建國科技大學

工業工程與管理系

102學年度專題製作

TRIZ應用於改善梯安全之研究

TRIZ is applied to the research of improvement for ladder safety

IE100日四A–08

指導老師

吳章傑

製作學生

沈佩儒100405011

李明峰100405051

廖威凱100405058

陳彥璁 98405044

中　　華　　民　　國　　１０３　年　5　月

建 國 科 技 大 學　工 業 工 程 與 管 理 系

專題製作口試委員會審定書

本系 102 學年度學生：沈佩儒、李明峰、廖威凱、陳彥璁 等員

所提專題題目： TRIZ 應用於改善梯安全之研究

合於大學生畢業資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：李文豐　黃宇舟

吳章保

指導老師：吳章保

系 主 任：

中 華 民 國　1 0 3 年 5 月 1 日

致謝

本小組專題製作，總合了整組人的心力，分工合作和老師有多次的討論及修改出爐的成果。首先要先感謝整組組員的同心協力以及一開始給予我們肯定讓我們對自己有了信心的系統化創新方法(TRIZ)應用競賽的優勝獎，當然還有四年來所教導過我們的每位老師，讓我們奠定了這些基礎和應有基本的專業知識，更要萬分的感謝一直為了我們不斷花時間和我們討論修正內容的吳章傑老師，一路帶領著我們獲得發明競賽的優勝和這項發明的完整成果，感謝吳章傑老師帶著我們成長茁壯，成功的使此專題完整的呈現，在此獻上我們萬分的感謝！

摘要

根據研究調查，工安事故裡高處墜落案例占了一大部份，而梯子在現實生活中又是項無法避免的工具。如果能針對梯子本身做改善，應該能降低許多工安事故的發生。市面上的智慧梯大多都是由被動式來提醒使用者摔落，而本小組研究後，將使用主動性防止的方式，更結合了 Arduino 微處理器的應用，有效的降低意外事故的發生。本專題是以創新情境分析(ISQ)為首，首先簡單描述問題，蒐集資料找出問題所在和改善的問題，進一步思考解決的理想願景。由系統化創新(TRIZ)為問題分析工具，經功能分析與現有系統的矛盾矩陣做為分析工具，利用改變顏色、參數改變、分割、複合材料四個發明原則做改善。本專題規劃出梯子主動式平衡維持系統，解決梯子傾倒造成工安的問題，有效的弱化意外的發生。

關鍵詞：系統化創新(TRIZ)、梯子、重心、動作分析。

Abstract

According to the research survey, the height drop in industrial safety accident for a large part of the case, then ladders is unavoidable tool items in the life,if can make improvements to the ladders itself,should be able to reduce the occurrence of many industrial safely accident.The wisdom ladders in the market mostly by passive remind user to fall,after the research team will use the initiative to prevent the way,and the combination of Arduino micropvcessor,effectively reducing accidents.The main topics to ISQ,first a brief description of the problem,collect data to identify problem and to improve the problem,further reflection ideal to solve. TRIZ is a problem of system analysis tool, By contradiction matrix function analysis with existing systems as analytical tools, By changing the color, changing the parameters, segmentation, composites Four principles invention will improve. The thematic planning to Ladders maintain active balancing system, Ladders solve the problem of dumping of industrial safety, effectively weakening the accident.

Kewwords:TRIZ,Ladder,,Focus,Motion Analysis

目錄

致謝---------- Ⅰ

摘要---------- Ⅱ

英文摘要----------Ⅲ

目錄----------Ⅳ

表目錄----------Ⅴ

圖目錄----------Ⅵ

第一章 緒論

1-1 研究動機----------01

1-2 研究目的----------02

1-3 研究流程----------03

第二章 文獻回顧與探討

2-1 專利文獻檢索----------04

2-2 專利地圖----------12

第三章 研究工具

3-1 TRIZ 介紹----------13

3-2 TRIZ 工具----------14

3-3 分析流程----------17

3-4 Arduino 介紹 ----------18

第四章 研究分析與討論

4-1 TRIZ 解題流程----------27

4-2 系統規劃----------36

4-3 控制程式架構----------39

第五章 展望

展望----------40

參考文獻----------41

附錄一

表目錄

表 2-1 梯子專利表----------05
表 2-2 梯子相關專利功能分析表----------06
表 2-3 梯子相關系統專利技術地圖----------12
表 3-1 硬體規格表----------19
表 3-2 特殊功能表----------19
表 3-3 Arduino 快捷鍵----------23
表 4-1 原件模式（Component Model）----------31
表 4-2 現有系統的矛盾----------33
表 4-3 操作起來更為安全、方便之矛盾矩陣----------34
表 4-4 輕量化但不影響結構強度－矛盾矩陣----------35

圖目錄

圖 1-3 研究流程圖----------03
圖 3-1 創意解題流程圖(1)----------14
圖 3-2 創意解題流程圖(2)----------15
圖 3-3 分析流程圖----------17
圖 3-4 Ardunio UNO 的硬體規格圖----------18
圖 3-5 ArduinoUNO----------20
圖 3-6 Arduino NANO----------20
圖 3-7 Arduino MEGA----------21
圖 3-8 Arduino Lilypad----------21
圖 3-9 官方網站----------22
圖 3-10Arduino 執行檔----------22
圖 3-11 開發環境初始畫面----------23
圖 3-12 開始環境----------23
圖 3-13 操作步驟之一----------24
圖 3-14 操作步驟之二----------24
圖 3-15 訊息圖----------25
圖 3-16 步驟圖----------25
圖 3-17 步驟圖----------26
圖 4-1 TRIZ 解題流程圖----------27
圖 4-2 ISQ 流程圖----------28
圖 4-3 事故發生的骨牌理論----------29
圖 4-4 事故發生的原因----------30
圖 4-5 防止事故發生的方法----------30
圖 4-6 功能分析圖----------32
圖 4-7 因果鏈分析圖----------33
圖 4-8 梯子穩定系統示意圖----------36
圖 4-9 梯子穩定系統與梯腳組合示意圖----------36

圖 4-10 梯子穩定系統----------37
圖 4-11 梯子穩定系統驅動元件示意圖----------37
圖 4-12 梯子主動式平衡控制流程----------39

第一章　緒論

1-1 研究動機

梯子是在生活中非常容易使用且普及的工具，目前市面上的傳統梯以及智慧梯還沒有完整的安全防護，仍然有許多的工安意外事故發生和使用上的不方便；意外事故往往來自於重心不穩、人為因素或產品本身的品質問題，而不方便則是在於重量、不能適應各種地形等，本專題應用大學所學的知識，達到改善及排除弱化以上問題，減少事故發生。

1-2 研究目的

專題的研究目的，在於研發出一主動式防護智慧梯，以主動式平衡維持的方式，降低梯子因人為操作不當或本身品質問題所產生的傾斜、位移時造成意外發生機率，如果發生重心偏移狀況時，能在第一時間警告並且迅速維持在平衡狀態，讓梯子上的使用者可以儘速脫離梯子，避免無預警墜落。以下為本專題研究的主軸：

一、運用TRIZ創新方法尋求解決梯子在工安問題的有效解決方案。

二、由被動轉為主動的防護：

一般梯子都是採用被動警示的方式來提醒使用者，對於防止意外發生沒有太大的幫助，本專題利用感測器、單晶片微電腦、馬達以及螺桿達到主動平衡重心的功能。

三、即時反應：

為了能在極短時間內感測並且做出反應，本專題使用了開迴路系統，降低發指令所需的時間。

1-3 研究流程圖

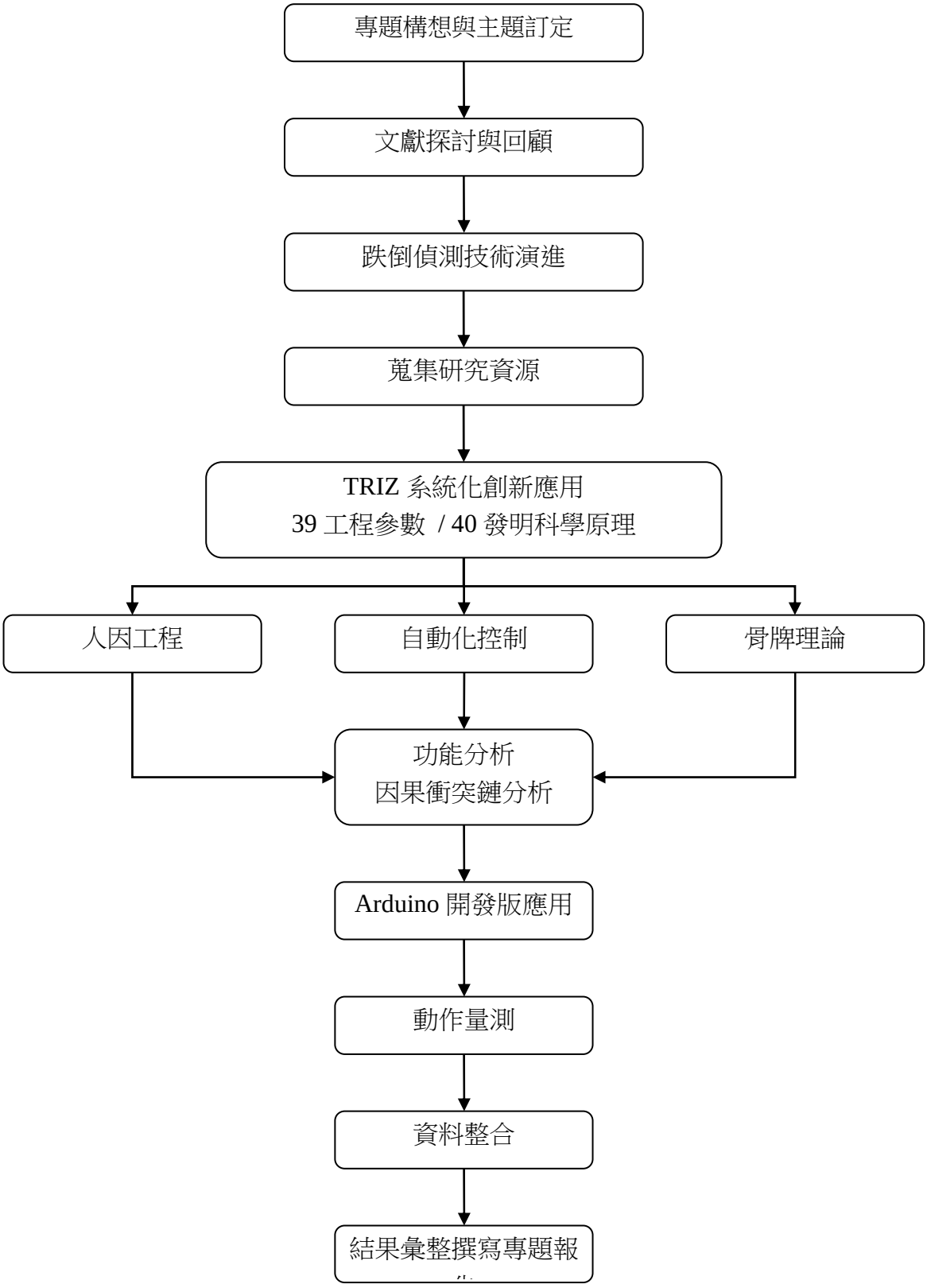


圖1-3 研究流程圖

第二章 文獻回顧及檢索

2-1 專利文獻檢索

本專題透過「中華民國專利資料檢索系統」來尋找有關梯子系統的相關專利，並整理出「梯子專利表」(表2-1)，表中可以顯示有關於梯子系統的設計，主要是放在 「特殊功能」與「結構強化」中，其主要是現代人們所追求的以「方便性」與 「安全性」為主。

如表2-1，本專題將查詢到的專利大致分為五種性質，其顯示出「功能型」與「強化型」較多人作為發想。我們將其各類型的主要設計或特殊設計方面的專利整理出「梯子相關專利功能分析表」(表2-2)，透過專利搜尋，並針對相關專利透過市面已出現的商品化查詢，並對其進行分析，進而發想及創新出更有競爭力、實用性的商品。以下便逐一說明。

如下表2-1可以看出功能型與強化型的方面專利量偏多，其主要原因在於梯子在平常就是經常所會用到的工具，在普遍使用的狀況下，人往往就會比較注重在於功能上的需求，但是梯子是一種屬於高處作業的工具，因此在使用上就有一定的危險，當危險的細數增加，需求方便就會偏向於安全性，這也是這功能型與安全型的技術偏多的原因了。

