

邏輯歐茲：電機系學生的一種服務學習平台

LogicOZ: A Service-Learning Platform for EE Students

葉律佐¹ 彭雲忠² 李俊煌² 劉康鼎² 賴正杰² 賴科宏² 吳嘉文² 鍾英漢² 陳竹一¹

¹國立中央大學 電機工程系

E-mail: jechen@ee.ncu.edu.tw

²中華大學 電機工程系

E-mail: ccc992003@yahoo.com.tw

摘要

本篇論文主要構思是以電機系的學生為中心，利用自身的本質學能開發教具及教案，試圖以猜謎遊戲的方式，培養民眾及學齡中的學生學習日常生活中的二進位數原理及其應用，且讓電機系的學生學習服務他人的知識與態度；服務付出其實就是最大的收穫，也促使增進關懷社會的情操，而民眾也能從活動當中，學習一些電腦方面的知識，這服務與學習的相互結合，以學習為導向，從服務經驗中得到喜悅，雙方來往之間得到互助互惠的效果。

本教具及教案開發，是以美國民間故事——綠野仙蹤，當作題材，設計綠野仙蹤人物魔術卡，以魔術卡猜心中構想的人物遊戲，再利用二進位數、漢明碼及邏輯電路的原理開發電腦(電路)；一般魔術卡猜謎遊戲，民眾需明確指示哪些卡片有構想的人物，但此綠野仙蹤魔術卡猜謎遊戲，民眾可以指示多或少一張卡片，主持活動的學生或是參與的民眾可以操作製作完成的電腦(電路)來猜出民眾心中構想的人物。電腦依然可以猜出民眾心中構想的人物。

關鍵字：服務、學習、二進位數，二進位碼，魔術卡，開關電路

Abstract

The thought of this paper is in the center of the electrical engineering students, and those who have their background and abilities could exploit teaching aids and lesson plans. The purposes for cultivating people and school-age students is to learn the theory of Binary in daily life and to lead the electrical engineering students which preserve the attitude and knowledge to service others. In fact, the biggest gains are to service contributions which not only enhance social care sentiment but also learn the electrical expertise in our activities. By Learning-oriented we combine the service and learning which obtain the joy and the mutually beneficial results between the two sides.

Utilizing the well-known themes of American fairy tales and the teaching aids of Binary, Hamming and Logic circuits, we could research how to develop and Circuit design. Because the indispensable process for coding, debug and decoding, the thought by combination the actual hardware requirements that we develop the circuit diagram of "The Wizard of Oz" along with education and recreation.

Keywords: Service, Learning, Binary Number, Binary Code, Magic Card, Switching Circuit

壹、前言

電腦的迅速發展，造就了今日科技的進步，使生活更便利，生活品質也隨之提升。萬丈高樓平地起，對於大專學生踏入電腦領域，必定先修習二進位數字系統，才能進一步學習之後的課程。而且，我們也看到許多國家將電腦知識或二進位數字系統往下扎根，為小朋友出版圖書[1,2]或玩具[3]，如圖一所示，有小朋友電腦知識書(台灣)、新科技(韓國)和二進位數字玩具(義大利)。

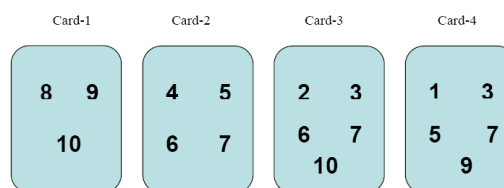


圖一、小朋友電腦知識書(台灣)、新科技(韓國)和二進位數字玩具(義大利)

因數字系統(Number system)微妙之處不可言喻，以及編解碼的廣泛應用，深知數字編碼系統與大眾息息相關，小至簡易密碼鎖，大至電信網路編碼，層級之廣由此可知。

在二元邏輯(Binary)裡，我們知道只有“0”和“1”，其實在很多地方可以換成是其他兩種符號或者是兩種狀況，現在在坊間超市或便利商店可買到一魔術小道具，可以猜測出參加者的年齡或以台灣 100 個地名或姓氏讓參加者擇一再猜測出，此類魔術卡都是以二進位系統的原理來製作的。

以下列魔術卡(圖二)玩猜數字遊戲為例，吾人問某甲，先在心中想一數字(1 到 10)，然後依左而右出卡，問某甲若其心中所想的數字在卡上，則回答“是”；反之，若不在卡上，則回答“不是”。例如，甲回答:{“不是”、“是”、“是”、“不是”}，吾人猜測甲其心中所想的數字是“6”。簡單的猜測法是依某甲答--“是”的卡片左上方的數字加起來，此例是 4 加 2 等於 6，此組卡片坊間有售，或有以姓氏或地名取代數字，但其原理相同。



