前言

台灣有句諺語叫做『桌頂拈柑』，形容事情或問題很容易解決，勝劵在握的意思，不過這應該是桌上只有一顆橘子的狀況下，可是當桌上有一堆橘子、香蕉、芭樂、鳳梨、釋迦、葡萄、蓮霧，要一起被帶走時，你可能就要想著該用甚麼容器？幾個？怎樣的水果不可以放在一起才不至於擠壓破損？以此例為喻，用程式解決問題時，未先分析問題本身的通例與特例，就貿然著手撰寫程式碼，就好像沒把水果分類就裝在一起一樣，很可能會發生鳳梨壓在蓮霧上面擺在一個袋子裡，最後結果你可想而知。

　　本書並非一本專門討論演算法與程式語言的書，而是在實務開發系統上，曾讓筆者苦思良久所導出的樹狀結構與其應用。為了不讓讀者對於本書有紙上談兵的感覺，附上簡單的Excel VBA，供讀者驗證流程圖與實際結果是否相符，而且盡可能用表格與圖形表達筆者所欲闡述的意涵，望能切中精要，直指人心。

1. 無人掃地機該怎麼走

　　　下圖為一間房子的平面空間圖，圖中的英文字母假設為各房間的區域識別器編號，區域識別器可發射無線訊號給無人掃地機，令其感知所處區域。無人掃地機平時就在客廳的一隅充電，每次被啟動後，便會去各個房間打掃過一遍，完畢後回歸原位充電，讓我們思考一下，其內部程式應該如何駕馭此無人掃地機，才能走過每間房呢？

圖1-1

餐廳

C

客廳

A

書房

B

主臥室

E

衛浴間

D

儲藏室

F

將上圖簡化成下圖的樹狀結構，也許會比較容易推演其行走路徑。

圖1-2

第 0層

⑩

①1

⑧

⑦

⑨

⑥

第 1層

⑤

④

②

③

第 2層

　　　圖1-2所顯示的紅色箭頭，乃以直觀的方式推導出無人掃地機所行進的路徑與所經過各房間的順序，可是若以程式去處理時，就必須給予一定的法則。圖1-2中內含英文字母的圓圈，我們稱為「節點」，節點A為「根節點」，屬於第 0層，往下直接連接節點C、節點E、節點B，此三節點乃為A之子節點，這些子節點屬於第 1層，三者間的關係，為兄弟節點，反過來說節點A便為它們的父節點，節點C也有子節點，分別為節點D與節點F，由於在C的下一層，故此兩者屬於第二層。

　　此外兄弟節點關係中必須再細分兄節點與弟節點，也就是與該節點有同一父節點，在同一階層上，最靠近該節點的左方節點為其兄節點，最靠近其右方為弟節點（注意！故意不稱兄弟節點乃指符合所述條件的是一個特定節點，而不是一組節點集合）。例如圖1-2中，D是F的弟節點，B是C的弟節點，E是B的弟節點，反過來則是F為D的兄節點，C為B的兄節點，B為E的兄節點，若資料經過排序後兄與弟的關係可能會對調。最後強調的一種節點，姑且稱為末梢節點，意即同一群兄弟節點中最右邊的那個節點（獨子也算是），而且沒有子節點，例如圖1-2中的節點D跟節點E便是末梢節點；跟弟節點一樣，也會受到資料排序而改變誰是末梢節點。

圖1-2仍然難以讓電腦解讀，於是我們將這個圖檔內，以父階節點與子階節點這樣成對的有向序，記錄在資料表格中，如下

　　　　　　表1-1

|  |  |
| --- | --- |
| 父階節點 | 子階節點 |
| A | C |
| A | B |
| A | E |
| C | F |
| C | D |

如表1-1所示，表格型式的資料便可以讓程式去判讀，不過最好還是經過以父階節點代號為主鍵值，子階節點代號為次鍵值排序一次，再讓程式去搜尋，排序後的結果如表1-2所示

