



樂高機器人 MINDSTORMS EV3 程式設計

The Art of LEGO MINDSTORMS EV3 Programming



Terry Griffin 著
莊啟晃 / 黃藤毅 / 莊雯琇 / 林可凡 譯



**樂高機器人
MINDSTORMS EV3
程式設計**

樂高機器人 MINDSTORMS EV3 程式設計

作者：Terry Griffin

譯者：莊啟晃 / 黃藤毅 / 莊雯琇 / 林可凡

企劃編輯：蔡彤孟

文字編輯：江雅鈴

設計裝幀：張寶莉

發行人：廖文良

發行所：基峰資訊股份有限公司

地址：台北市南港區三重路 66 號 7 樓之 6

電話：(02)2788-2408

傳真：(02)8192-4433

網站：www.gotop.com.tw

書號：ACH018600

版次：2015 年 08 月初版

建議售價：NT\$550

商標聲明：本書所引用之國內外公司各商標、商品名稱、網站畫面，其權利分屬合法註冊公司所有，絕無侵權之意，特此聲明。

版權聲明：本著作物內容僅授權合法持有本書之讀者學習所用，非經本書作者或基峰資訊股份有限公司正式授權，不得以任何形式複製、抄襲、轉載或透過網路散佈其內容。

版權所有 • 翻印必究

國家圖書館出版品預行編目資料

樂高機器人 MINDSTORMS EV3 程式設計 / Terry Griffin 原著；莊

啟晃等譯。-- 初版。-- 臺北市：基峰資訊，2015.08

面；公分

譯自：The Art of LEGO MINDSTORMS EV3 Programming

ISBN 978-986-347-708-2(平裝)

1. 機器人 2. 電腦程式設計

448.992029

104012044

讀者服務

● 感謝您購買基峰圖書，如果您對本書的內容或表達上有不清楚的地方或其他建議，請至基峰網站：「聯絡我們」、「圖書問題」留下您所購買之書籍及問題。(請註明購買書籍之書號及書名，以及問題頁數，以便能儘快為您處理)

<http://www.gotop.com.tw>

● 售後服務僅限書籍本身內容，若是軟、硬體問題，請您直接與軟、硬體廠商聯絡。

● 若於購買書籍後發現有破損、缺頁、裝訂錯誤之問題，請直接將書寄回更換，並註明您的姓名、連絡電話及地址，將有事人與您連絡補寄商品。

● 歡迎至基峰購物網
<http://shopping.gotop.com.tw>
選購所需產品。

Copyright © 2014 by Terry Griffin. Title of English-language Original: The Art of LEGO MINDSTORMS EV3 Programming, ISBN 9781593275686, published by No Starch Press. Traditional Chinese-language edition copyright © 2015 by GOTOP Information Inc. All rights reserved.*

給我的家人，讓所有的付出都可以很值得。

以及 Bella，讓我有了一個每天早上都能期待起床那一刻的充分理由。

關於作者

Terry griffin 在這 20 多年以來一直都是一位軟體工程師，他花費大部分時間透過編寫軟體來控制各種類型的機器裝置。他在美國 Massachusetts 大學獲得了資訊工程研究所的碩士學位並且在大學和成人教育的領域教授電腦編程課程。它是一位終身的 LEGO 愛好者，他編寫了 *LEGO MINDSTORMS NXT* 編程的工藝 (No Starch 出版社) 來協助他的妻子 (一位充滿活力的國中自然科學和數學老師)，學會如何在課堂上使用這些令人嘆為觀止的機器人來教學。他還為 Carl Zeiss 的離子顯微鏡研發中心事業部，編寫了用來控制帶電粒子顯微鏡的軟體。

關於技術評論員的介紹

Daniele Benedettelli 以他原創的 LEGO 機器人而聞名全世界，包括他所創造的魔術方塊求解器和他的仿人形機器人。身為 LEGO MINDSTORMS 社群合作夥伴 (MCP) 的一員，他還協助測試和開發 MINDSTORMS 的新產品。他擁有意大利 Siena 大學機器人與自動化系所的碩士學位。他還在世界各地舉辦機器人與資訊和通訊技術教育性演講和研討會，在高中學程教導機器人的應用，並替 LEGO 教育計劃以一位自由工作者的立場設計 LEGO 的模型。他同時也是 *LEGO MINDSTORMS EV3* 實驗室 (No Starch 出版社) 的作者。