圖二、8-4-2-1 魔術卡

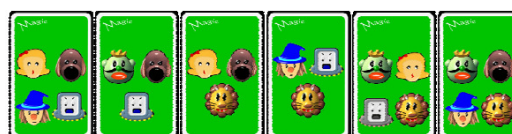
對於這套魔術卡，有幾點可以特別提出的：

1. 卡片左上方的數字正好是自然二進位數，各位元的權重值；
2. 這套魔術卡在表演時，可以不按照順序，但猜題者須要知道是那張卡片是答題者說“是”的；
3. 這套魔術卡是因為要說明，讓答題者容易理解原理，所以只猜 1 到 10，應用上可以再加入 3 張卡(共 7 張)，能將數字擴增至 1 到 100；
4. 可將數字轉換成一些有序的“事”或“物”。

本遊戲即是要讓參加者答應，進而，讓參加者了解魔術卡的製作原理。

再者，此魔術卡還可以繼續推演下去，若以“事”或“物”出發，將其序數依各種方式編成二進位碼(Binary Codes)，例如單“1”碼(One-hot code)、溫度碼 (Thermal code) 和 漢明碼 (Hamming code) 等等，這些碼有些在日常生活中常常用到而不自覺，有些是資料傳輸用來做防錯。例如圖三為以綠野仙蹤(The Wizard of Oz)主角製作的魔術卡，這套魔術卡可自動偵測錯誤並更正答案，當參加者不小心多或少選一張卡片時，吾人可偵測出那張卡片選錯了，並且不用參加者提醒，吾人也可猜測出參加者心裡所想的人物。

例如參加者心裡想著  歐茲國王，但卻回答:{“不是”、“不是”、“是”、“是”、“是”、“是”}，由漢明碼的規則，可知第四張卡片回答錯了。



圖三、綠野仙蹤魔術卡

本篇論文主要構思是以電機系的學生為中心，利用自身的本質學能開發教具及教案，試圖以猜謎遊戲的方式，培養民眾及學齡中的學生學習日常生活中的二進位數原理及其應用，且讓電機系的學生學習服務他人的知識與態度；服務付出其實就是最大的收穫，也促使增進關懷社會的情操，而民眾也能從活動當中，學習一些電腦方面的知識，這服務與學習的相互結合，以學習為導向，從服務經驗中得到喜悅，雙方來往之間得到互助互惠的效果。

本教具及教案開發，是以美國民間故事—綠野仙蹤，當作題材，設計綠野仙蹤人物魔術卡，以魔術卡猜心中構想的人物遊戲，再利用二進位數、漢明碼及邏輯電路的原理開發電腦（電路）；一般魔術卡猜謎遊戲，民眾需明確指示哪些卡片有構想的人物，但此綠野仙蹤魔術卡猜謎遊戲，民眾可以指示多或少一張卡片，主持活動的學生或是參與的民眾可以操作製作完成的電腦（電路）來猜出民眾心中構想的人物。電腦依然可以猜出民眾心中構想的人物。

貳、邏輯設計電路規劃

一、電路邏輯架構



圖 3-1 電路邏輯架構圖

二、製作人物圖卡

(一) 二進位編碼

選擇使用居家互曉的綠野仙蹤卡通角色，增進民眾的喜好感，配合邏輯電路的變化，促進民眾產生好奇及興趣。

綠野仙蹤人物命名：



圖 3-2 綠野仙蹤人物命名

綠野仙蹤人物二進位編碼順序組合：



圖 3-3 綠野仙蹤人物編碼

(二)布林代數 XOR 容錯編碼

利用 XOR 邏輯閘產生 x y z 容錯碼
綠野仙蹤人物二進位編碼順序組合



圖 3-4 綠野仙蹤人物二進制編碼

三、製作容錯更正卡

容錯編碼:a、b、x、c、y、z

容錯編碼二進制:a(110)、b(101)、
x(100)、c(011)、y(010)、z(001)

XOR 產生容錯更正卡

$$x=a\oplus b \quad y=a\oplus c \quad z=b\oplus c$$

	abc	abxcyz
	001	00 0 111
	010	01 1 001
	011	01 1 110
	100	10 1 010
	101	10 1 101
	110	11 0 011

