

## 點陣圖 (Bitmap) 檔案格式

由於工作需要，研究了一下點陣圖的檔案格式。發現網路上的資料大多不夠齊全，或者範例太含糊。我將所有找到的資料消化/整理/翻譯之後如下，希望對需要的人有幫助：

\*\*\*\*\*

### 《簡介》

點陣圖 (bitmap) 格式是 Windows 採用的圖像檔案儲存格式，在 Windows 環境下運行的所有圖像處理軟件都支持這種格式。Windows 3.0 以前的 BMP 格式與顯示設備有關，因此稱為設備相關點陣圖 (Device-Dependent Bitmap, DDB) 格式。Windows 3.0 以後的 BMP 格式則與顯示設備無關 (Device-Independent Bitmap, DIB)，目的是為了讓 Windows 能夠在任何類型的顯示設備上顯示點陣圖檔案。點陣圖檔案的預設副檔名是 BMP 或 bmp。

\*\*\*\*\*

### 《點陣圖檔案結構》

點陣圖檔案由四個部份組成：

1. Bitmap File Header
2. Bitmap Info Header
3. Color Table (Palette)
4. Bitmap Array

**Note:** 以下欄位資料皆為 little-endian！Little-Endian 的意思是：若某個欄位值為 0x1234，當你將 BMP 檔案用 UltraEdit 之類的純文字編輯器打開時，則你看到的值會是 0x3412，這是 Intel 制定的儲存方式，把值小的位元組 (0x34) 存在前面；詳情可參考 Big Endian 和 Little Endian 架構的說明

	Shift	Name	Size (bytes)	Content
Bitmap File Header	0000h	Identifier (ID)	2	'BM'【註 1】
	0002h	File Size	4	整個點陣圖檔案的大小 (單位：byte)
	0006h	Reserved	4	保留欄位
	000Ah	Bitmap Data Offset	4	點陣圖資料開始之前的偏移量 (單位：byte)
Bitmap Info Header	000Eh	Bitmap Header Size	4	Bitmap Info Header 的長度【註 2】
	0012h	Width	4	點陣圖的寬度，以像素 (pixel) 為單位
	0016h	Height	4	點陣圖的高度，以像素 (pixel) 為單位【註 3】
	001Ah	Planes	2	點陣圖的位元圖層數【註 4】
	001Ch	Bits Per Pixel	2	每個像素的位元數 1：單色點陣圖 (使用 2 色調色盤) 4：4 位元點陣圖 (使用 16 色調色盤) 8：8 位元點陣圖 (使用 256 色調色盤)

16：16 位元高彩點陣圖 (不一定使用調色盤)

24：24 位元全彩點陣圖 (不使用調色盤)

32：32 位元全彩點陣圖 (不一定使用調色盤)

				色盤) 【註 5】
	001Eh	Compression	4	壓縮方式【註 6】： 0：未壓縮 1：RLE 8-bit/pixel 2：RLE 4-bit/pixel 3：Bitfields
	0022h	Bitmap Data Size	4	點陣圖資料的大小(單位：byte)【註 7】。
	0026h	H-Resolution	4	水平解析度(單位：像素/公尺)【註 8】
	002Ah	V-Resolution	4	垂直解析度(單位：像素/公尺)
	002Eh	Used Colors	4	點陣圖使用的調色盤顏色數【註 9】
	0032h	Important Colors	4	重要的顏色數【註 10】
Palette	0036h	Palette	N*4	調色盤資料。 每個索引值指定一種顏色：0x00RRGGBB 其中最高位元組保留為零
Bitmap Array	-	Bitmap Data	-	點陣圖資料【註 11】

【註 1】此欄原本有多種識別碼，用來識別點陣圖的類型：

- 'B M' — Windows 3.1x, 95, NT, ...
- 'B A' — OS/2 Bitmap Array
- 'C I' — OS/2 Color Icon
- 'C P' — OS/2 Color Pointer
- 'I C' — OS/2 Icon
- 'P T' — OS/2 Pointer

不過既然 OS/2 並不普及，目前皆在 Windows 上作業，因此 ID 全都是 'BM'。

【註 2】此欄原本有多種數值，依作業系統種類而定：

- 28h — Windows 3.1x, 95, NT, ...
- 0Ch — OS/2 1.x
- F0h — OS/2 2.x

以目前 Windows 常用的點陣圖來說，此欄位數值通常是 28h。

但因為微軟已經制定出了新的點陣圖格式，其中的 Bitmap Info Header 結構變化較大，長度加長，所以最好不要直接使用常數 28h，而是應該從實際檔案中讀取這個數值，才能確保程式相容性。