Rob Torok 是澳大利亞 Tasmania 的一名教師，他與他的學生自 2001 年以來就開始使用樂高機器人，他一直以來還輔導了 RoboCup 青少組團隊和 FIRST 機器人競賽，並教導機器人 SmartBots 的線上學習課程。2010 年，rob 在波士頓塔夫茨中心 (Tufts Center) 的工程學程和服務宣傳部門 (CEE) 待了六個月的時間，直到現在他還繼續與該中心密切合作。目前，他是在 <http://LEGOengineering.com/> 和 <http://LEGOeducation.com.au/> 網站擔任內容編輯。

致謝

我要感謝我的家人在我編寫這本書時他們對我所付出的耐心。特別在此感謝我的妻子，Liz，她花費了難以計算的時間幫我校閱文稿和忍受機器人占據了整個餐桌的情境。

這項工作絕對不可能完成如果沒有 Bill Pollock 和 No Starch 出版社的作業人員的鼎力協助和支持。很高興能夠與 Seph Kramer，Laurel Chun，和 Jennifer Griffith-Delgado 一起工作。他們的專業知識和技能對這個專案的完成居功甚偉。

我也想感謝我的技術評審們，Daniele Benedettelli 和 Rob Torok。他們對 EV3 的專業知識，一般機器人的應用，以及對本書在材料選擇的重要性與相關技術的正確性的確是一大助力。

簡介

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。

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。

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。

目錄

簡介.....	xxi
本書適用的對象.....	xxi
先決條件.....	xxi
本書能提供的內容概述.....	xxi
如何有效使用本書.....	xxiii

1

樂高積木與機器人：一個完美的組合.....	1
樂高 MINDSTORMS EV3.....	1
樂高 MINDSTORMS EV3 套件.....	2
樂高 MINDSTORMS EV3 軟體.....	3
軟體、韌體與硬體.....	3
藝術與工程.....	3
良好程式的品質.....	3
你將在這本書學習到的事項.....	4
樂高 MINDSTORMS 線上群組.....	4
接下來呢？.....	4

2

EV3 的編程環境.....	5
MINDSTORMS 軟體的導覽.....	5
A：編程桌面.....	6
B：內容編輯器.....	6
C：編程面板.....	6
D：硬體頁面.....	6
E：下載與執行的按鈕.....	6
編寫 EV3 程式.....	7
模組的一般編制.....	7
你的第一個程式.....	8
儲存你的作業成果.....	8
執行程式.....	9
專案的屬性.....	9
製作備份.....	9
你的第二個程式.....	10
註解說明.....	11
加註說明.....	11
使用說明的技巧.....	12
輔助內容.....	12
結論.....	12

3

三輪機器人 (TriBot) : 測試機器人.....	13
TriBot 的零組件	13
馬達與輪子的製作	16
轉向模組的製作	20
用家用版來組合轉向模組	20
用教育版來組合轉向模組	22
添加 EV3 積木	23
安裝紅外線或超音波感測器	23
連接顏色感測器	24
安裝陀螺儀感測器 (教育版)	26
製作觸控感測器保險桿	26
安裝傳輸線	29
安裝觸控感測器	29
安裝紅外線或超音波感測器	29
安裝顏色感測器	30
安裝陀螺儀感測器 (教育版)	30
安裝馬達	30
顏色感測器安裝方式的選擇	30
紅外線或超音波感測器安裝方式的選擇	31
吊臂的製作	32
結論	37

4

動作.....	39
EV3 馬達	39
移動轉向模組	39
模式	40
轉向	40
電源	41
持續時間	41
終點煞車	41
連接埠	42
連接埠視圖	42
EV3 智慧型積木的選單視圖	43
ThereAndBack 程式	43
向前移動	43
迴轉	43
單一模組的測試	44
回到起始點	44
AroundTheBlock 程式	44
第一個側邊與轉角	45
其他三個側邊與轉角	45
程式測試	46