圖 3-5 綠野仙蹤容錯編碼

四、操作流程架構

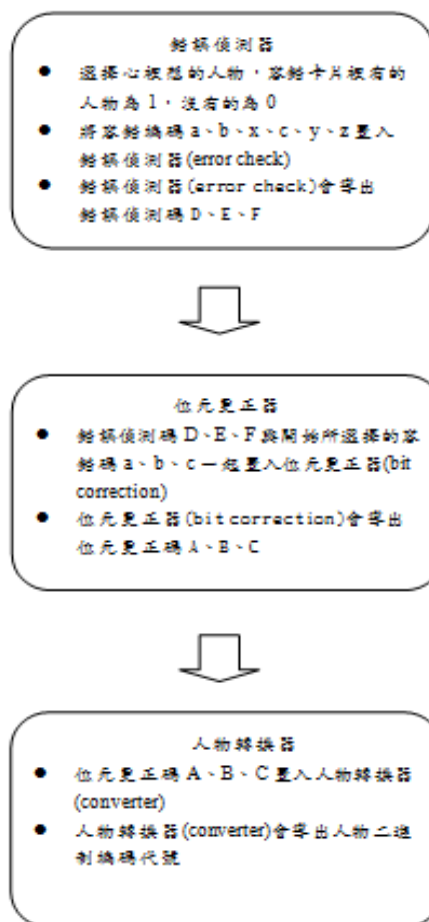


圖 3-6 操作架構流程圖

(一) 錯誤偵測器(error check)

D、E、F 為錯誤偵測碼

$$D=f(a, b, x, c, y, z)$$

$$E=f(a, b, x, c, y, z)$$

$$F=f(a, b, x, c, y, z)$$



圖 3-7 錯誤偵測器

(二) 位元更正器(bit correction)

A、B、C 更正位元碼

$$A=f(D、E、F、a、b、c)$$

$$B=f(D、E、F、a、b、c)$$

$$C=f(D、E、F、a、b、c)$$

Step 2: Bit Correction

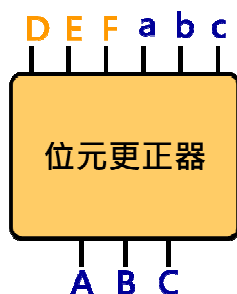


圖 3-8 位元更正器

(三) 人物轉換器(converter)

Step 3: Conversion

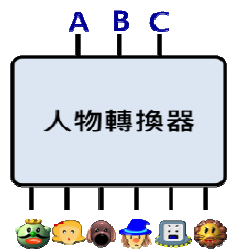


圖 3-9 人物轉換器

五、布林代數電路規劃

(一)布林代數電路-錯誤偵測器

使用 XOR 邏輯閘，推導出 D、E、F 錯誤偵測碼，依照 a、b、x、c、y、z 二進位位元編碼，如表 3-1 及 3-10 圖。再以同位元做 XOR 編制 D、E、F 錯誤偵測碼。

表 3-1 二進位元編碼對照表

a	b	x	c	y	z
110	101	100	011	010	001

舉例說明：以二進制排列順序，推導出

D、E、F 錯誤偵測碼。

$$D=110\oplus 101\oplus 110, D=a\oplus b\oplus x$$

$$E=110\oplus 011\oplus 010, E=a\oplus c\oplus y$$

$$F=101\oplus 011\oplus 001, F=b\oplus c\oplus z$$

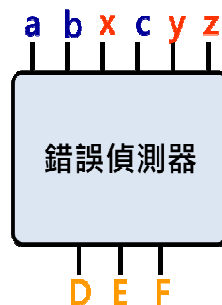


圖 3-10 二進位元編碼對照圖

(二)布林代數電路-位元更正器

使用邏輯閘結合順序，製作位元更正器電路，推導出更正位元碼，輸入部分含錯誤位元 D、E、F 及已置入的 a、b、c 二進制位元，做高階複合式的組合。



圖 3-11 位元更正器複合式電路

(三)布林代數電路-人物轉換器

錯誤偵測器推導出錯誤更正碼 D、E、F，再經位元更正器複合式邏輯閘電路解析出位元更正碼，最後訊號傳遞到人物轉換器，經轉換獲得二進制人物編碼位元，最後對照人物位元碼轉換成初始原先選擇的人物角色。