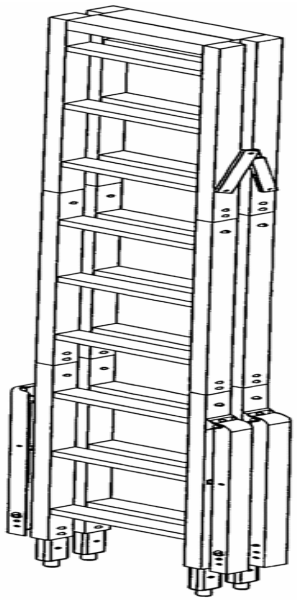
表2-1 梯子專利表

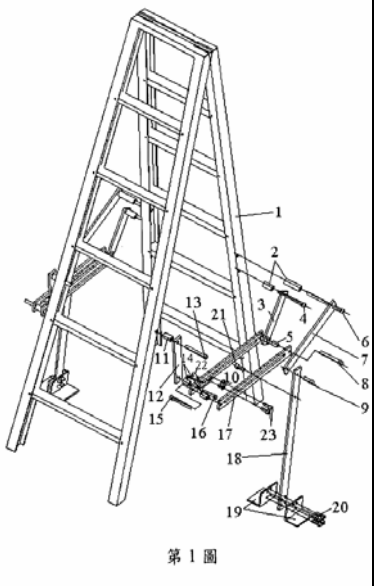
	組合型	功能型	環境形	強化型	可移動
專利號	M470879 M364121 372016 257293	M300248 M395730 M371785 M421760 M446223 M415197 M395731 M395732 M395733 M431947	M404272 M407285	M375119 M335562 M332733 M291466 M438534 458207 175798	M401057 M389770 M347326
專利數量	20	50	10	40	10

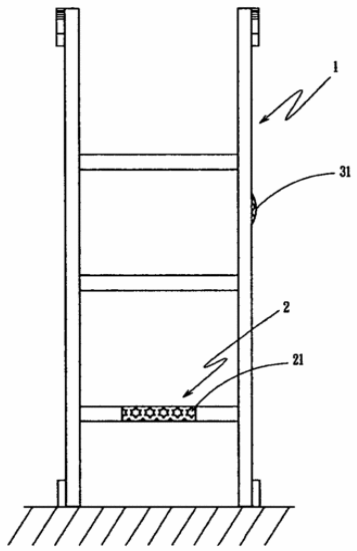
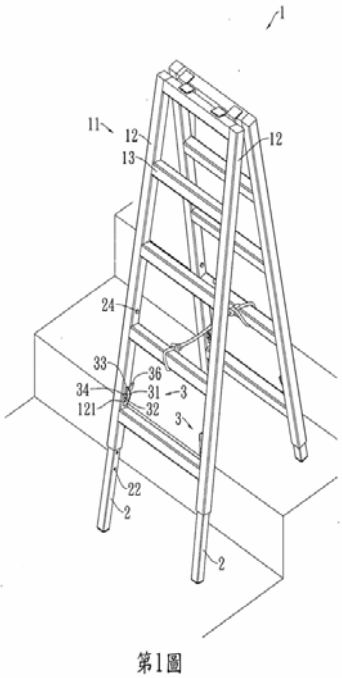
註：專利數量取大約值

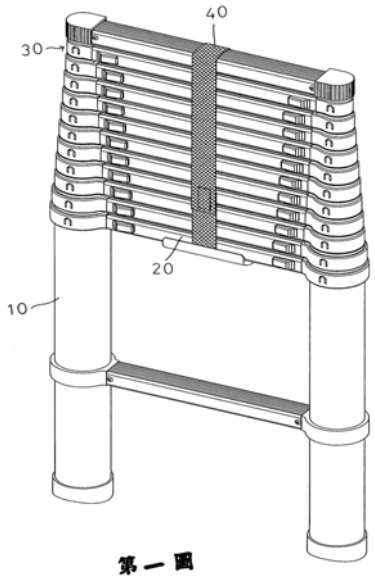
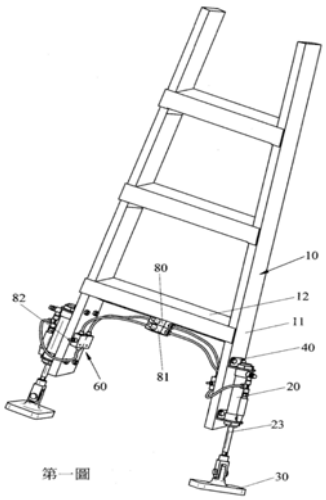
表 2-2 梯子相關專利功能分析表

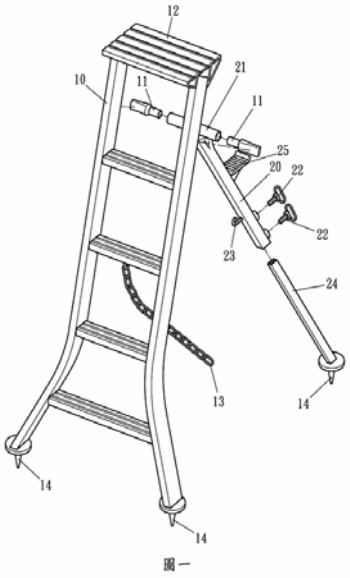
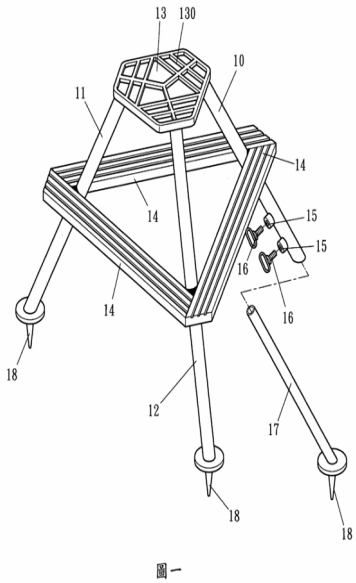
<table>
<tr><td colspan="3">組合型-功能介紹</td></tr>
<tr><td>名稱</td><td>技術，特徵</td><td>圖片</td></tr>
<tr><td>組合式A型梯

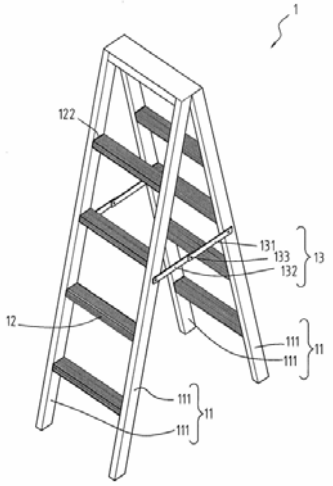
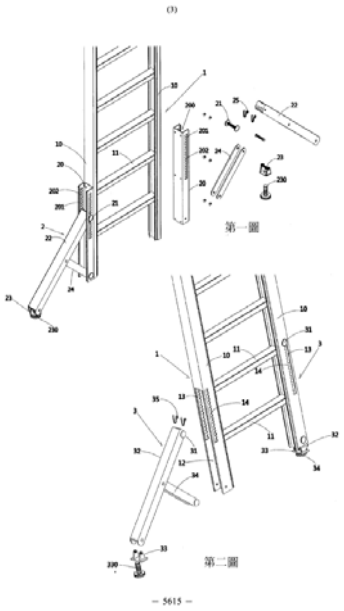
專利號
M470879
(2014-01-21)</td><td>◆ 可拆開組合
◆ 附加輔助架</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">移動型-功能介紹</td></tr>
<tr><td>名稱</td><td>技術，特徵</td><td>圖片</td></tr>
<tr><td>可移動跨步梯

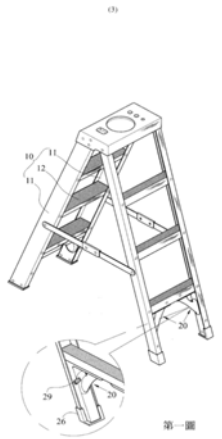
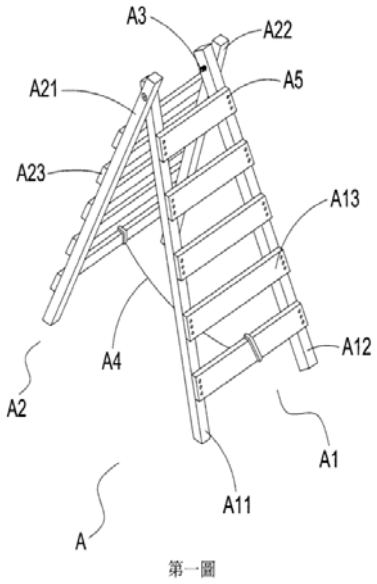
專利號
M401057
(2009-05-25)</td><td>◆ 使人在上方時也可安全移動梯子</td><td>
第 1 圖</td></tr>
</table>

功能型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
負載感應警示梯 專利號 M395730 (2011-01-01)	◆ 重量偵測警示功能	
功能型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
梯子高低調整結構 專利號 M421760 (2012-02-01)	◆ 伸縮長短 ◆ 可摺疊	 第1圖

功能型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
可收縮折疊梯 專利號 M371785 (2010-01-01)	◆ 伸縮長短 ◆ 方便收納 ◆ 使用性高	 第一圖
功能型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
具氣壓緩衝吸震之梯子構造 專利號 M300248 (2006-11-01)	◆ 緩衝吸震效果 ◆ 自動調整	 第一圖

環境型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
斜坡梯 專利號 M404272 (2010-11-12)	◆ 可調整伸縮桿 ◆ 適用於坡地	 圖一
環境型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
山坡地用梯 專利號 M407285 (2010-11-12)	◆ 可調整伸縮桿 ◆ 適用於坡地 ◆ 三角結構	 圖一

強化型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
結構強化之A字型工作梯 專利號 M375119 (2010-03-01)	◆ 具有防滑 ◆ 踏板與梯腳強化焊料	 第一圖
強化型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
梯子結構改良 專利號 M335562 (2007-12-28)	◆ 附有輔助腳架 ◆ 適應力高	 第一圖 第二圖

強化型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
爬梯結構改良 專利號 M291466 (2005-12-06)	◆ 結構強化 ◆ 模組化	
強化型-功能介紹		
名稱	技術，特徵	圖片
梯子結構改良 專利號 M332733 (2007-11-09)	◆ 加強各構建之組構強度	

2-2 專利技術地圖

由專利技術地圖如表 2-3 所示，可以看出現在專利技術的主要趨勢，會發現到現在主要以方便方便的功能佔大部分，而在安全性方面的是以結構強化為主要，警示系統方面的話，主要是以事故產生發動警示的被動裝置，對於主動性補償系統目前還沒有相關技術，而在有些有警示且較具有安全性的梯子在市面上並不常見。經討論後發現後，有可能與技術性太高導致價格不被市場接受或是使用上不易，因此本專題希望能創新出一個市面接受度高，且適用度高，然後是一個主動性的警示系統，以增加在這方面研究的欠缺。

表 2-3 梯子相關系統專利技術地圖

功能 / 系統	可調整	可組裝拆解	警示功能	結構強化	附加功能
梯架	M421760* M371785 M407285 M404272 (30)**	M470879 372016 M364121 257293 (20)	M395730 M395731 M395732 M395733 (4)	M332733 M407285 M438534 (20)	M404272 M401057 M431947 M347326 (50)
踏板	(0)	372016 M364121 257293 (10)	(0)	M446223 M332733 M375119 M291466 458207 (30)	M446223 (3)
梯腳	M300248 M335562 (5)	257293 (1)	(0)	M404272 M407285 M335562 M332733 175798 (25)	M300248 M335562 M415197 M389770 (5)

*代表專利號　　**此組合之專利查詢數量

第三章 研究工具

3-1 TRIZ 介紹

TRIZ 源自於「發明問題解決理論」為一特殊縮寫，英文同義語為(Theory of Inventive Problem Solving)，其意義是透過解決發明問題而最終實現技術和管理的創新。在 1946 年，二十歲的 TRIZ 創始人 Genrich Altshuller 任職於前蘇聯海軍專利局擔任專利審核員，在專利的審核作業中，Altshuller 察覺到任何一種技術系統的創新過程中都是有其一定的型態與過程。因此他開始從 200,000 件的專利中著手進行研究，挑出其中 40,000 件被視為具有較佳創新方法的專利，來探索其解決之道與運用方法，企圖從其中歸納出基本原則與型態。每一個具有創意的專利，基本上都是在解決「創意性」的問題。所謂「創意性」的問題，其中包含著「需求衝突」的問題，也就是所謂的「矛盾」。解決這些衝突的基本解被一再的使用，據此推論，如果後來的發明家能夠擁有早期解決方案的知識，那麼他們在創新發明的工作將會更為容易。基於上述想法，他與蘇聯科學家一起進行研究、歸納和整理，最終建立起一整套系統化的解決發明原則的理論和體系。

