

簡介

這本書提供有關學習如何替 LEGO MINDSTORMS EV3 機器人編寫程式的應用。EV3 軟體是一種功能強大的工具，而這本書可以在你學習軟體編程技巧的過程中完成自己的程式時，教會你如何透過它獲得最大的效益。

本書適用的對象

本書提供給任何想要透過學習如何編寫程式來控制 EV3 機器人的讀者，無論你是一個年輕的機器人愛好者；一個教導孩子有關機器人的成年人；父母親；第一屆 LEGO 聯賽的教練；或是在教學上使用 EV3 的老師。我編寫這本書的目的之一就是為了讓青少年學生可以輕鬆取用這些資源，因此透過深入淺出的學習方式，來協助學生和教師了解 EV3 編程作業的來龍去脈。

先決條件

本書不管透過家用版或教育版的方式都可以適用，你會用一個單一功能的機器人來測試你的程式。在不同版本的程式之間只有幾個主要的差異，而且我會在適當的時間點個別提出來討論。所有在這裡提供的資料說明都可以適用於任一種版本。

使用本書時不需要具備任何編程的經驗。EV3 軟體的功能強大，而且使用起來相當方便，因此非常適合用它來當作第一次嘗試編程人員的入門工具。

透過這本書能學到些什麼？

本書著重的是 EV3 機器人的編程作業，而不只是機械方面的製作。書裡所有的程式不管是以一般通用機器人一起作業的理念為基礎，或者只是與 EV3 智慧型積木都可以適用。你將學習如何與 EV3 軟體的核心部分，例如積木、數據線、檔案和變數，以及如何讓這些零組件能夠協同作業。

另外你還可以學習到良好的編程習慣、應該避免的壞習慣、和程式除錯的方式，這些將有助於你能夠在編程的作業中享受箇中的樂趣，並且將你遭受挫折的感覺降到最低的限度。

在本書中，你會看到多種關於 EV3 專案循序漸進的指示與說明，包括用來幫助你了解 EV3 編程作業原理的小範例，以及用完整、複雜的程式設計來執行複雜的作業需求。過程中，你還會不時看到與編程相關的挑戰設計，這將會提醒你讓你可以自己的 EV3 編程作業裡完成探索，實踐你所學到的完整概念。

這本書首先介紹了你會用來編寫程式的 EV3 套件和軟體。其次是透過測試機器人的製作說明。接下來的幾個章節涵蓋了 EV3 軟體的基本認識，最後在第 7 章的程式裡完成一個迷宮的程式，接下來的幾個章節則涵蓋了更進階的語言功能，並且在本書裡完成了一個使用 PID 控制器來操控複雜的路徑追蹤程式。以下是你將在每個章節裡所學習到內容的概述。

第 1 章：樂高積木與機器人：一個完美的組合

第一章節簡要介紹了 LEGO MINDSTORMS EV3 軟體。同時還介紹了家用版和教育版之間的重要差異，以及它們對本書的影響。

第 2 章：EV3 的編程環境

本章節概略介紹了 EV3 軟體的功能。用兩個簡單的程式來示範程式的編寫方式並且在 EV3 環境裡執行該程式。本章節還包括了改變積木參數的基本常識，添加說明及使用端口（連接埠）的檢視視窗。

第 3 章：三輪機器人（TriBot）：測試機器人

在本章節中，你將製作 TriBot 測試機器人。你將在整本書的其餘的部分運用這種通用機器人來進行程式的測試。

第 4 章：動作

這一章節是關於 EV3 馬達及控制它們的積木。你將編寫設計幾個方案來顯示這些模組一般是如何使用的，並且指出一些常見的陷阱。

第 5 章：感測器

本章節包括 EV3 感測器：觸控、顏色、超音波、紅外線、陀螺儀、和旋轉感測器。你將會替每個感測器編寫範例程式，並學習如何使用端口（連接埠）視窗，在開發或執行程式時監控感測器的參數值。

第 6 章：程式流程

本章節著重在開關模組（它允許程式做出相關決定）及 loop 迴圈模組（它可以讓實驗項目重複某些選擇的動作）。你將使用這些程式流程模組製作一個簡單的路徑追蹤程式。

第 7 章：WallFollower 程式：迷宮導航

隨著 EV3 編程的所有基本功能的介紹，此刻，你將可以準備好開始處理更複雜議題。在本章節中，你將學習如何設計、製作，以及替一個大型牆面追蹤的程式進行除錯作業，讓你的機器人可以完成迷宮導航。

第 8 章：數據線

數據線是 EV3 編程裡最強的功能之一。本章節介紹了數據線的基本認識以及如何有效地使用數據線。範例程式顯示了如何使用數據線透過感測器取得的訊息，以及如何使用感測器來控制馬達。

第 9 章：數據線和開關模組

本章節介紹了當你使用數據線時可以使用開關的進階功能。你還可以學習如何使用數據線來進行數據移入及移出開關模組的作業。

第 10 章：數據線與 loop 迴圈模組

在本章節中，你將學習如何使用數據線與 loop 迴圈模組。你將編寫程式，讓機器人使用新的技術以矩形螺旋形圖案來進行搜尋，其中包括了迴圈計數器及 loop 迴圈退出的情況。

第 11 章：變數

本章節介紹的變數和常數模組。你會學習變數的添加和管理方式，及參數值的儲存與更新。

第 12 章：我的模組

我的模組是透過整合其他模組進而製作一個新模組的方式。在本章節中，你將學習如何製作我的模組並且在程式裡使用，以及在不同實驗項目中分享我的模組。

第 13 章：數學與邏輯

本章節介紹了處理數學和邏輯的模組：數學、邏輯、範圍、進位（Round）和隨機模組。當你提升前幾個章節的程式開發功能時，你將強化這些模組的進階應用。

第 14 章：EV3 光源、按鈕和螢幕

在本章節中，你將學習如何使用積木按鈕模組來控制程式，以及如何使用積木狀態指示燈來控制 EV3 積木上的彩色光源。你還會學習如何使用顯示模組，你會用它來設計一個簡單的繪圖程式。