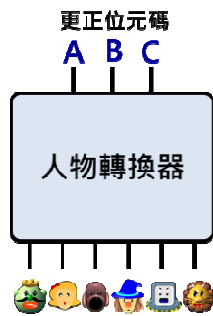


圖 3-12 布林代數人物轉換器

$$B = DFb' + (D' + F')b = 0$$

$$C = EFc' + (E' + F')c = 1$$

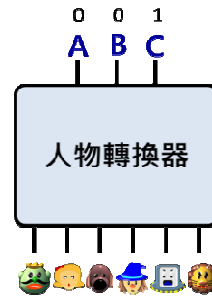


圖 3-14 位元更正器無錯測試

六、模擬電路測試

綠野仙蹤電路使用(7/4)漢明碼單一除錯位元，具有 1bit 的更正能力，以無錯、多選一張及少選一張，分成三部分進行布林代數模擬測試。

(一)無錯測試

步驟一：選擇奧茲國王

$a, b, x, c, y, z = 0, 0, 0, 1, 1, 1$

$$D = a \oplus b \oplus x \oplus d = 0$$

$$E = a \oplus c \oplus y \oplus d = 0$$

$$F = b \oplus c \oplus z \oplus d = 0$$



圖 3-13 錯誤偵測器無錯測試

步驟二： $D, E, F = 0, 0, 0$ ，確定無錯

$D, E, F, a, b, c = 0, 0, 0, 0, 0, 1$

$$A = DEa' + (D' + E')a = 0$$

步驟三： $A, B, C = 0, 0, 1$

$A, B, C = 0, 0, 1$ ，表 3-2 人物對照表，驗證選擇的人物為奧茲國王。

表 3-2 人物角色二進制對照表

人物圖象	人物名稱	二進制人物編制
	奧茲國王	$f = (A, B, C) = (0, 0, 1)$
	桃樂絲	$f = (A, B, C) = (0, 1, 0)$
	托托	$f = (A, B, C) = (0, 1, 1)$
	稻草人	$f = (A, B, C) = (1, 0, 0)$
	鐵錫人	$f = (A, B, C) = (1, 0, 1)$
	獅子	$f = (A, B, C) = (1, 1, 0)$

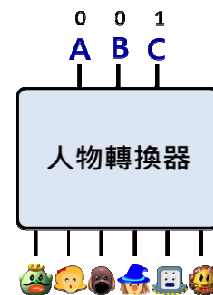


圖 3-15 人物轉換器無錯測試

參、研究成果與未來展望

(一)研究成果

本論文推動發展教育服務並重的理念，以教育娛樂為宗旨，成功開發出綠野

仙蹤機關盒之教材，把握生活周遭的資源，採用二進制系統搭配邏輯電路之設計，實踐所要開發的教案。此論文利用童話故事綠野仙蹤的各種可愛主角人物之圖案，引發學生學習數位邏輯設計的動機；再者，讓學生了解日常生活中，無所不在的「容錯(Fault Tolerance)」觀念，例如，QR Code 縱使損壞百分之三十，依然可以被辨識。然而，在此教材的設計中，融合了「容錯」的觀念，讓學生在「玩中學、做中學」。

(二)未來展望

綠野仙蹤機關盒已具有可以推動學生實現學習服務的一種有趣的學習平台，至今已經完成了八個機關盒，內容由淺入深，並簡明扼要的讓學生操作與容易理解數位邏輯容錯的觀念，它是一種創意性的、可重製性的、可以動手玩的教案和玩具，已經脫離以往制式性的單向授課，轉向以學生為主的主動學習模式。進一步，可以讓修習服務學習的學生，帶著到各種服務學習的場合中，帶領參與者一起玩，達到自利利他的雙重功能。

參考文獻

- [1] John Bohannon 著，高英哲譯，[書學新知]波里尼亞的傑作：二進位數學，2014。
- [2] 二進位- 維基百科，
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E8%BF%9B%E5%88%B6>
- [3] 趙啟超演講，數學傳播，18 卷 4 期，民 83 年 12 月。
- [4] 黃光雄、楊龍立，「課程設計：理念與實作」，師範教育叢書 258，民 90 年。
- [5] 江坤山，**電腦**，小天下出版，2003。
- [6] 金暉善、全珠英，**改變未來的 100 個新科技**，三采文化，2007。
- [7] Quercetti Digicolor,
<http://www.quercetti.com/> .
- [8] M. Morris Mano, *Digital Design*, Prentice Hall; 3rd edition (August 1, 2001).
- [9] EE4253 Digital Communications -- Hamming Code Tool,
<http://www.ee.unb.ca/cgi-bin/tervo/hamming.pl>.
- [10] Science Fair Digital Computer Kit,
<http://userwww.sfsu.edu/~hl/c.sf.compkit.html>.
- [11] 台灣師大物理系 物理教學示範實驗室教室，
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/homepage.html>.
- [12] 對切開關示意圖，
http://w3.sljhs.ylc.edu.tw/baudit/2switch_map.htm.