在蘇聯解體後，TRIZ 隨著部份研究人員的移居，進而傳到了歐洲及美國等地，使西方國家有機會學習並且深入研究，這也讓 TRIZ 有了更進一步的發展與應用。從 21 世紀開始，TRIZ 開始走入了企業界和科技業，並逐漸在各國獲得青睞並且展開大規模的推廣，由此可見，TRIZ 將會在未來的發展扮演關鍵性的角色。

3-2　TRIZ 工具

創意解題流程圖(一)

首先將問題分析後，TRIZ 其意義為發明創新問題解題理論，為一系統化之設計流程及問題解決方法，在針對問題所在加以分析，並找出矛盾，圖工具去知道問題衝突進而去做改善評估，圖 3-1 為創意解題流程圖。

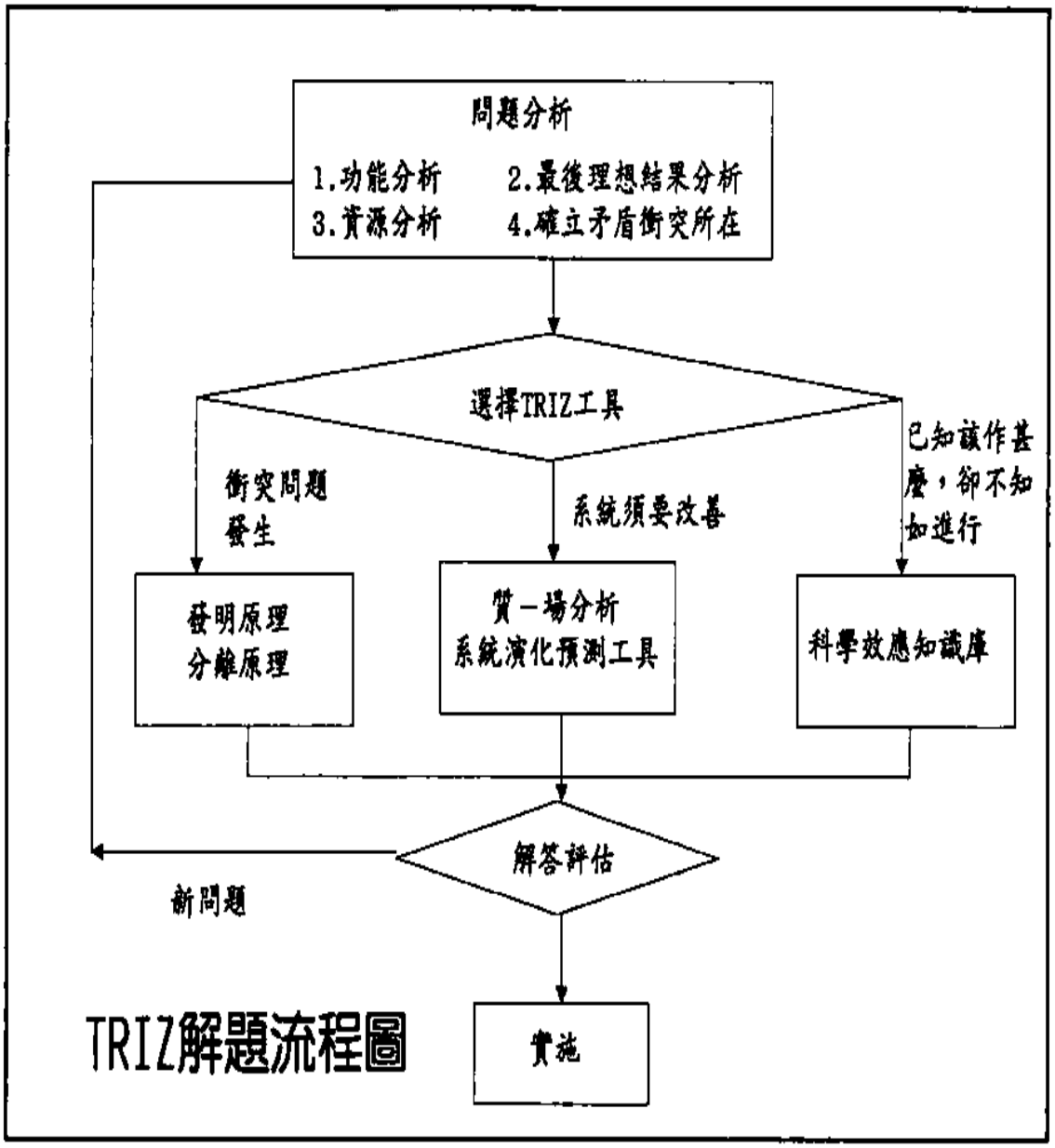


圖 3-1 創意解題流程圖

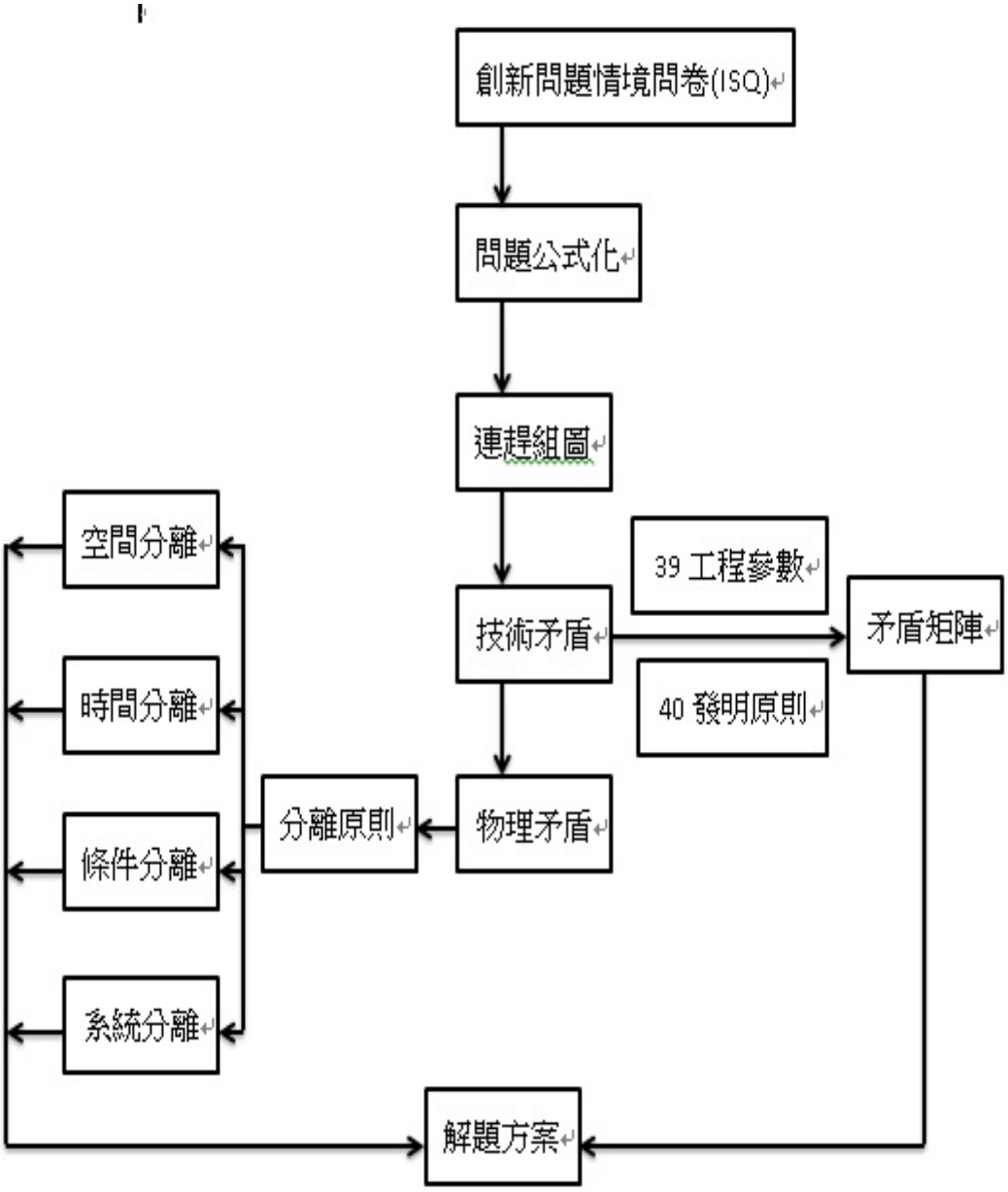


圖 3-2 創意解題流程圖(2)

創新情境問卷 Innovation Situation Questionnaire (ISQ)

詳細定義問題資訊，包含：

1. 欲改良或創造的資訊系統與環境：

   簡單地描述有關系統的構成、系統所產生的問題。

2. 可利用的資源：

   物質資源、能場資源、空間資源、時間資源、資訊資源、功能資源。

3. 問題現況資訊：

（1）欲解決的問題（2）造成問題的所在（3）問題造成的連鎖效應（4）問題發生的歷史背景（5）其他有類似問題的地方（6）其他欲解決的問題。

4. 進行變換系統：

   描述系統的創新可以在什麼樣的範圍裡進行問題的解答，是否有所限制？

5. 選擇解答概念的準則：

   要以新產品達成甚麼目標？ 描述系統的最理想狀態，在此不考慮限制或技術的可能性。

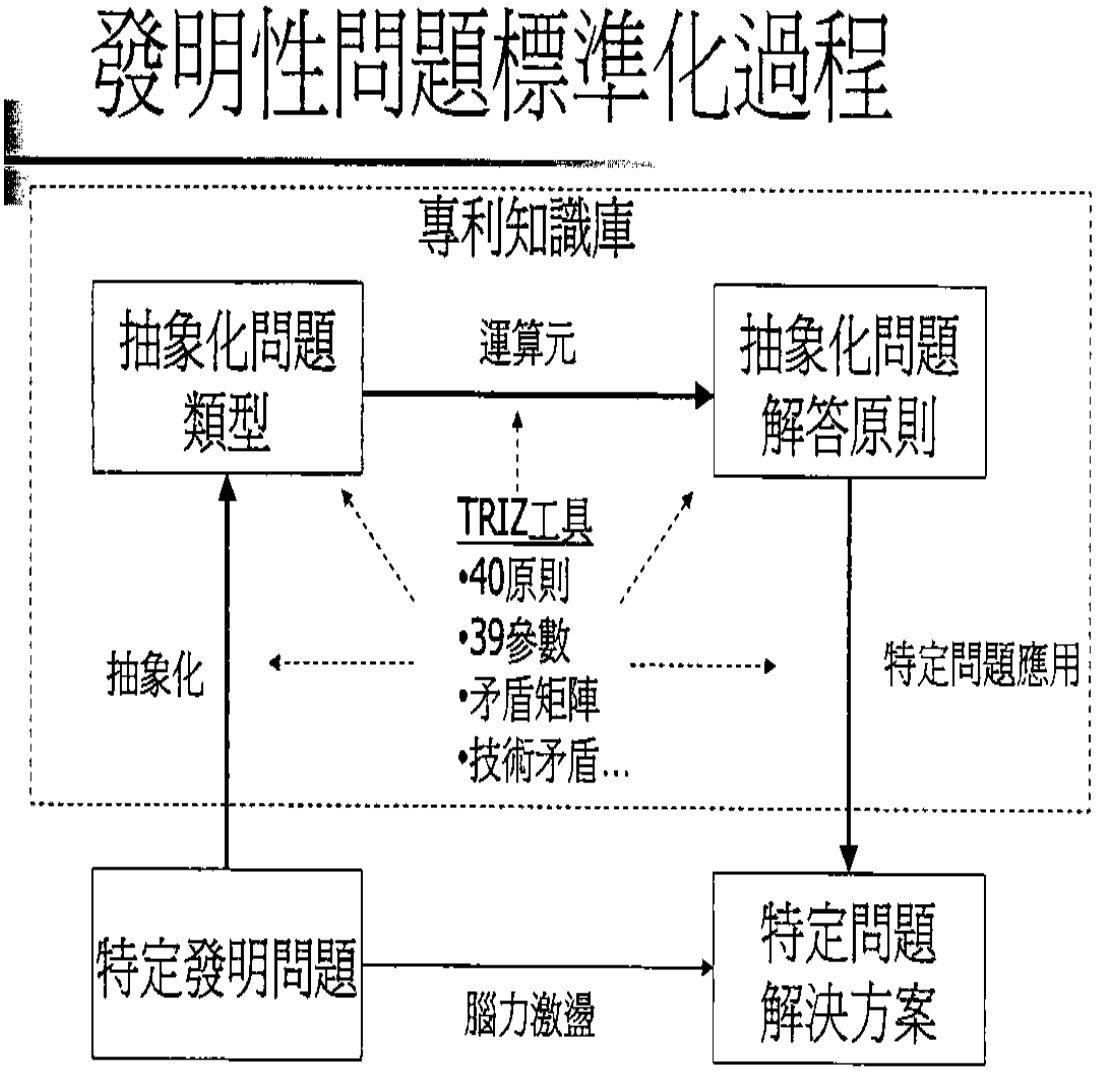
6. 問題已嘗試過的解答歷史：

   這個問題是否在其他地方已經被解決？

3-3　分析流程

TRIZ 解決發明性問題的標準化過程，首先把遭遇之特定問題轉化為標抽象準化問題類型，接著透過 TRIZ 問題解決工具得到標準抽象化問題解答，最後得到特定問題解答。