　　表1-2　　　　　　　　　　　　　　　圖1-3

|  |  |
| --- | --- |
| 父階節點 | 子階節點  ①1  ③  ④  ②  ⑤  ⑥  ⑦  ⑧  ⑨  第 1階層  ⑩  第 0階層 |
| A | B |
| A | C |
| A | E |
| C | D |
| C | F |

第 2階層

習慣上我們的計算順序是從上到下由左到右，則圖1-2的樹狀圖將會變成圖1-3所示，因此節點的編號也會影響搜尋的順序。

再觀察一下，我們發現每個節點與其他節點之間的關係不外乎有幾種如表1-3所示的狀況：

表1-3節點關係狀態表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 節點代號 | 有子節點 | 有弟節點 |
| A | **🗸** | **🗴** |
| B | **🗴** | **🗸** |
| C | **🗸** | **🗸** |
| D | **🗴** | **🗸** |
| E | **🗴** | **🗴** |
| F | **🗴** | **🗴** |

1. 只有子節點
2. 只有弟節點
3. 有子節點也有弟節點
4. 既無子節點也無弟節點

　　節點E與節點F既無子節點也無弟節點，我們查看圖1-3可發現此兩節點剛好就是末梢節點，在流程上，遇到末梢節點就必須循父階退至祖父階、曾祖父階…一階一階向上爬，直到尋找到旁系叔父節點，方可回到尋找子階的主流程；要是爬到比根節點還小的上一階（階數為 - 1），則結束整個歷程（也就是無人掃地機將每間房打掃過一次了），講了這麼多節點關係，如果你已經被搞昏了，那就把這棵樹狀結構視作一個家族族譜，那就一切明白了。

　　再回到圖1-3與表1-2表1-3對照查看，想像一下這個流程該怎麼跑？先以簡易的口頭語言列出來，我們可以簡略整理如下

1. 定義祖宗是誰（根節點），流程開始。
2. 每個節點先找子節點。
3. 有找到就回步驟2.，否則從該節點回父節點去找其弟節點。
4. 找到弟節點則回到步驟2.，否則繼續步驟5.。
5. 連弟節點也找不到，表示已到了末梢節點。
6. 由目前所處的節點，往上找祖父節點。尋找祖父節點前，先試算其父節點階數，若小於 0則結束整個流程，否則直接跳到步驟7.。
7. 透過祖父節點找叔父節點，也就是父節點的弟節點。
8. 找到叔父節點就回到步驟2.，否則就往上退到父節點，然後重複步驟6. 。

　　上述8點規則，是否還無法令人一下子明白？要是我們把每一個節點擬人化，用更通俗白話的說法就只是三個規則，

1. 每個節點都要找兒子。
2. 兒子找不到就透過父親找弟弟。
3. 弟弟也找不到就透過祖父找叔父。
4. 重覆驟1.到步驟3.直到所有節點都找完。

圖1-4行走路徑展開成一條線

①1

⑤

④

③

②

⑥

⑩

⑨

⑦

⑧

　　圖1-4所示，可以瞭解本程式目的，在不考慮階層數的狀況下將一個樹狀圖轉化成一條線，此即無人掃地機的行徑。

　　不過，上述的資料仍不足以完成無人掃地機的行徑程式，若不先把必要的變數或暫存資料檔定義好，便無從推演以撰寫程式。

　　假設無人掃地機每到一個區域便打個卡，把所在區域代號寫入一個目的表格檔，因為是以Excel演示，我們姑且以Sheet3表示目的表格，由上到下逐筆記錄打卡順序。

　　從圖1-2的紅色箭頭順序，可以發現，行走的路徑，需要走回頭路，才能行進到別的支線與節點，所以每走一步就該記錄下來已走過的節點，以便無人掃地機走到某支系的末端時，有跡可循。這個行走軌跡暫存檔，為Sheet2。

　　經過排序後的表1-2為來源資料，也是依據這個表格的內容來決定路徑該行走順序，因此將此表格存入Sheet1我們稱為來源檔。

三個資料表格初始值分別如下所示

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階代號 | 子階代號 | 複合鍵值 |
| 2 | A | B | AB |
| 3 | A | C | AC |
| 4 | A | E | AE |
| 5 | C | D | CD |
| *6* | C | F | *CF* |