第 15 章：陣列

本章節包括陣列，以及如何在 EV3 編程裡使用。你將開發一個讓你提供 TriBot 一系列可執行命令的程式。

第 16 章：檔案

本章節將介紹如何在 EV3 模組裡使用檔案儲存訊息、如何管理 EV3 的記憶體、如何在 EV3 和電腦之間傳送檔案。你將編寫一個使用檔案來儲存和恢復設定的程式。

第 17 章：資料登入

本章節中的程式介紹如何把 EV3 當作資料登入器使用。我將介紹有關資料蒐集和分析的基礎常識，你會使用資料登入來進一步了解移動轉向模組的作業方式。

第 18 章：多任務作業

EV3 可以透過並聯方式來執行多工多群組的模組。你將學習如何有效使用多序列功能，以及如何避免一些常見問題的發生。

第 19 章：透過 PID 控制的 LineFollower 程式

最後一個章節採用了先進的 EV3 編程功能來編製複雜的路徑追蹤程式。你會學習如何使用比例 - 積分 - 微分 (PID) 控制器來製作一個快速、準確的路徑追蹤裝置。

附錄 A：NXT 和 EV3 的相容性

本附錄將討論，如何結合舊型 NXT MINDSTORMS 產品與新型 EV3 組合的使用。

附錄 B：EV3 網站

本附錄提供一系列關於 EV3 編程的網站名單。

如何有效地使用本書？

為了充分利用這本書，你應該一步一步地透過書上內容的指示在你的電腦上練習範例程式的製作。編程是一種邊做邊學習的活動，透過程式的編寫與實驗的方式比你僅僅是閱讀課程裡的實驗能夠學習到更多的東西。

如果你能依序閱讀個別章節，它所提供的程式與相關的討論的設計最容易達到它所期待的結果。在前面的幾個章節裡提供了一些範例程式，接著在稍後的章節裡更深入探討讓你更進一步了解 EV3 的編程。當你閱讀到本書的結尾時，你將具備成為一位 EV3 專業級編程人員應有的知識與技能。

1

樂高積木與機器人： 一個完美的組合

歡迎來到機器人的世界，不久之前，你只能在一本不錯的科學小說中找到機器人的蹤跡。如今的機器人已經是非常實用而且可以執行很多重要的任務，例如探測遙遠的星球、偵查深海裡的火山、組裝汽車、以及執行醫療手術等作業。火星探險車－好奇號，如圖 1-1 所示。你還能夠在經銷商店裡買到機器人，它可以在你睡覺的時候幫助你打掃地板。

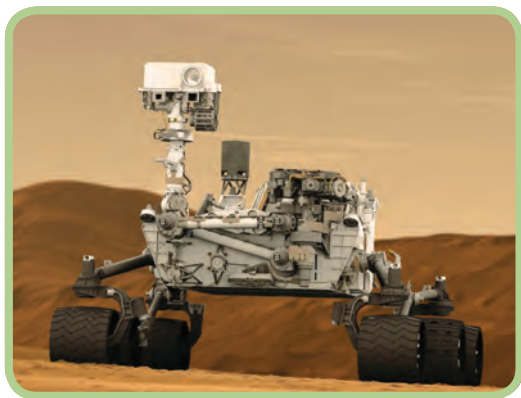


圖 1-1：火星探險車（感謝－美國國家航空暨太空總署 / 日本－加州理工學院所提供）

樂高 MINDSTORMS EV3

使用樂高 MINDSTORMS EV3 套件，就能夠製造你自己的機器人。實際上，你能夠製造各式各樣的機器人。可以製作簡單的機器人來了解你客廳周遭的環境，如圖 1-2 所示。



圖 1-2：客廳裡的探索者

EV3 套件可以帶給你許多的樂趣，而且它不只是一種玩具。國、高中的老師會使用此套件來教授自然科學及工程學。另外樂高集團還成立了一個教育單位－專司樂高教育領域，提供課堂上使用樂高產品教學的老師們教學上所需的資源。

在教育領域裡的比賽項目，包括了 LEGO 世界錦標賽（FLL）、世界機器人奧林匹亞賽（World Robot Olympiad）以及青少年機器人世界盃（RoboCup Junior）。世界各地的學生使用 MINDSTORMS 套件製作機器人嘗試解決指定的挑戰問題。

EV3 套件有兩種版本：家用版與教育版。家用版－樂高套件編號 #31313，在一般以大眾為主的經銷商店裡可購賣到。教育版－樂高套件編號 #45544，藉由樂高教育領域經銷商直接銷售給各級學校、教育學

樂高 MINDSTORMS EV3 軟體

EV3 軟體是一種圖形編程的環境，它包括了製作 EV3 機器人程式所需的各種工具。這種應用程式通常又稱為整合開發環境（或縮寫 IDE），EV3IDE 被視為是一種圖形編程環境，因為它使用稱為模組（blocks）的彩色圖示來編寫程式，這些模組可用來控制馬達、使用感測器、以及製作各式各樣的裝置。你可以用拖曳模組、連接模組、及改變模組設定等方式，在螢幕上完成程式的編輯。

EV3 軟體的特點是，它可以在程式語言的方便使用及編程功能強大之間取得一個最佳的平衡。開始編寫一個簡單的程式並不困難，但假以時日還能夠編寫出非常複雜的程式就不容易了。剛開始時，有些進階的功能可能很難入門，但是經過練習就可以愈來愈熟練了。

軟體、韌體 與硬體

程式是控制機器人的三大要素之一。你所編寫的程式又稱為軟體，它是一種電腦可以執行的一連串指令。在此，電腦就是 EV3 智慧型積木，軟體這個名詞裡的軟字用來代表一種可以方便更改的能力。這種可塑性可以讓你只需使用 EV3、三個馬達與一些感測器，就可以編寫無數不同類別的程式。