所謂 TRIZ 問題解決工具則視問題類型與需求，有 40 發明原則、39 工程參數、矛盾矩陣、物質－場分析、演化趨勢……等等可供選擇。



3-3 分析流程圖

3-4　Arduino 介紹

Arduino 是一張微控制器板子，體積大約只有一個手掌大。使用者可以在控制板上接上各種電子裝置。例如:LED、控制馬達、紅外線、超音波、喇叭、溫度感應，以及 WIFI、GPS 等各種通訊模組。配合一些城市語法，就能利用 Arduino 做出各式各樣的自動控制應用。例如:控制馬達、紅外線遙控、自走車、控制機械手臂。

一、Arduion 硬體介紹

圖 3-4 與表 3-1 說明 Ardunio UNO 的硬體規格。

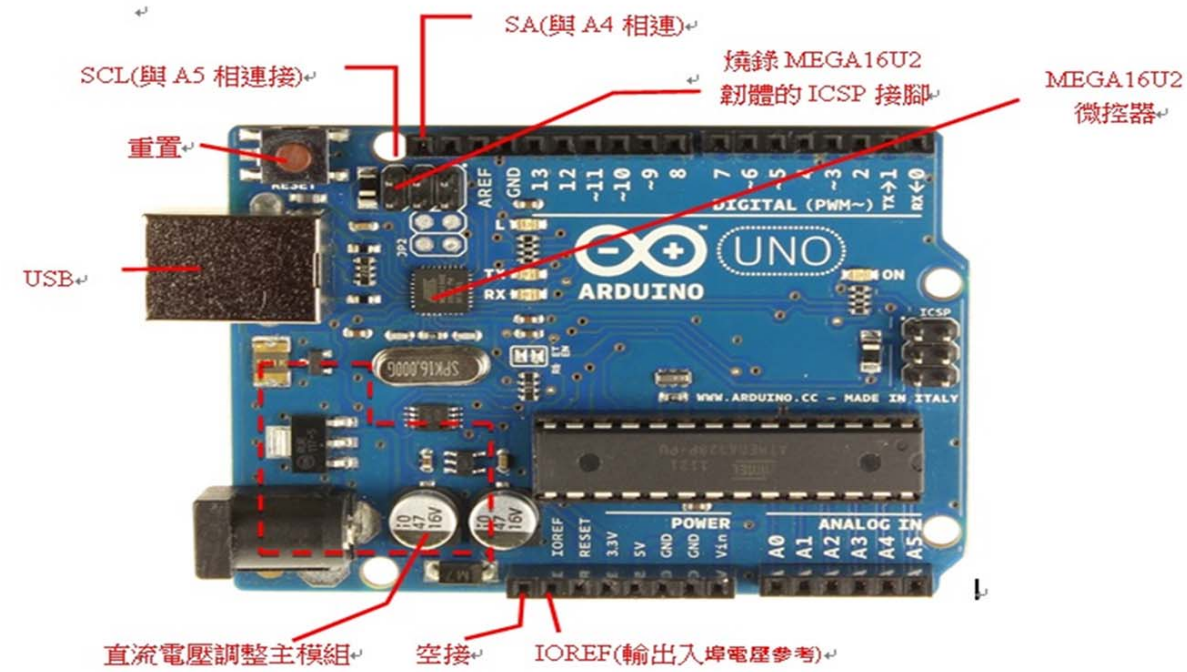


圖 3-4 Ardunio UNO 的硬體規格圖

表 3-1 硬體規格

微控制器	ATmega328
工作電壓	5V
輸入電壓(建議)	7-12V
輸入電壓(限制)	6-20V
數位 I/O pins	14 支(其中有 6 支腳位可以提供 PWM 輸出)
類入 Input Pins	6 支
I/O pin 直流電流	40mA
3.3V pin 直流電流	50mA
Flash 記憶體	32KB,其中 0.5KB 拿去給 bootloader 使用
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
時脈	16MHz

數位 I/O Pins：

14 支數位 I/O Pins 可以當作 input 使用，也可以當作 output 使用，使用方法是透過 pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead() 這幾個函式。這 14 支數位 I/O Pins，其中幾支腳有特殊的功能:

表 3-2 特殊功能表

Serial 通訊	0(RX) 和 1 (TX) 這兩支腳。用來接收(RX)與傳輸(TX) TTL 訊號的序列資料。這兩支腳也連接到 USB Converter 晶片中。
外部中斷	2 和 3 這兩支腳。這兩支腳可以利用外部事件觸發中斷。詳細內容請參考 attachInterrupt() 函式。
PWM	3, 5, 6, 9, 10 和 11 共六支腳。透過 analogWrite() 函式可以提供 8-bit 的 PWM 輸出。
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) 和 13 (SCK) 這四支腳。這四支腳搭配 SPI Library 可提供 SPI 序列通訊。
LED	13。內建一顆 LED，當 pin 腳為 HIGH 時，LED 打開，當 pin 腳為 LOW 時，LED 關閉。

類比輸入 Pins：

有 6 支類比輸入腳，標記為 A0 到 A5，每支腳都可提供 10 位元的解析 (即 1024 種不同的數值)。這些腳位所用的參考電壓預設為 0 到 5V，不過參考電壓也是可以更改的，方法是透過 AREF 腳和 analogReference() 函式。

二、Arduino 硬體種類

Arduino UNO

此為 Arduino 在 2010 年底推出的標準版本，主要溝通介面為 USB，大部分範例程 式需要的硬體電路皆已包含，單晶片所有腳位也都有預留方便使用。

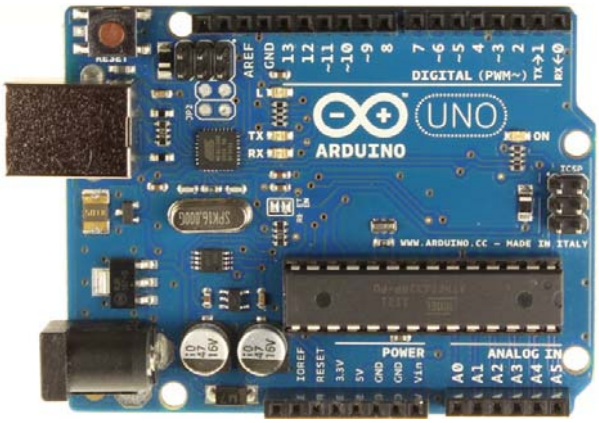


圖 3-5　Arduino UNO (圖片來源:Arduino.cc)

Arduino Nano

此版主要用於與麵包板結合使用，板子上腳位間格與麵包版上的間距相同。核心有 ATMEGA328（Arduino3.X）或 ATmega168 的（Arduino2.X）兩種，但晶片封裝與 Duemilanove 不同。

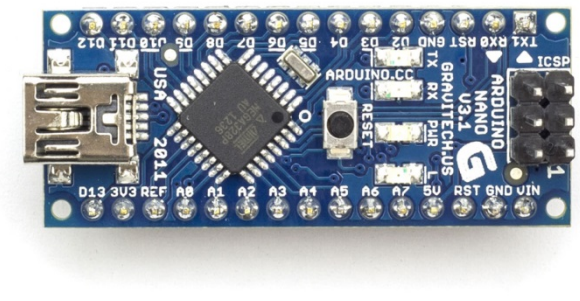


圖 3-6　Arduino NANO (圖片來源:Arduino.cc)

Arduino MEGA

可以說是 Arduino 的巨大版，包含了 54 個數位 I/O，4 組個 UART，16 個類比腳位，14 組的 PWM 派波訊號，只可惜時脈一樣為 16MHz，稍嫌美中不足。

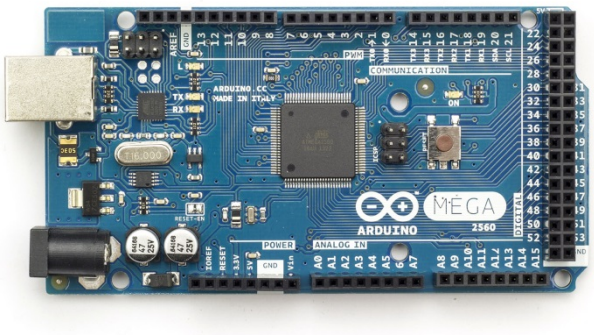


圖 3-7　Arduino MEGA (圖片來源:Arduino.cc)

Arduino LilyPad

此版為微小板，可以搭配在衣服上為設計主軸。

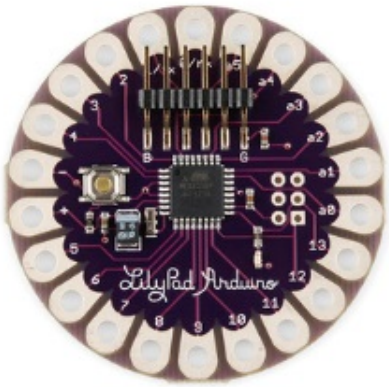


圖 3-8　Arduino Lilypad (圖片來源:Arduino.cc)

三、程式開發環境

Arduino 提供軟體給剛想要踏入單晶片世界，不想花大錢在前置準備上的玩家。只要登上 Arduino 官方網站(Arduino.cc)在 Download 頁面中，可找到 Arduino 最新版的開發環境給玩家使用。



圖 3-9 官方網站 (Arduino.cc)

下載完成後，解開壓縮檔，可以找到名為 Arduino 執行檔，開啟開發環境，不需安裝可直接使用。Arduino 資料夾還有許多資料夾，drivers 是第一次 Arduino 插上電腦需要的驅動程式都在裡面。Lib 資料夾包含了基本的含式庫，若在網路上找到其他玩家寫好的含式庫可以丟進 lib 資料夾內，便可以相關使用。