✽註：由於Excel表格第一列已有欄位表頭，所以記錄（列號）從2開始

Sheet2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階代號 | 子階代號 | 階數 | 來源記錄 |

Sheet3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 記錄 | 行經節點代號 | 階數 |

接著就是運算過程中所需要用到的變數，如下

1. FATHER：暫存各父階節點代號。
2. SON：暫存子階節點代號。
3. res：暫存父階與子階合併代號。
4. PRTY：暫存階數。
5. FLP：整個系統是否結束的判斷旗標變數，也是碰到末梢節點時，存放其階數的變數。
6. irow1：來源表格記錄號碼。
7. irow3：軌跡暫存表格被指定變數搜尋到的記錄號碼。

✽註：

1. 某些變數或欄位名稱會以第一個字到兩個字代表。
2. 流程圖中類似 FATHER ← “A” 的式子，表示將右邊的內容值寫入左邊的變數。
3. 資料表格所稱的紀錄號碼，對於Excel試算表來說就是表上從上算下來的第幾列（Row Number）。
4. 為了讓流程圖看起來順暢，線條不交叉，不得已才把程序結束方塊放在最左上。
5. 以無人掃地機的行徑例子來說，第一個打卡地點與最後一個打卡地點就是根節點，也就是節點A，為了簡潔，流程圖中未予贅述。

圖1-5-1用Excel VBA實作的遍歷樹狀結構流程圖(一)

否

程序結束

Select Sheet1

FLP>=0

程序開始

是

Sheet1指向irow1列

FATHER ← Sheet1.父

SON ← Sheet1.子

PRTY ← PRTY + 1

在Sheet1.父階搜尋FATHER

①1

PRTY ← 0

FLP ← 0

FATHER ← “A”

SON ← ””

irow1 ← 0

irow3 ← 0

res ← ””

否

找到?

Select Sheet3

是

irow1 ←目前指向紀錄號碼

在父欄搜尋 FATHER

刪除最後記錄

找到?

irow1 ←目前指向紀錄號碼

在Sheet3新增一筆

Sheet3.行 ← SON

Sheet3.階 ←PRTY

Select Sheet1

Select Sheet2

FATHER ← Sheet2.父

SON ← Sheet2.子

irow1 ← Sheet2.來+1

Select Sheet2

否

在Sheet2新增一筆

Sheet2.父 ← FATHER

Sheet2.子 ← SON

Sheet2.階 ← PRTY

Sheet2.來 ← irow1

Select Sheet1

是

Sheet1指向irow1列

FATHER ← SON

是

Sheet1.父=FATHER

甲

Select Sheet2

PRTY←PRTY - 1

\*在Sheet3新增一筆

Sheet3.行 ← FATHER

Sheet3.階數 ← PRTY

否

\*Select Sheet3ˇˇ3

圖1-5-2用Excel VBA實作的遍歷樹狀結構流程圖(二)

甲

irow1 ← Sheet1目前指向列號+1

PRTY ← Sheet2.階-1

FATHER ← Sheet2.父階

SON ← Sheet2.子階

irow3←目前Sheet2列號

\*Select Sheet3

將Sheet1的紀錄指標指向irow1

\*在Sheet3新增一筆

Sheet3.行 ← FATHER

Sheet3.階 ← PRTY - 1

FLP<0

Select Sheet2

DO WHILE .T.

FLP ← FLP - 1

刪除Sheet2中列號為irow3的記錄

FATHER = Sheet1.父

是

\*Select Sheet3

FLP←PRTY

否

\*在Sheet3新增一筆

Sheet3.行 ← FATHER

Sheet3.階 ← PRTY

res ← FATHER & SON

是

Select Sheet1

否

是

否

在Sheet1.複合欄搜尋 res

找到?

在Sheet2.子階搜尋 FATHER

是

找到?