【註 3】高度可能為負值，負值表示掃描方向由上而下。

但若高度是負值時，此點陣圖將不能被壓縮！（也就是說 Compression 欄位總是為 0）

【註 4】未知的功能...永遠被設為 1。

【註 5】16 及 32 位元點陣圖是否使用調色盤必須由 Compression 欄位的數值決定，請參考 Bitfields 的解說。

【註 6】點陣圖壓縮方式有以下四種：BI\_RGB，BI\_RLE8，BI\_RLE4，以及 BI\_BITFIELDS。

1. None (BI\_RGB)

2. 表示此點陣圖資料沒有壓縮，不使用調色盤。RLE 8bpp (BI\_RLE8)

3. 每個像素為 8 bit 的 RLE 壓縮編碼 (Run-Length Encoding) (總共可使用 256 色)。

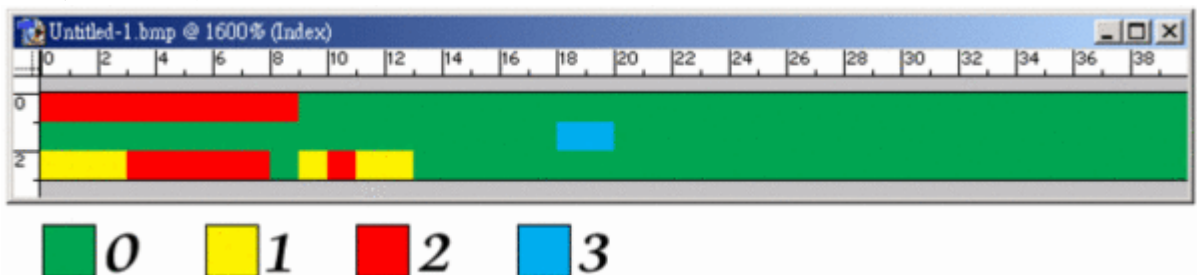
4. 有「編碼模式」(Encoded Mode)和「絕對模式」(Absolute Mode)兩種方法，
5. 可在同一幅圖檔中的任何地方交錯使用。
6. 「編碼模式」：由兩個位元組 (byte) 組成。
7. 第一個位元組指定 "Length" (使用相同顏色的像素數目)，
8. 第二個位元組指定 "Run" (此像素使用的調色盤索引)。
9. 若第一個位元組為零，則表示特殊意義：
10. 0x0000 — 表示此列結束
11. 0x0001 — 表示此點陣圖檔案結束
12. 0x0002 — 表示其後的兩位元組分別表示
13. 下個像素位置與目前像素位置的水平/垂直偏移量。
14. 0x000x — 表示絕對模式。
15. 「絕對模式」：第一個位元組為 0x00，第二個位元組為 0x03 ~ 0xFF 之間的數值。
16. 其中第二個位元組表示後續資料的長度 (單位為 byte)，
17. 後續資料的每個位元組都表示單一像素的調色盤索引值。
18. 每一模式的編碼長度都必須與字邊界對齊 (word-aligned)，也就是 2 的倍數。
19. 使用「編碼模式」時，由於每組編碼皆為兩個位元組，所以毋需多加處理；
20. 但是使用「絕對模式」時，則必須在最後補上適當的 0x00 以使資料長度對齊 2 的倍數。
21. 下面是一個 BI\_RLE8 的例子：

22. 03 01 05 02 00 03 00 01 02 00 02 01 00 02 05 01 02 03 00 00 09 02  
00 01

23. 這些資料可解讀為：

壓縮資料	解壓縮之後的資料
03 01	01 01 01
05 02	02 02 02 02 02
00 03 00 01 02 00	00 01 02 (最後的 00 是為了 word-aligned 才補上的)
02 01	01 01
00 02 05 01	從目前位置右移 5 像素之後，向下移一列
02 03	03 03
00 00	此列結束
09 02	02 02 02 02 02 02 02 02 02
00 01	此點陣圖結束

24. 上述資料的圖形如下：

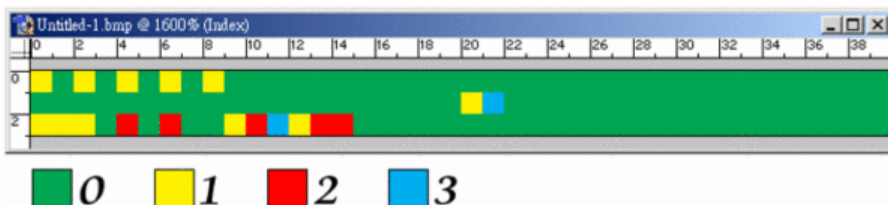


- 25.
26. RLE 4bpp (BI\_RLE4)
27. 每個像素為 4-bit 的 RLE 壓縮編碼 (總共可使用 16 色)。
28. 同樣也有「編碼模式」與「絕對模式」，且可以在同一圖檔中任何地方使用任一模式。
29. 「編碼模式」：由兩個位元組組成。