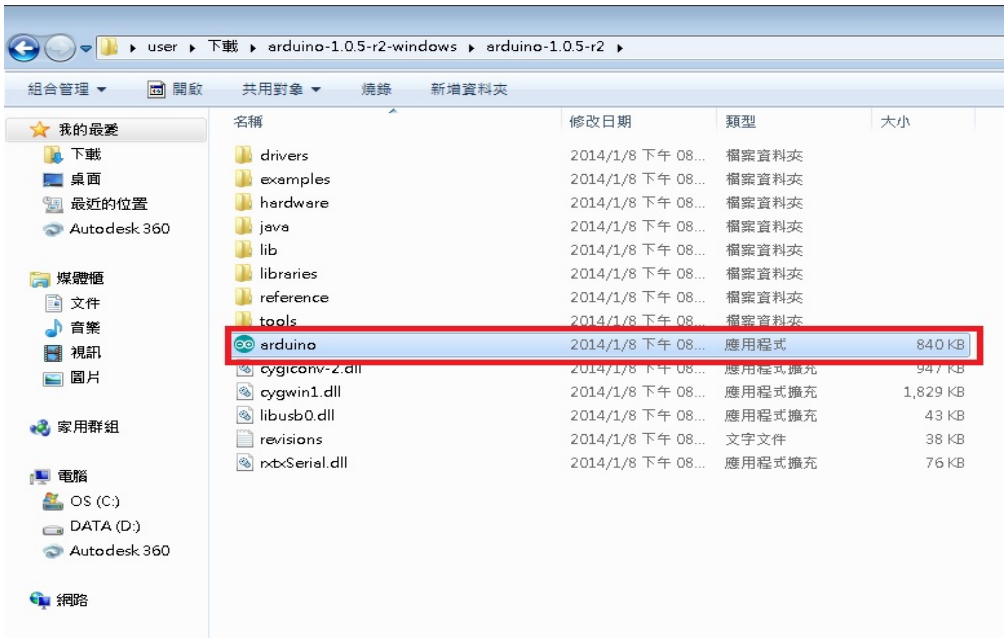


圖 3-10 Arduino 執行檔

四、程式開發環境介紹



圖 3-11 開發環境初始畫面

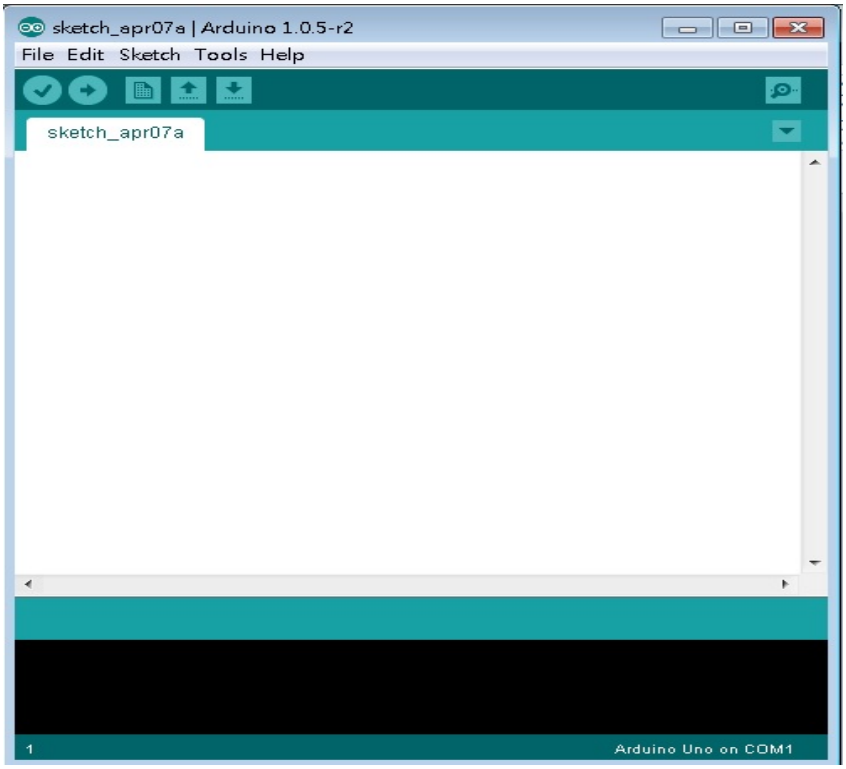


圖 3-12 開始環境

表 3-3 Arduino 快捷鍵介紹如下：

NEW(新增檔案)-開啟空白頁面選寫程式。
OPEN(開啟舊檔專案)-Arduino 附檔名為 ino
Save(存檔專案)-儲存目前專案
Verify/compile(編譯目前專案)-驗證程式是否選寫錯誤

點選 File > Examples > 1.Basics > Blink. 打開 Blink 範例程式：

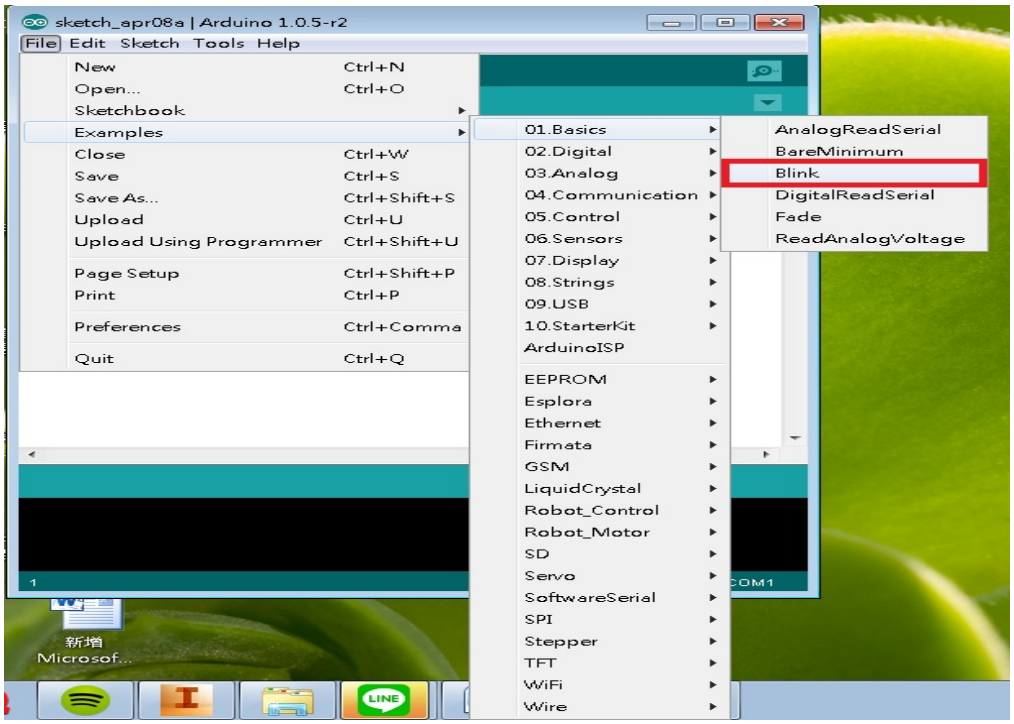


圖 3-13 操作步驟之一

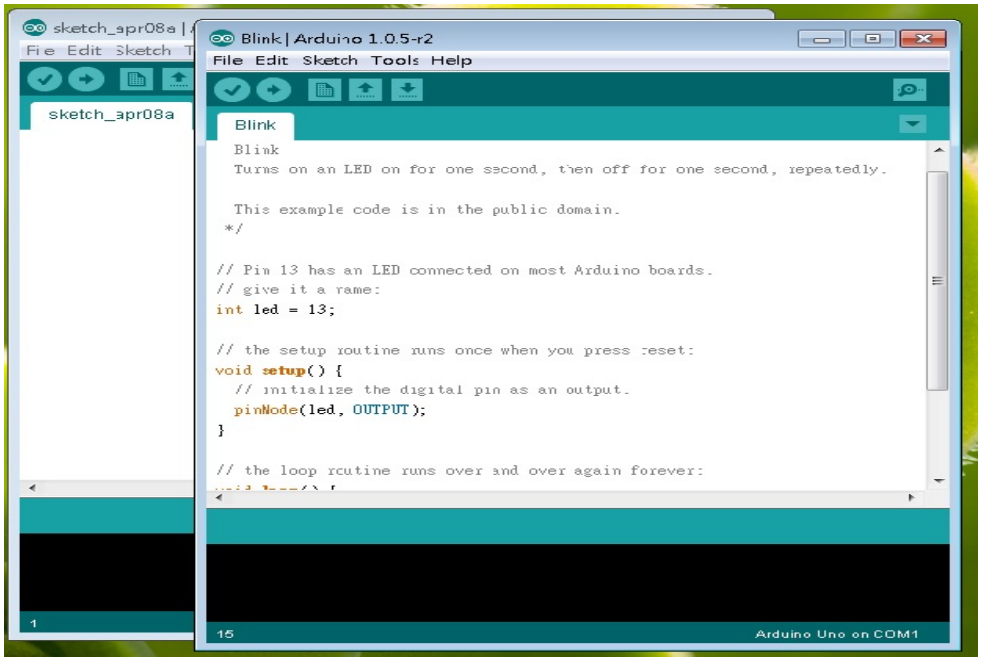


圖 3-14 操作步驟之二

著按下 Verify 這個按鈕編譯程式，假如程式語法沒有錯誤，畫面下方的狀態列會出現 "Done Compiling.” 的訊息:



圖 3-15 訊息圖

選擇 Arduino 控制面板 點 Tools > Board 選擇跟你所用的 Arduino 對應的板子。

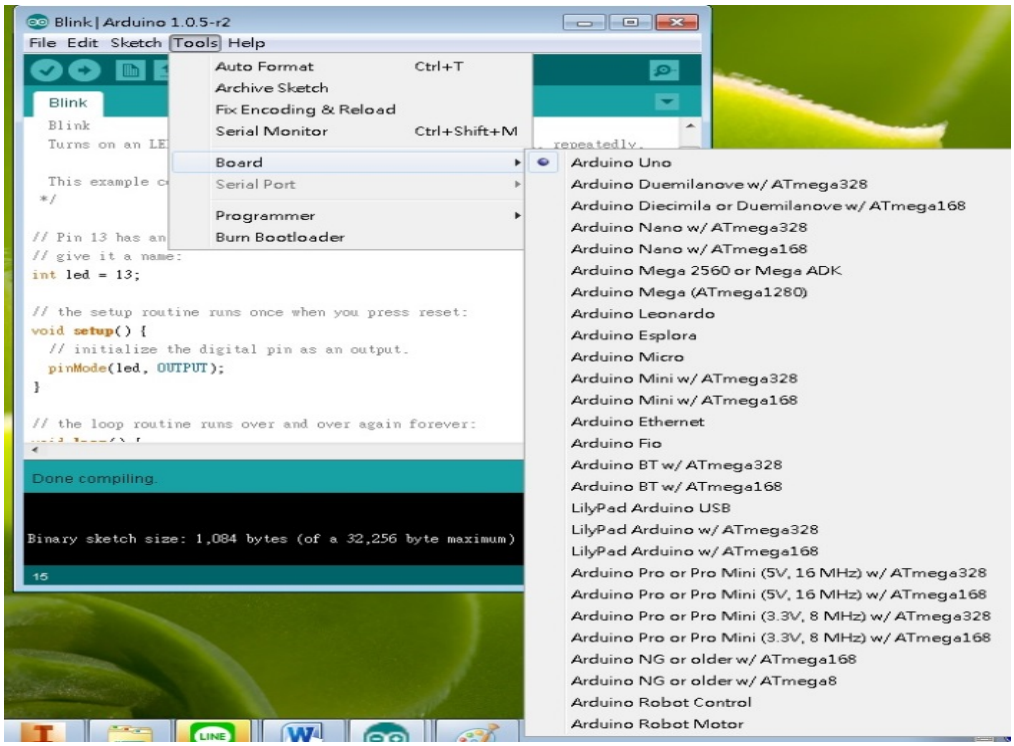


圖 3-16 步驟圖

選擇 Serial port　點 Tools>Serial port 選擇 COM Port

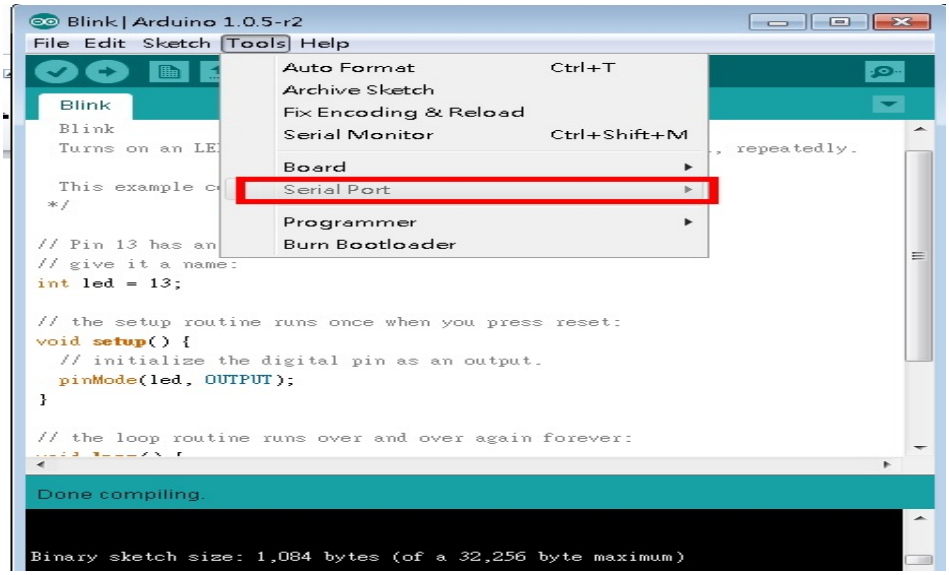


圖 3-17 步驟圖

按下 Upload 這個按鈕，等候幾秒鐘，應該會看到板子上的 RX 和 TX 兩個燈號會快速地閃爍，如果上傳成功，狀態列會出現 Done uploading.的訊息。