否

乙

甲

註：上下頁都有　　　符號，其實代表為同一點，　　　則為上下頁流程承接點。

範例：

樹狀BOM

依樹狀BOM所建之實體數據庫Sheet1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 父 | 子 | 單位用量 |
| A | B | 2 |
| A | C | 2 |
| A | E | 1 |
| C | B | 1 |
| C | D | 3 |

以下兩檔在程序開始執行前為空檔

↓↓

完成品號A所產生的目的表格Sheet3　　運算過程所需之記錄暫存檔Sheet2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 父 | 子 | 單位用量 | 階 |
| A | B | 2 | 1 |
| A | C | 2 | 1 |
| C | B | 1 | 2 |
| C | D | 3 | 2 |
| A | E | 1 | 1 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 父 | 子 | 單位用量 | 階 |
| A | A | 1 | 0 |
| A | B | 1\*2=2 | 1 |
| A | C | 1\*2=2 | 1 |
| A | B | 1\*2\*1=2 | 2 |
| A | D | 1\*2\*3=6 | 2 |
| A | E | 1\*1=1 | 1 |

Select Sheet2

程序開始

FATHER ← SON

否

Select Sheet2

FLP<0

Sheet1.父=FATHER

Sheet1指向irow1列

刪除目前記錄

Select Sheet2

irow1 ← Sheet1目前指向列數,

ORD ← 1

找到?

在Sheet1中搜尋FATHER

Select Sheet1

甲

找到?

在Sheet2中搜尋 FATHER

以子階料號做為索引值排序

Select Sheet3

FLP>=0

Sheet2從上插入一筆

Sheet2.父 ← FATHER

Sheet2.子 ← SON

Sheet2.用 ← tqty1

Sheet2.總 ← TQTY

Sheet2.階 ← PRTY

Sheet2.來 ← irow1

Sheet2.序 ← ORD

Select Sheet2

Sheet1指向irow1列

FATHER ← Sheet1.父

SON ← Sheet1.子

tqty1 ← Sheet1.用

PRTY ← PRTY + 1

Select Sheet1

irow1 ← Sheet1目前指向列數

以父階料號做為索引值排序

找到?

在Sheet1中搜尋 FATHER

程序結束

次迴圈

FLP ← FLP - 1

Select Sheet1

Sheet2目前指標

FATHER ← Sheet2.父

SON ← Sheet2.子

tqty1← Sheet2.用

tqty2 ← Sheet2.總

irow1 ← Sheet2.來

irow1 ← irow1 + 1

TQTY←tqty2/tqty1

PRTY←PRTY - 1

ORD ← ORD + 1

FLP←PRTY

PRTY ← 0

FLP ← 0

FATHER ← PT

SON ← ””

irow1 ← 0

irow3 ← 0

TQTY ← 1

tqty1 ← 0

tqty2 ← 0

ORD ← 1

PT ← ”A”

在Sheet3新增一筆

Sheet3.父 ← PT

Sheet3.子 ← SON

Sheet3.用 ← tqty1

Sheet3.總← tqty1\*TQTY

Sheet3.階 ← PRTY

Sheet3.序 ← ORD

TQTY ← Sheet3.總

是

否

是

是

否

是

否

否

是

否

是

乙

irow1 ← Sheet1目前指向列數,

irow1 ← irow1 + 1

甲

irow3←目前Sheet2列號

TQTY ← Sheet2.總 /Sheet2.用

PRTY ← Sheet2.階-1

FATHER ← Sheet2.父

SON ← Sheet2.子

ORD ← Sheet2.序

ORD ← ORD+1

是

否

否

是

FATHER = Sheet1.父

將Sheet1的紀錄指標指向irow1

找到?