將不同模組排列在虛擬的面板上，對人們來說是一種相當方便的編程方式，但是要執行程式時，EV3 需要有一點不一樣的方法。你的程式又稱為源碼或原始程式碼，而且需要將它轉譯成一組 EV3 能夠執行的指令，再透過電腦將這些指令複製到積木上。當程式被轉譯並且下載完成之後，你就能夠執行該程式。

能夠直接在積木上執行程式又稱為韌體，它是很少被變更的而且它是該裝置實體的一部分。EV3 韌體功能與電腦或智慧型手機的操作系統，例如 Windows、iOS、Linux 或 Android 都具備相同的功能。當你開啟積木功能時此程式的韌體會發出聲音、控制顯示方式、及回應 EV3 的按鈕。當連接 EV3 與電腦時，MINDSTORMS 的環境會與 EV3 的韌體連上線。

注意 樂高不定時會釋出 EV3 韌體的更新，增加新功能或修復問題。如果你的電腦有連上網際網路，MINDSTORMS 應用程式會自動檢查更新，並在需要時提醒你去下載。

EV3 積木是用來執行程式的硬體。硬體指的是電腦的實體元件，包括積木、馬達、感測器以及樂高所製作的零件。硬體無法改變；但你可以重新將它們連接過，甚至用不同方式來使用它們，但個別零件的功能卻是無法改變的事實。

藝術與工程

對我來說，製作一個機器人最迷人的部分就是編寫程式讓它能夠活靈活現。電腦程式語言是一種藝術與工程的結合。根據一組邏輯程序來解決一個實際的問題時，我們使用的是工程的原理。當你瀏覽本書時—特別是對長度較長的程式接近結尾的地方—你將會學習到工程原理與程式的實作練習，來幫助你編寫出更好的程式（以及避免一些常會產生的壞習慣）。但是，編寫程式的基本程序是用來解決特定的問題，一般來說藝術的成分比工程還多很多。編寫程式不完全是一個按步就班的程序而已，它通常與創意和巧思有很大的關聯性。依我的看法，創意巧思的運用會使得編寫程式更有趣一些。

當程式運作的方式不如你的預期時，編寫程式語言可能會產生很重的挫折感。當軟體程式無法執行時，想搞清楚原因可能會有一點傷腦筋。在本書中，我會讓你如何進行診斷並解決程式的問題。請記住，解開這個謎底應該會有無窮的樂趣。

良好程式的品質

當你在編寫程式時所做的許多決定都與你個人的品味有關，而且你會發展出你自己編寫程式的風格。解決問題的方式通常不會只有一種，然而，有三種規則可以用來判斷程式品質的好壞。程式應該依照以下的條件來執行：

1. 程式可以執行所需的功能。
2. 程式容易修改。
3. 讓過去習慣用該程式語言編寫程式的人能夠很容易讀懂。

第一個規則似乎非常顯而易見，但還有更多的規則需要注意。在你確認程式能夠作業之前，你先要知道程式的需求—完整地說明程式應有的作業方式。假如你為了學校的專案或 FLL 比賽來編寫程式，在開始之前你應該會收到它的規則需求。假如你只是為了好玩而製作機器人，你大可以依據當時的需求，邊做邊改，在任何情況下，你需要先了解製作機器人的目的為何，才能夠判斷該專案是否可以成功。

第二個規則的設定，是因為程式編寫之後通常會有很多的修改機會。可能你會發現第一個想法無法真正解決問題，或者你可能決定擴大需求以便解決困難度更高的問題。假使輕輕鬆鬆就能夠修改你的程式來配合新的需求不失是一個較好的作業方式。方便修改的程式被重複的使用來解決類似的問題的機率較高。重複使用既有的程式，而不是編寫新的程式，的確可以省下很多的時間。

第三個規則是盡可能讓程式保持簡單與易懂。程式若比實際需要還複雜時往往會因此而產生更多錯誤的機會，而且很難被重複使用。假使你想要讓程式更容易了解，你可以用註解的方式來說明程式是如何作業的。將註解擺在妥適的位置，是一種對程式對其他程式開發者有幫助的簡單方法。

你將在這本書學習到的事項

一位成功程式開發者的秘密就是他的知識與實作的經驗。透過本書，我會專注在三個領域的知識，它們對成為一位成功的 EV3 程式開發者是相當重要的。

每個模組的作業方式 使用程式的第一步就是學習個別模組的作業方式。雖然有許多的模組，個別模組都有提供許多的選項，學習每個模組如何使用並不困難。EV3 的輔助檔案對每個模組都有詳細的解說，而且編寫一個讓你發掘個別模組功能的小小測試程式並不困難（且有趣）。

將一些模組整合成一個能夠執行的程式 為了達到這個目的，你需要學習程式流程、數據線、與變數，這麼一來事情就開始變得複雜一些了。學習 EV3 程式如何作業的細節，可以讓你了解到許多用戶共同的經驗，也就是在完成簡單的程式之後的下一階段可以避免混淆不清。

一般程式的實作 先前所列舉的三個規則就是第一個範例，當我們繼續往下討論時，不論你所使用程式語言或者你所編寫程式的類型，我都會介紹更多有用的觀念。

程式語言是一種邊學邊做的活動，而現在就是練習的時候了。很多你需要了解的觀念，只有當你看到它們在實際作業時才會有意義。編寫的程式愈多，你會覺得愈得心應手。

樂高 MINDSTORMS 線上群組

樂高機器人有一個非常熱絡的線上社群，包括介紹千創新機器人設計的網站。其中有一個特別的網站 mindBOARDS (<http://www.mindboards.net/>)，是以使用者能夠交換意見與尋找答案的訊息論壇而聞名。當你想不出為什麼機器人不按照你所設想的方式來運作時，這些都是很好的參考資源。快速的搜尋該論壇通常可以找到你所尋求的答案。如果你找不到已經張貼出來的解決方法，你可以提出你所需要解決的特定問題。參考附錄 B，它會列出實用的 MINDSTORMS 網站列表。