第四章 研究分析與討論

4-1 TRIZ 解題流程

TRIZ 意為「發明問題解決理論」，是一系統化設計流程及問題解決方法，針對問題點加以研究分析，進而找出矛盾，透過解決發明問題實現創新，圖 4-1 為 TRIZ 解題流程圖。

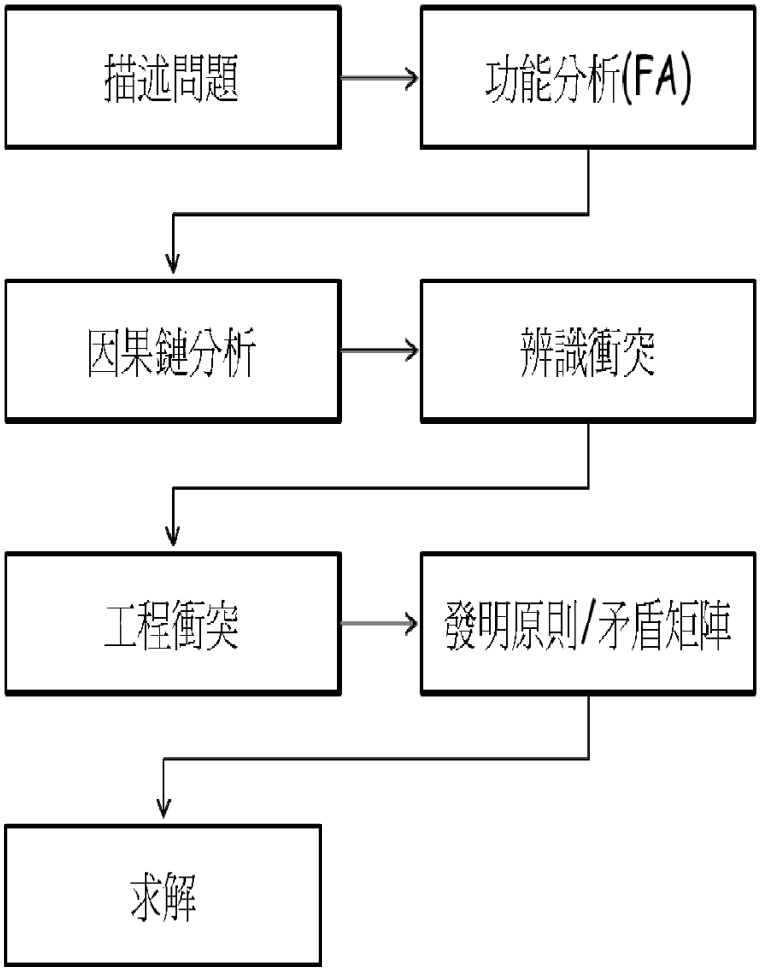


圖 4-1 TRIZ 解題流程圖

一、 創新情境分析 ISQ

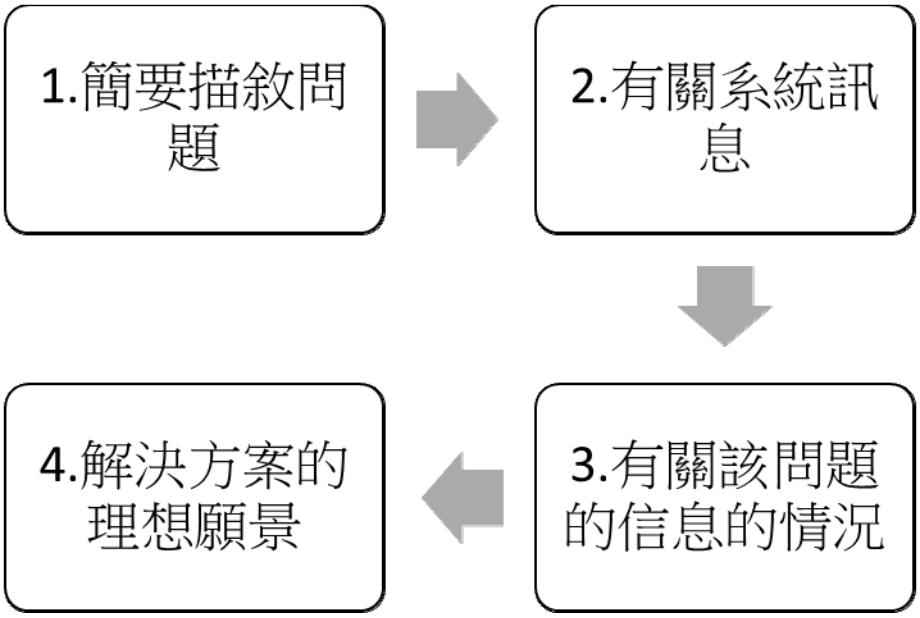


圖 4-2 ISQ 流程圖

1．簡要描述問題

(1) 因不平衡容易傾倒：

使用梯子作業時,因在梯子上動態作業容易造成梯子不平衡產生搖晃傾倒。

(2) 人為因素：

因為人為貪快、懶惰、不照應正常程序使用，產生危險。

2．有關訊息

(1) 系統名稱：

危險辨識流程系統

傾斜警告系統

(2) 系統架構：

危險辨識流程進行傾斜警告

(3) 系統環境：

地板、牆壁、梯腳墊、頂部支撐點

3.有關該問題的信息的情況

(1) 欲解決的問題：

保持平衡

維持在安全角度

使用時不易移動

(2) 系統元件: 梯架、 踏板、 梯腳墊、牆壁、 地板

(3) 超系統元件: 人、 物

4.解決方案的理想願景

(1) 生理上：每個使用者動作上的差異

(2) 心理上：高度會讓人產生恐懼

對意外事故發生的前因後果予以有系統的研究者， 首推美國的海尼克(H. W. Heinrich)。他於 1931 年提出事故發生的「骨牌理論(domino theory)」，成為研究意外事故發生的先驅。

在骨牌理論中，認為事故由五大因素組成，如圖 4-3 所示：

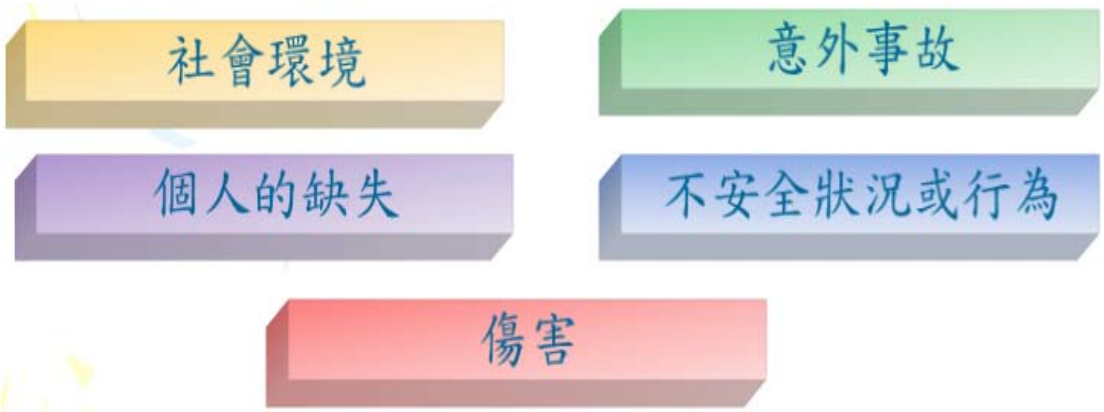


圖 4-3 事故發生的骨牌理論

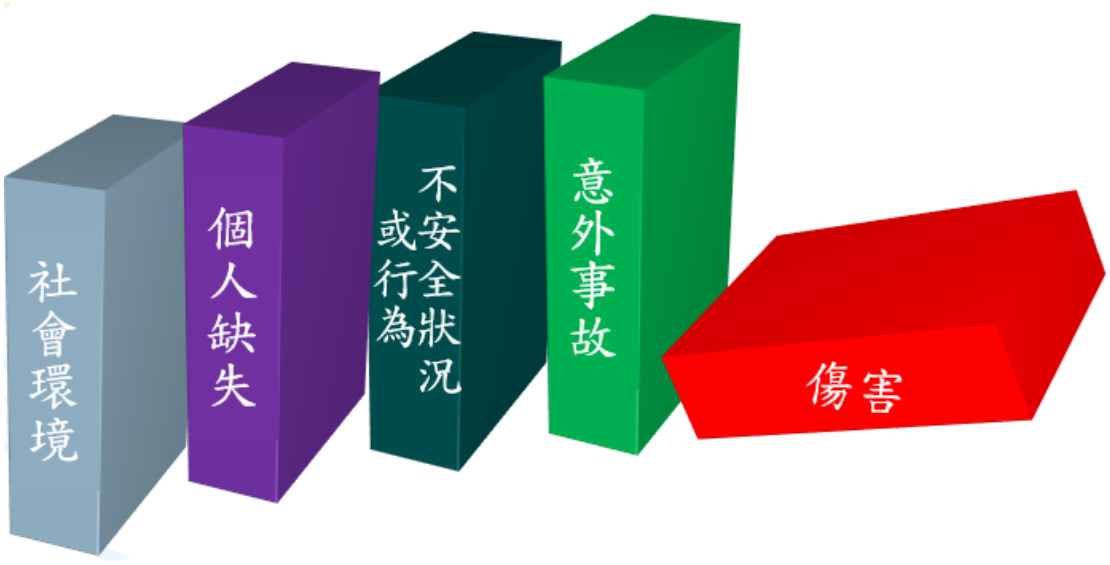


圖 4-4 事故發生的原因

在骨牌先後關係裡面，如圖 4-4 所示，當任何一項的不安全因素發生的時候，都會造成事故傷害的結果。

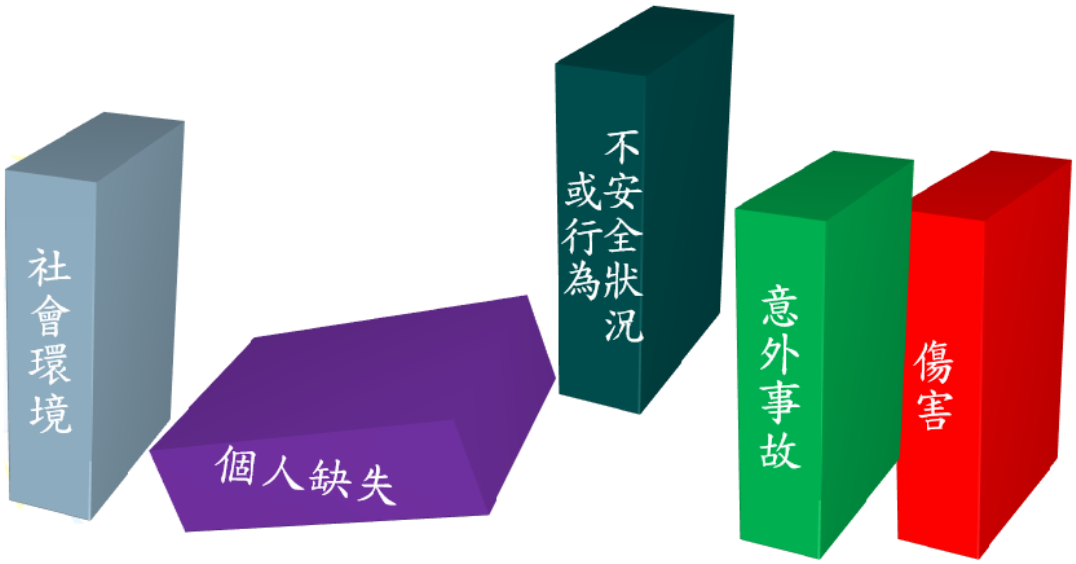


圖 4-5 防止事故發生的方法

在安全上如果個人缺失的骨牌倒下，如圖 4-5 所示，但把不安全狀況或行為的這張骨牌抽離，那即便有個人的缺失，最後也不會造成意外或傷害事故的發生。

二、 功能分析 (Function Analysis)