在Sheet1中搜尋 FATHER+SON

Select Sheet1

刪除Sheet2的 第一列與第irow3列

乙

範例資料流程

1. 定義所需基本變數，將頂端料號置於變數PT，同時也寫入變數FATHER，做為搜尋鍵值，PRTY為運算過程階層位置記錄變數，FLP則為由下層往上遞回所用旗標變數。

**0**

**A**

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **0** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **0** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

1. 在來源表格Sheet1的『父階料號』欄中搜尋到變數FATHER內容”A”。

Sheet1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標   |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** | |
| 2 | **A** | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 並將該筆記錄號碼（或列號）寫入變數irow1。

Sheet1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **2** | | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| **2** | A | B |  |
|  | | | |

1. 主迴圈起始點，由此進入。

DO WHILE FLP>=0

1. 只要旗標變數FLP不小於0，則整個程序會持續進行。

**≧**

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

∵

1. 『父階料號』欄內容寫入變數FATHER，『子階料號』欄內容寫入變數SON。

Sheet1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **2** | | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| **2** | **A** | **B** |  |
| |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** |  |  |  | | --- | --- | | SON | **B** | | | | |

1. 變數PRTY內容加　1 後再存回變數PRTY自己本身。

**＋**

**1**

**＝**

1

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 0 |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

1. 將PT、SON、PRTY寫入目的表格Sheet3對應欄位，成為第一筆記錄。

Sheet3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階 |
| 1 | **A** | **B** | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

1. 也同時將此過程，記錄於暫存表格Sheet2中。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A** | **B** | **1** | **2** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **2** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

1. 將變數SON內容寫入變數FATHER中以便往下搜尋子階節點。

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **B** |

1. 再切換至來源表格Sheet1的『父階料號』欄中搜尋，變數FATHER，其內容為”B”，結果未尋獲，因此需要往上遞回一階，再查看有無其他同父階的旁系節點（兄弟節點）。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D | |  |  | | --- | --- | | FATHER | **B** | |
| NOT FONUD | | |  |

1. 切換置暫存表格Sheet2中，將最後一筆新增記錄的『父階料號』欄內容寫入變數FATHER，以及來源表格的原記錄號碼（或列號）寫入變數irow1。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A**   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **2** |  |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** | | B | 1 | **2** |  |

1. 回到來源表格Sheet1中直接將指標指向irow1內容的記錄號碼（或列號）。

Sheet1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **2** | | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| **2** | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 為了要與下一筆內容比較，目前指向記錄號碼變數需要自行加 1。

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | 2 |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **3** |

**＋**

1

**＝**

**3**

1. 將來源表格Sheet1指向變數irow1內容的記錄號碼。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **3** | | A | B |  |
| **3** | **A** | C |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **A** |

1. 該筆的『父階料號』欄內容等於變數FATHER內容，表示前一筆的子階節點B有兄弟節點，應該回上一層由其父階節點尋找旁系兄弟。

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | A |

＝

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | A |

1. 為了回上一階層，必須把記錄階層變數的PRTY 減 1，結果等於 0。

**0**

**－**

**＝**

1

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **0** |

1. 切換至暫存表格Sheet2中，把最新寫入的記錄刪除。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄  刪除 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | B | 1 | 2 |  |

1. 此時Sheet2為空白。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階 | 來源記錄 | 指標 |

1. 第一次返回主迴圈起點。

DO WHILE FLP>=0

1. 因為FLP仍然未小於0 ，所以繼續執行主迴圈。

**≧**

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

1. 切換到來源表格Sheet1中，將指標指向irow1內容的號碼，此筆的『父階料號』欄內容寫入變數FATHER，『子階料號』欄內容寫入變數SON。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **3** | | A | B |  |
| **3** | **A** | **C** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

1. 記錄階層的變數PRTY加 1，準備將子階節點寫入目的表格。

**1**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 0 |

**＝**

1

**＋**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

1. 在目的檔Sheet3，新增一筆，將下圖所示三個變數，分別寫入所屬欄位。

Sheet3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 |
| 1 | A | B | 1 |
| 2 | **A** | **C** | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **C** |

1. 暫存檔Sheet2也需要同時新增一筆寫入。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A** | **C** | **1** | **3** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **3** |