接下來呢？

下一個章節，我會介紹 EV3 程式語言的編程環境，並且提供一些簡單程式語言的觀念，以及說明如何使用軟體的簡單範例程式。接下來的章節逐漸導入更加複雜的程式，並介紹更多的模組與編程概念。

你可以從 <http://www.nostarch.com/artofev3programming/> 網站下載本書中所有章節的原始程式碼。

2

EV3 的編程環境

本章節探索 EV3 程式語言的環境與介紹一些簡單的程式。我們將從最基本的內容開始，也就是利用不需要用到馬達與感測器的 EV3 智慧型積木的範例程式。第 4 章節包含編程馬達，以及第 5 章節解說感測器的使用方式。

MINDSTORMS 軟體的導覽

當你開始使用 MINDSTORMS EV3 軟體時，首頁會顯示於螢幕上。家用版與教育版雖有不同的首頁螢幕，但他們的功能卻沒什麼不同。在首頁裡，你可以製作或開啟一個專案、存取使用者說明與輔助說明、以及製作範例機器人的閱讀說明資料。家用版的首頁，如圖 2-1 所示，以及教育版的首頁，如圖 2-2 所示。

在編寫第一個程式之前，讓我們看看 MINDSTORMS EV3 環境的主要區域。在教育版選擇 **檔案** ▶ **新專案**（**檔案** ▶ **新專案** ▶ **程式**）一個新專案。螢幕會顯示，如圖 2-3 所示。

注意 本書所使用的圖案是執行 Windows7 的 EV3 家用版。

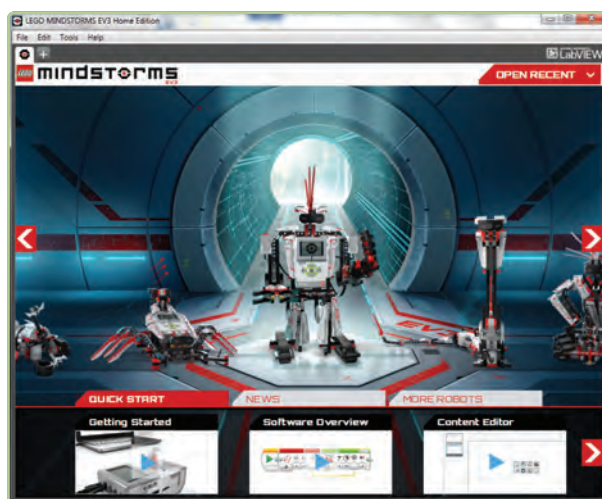


圖 2-1：EV3 家用版軟體的首頁



圖 2-2：EV3 教育版軟體的首頁

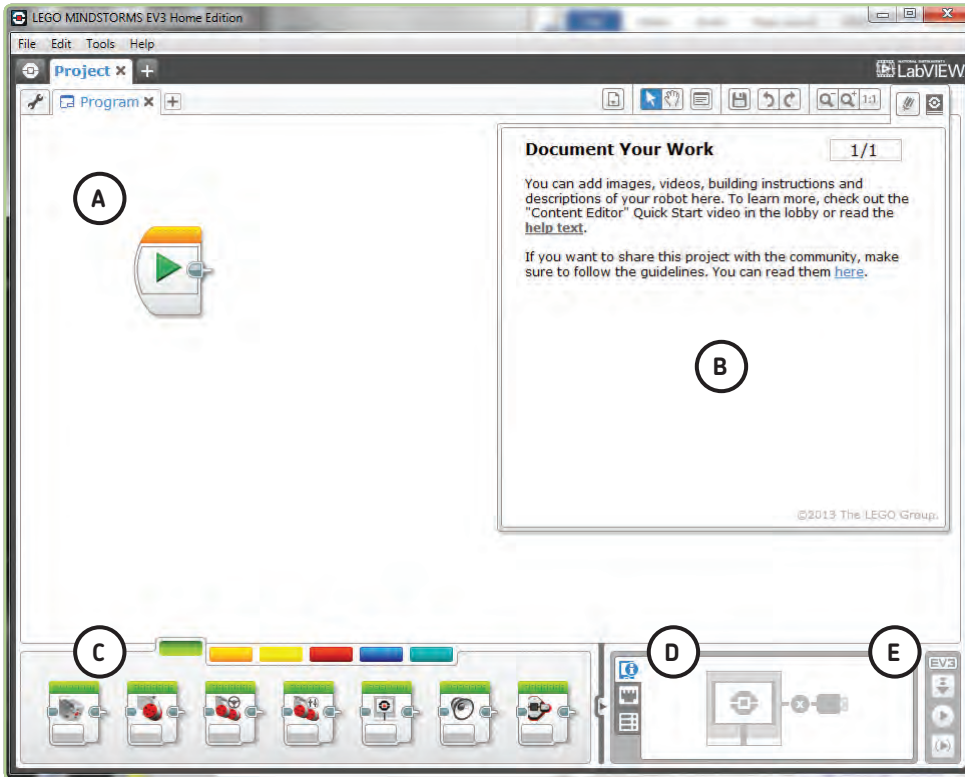


圖 2-3：MINDSTORMS EV3 開發環境

A：編程桌面

螢幕的主要部分是編程的桌面，在此可以編寫程式。你可以使用視窗上方的分頁標示瀏覽開啟的專案。圖 2-3 顯示一個名為 **Project** 的開啟專案。專案分頁標示左側的分頁標示裡，有一個小型 MINDSTORMS 圖像，可以讓你回到首頁螢幕。

專案裡包含許多程式，在專案分頁標示底下，有其他群組的分頁標示可讓你選擇程式。如圖 2-3 顯示一個名為 **Program** 的開啟程式，在本章節後面我們將說明如何更改程式及專案的名稱，有小板手圖像的分頁標示可用來開啟專案的屬性頁面，這也會在稍後說明。

