThinkGear 中的函式使用量仍

然太少，未來會繼續增加更多 ThinkGear 函式解說，以及增添新範例，硬體電路部分，未來會加入 Arduino 開發板設計更多範例，目前全書已完成 225 頁，且與科技股份有限公司簽下教材編撰產學合作案，進入最後校閱階段，相信不用太多時間就能出版。

## 參考文獻

- [1] 腦機介面-維基百科，自由的百科全書 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%84%91%E6%9C%BA%E6%8E%A5%E5%8F%A3#.E9.9D.9E.E4.BE.B5.E5.85.A5.E5.BC.8F.E8.84.91.E6.9C.BA.E6.8E.A5.E5.8F.A3>.
- [2] J.J.Vidal, "Toward direct brain-computer communication," Annual review of biophysics and bioengineering, vol. 2, pp157-80, 1973.
- [3] NeuroSky - MindWave Mobile [http://www.braincorner.com.tw/?product=min\\_dwave\\_mobile\\_starter](http://www.braincorner.com.tw/?product=min_dwave_mobile_starter).
- [4] NeuroSky-ThinkGear developer program <http://developer.neurosky.com/docs/doku.php?id=start>.
- [5] 廖允在，腦波即時監控系統開發—音樂對腦波影響之案例研究，國立雲林科技大學，電子工程系碩士班，碩士論文，2007 年 6 月。
- [6] 張蕪英、林炆生、張韶芹、劉崇志、陳國志、楊文鎮，植基於無線腦波儀之心境模式判讀與應用，2009 第 17 屆模糊理論及其應用研討會，pp. 463-466，2009。
- [7] SerialPort 類別 (System.IO.Ports)-MSDN <https://msdn.microsoft.com/zh-tw/library/system.io.ports.serialport%28v=vs.110%29.aspx>.
- [8] 新增 Bluetooth 裝置至電腦 <http://windows.microsoft.com/zh-tw/windows/7/add-a-bluetooth-enabled-device-to-your-computer>.
- [9] 陳昆顯、何淑君，“腦波儀研究在各領域之應用”，TANET2013 臺灣網際網路研討會-【論文集】，pp.1011-1016。