1. 再次將變數SON內容寫入變數FATHER，準備尋找子階節點。

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

1. 來源表格Sheet1，在『父階料號』欄中搜尋到變數FATHER，目前內容為”C”，表示節點 C 有子階。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E | |  |  | | --- | --- | | FATHER | **C** | |
| 5 | **C** | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 將被搜尋到的該筆內容寫入對應的變數中。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **5** | | A | E |  |
| **5** | **C** | **B**   |  |  | | --- | --- | | FATHER | **C** | |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

1. 第二次返回主迴圈起點。

DO WHILE FLP>=0

1. 變數FLP大於等於0，所以繼續執行程序．

**≧**

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

1. 階層變數PRTY再加 1，準備將子階節點的正確階層數寫入目的表格。

**＝**

1

**2**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 1 |

**＋**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

1. 將此回合所記錄到的變數寫入目的檔Sheet3中。

Sheet3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 |
| 1 | A | B | 1 |
| 2 | A | C | 1 |
| 3 | **A** | **B** | **2** |

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

1. 暫存檔Sheet2中往下新增一筆記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | **C** | **B** | **2** | **5** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **5** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

1. 在將子階變數內容丟入變數FATHER，準備往下一階搜尋節點。

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **B** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **B** |

1. 搜尋不到“B”的父階料號，表示節點B已是該樹狀結構直系的最尾端。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D | |  |  | | --- | --- | | FATHER | **B** | |
| NOT FONUD | | |  |

1. 返回記錄暫存檔Sheet2，找到最後一筆剛才寫進的記錄，節點B的父階料號，在寫回變數FATHER，令其父去尋找其他兄弟。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | **C** | B | 5 | **5** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **5** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

1. 回到Sheet1來源記錄，指向irow1內容的那一筆記錄。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **5** | | A | E |  |
| **5** | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 變數irow1加 1，稍後指向下一筆記錄，以確認是否有相同父階料號之旁系節點。

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | 5 |

**＝**

**6**

**＋**

1

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **6** |

1. 來源檔Sheet1記錄指向變數irow1所記號碼。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **6** | | C | B |  |
| **6** | **C** | D |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **C** |

1. 此筆『父階料號』欄內容與變數FATHER內容相同，亦即表示節點B有兄弟節點。

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

＝

1. 先返回記錄暫存檔Sheet2把此筆刪除。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1  刪除 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | C | B | 2 | 5 |  |

1. 此時只剩下一筆第13步驟所留下到現在的紀錄，其『子階料號』欄內容與目前變數FATHER內容相同的記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |

1. .由於已回到上一層，所以階層變數PRTY必須減 1。

**－**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 2 |

**1**

**＝**

1

1. 第三次返回主迴圈起點。

DO WHILE FLP >= 0

1. 旗標變數FLP仍然不小於 0，所以繼續執行程序．

**≧**

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

1. 回到表格Sheet1，指向irow1記錄號碼，將此筆內容寫入所對應變數。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **6** | | C | B |  |
| **6** | **C** | **D** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **D** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

1. 階層變數PRTY加1 ，表示為目前節點階層，準備寫入目的表格。

**＋**

**＝**

**2**

1

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

1. 目的表格Sheet3新增一筆，將所對應變數寫入。

Sheet3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 |
| 1 | A | B | 1 |
| 2 | A | C | 1 |
| 3 | A | B | 2 |
| 4 | **A** | **D** | **2** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **D** |

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

1. 記錄暫存表格Sheet2也將該筆資料寫入。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | **C** | **D** | **2** | **6** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **D** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **6** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

1. 持續準備往下找子階節點，將變數SON內容寫入變數FATHER。

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **D** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **D** |

1. 變數FATHER內容”D”，並未在來源表格Sheet1的『父階料號』欄中被尋獲。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D | |  |  | | --- | --- | | FATHER | **D** | |
| NOT FONUD | | |  |

1. 於是回到Sheet2找回剛才的記錄，再寫回去變數FATHER與irow1。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | **C** | D | 2 | **6**   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **6** |  |  |  | | --- | --- | | FATHER | **C** | |  |

1. 變數存取相關資料後，隨即刪除此筆記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |
| 2 | C | D | 2 | 6 |  |