B：內容編輯器

內容編輯器讓你製作一個包含文字、影像、與影片的介绍說明，替專案建檔。它的內容可以包括程式執行方式的說明、機器人製作的說明、或介绍機器人運作的影片。這個介绍說明將會與專案一起儲存，因此你不需要另外建立檔案。

沒有使用內容編輯器時，你可以按下右上角小分頁標示的 MINDSTORMS 圖像來關閉它。這樣可以讓你更多編程桌面的空間來編寫程式。

C：編程面板

編程面板會顯示在編程桌面的底部，它包括可以用來編寫程式的模組。為了簡化步驟，模組將由六種顏色的編程桌面所組成，你可以透過顏色分頁標示瀏覽。從左側到右側，有六個模組群組分別代表動作（綠色）、流程控制（橘色）、感測器（黃色）、數據操作（紅色）、進階（藍色），以及我的模組（青色）。

D：硬體頁面

硬體的頁面顯示有關 EV3 積木的訊息，這些訊息分為 3 個部分，你可以在左側的分頁標示選擇（如圖 2-4 所示）。在最上方的分頁標示代表積木訊息，它顯示了電池的容量、韌體版本、以及已經使用 EV3 記憶體容量。在中間的分頁標示代表感測器及馬達會連接到哪個積木的連接埠的視圖。在底部的分頁標示代表連接積木到 EV3 軟體的可用積木。

E：下載與執行的按鈕

下載與執行按鈕（如圖 2-5 所示）可讓你將程式從電腦傳送到 EV3 積木並且執行。將程式傳送到積木的程序又稱下載。中間的按鈕代表下載與執行，它會立即下載與執行程式，最頂部的按鈕代表下載，它只

模組的一般編制

在編寫第一個程式之前，讓我們看看如何設定模組的選項，在此稱它為參數。在每個模組的底部，你會看到一群能夠操控模組如何作業的控制項目。個別模組的參數都是唯一的，但它們的設定選項都有類似的外觀與感覺，這也就是 EV3 容易使用的特性之一。

讓我們看一下聲音模組的控制選項，這是一個相當典型的模組，因此這裡所討論的作法都可以應用在大多數其他的模組上。圖 2-7 顯示了當你首次在程式中加入模組，並且在做任何修改之前，聲音模組參數的外觀。

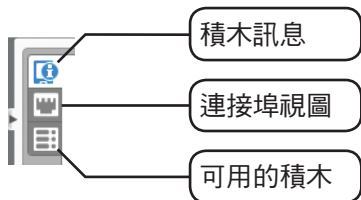


圖 2-4：硬體頁面的分頁標示

會下載程式到積木，但不會執行。你可以使用積木上的按鈕來開啟程式，如果你在開始執行程式之前需要移動或關閉你的機器人，這個作法是有幫助的。在底部的選擇執行（Run Selected）按鈕，只會下載及執行你所選擇的模組，這對於尋找及修正程式中的問題是有幫助的。

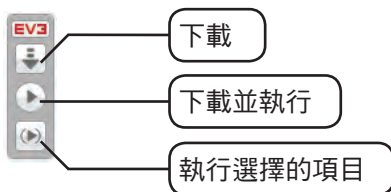


圖 2-5：下載與執行的按鈕

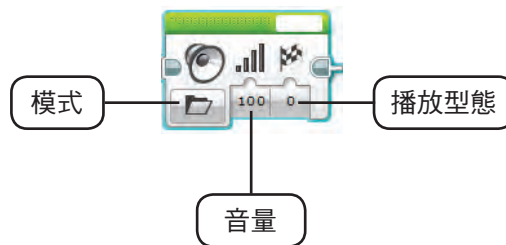


圖 2-7：聲音模組的參數

編寫 EV3 程式

當你製作新專案時，編程的桌面已經包含一個啟動模組（如圖 2-6 所示），從編程面板上拖曳模組元件到編程桌面，並且用線條連接，請以啟動模組為線條的起點。每個模組都有數個不同的選項，而且會按照你的設定呈現出不同的作業方式。EV3 會依照每個模組的排列順序（從左到右）來執行。通常模組一次只能執行一個，這表示每個模組在下一個模組啟動前必須結束它的作業。但是事實上這裡有一些例外的情況，多個模組是可以同步進行。該程式會在執行完最後一個模組時終止。



圖 2-6：啟動模組

第一個模式控制選項是模組的模式參數。模組的模式用來決定模組的主要功能，聲音模組的四個模式讓你播放聲音檔案、演奏音符、演奏音調，以及停止正在播放的聲音。當你為模組選擇模式時，其餘選項會更改成與所選定的模式一致。圖 2-7 顯示了所選播放檔案模式的聲音模組，在此模式下，你能夠設定音量大小及播放類型，這可以讓程式知道如何播放聲音—當程式等待結束時只會被播放一次。也就是說在程式繼續執行下一個模組之前它只會被播放一次、或者一直播放到程式結束、或者遇到停止模式的聲音模組為止。

其他的模式有不同的選項，圖 2-8 顯示了選擇播放音符模式的聲音模組，在這個模式中，你可以設定準備播放音符的頻率與時間的長短。

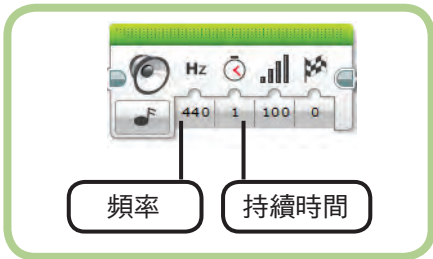


圖 2-8：演奏音調模式下的聲音模組

要更改模式或設定，請點擊現有的參數值，而你所要輸入新參數值的方式需要按照選項的型態而定。對於某些參數來說，你只是輸入一個數字；對其他參數來說，你可能使用列表或滑動開關來選擇參數值。在播放音符模式下，你會使用一個小型的鍵盤來選擇聲音模組的音符，如圖 2-9 所示。