表 4-1 元件模式（Component Model）

Engineering System 工程系統：梯子　　Main Function 主要功能：支撐人登高

System Components（系統）	Supersystem Components（超系統）
梯架	人 (跌落)
梯腳墊	物 (跌落)
踏板	
地面	
牆壁	

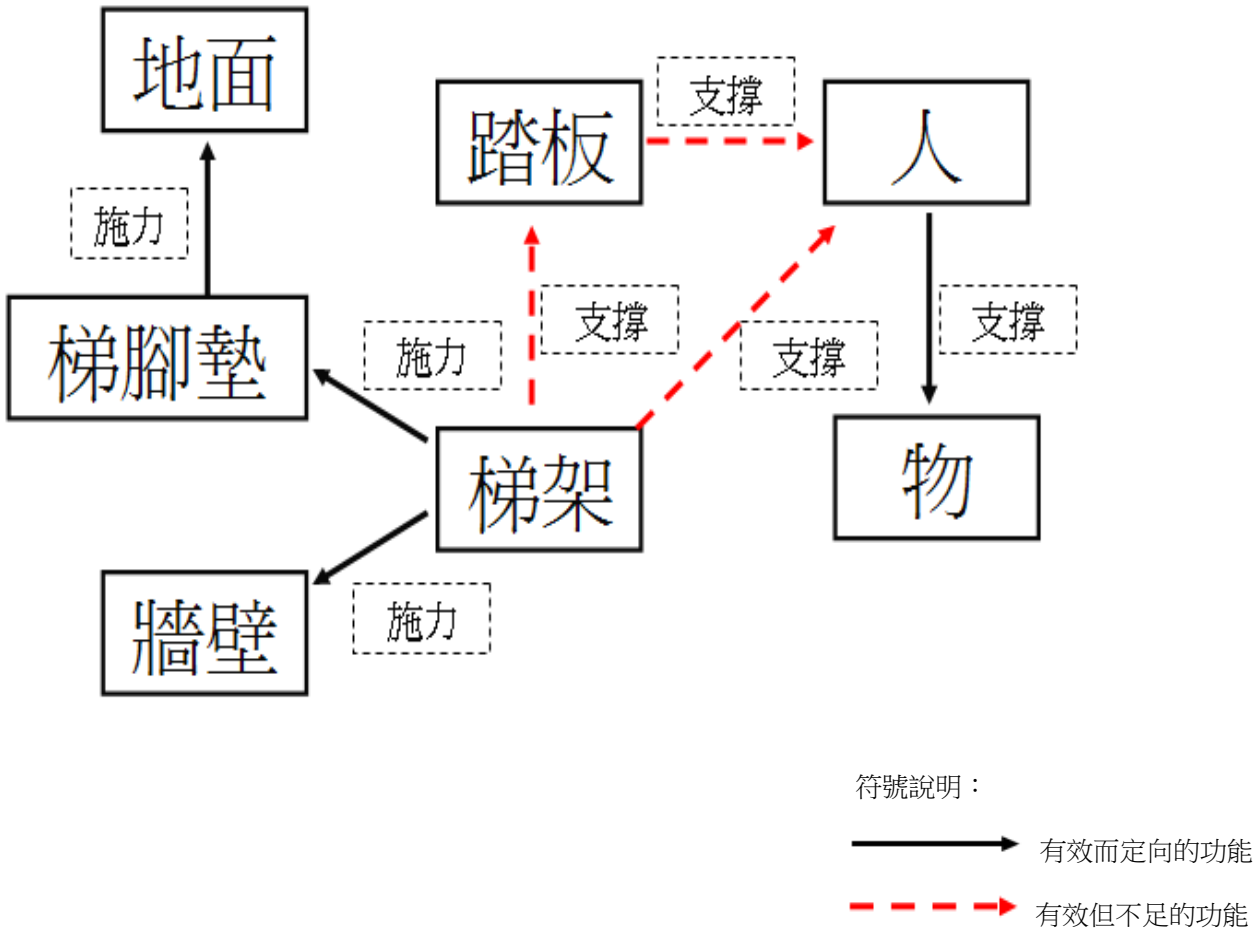


圖 4-6 功能分析圖

本專題在梯子上的元件有七種，分別為地板、梯腳墊、牆壁、踏板、梯架、人、物，而這些元件的關係如圖 4-6 所示，梯架對於梯腳墊及牆壁施力、梯腳墊對地面施力、但梯架提供了對踏板的支撐、踏板提供人的支撐、梯架也做為人的支撐，梯子本身的品質問題或人在梯子的使用上操作不當，會使人跟梯子之間的關係功能性呈現弱化現象，而產生人有可能從梯子上跌落的意外。

三、因果關係圖

因果鏈分析如圖 4-7 所示，主要的功能，是藉由目標缺點找出需要解決的關鍵缺點，本專題的目標缺點是人從梯子上倒下，經過各種不同因素的分析，我們發現，問題的產生其實與人為操作因素、自然因素以及產品本身品質有很大的關係，若我們可在解題過程中解決人為跟產品的問題，希望可以因此減少跌倒摔落的問題發生。

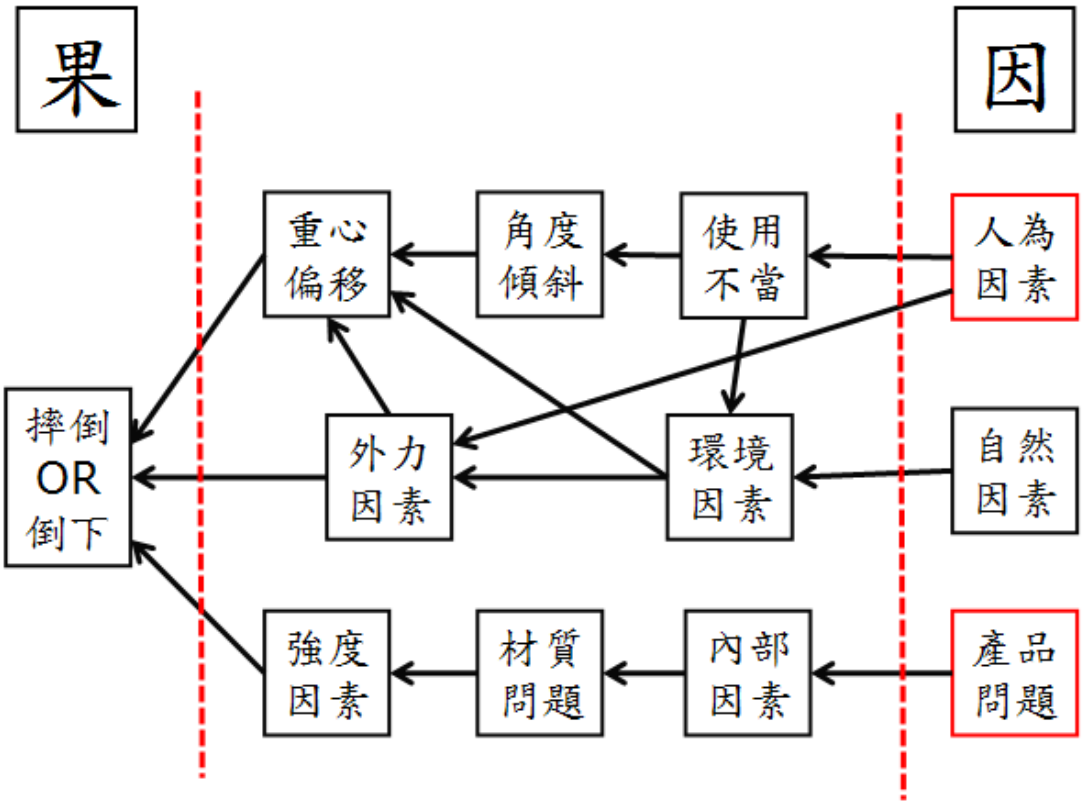


圖 4-7 因果鏈分析

四、矛盾矩陣表

表 4-2 現有系統的矛盾

改善	重量、 尺寸、 可製造性、 操作方便、 通用性 (2) (4) (32) (33) (35)
惡化	穩定性 、 強度、 可靠度 (13) (14) (27)

現有系統的矛盾分析上如表 4-2 所示，就改善的部份，我們選擇了重量以及

操作方便所衍生出穩定性的惡化來做為分析。

表 4-3 操作起來更為安全、方便之矛盾矩陣

惡化 / 改善	物體組成的成分的穩定性(13)
操作方便(33)	32 改變顏色 35 參數改變 30 彈性膜/薄膜

如表 4-3 所示，本小組改善工程參數 33 操作方便，但卻惡化到工程參數 13 物體組成成分的穩定性，這兩個參數對應到的 40 發明原則的 32 改變顏色、35 參數改變、30 彈性膜或薄膜原則。

32 改變顏色－改變物體或其環境的顏色。本小組在梯子上安裝一感測器，當梯子傾斜超過一定角度時，即發出紅色警示光，提醒使用者。

35 參數改變－改變彈性(伸縮性、彎曲性、可撓性)。梯架的變形、位移、偏移，都可藉由梯架長度伸縮補償修正。

表 4-4 輕量化但不影響結構強度－矛盾矩陣

惡化 / 改善	物體組成的成分的穩定性(13)
靜止物體重量(02)	26 複製 01 分割 39 頓性環境 40 複合材料

讓使用者方便移動收納，不會覺得梯子是個大的負擔，如表 4-4 所示，改善工程參數的 02 靜止物體重量，惡化了工程參數 13 物體組成的成分的穩定性，這兩個參數對應到 40 發明原則：26 複製原則、01 分割原則、39 鈍性環境原則以及 40 複合材料原則。