30. 第一個位元組指定像素數目，
31. 第二個位元組包含兩個調色盤索引：
32. 第一個像素使用高 4 位元的索引值、
33. 第二個像素使用低 4 位元的索引值、
34. 第三個像素又使用高 4 位元的索引值，以此類推。
35. 若第一個位元組為零，則表示特殊意義：
36. 0x0000 — 表示此列結束
37. 0x0001 — 表示此點陣圖檔案結束
38. 0x0002 — 表示其後的兩位元組分別表示
39. 下個像素位置與目前像素位置的水平/垂直偏移量。
40. 0x000x — 表示絕對模式。
41. 「絕對模式」：第一個位元組為 0x00，第二個位元組表示後續資料的長度(單位為 byte)。
42. 後續資料的每個位元組都含有兩個調色盤索引值(高 4 及低 4 位元)，
43. 每個索引值對應一個像素。
44. 每一模式的編碼長度仍然必須與字邊界對齊 (word-aligned)。
45. 使用「編碼模式」時，由於每組編碼皆為兩個位元組，所以毋需多加處理；
46. 但是使用「絕對模式」時，則必須在最後補上適當的 0 以使資料長度對齊 2 的倍數。
47. 下面是一個 BI\_RLE4 的例子：
48. 03 11 05 02 00 05 01 23 10 00 02 22 00 02 05 01 02 13 00 00 09 10  
00 01
49. 這些資料可解讀為：

壓縮資料	解壓縮之後的資料
03 11	1 1 1
05 02	0 2 0 2 0
00 05 01 23 10 00	0 1 2 3 1 (最後的 0 00 是爲了 word-aligned 才補上的)
02 22	2 2
00 02 05 01	從目前位置右移 5 像素之後，向下移一列
02 13	1 3
00 00	此列結束
09 10	1 0 1 0 1 0 1 0 1
00 01	此點陣圖結束

50. 上述資料的圖形如下：



- 51.
52. **Bitfields (BI\_BITFIELDS)**
53. 只有當「Bit Per Pixel」欄位的數值為 16 或 32 時，才會使用 BI\_BITFIELDS 這種格式。
54. 使用 BI\_BITFIELDS 時，點陣圖檔中原本的調色盤位置會被三個 DWORD 佔據，
55. 分別代表 R、G、B 三個顏色分量的遮罩 (mask)。
56. 例如：

1. Bit\_Per\_Pixel = 16, Compression = BI\_RGB (無壓縮),
2. 則每個像素的 16 位元之中:
3. 最低 5 位元表示藍色分量,
4. 中間 5 位元表示綠色分量,
5. 接著的高 5 位元則是紅色分量,
6. 最高的 1 位元保留不使用。
7. 此格式即為 **RGB555** 格式。
8. Bit\_Per\_Pixel = 16, Compression = BI\_BITFIELDS,
9. 紅、綠、藍的 mask 分別為 0xF800, 0x07E0, 0x001F,
10. 則每個像素的 16 位元之中:
11. 最低 5 位元表示藍色分量,
12. 中間 6 位元表示綠色分量,
13. 最高 5 位元則是紅色分量,
14. 此格式即為 **RGB565** 格式。

【註 7】若沒有壓縮 (Compression 欄位為 0)，則此欄數值可設為 0。

(我發現許多繪圖軟體根本不看此欄數值，隨便填寫也無所謂，圖檔仍可正常開啓)

【註 8】若要換算為 dpi，則將此欄數值要除以 39.37 (吋/公尺)

例如，此欄數值若為 2834 (pixels per meter),  
則  $2834 \div 39.37 = 72$  (pixels per inch) = 72 dpi

【註 9】此欄表示圖檔實際使用的顏色數目，若數值為 0，表示使用所有調色盤顏色。

如果此欄數值並非「可用顏色的最大值」或者「零」，則需注意調色盤尺寸的計算。

例如，在 4 bpp bitmap 中，調色盤預設尺寸應是 16\*4 bytes，

但若 Used Color 欄位數值並非 16 或 0，則調色盤尺寸應是  $Used\_Color\_Number * 4$  (bytes)。

【註 10】當此欄的值等於「顏色數」或者為 0 時，表示所有顏色都一樣重要。

【註 11】緊跟在調色盤之後的就是點陣圖資料陣列。

每一掃描列的長度取決於圖檔的寬度及顏色深度 (Color Depth)，

但是**每一掃描列的長度必需是 4 byte 的倍數 (DWORD-aligned) !**

正常的點陣圖掃描列是由底向上儲存的：

陣列中的第一個 byte 表示全圖左下角的像素，而最後一個 byte 則表示全圖右上角的像素。

但如果是正向掃描 (Height 欄位為負值)，則掃描方向則是由上而下。