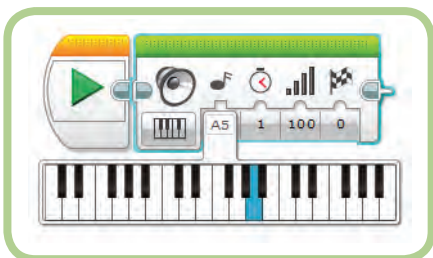


圖 2-9：選擇聲音模組的音符

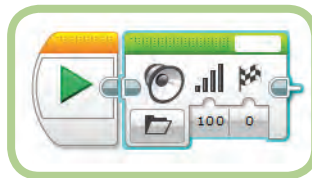
你的第一個程式

對於第一個程式，你會透過聲音模組讓 EV3 說 Hello。一開始，先啟動 MINDSTORMS EV3 軟體並且製作一個新專案。因為在此不會用到內容編輯器，所以你可以將它關閉，讓編程桌面騰出更多的空間。按照下列的步驟在你的新程式裡添加一個聲音模組：

1. 從動作面板上選擇聲音模組，如下圖所示：



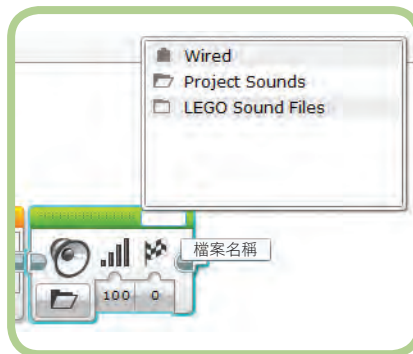
2. 將模組拖曳到編程桌面，把聲音模組放置於已經顯示在桌面上啟動模組的右側。你的程式應該如下圖所示：



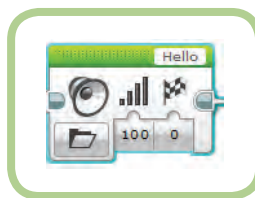
萬一你突然將錯誤的模組拖曳到錯誤的位置上，請選擇**編輯** ▶ **重作**並重新啟動。

你可以讓大部分的聲音模組都保持標準設定，你只要選擇你所希望播放聲音檔的模組。EV3 軟體有許多可供選擇的聲音檔，它們的安置方式都與電腦硬碟目錄中檔案是一樣的。

3. 點擊聲音模組右上角的白色方框時，有一系列聲音檔案的白色方框會顯示。



4. 點擊樂高聲音檔案目錄將它開啟，並選擇**通訊**目錄，向下捲動並且選擇 **Hello** 檔案。現在聲音模組右上角的白色方框應該包括“Hello”這個字。



儲存你的作業成果

在繼續之前，先替你的程式命名並儲存該專案。在本書中，每一章節我通常會用到一個專案，分別命名為 *Chapter2*、*Chapter3*，以此類推。每個專案包含該章節裡所有編寫的程式。讓我們將該程式的名稱改為 *Hello*，並且以 *Chapter2* 為專案的名稱。

更改名稱時，雙擊程式名稱的分頁標示，在文字特別標示的地方輸入新的名稱 *Hello*。該分頁標示如下圖所示：



現在選擇**檔案 ► 儲存專案**來儲存專案，當你第一次儲存專案時，對話框會顯示讓你選擇專案檔案的儲存位置與名稱。輸入 *Chapter2* 的名稱，並點擊**儲存**來製作 *Chapter2.ev3* 檔案。這個檔案包括了程式的所有訊息，其中包含你所使用模組的設定與說明，該 *.ev3* 檔案格式是 MINDSTORMS 開發環境獨有的格式，你無法用其他的程式編輯它。

注意 隨時儲存你的工作成果，下載程式之前記得要先儲存好，另外起身接聽電話或遛狗前也是需要先儲存。因為忘了儲存你的程式而讓你需要重做好幾小時的工作，是一件相當惱人的事。

製作備份

無論你什麼時候需要修改程式，結果不但沒有改善，反而是弄得一團糟，而且還無法恢復到你編程之前的狀態。因為你很可能已經忘記原來好端端的作業方式是如何安排的。

專業軟體開發者使用一種很有創意的名稱叫做原始程式碼控制系統的工具，以儲存他們所作業的各種版本，來避免這類問題的發生，但是你只要在編程中儲存不同版本的作業程式，就可以享受同樣的好處。萬一你遭遇到麻煩，也可以使用這些備份的副本之一。在每個新功能開始作業之後及大幅度修改之前，儲存檔案是個很好的辦法。例如，假設編寫一個具有四個任務的程式，你可以在完成第一部分的作業時，將它儲存成 *Task1*。當編寫第二個任務時，你可以將它儲存成 *Task1_Task2*。這麼一來，有需要的時候你就能夠回到上一個步驟。

執行程式

在儲存好你的程式之後，就到了執行測式的時候。首先是確認開啟 EV3 而且用 USB 傳輸線、藍牙，或 WiFi 與電腦連接。USB 的連接是相當容易設定的（只要在 EV3 與電腦之間插入傳輸線即可），但它需要你讓 EV3 積木維持在周遭範圍內。藍牙或 WiFi 可能較不容易設定，但它可以讓你的機器人自由無拘束的漫遊。EV3 輔助檔案，可以透過**輔助 ► 顯示 EV3 輔助**取得，它會提供積木與電腦連接的說明。

點擊中間的**下載與執行**按鈕來下載與執行程式，你的 EV3 應該會回應“Hello”。

專案的屬性

EV3 專案能夠包括多個程式，而且每一個程式都可以使用數個聲音與影像檔。專案屬性頁面可讓你看到專案的全貌，而且讓你管理所有使用到的資源。點擊程式左側小扳手圖像開啟專案屬性頁面，圖 2-10 顯示了第二章節專案的專案屬性，其中有些項目已經填妥。