刪除

1. 記錄暫存表格Sheet2又只剩下一筆記錄，也就是目前節點的搜尋路徑尚未回到階層 1的節點C。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | C | 1 | 3 |  |

1. 藉由從Sheet2擷取下來的irow1內容，指向Sheet1剛才記錄的那一筆記錄號碼（或列號）。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **6** | | C | B |  |
| **6** | C | D |  |

1. 準備往下一筆試探，是否有同父階的旁系節點，於是將記錄號碼加 1。

**＝**

1

**7**

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | 6 |

**＋**

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **7** |

1. 此時的變數irow1的內容已經超過表格Sheet1的記錄號碼，可認定該筆的『父階料號』欄內容為空白。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **7** | | C | D |  |
| Bottom | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 |  |

1. 空白的內容當然與目前變數FATHER內容不同。

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 |  |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **C** |

**≠**

1. 目前節點D的狀況為既無子階節點也無兄弟節點，所以搜尋路徑必須往上遞回，直到某個節點有兄弟節點或旗標變數FLP小於0。接下來先將PRTY內容寫入FLP準備進入一段無窮迴圈。

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **2** |

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **2** |

1. 開始進入無窮迴圈．

DO WHILE .T.

1. 先將變數FLP減 1。

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 2 |

**1**

**＝**

1

**－**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **1** |

1. 若FLP不小於 0則繼續在無窮迴圈內執行。

**≧**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 1 |

**0**

1. 切換到表格Sheet2，在『子階料號』欄位中搜尋變數FATHER，此回合有找到一筆相符的記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標   |  |  | | --- | --- | | FATHER | **C** | |
| 1 | A | **C** | 1 | 3 |  |

1. 同時利用FATHER、SON、PRTY三個變數將所屬資料擷取下來。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A** | **C** | **1** | 3 |  |
| |  |  | | --- | --- | | PRTY | **1** |  |  |  | | --- | --- | | SON | **C** |  |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** | | | | | | |

1. .變數PRTY此時必須減 1，以回復變數FATHER內容指示的節點的階數。

**－**

1

**＝**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **0** |

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 1 |

1. 變數存取完畢後隨即將Sheet2的該筆記錄刪除。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | **C** | 1 | 3 |  |

Sheet2

刪除

1. 此時Sheet2已被完全刪空。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |

1. 將變數FATHER與變數SON兩者內容合併成一個鍵值寫入變數res。

**＆**

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | A |

**AC**

**＝**

|  |  |
| --- | --- |
| SON | C |

|  |  |
| --- | --- |
| res | **AC** |

1. 以變數res去搜尋來源表格Sheet1的『父階料號』欄與『子階料號』欄合併的內容，剛好找到一筆記錄號碼 3的記錄。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B | |  |  | | --- | --- | | res | **AC** | |
| 3 | **A** | **C** |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 將搜尋到的記錄號碼寫入變數irow1。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **3** | | A | B |  |
| **3** | **A** | **C** |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 再把記錄變數irow1加 1，準備與下一筆比對。

**＋**

**＝**

**4**

1

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | 3 |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **4** |

1. 將來源資料表格Sheet1記錄指標指向剛才運算的變數irow1，即第 4筆。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **4** | | A | C |  |
| **4** | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 將此筆的『父階料號』欄內容，準備與目前變數FATHER的內容比對。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **4** | | A | C |  |
| **4** | **A** | E |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **A** |

1. 此筆的父欄內容與變數FATHER內容相同，表示節點C，有旁系兄弟節點。

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

＝

1. 跳出無窮迴圈，第四次返回主迴圈。

DO WHILE FLP>=0

1. 變數FLP未小於 0，故繼續執行程序。

**≧**

**0**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 1 |

1. 變數FATHER與SON，擷取Sheet1表格中第 4筆內容。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **4** | | A | C |  |
| **4** | **A** | **E** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **E** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

1. 階層變數PRTY加 1準備寫入目的表格Sheet3。

**＝**

**＋**

1

**1**

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | 0 |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