移動坦克模組.....	46
大型馬達模組與中型馬達模組.....	46
吊臂.....	47
反轉馬達模組.....	47
滑行時面臨的問題.....	48
進階探索.....	50
結論.....	50
5	
感測器.....	51
感測器的使用.....	51
觸控感測器.....	51
BumperBot 程式.....	52
向前移動.....	52
障礙物的偵測.....	53
倒車與迴轉.....	53
挑戰 5-1.....	54
挑戰 5-2.....	54
測試.....	54
顏色感測器.....	54
顏色模式.....	54
反射光源強度模式.....	55
周遭光源強度模式.....	55
連接埠視圖.....	55
挑戰 5-3.....	56
IsItBlue 程式.....	56
開關模組.....	56
程式的改善.....	57
LineFinder 程式.....	58
用連接埠視圖找出臨界值.....	59
挑戰 5-4.....	59
挑戰 5-5.....	60
紅外線感測器與遙控.....	60
鄰近距離模式.....	60
指標標頭及指標鄰近模式.....	60
遙控模式.....	61
BumperBotWithButtons 程式.....	61
挑戰 5-6.....	61
超音波感測器.....	62
英吋距離與公分距離模式.....	62
存在與監聽模式.....	62
DoorChime 模式.....	62
人員偵測.....	63
播放鈴聲.....	63

停止播放鈴聲.....	63
陀螺儀感測器.....	64
速率模式.....	64
角度模式.....	65
重設角度.....	65
GyroTurn 程式.....	65
挑戰 5-7.....	66
馬達轉動感測器.....	66
BumperBot2 程式.....	66
進階探索.....	68
結論.....	68

6

程式流程.....	69
開關模組.....	69
設定條件.....	69
調整模組大小.....	70
LineFollower 程式.....	70
基本程式.....	70
選擇顏色感測器的臨界值.....	71
設定移動模組.....	72
測試程式.....	72
兩種以上的選擇.....	72
挑戰 6-1.....	74
測試程式.....	74
使用分頁視圖.....	74
RedOrBlue 程式.....	74
辨識紅色物件.....	75
添加一個新的個案.....	75
挑戰 6-2.....	76
標準個案.....	76
loop 迴圈模組.....	76
loop 迴圈中斷模組.....	78
BumperBot3 程式.....	78
進階探索.....	80
結論.....	80

7

WallFollower 程式：迷宮導航.....	81
虛擬程式碼.....	81
破解迷宮.....	82
程式的必要條件.....	82
提出假設.....	84
最初的設計.....	84

沿著垂直的牆壁行進	85
編寫程式碼	85
使用教育版	85
測試	87
轉角處過彎	87
編寫程式碼	88
測試	88
通過牆壁開口處	89
編寫程式碼	90
測試	90
使用音效模組來當作除錯的工具	91
最終測試	92
進階探索	92
結論	92
 8	
數據線	93
什麼是數據線？	93
GentleStop 程式	93
編寫程式	94
使用數據線的技巧	95
挑戰 8-1	96
SoundMachine 程式	96
控制音量	96
使用數學模組	97
添加音調控制	98
了解數據類別	99
顯示頻率與音量數值	99
使用文字模組	100
添加標籤來顯示參數值	100
顯示音量	101
挑戰 8-2	101
挑戰 8-3	101
挑戰 8-4	102
進階探索	103
結論	103
 9	
數據線和開關模組	105
開關模組的參數值模式	105
重寫 GentleStop 程式	106
將數據傳送到開關模組	107
使用感測器模組的好處	107
透過開關模組傳送數據	108

簡化 LineFollower 程式	111
挑戰 9-1	111
挑戰 9-2	113
進階探索	113
結論	113
10	
數據線與 loop 迴圈模組	115
邏輯模式	115
挑戰 10-1	116
loop 迴圈索引	116
LoopIndexTest 程式	116
重新啟動 loop 迴圈	116
最終 loop 迴圈索引的參數值	117
SpiralLineFinder 程式	118
追蹤螺旋路徑行進	118
順著螺旋路線行進時偵測路徑	119
挑戰 10-2	120
使用陀螺儀感測器來達成更精準的操控	120
進階探索	121
結論	121
11	
變數	123
變數模組	123
RedOrBlueCount 程式	124
變數的製作與初始化	125
變數名稱的選擇	125
顯示初始化參數值	126
紅色物件的計量	126
藍色物件的計量	127
使用專案屬性頁面來管理變數	128
比較模組	129
LightPointer 程式	129
變數的定義	130
光源的找尋	130
變數初始化	132
編寫 LightPointer 程式	132
常數模組	134
進階探索	134
挑戰 11-1	135
挑戰 11-2	135
結論	135