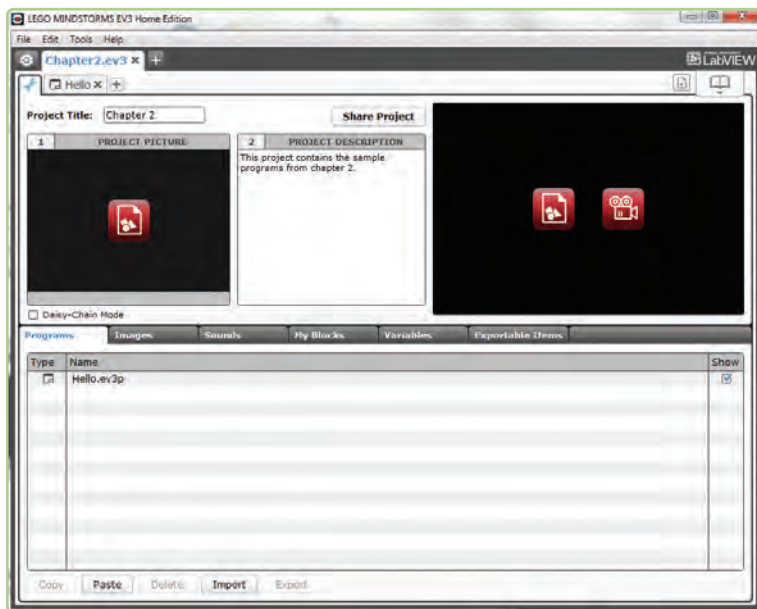


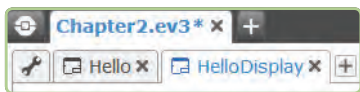
圖 2-10：專案屬性的頁面

在專案屬性頁面內，你可以為專案輸入主旨與描述，並且可以看見它所有的程式、影像、聲音檔案、以及我的模組。在本書稍後的章節裡，我將告訴你如何使用這個視窗匯入與匯出程式、及我的模組，讓你可以專案之間分享屬性。

你的第二個程式

你的第二個程式 *HelloDisplay* 與 *Hello* 程式相似，不同的是你是使用顯示模組而不是用聲音模組在 EV3 顯示區域寫入 *Hello*。當你第一次嘗試時該程式無法正常作業，它提供機會讓你看到程式無法如預期執行的情況，並學習如何修正它。使用下列的步驟製作程式的第一個版本。

1. 選擇檔案 ► 新程式，這將在專案裡添加新程式。
2. 將程式名稱改為 *HelloDisplay*，編程桌面頂部區域的分頁標示如下圖所示：



3. 透過動作桌面拖曳顯示模組，如下圖所示：

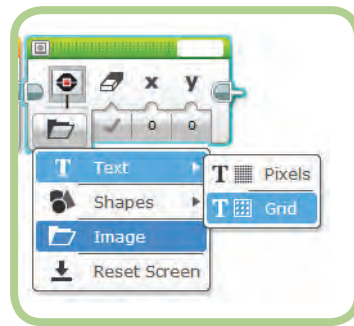


4. 將動作模組放置在啟動模組的旁邊，你的程式如下圖所示：



下一步驟是設定顯示模組列印出文字“Hello”。顯示模組有很多的選項，如第 14 章節所描述。基本上，模組會被設定為顯示影像，所以你需要做的第一件事情，就是將它設定為顯示文字。

5. 點擊模組左下角的目錄，然後選擇文字 ► 網格，如下圖所示：



“MINDSTORMS”是標準顯示的文字，所以下一步要將它更改為“Hello”

6. 點擊顯示模組右上角的白色方框內的文字，並且將 *MINDSTORMS* 更改為 *Hello*。
完整的程式，如圖 2-11 所示。

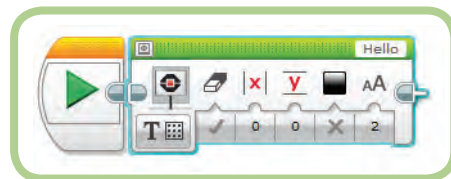


圖 2-11：HelloDisplay 程式

現在下載並執行你的程式，EV3 應該會發出聲音讓你知曉程式已經下載完成，但是“Hello”並沒有顯示出來，到底發生了什麼事？

簡單來說，這個程式有錯誤，臭蟲 (bug) 表示程式有瑕疵。除錯是一種尋找與解決臭蟲的程序。就像所有的程式開發者一樣，你會花很長的時間進行除錯。實際上，很少能夠在第一次編寫程式能夠不發生任何錯誤的。執行程式、尋找發生錯誤的地方、及修正錯誤都是編寫程式過程中必然會發生的情境。修正錯誤可能會很受挫折，但也可能收穫良多。把它當作解開趣味謎題一樣，並且記得應該隨時享受箇中的樂趣！

其中一個修改程式的方式，就是在顯示模組後面添加一個等待模組。你可以透過等待模組在程式結束之前先暫停 5 秒鐘，這會讓你有足夠的時間來讀取顯示的內容。

等待模組是在流程控制桌面上，你可以在編程面板上方的橘色分頁標示上點選。圖 2-12 顯示了流程控制模組，而且用圓圈標示出等待模組的位置。



圖 2-12：在程式流程面板上的等待模組

按照下列步驟修正程式：

1. 拖曳等待模組到顯示模組的右側，程式如圖 2-13 所示。

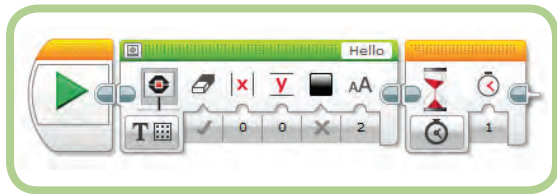


圖 2-13：添加等待模組的程式

2. 基本上，等待模組會停頓一秒鐘。為了能有較充裕的時間讀取顯示的內容，將小型時鐘圖像裡的參數值從 1 改為 5。這可以讓程式在結束前等待 5 秒鐘的時間。圖 2-14 顯示了更改參數值之後的等待模組。