1. 切換到目的表格Sheet1新增一筆，把三個變數PT、SON、PRTY內容寫入相關欄位。

Sheet3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 |
| 1 | A | B | 1 |
| 2 | A | C | 1 |
| 3 | A | B | 2 |
| 4 | A | D | 2 |
| 5 | **A** | **E** | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| PT | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **E** |

1. 同時切換到記錄暫存表格Sheet2，新增一筆記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A** | **E** | **1** | **4** |  |

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **E** |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **4** |

1. 子階節點內容再次填入FATHER變數，繼續往下找子階節點。

|  |  |
| --- | --- |
| SON | **E** |

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **E** |

1. 來源表格的『父階料號』欄位中搜尋不到FATHER變數內容，表示節點”E”無子階節點，因此準備再嚐試藉由其父階料號尋找同父階的兄弟節點。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4 | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D | |  |  | | --- | --- | | FATHER | **E** | |
| NOT FONUD | | |  |

1. 再回到暫存記錄表格Sheet2找回剛才寫入的記錄，擷取『父階料號』與『來源記錄』欄資料，分別寫入變數FATHER與irow1。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | **A** | E | 1 | **4**   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **4** |  |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** | |  |

66.同時刪除此筆記錄。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |
| 1 | A | E | 1 | 4 |  |

刪除

1. 記錄暫存表格Sheet2再次被清空。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標 |

1. 變數irow1加 1，準備在來源表格比對次筆是否有同樣的父階料號。

**＝**

1

**＋**

**5**

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | 4 |

|  |  |
| --- | --- |
| irow1 | **5** |

1. 切換到來源表格Sheet1，指向irow1內容的記錄號碼。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4   |  |  | | --- | --- | | irow1 | 5 | | A | E |  |
| 5 | C | B |  |
| 6 | C | D |  |

1. 此筆的『父階料號』內容，準備與變數FATHER內容比對。

Sheet1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 指標 |
| 2 | A | B |  |
| 3 | A | C |  |
| 4   |  |  | | --- | --- | | irow1 | **5** | | A | E |  |
| **5** | **C** | B |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **C** |

1. 結果不相同，準備往上層遞回，尋找叔公級節點。

|  |  |
| --- | --- |
| FATHER | **A** |

**≠**

|  |  |
| --- | --- |
| Sheet1.父階料號 | **C** |

1. 把目前階層變數PRTY內容寫入變數FLP。

|  |  |
| --- | --- |
| PRTY | **1** |

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **1** |

1. 又再度開始執行無窮迴圈．

DO WHILE .T.

1. 先將FLP內容減1。

**－**

**＝**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 1 |

**0**

1

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **0** |

73.變數FLP仍然未小於0，繼續往下執行 。

**≧**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

**0**

1. 切回到記錄暫存表格Sheet2，搜尋子階料號內容與變數FATHER相同者，因為資料已被清空，因此也不可能找到。

Sheet2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 | 來源記錄 | 指標   |  |  | | --- | --- | | FATHER | **A** | |
| NOT FOUND | | | | | |

1. 至此只能再回到無窮迴圈的起點，往上接尋找有無旁系。

DO WHILE .T.

1. 再把旗標變數FLP減 1。

**-1**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | 0 |

1

**－**

**＝**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | **-1** |

1. 此時變數FLP已小於0 ，跳出此無窮迴圈。

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | -1 |

**0**

**<**

1. 返回主迴圈。

DO WHILE FLP>=0

1. 主迴圈中也認知FLP小於 0，所以流程必須跳出主迴圈。

**<**

|  |  |
| --- | --- |
| FLP | -1 |

**0**

1. 至此結束整個程序，此樹狀BOM展開流程也就此結束。

結束程序

1. 目的表格呈現的最終結果由上到下即為其搜尋節點應該有的順序。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 記錄 | 父階料號 | 子階料號 | 階數 |
| 1 | A | B | 1 |
| 2 | A | C | 1 |
| 3 | A | B | 2 |
| 4 | A | D | 2 |
| 5 | A | E | 1 |