01 分割原則－將物體分成互相獨立的幾個部分； 將物體分成區塊或模組化。以不改變梯子本體主要長度尺寸為原則，將智慧長度調整模組附加結合於梯子本體。

40 複合材料－用複合材料代替均質材料。在某些部位使用複合材料可以加強梯子結構強度、降低梯子重量。

4-2 系統規劃



圖 4-8 梯子穩定系統示意圖

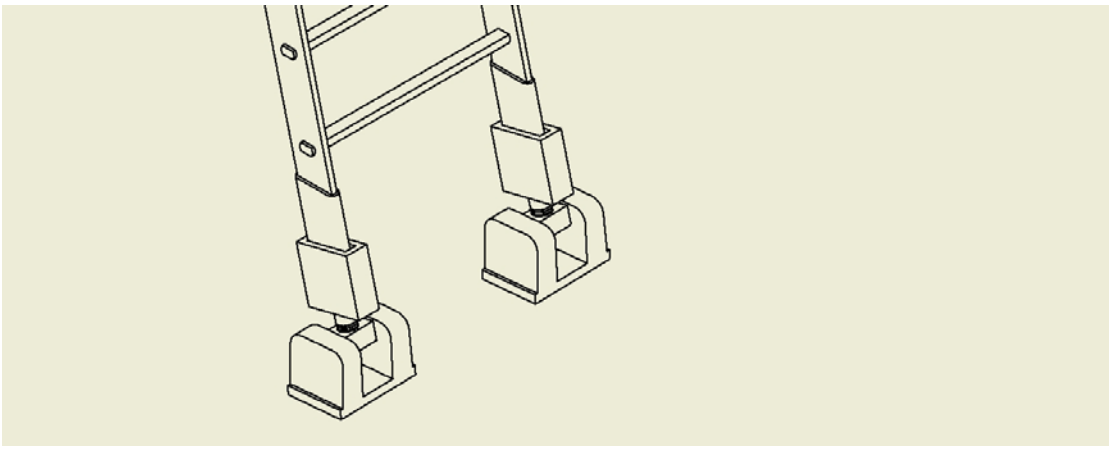


圖 4-9 梯子穩定系統與梯腳組合示意圖

如圖 4-8、4-9、4-10 所示，梯子穩定系統與 A 形梯結合的示意圖。梯子穩定系統以模組式設計可與市售量產型梯子腳進行拆裝組合，此模組設計可獲以下功效：

一、依需求進行組裝架設、增進使用方便性

二、梯子與穩定系統可分離儲存，增進儲存方便性

三、梯子穩定系統可與市售量產型梯組合，可降低建置成本

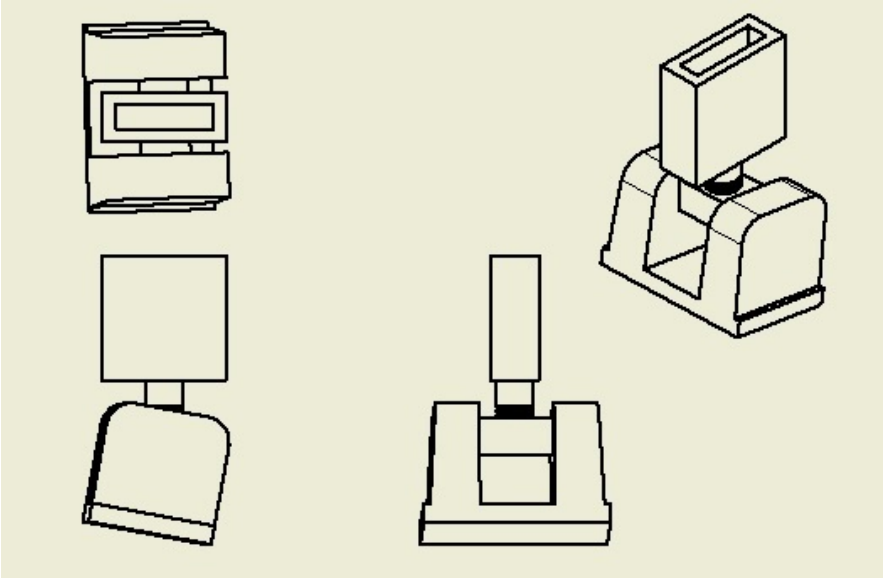


圖 4-10 梯子穩定系統

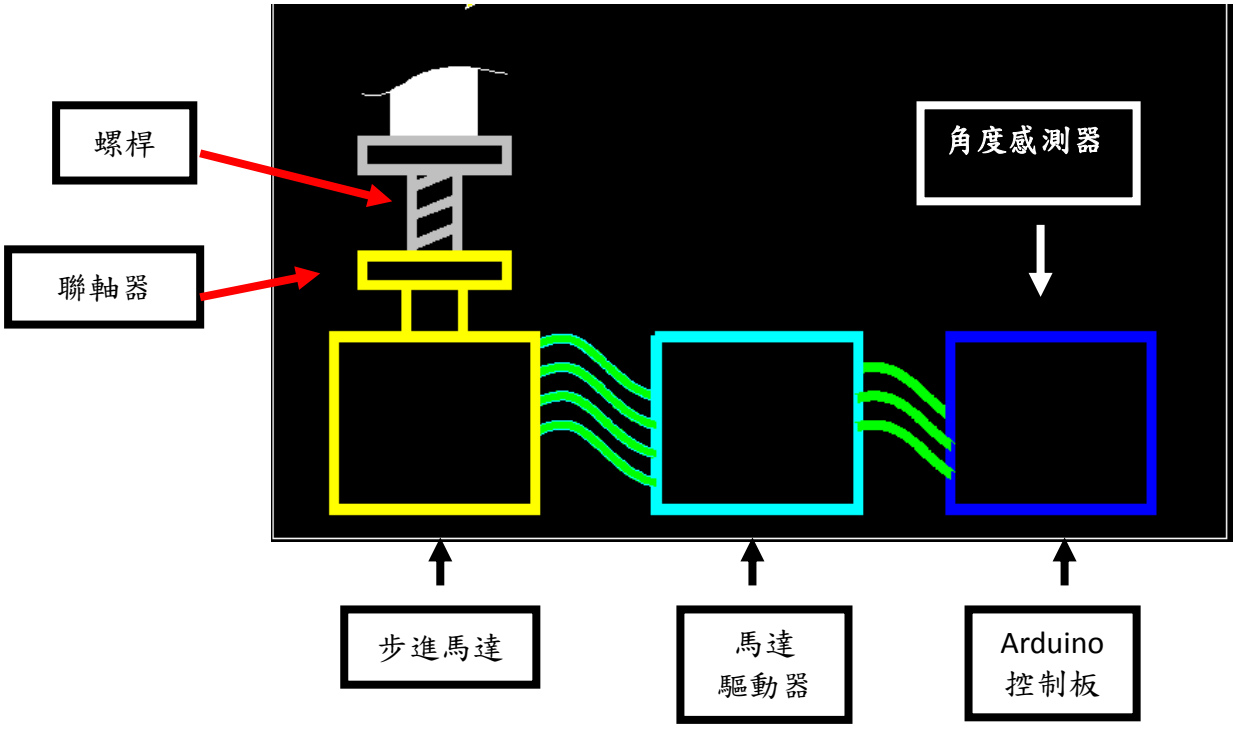


圖 4-11 梯子穩定系統驅動元件示意圖

如圖4-11所示，梯子穩定系統驅動元件示意圖。系統元件包括：角度感測器、Arduino控制板、馬達驅動器、步進馬達、聯軸器與螺桿。各元件功能：

一、角度感測器：對梯子使用狀態進行感測，當產生角度變化，將角度偏移信號持續傳送至控制板，進行後續補償量運算。

二、Arduino 控制板：具有運算功能 CPU 的微處理晶片控制器，將角度感測

器量測的角度信號經過運算比較，得到梯腳長度修正補償量，並將補償信號藉輸出埠傳送至馬達驅動器。

三、馬達驅動器：具有類比/數位信號處理晶片與電子繼電器，能將 Arduino 控制板傳來的信號轉換為控制步進馬達旋轉角度信號，並提供外部電源供步進馬達運轉。

四、步進馬達：為四線式馬達，藉馬達驅動器傳來的信號決定轉動步數與轉動方向。因每一步進角度解析度影響梯腳長度調整的精確度，對馬達驅動器規格須再進行評估分析。

五、聯軸器與螺桿：聯軸器與螺桿作為連結馬達轉軸與梯腳的長度調整機構，螺桿旋轉一圈的行程進給量，影響梯腳長度伸縮精度與反應時間，屬迴授控制應分析參數。

4-3 控制程式架構

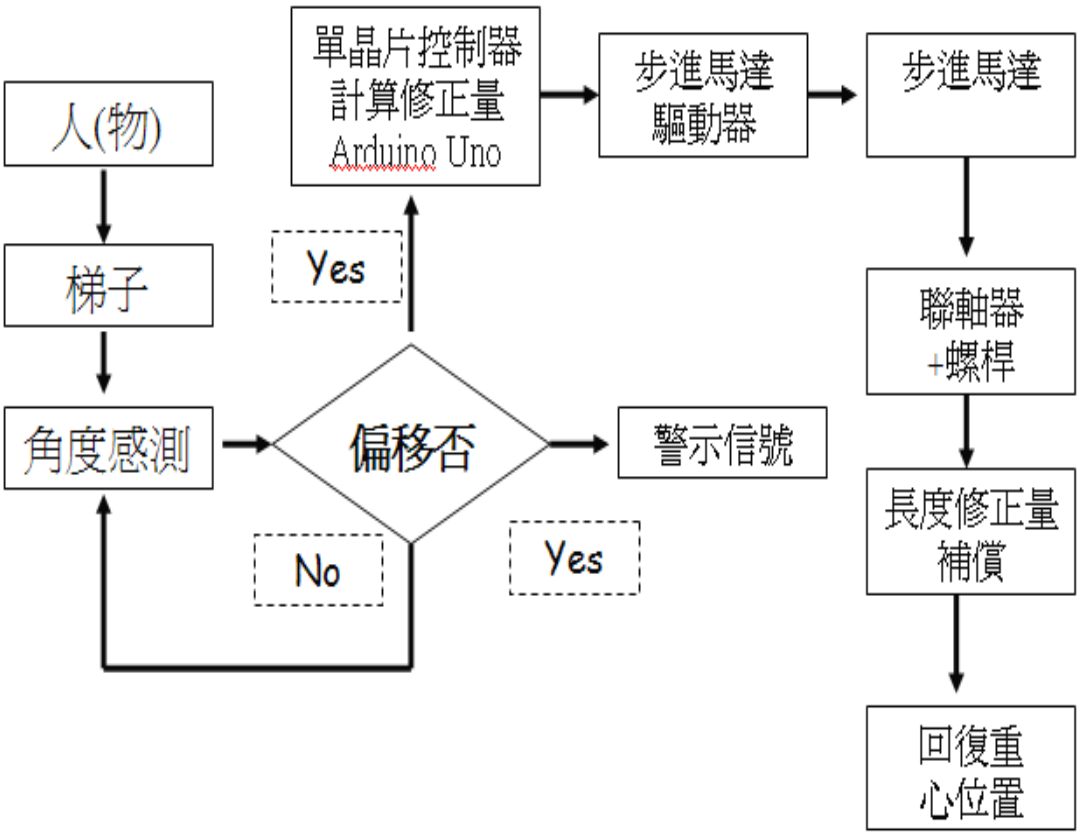


圖4-12 梯子主動式平衡控制流程

如圖4-12所示，梯子穩定系統的主動式平衡控制流程。當人與物在梯子上因結構強度、作業或人為操作等因素導至梯子發生偏移或變形。此一狀態由角度感測器偵測後將信號傳送至Arduino單晶片控制器計算修正量，如未達修正補償界限，則回復至監測狀態。如達修正補償界限，由單晶片控制器送出補償修正信號至步進馬達驅動器，控制步進馬達運轉步數，傳動螺桿調整梯腳長度，達到維持重心位置功效。

第五章 展望

在本專題製作中，組員發現創新思維是非常重要的，運用 TRIZ 創新工具與結合各領域的專業技術，我們的梯子可望達到下列功效，並可持續改進，提升效能。

一、模組式組合

專題中所應用的零組件可朝模組化發展，能組裝於市售梯子且一般民眾也能輕易組裝。

二、主動式平衡維持

在偵測到不平衡狀態時，能夠迅速的反應。

三、平衡狀態的維持

當重心發生偏移時，梯子能夠保持平衡狀態，協助梯上之人、物儘速脫離梯子避免墜落。

四、偏移量補償修正

可解決因人為操作不當或梯子品質問題產生的梯子傾斜位移，避免高處墜落的工安事故發生。

五、作為實體系統建構的先期研究分析

本專題發展的梯子穩定系統仍屬於創新發想與概念設計層次，未來落實在系統實體研發尚需導入廻授控制技術、機構設計與人因工程等專業技術。

六、本專題部分成果已參加 2014 全國系統化創新(TRIZ)方法應用競賽並獲頒優等獎項，請參考附錄。

參考文獻

1. 孫俊榮/吳明展/盧勇（2012）。最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手（第二版）。台北市：碁峯資訊股份有限公司
2. 趙敏、史曉凌、段海波原著。許勝源編譯（2011）。TRIZ 入門與實踐。台北市：鼎茂圖書出版
3. 楊昌裔（2012）。工業安全與衛生第二版。台北市：全華圖書出版
4. 王騰輝（2011）。運用 TRIZ 手法探討組織服務創新與核心能耐關係之研究－以國軍財務單位為例。樹德科技大學經營管理研究所碩士論文。高雄市
5. 萃智 TRIZ 網 http://www.sdr.ebiz.tw/TRIZ/TRIZ_index.htm
6. 維基百科 http://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:%E9%A6%96%E9%A1%B5
7. 經濟部智慧財產局「中華民國專利資訊檢索系統」http://twpat.tipo.gov.tw/
8. 阿包仔 TRIZ 網 http://jfg1204.blogspot.tw/2012/11/triz-20-continuity-of-useful-action.html
9. IOSH 勞工安全衛生研究所 http://www.iosh.gov.tw/Publish.aspx?cnid=4&p=2025
10. ICERC 高中資訊學科中心 http://icerc.tnssh.tn.edu.tw/download/epaper/epaper43/20091130.pdf
11. Cooper maa http://coopermaa2nd.blogspot.tw/#
12. Google 搜尋 https://www.google.com.tw/
13. Yahoo 奇摩搜尋 https://tw.yahoo.com/
14. Yahoo 奇摩知識+ https://tw.knowledge.yahoo.com/



中華萃思學會

2014 全國系統化創新(TRIZ)方法應用競賽

榮　獲

優　等

作品名稱：梯子不倒翁

指導老師：吳章傑

參賽組員：沈佩儒、李明峰、廖威凱、陳彥璁

理事長 [illegible]

103 年 3 月 22 日