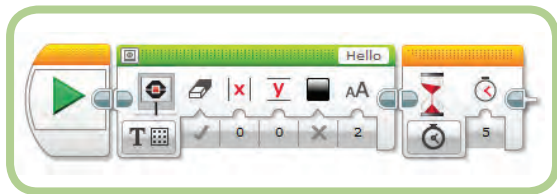


圖 2-14：設定為 5 秒鐘的等待模組

當你下載並執行程式時，在螢幕清除之前會顯示 *Hello* 五秒鐘，這就是你想要達到的效果。對這個錯誤來說，增加等待模組是一個成功的解決方式。

注意 為什麼第一個程式沒有同樣的問題呢？與顯示模組不同，聲音模組的標準設定是等待完成的選項（如圖 2-15 所示），這會讓程式一直等到播放聲音之後才會開始執行。假使你選擇播放一次的選項，而不是等待播放完成的選項，第一個程式失敗的地方會與第二個程式相同。



圖 2-15：聲音模組的等待完成選項


註解說明

程式開發者使用註解說明在程式裡添加描述的文字；這些敘述說明程式的作業方式，或程式開發者編寫程式時為什麼要做某些決策。例如，你可在先前的程式添加註解，解釋你為什麼要添加等待模組。

在前一章節，我提到一個好的程式應該要能夠方便修改，而且讓其他程式開發者都能了解它的用途。好的註解對完成以上這兩個目標是很重要的。光是觀察每個模組的設定就了解程式是如何運作是有其困難度。用淺顯易懂的文字來做簡短的說明可以讓你的程式更容易了解。想一想你會如何對朋友描述你的程式，應該不只是列出你所使用的模組吧，你會完整地描述該程式是如何作業的，或許更深入解釋較複雜的部分。註解也會幫助你記錄你會用什麼特別的方式來編寫程式。讓重複使用自己的程式時更加方便。

註解絕不會影響到程式執行的方式；EV3 會完全無視它的存在。它只需要知道組成你的程式的模組安排與設定方式。

加註說明

嘗試在 *HelloDisplay* 程式中加入註解，解釋你要添加等待模組的理由。讓使用者在程式結束之前，有時間去讀取顯示的內容並等待 5 秒鐘是一個合理的說明。為了在你的程式中加入註解，可使用工具欄上的註解工具（）。

按照以下這些步驟添加註解：

1. 點擊等待模組頂部的編程桌面，當你選擇註解工具時新的說明將會顯示。
2. 點擊工具欄上的註解工具，一個小型註解方框會出現，它就是你在上一步驟點擊的地方，如圖 2-16 所示。



圖 2-16：新的註解說明方框

3. 點擊註解方框的中央來選擇註解說明。
4. 開始鍵入註解在程式結束前等待 5 秒鐘，讓使用者有時間讀取顯示的內容。當文字超過模組的寬度時，按下輸入鍵移至下一行（如果註解不會延伸超過模組的寬度，它應該更容易讀取）。

圖 2-17 顯示了已加入註解的程式。現在，任何人看到這個程式時，都會了解等待時間模組在此的原因。



圖 2-17：解釋等待時間模組

使用說明的技巧

在編寫註解時將下列技巧記在心裡：

- * 當鍵入註解說明時按下輸入（ENTER）鍵，讓它在下一行繼續作業。
- * 點擊註解說明選擇註解。
- * 當註解被點選時，點擊註解的文字可以让你修改註解的內容。
- * 你可以按壓刪除（DELETE）鍵來刪除所選擇的註解。
- * 你可以用方框邊緣的控制手柄調整註解方框的大小，當你將滑鼠移動到註解上方時，控制手柄就會顯示。
- * 可以將滑鼠拖曳到註解的位置來移動你所選擇的註解說明。

輔助內容

有這麼多的模組同時有無數種的選項，讓我們可以製作各種不同富有創意的機器人。然而，學習所有模組與選項的功能確實是一項令人畏懼的任務。EV3 軟體有一個功能能夠協助解決這個困境：輔助內容。進行存取時，選擇輔助 ► 顯示內容輔助，一個小視窗會顯示而且當滑鼠游標盤旋在任何項目的上方時，它會顯示一個簡短卻實用的訊息。每一個主題都包含了更多訊息的鏈接，萬一你需要用到更多詳細的資訊。讓這個小視窗保持開啟是一個可以讓你在編寫程式時，能夠快速地找到所有你所需要選項的好方法。你在聲音模組的演奏音調模式下所選擇顯示的內容輔助，如圖 2-18 所示。

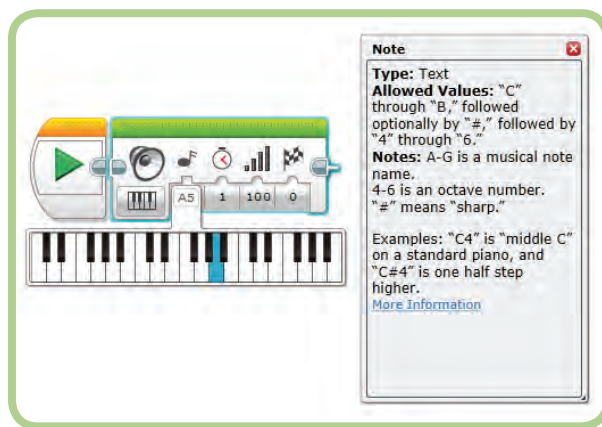


圖 2-18：選擇訊息的輔助內容

結論

在此 MINDSTORMS 開發環境的介紹告一段落，接下來，你會製作一個簡單名為 *TriBot* 的機器人，與下列章節及範例程式一起使用。接著我會介紹在 EV3 軟體中可供使用的眾多模組，並且說明如何將它們結合 *TriBot* 執行各種不同的任務。