

# 114-1 組合語言與嵌入式系統 Final Project 作業說明

## 【Project 目的】

使用 GCC、GAS、與 Code::Blocks，以 Midterm Project 所設計之組合語言程式為基礎，撰寫 ARM 組合語言程式，並在課程提供的樹梅派模擬器中驗證執行。

ARM 組合語言程式撰寫請參考以下資料：

1. 組合語言與嵌入式系統課程講義
2. 教科書：Modern Assembly Language Programming with the ARM Processor
3. 參考資料：ARMv5 Architecture Reference Manual

## 【Project 基本說明】

請參考 i-Learning 上之 Project 範例程式。其中包含四個範例程式檔案：name.c, id.c, main.c, drawJuliaSet.c。四個檔案一起編譯後執行，可在視窗上，看到 Julia Set 繪製的動畫。請參考 Midterm Project 的說明，使用 Midterm Project 所開發之 NAME 與 ID 兩個組合語言函數，列印組別、組員名字、與學號。同時以 ARM 組合語言重新設計 drawJuliaSet 函數。並修改 main.c。除了 main.c 以外，所有程式均需以 ARM Assembly 完成。

### ● 程式需符合「Project 基本要求」：

1. 需使用 Midterm Project 的 2 個函數：NAME, ID，並分別存放於 name.s 與 id.s 檔案內。
2. 需以 ARM 組合語言重新撰寫計算 Julia Set 的函數：drawJuliaSet，並存放於 drawJuliaSet.s 檔案裡。
3. Project 中不得使用課程講義以外的指令，例如：push、pop、nop。每道指令都需有其功能，不得為無功能或無效的指令。

## 【Project 功能說明】

1. NAME 函數功能說明：請參考 Midterm Project 的說明。
2. ID 函數功能說明：請參考 Midterm Project 的說明。

### 3. drawJuliaSet 函數功能說明：

#### (1) 功能：

這個函數主要是用來計算並決定 frame 二維陣列裡每個元素的值，並以此來決定該元素投影至畫面(Frame Buffer)上的 Pixel 顏色。範例程式 drawJuliaSet.c 裡提供相關計算方式。

#### (2) 程式設計：

請參考範例程式，以 ARM 組合語言重新設計 drawJuliaSet 這個函數，並儲存至 drawJuliaSet.s 檔案中。

#### (3) 預期輸出結果：

需與所提供之範例程式功能相同。在與 main 函數整合後，可以正確繪製畫面。

#### (4) 程式要求：

(a) 程式須以 ARM Assembly 完成，並可順利執行。

(b) drawJuliaSet 函數中，需滿足以下三個項目：

- [1] 需使用 Data Processing 指令中，13 種 Operand2 格式的當中 4 種以上，且移位量  $n$  需滿足以下條件： $4 < n < 27$ 。
- [2] 需包含 3 道以上的非 Branch 指令的 Conditional Execution（不包括 AL 或”不指定”條件）。
- [3] 在 drawJuliaSet.s 程式的第 4 道實體指令須為一道一定要執行的指令：  
`adds lr, sp, pc。`

(c) 報告除了程式說明外，需以 Code::Block 中，Debug 功能的顯示 Memory dump 的方式，印出 frame 陣列的記憶體區塊部份內容，說明其意義。並以螢幕截圖，貼在報告上，說明 frame 陣列起始與結束記憶體位址。

### 4. main 函數功能說明：

#### (1) 功能：

整合前述三個函數的功能，先由 MAIN 與 ID 函數印出相關資料。按下 p 鍵後，由 drawJuliaSet 函數與 main 函數，進行計算並完整畫出 Julia Set 動態畫面。透過 NAME 函數與 ID 函數的回傳資料，最後印出整合組別、學號、姓名於最後一個畫面。

#### (2) 程式設計：

- (a) 在 main 中呼叫 NAME、ID、與 drawJuliaSet 之 ARM 組合語言函數，分別達成這三個函數的功能。本程式可直接使用 C 語言撰寫。
- (b) 應用 NAME 與 ID 函數所記錄的資料。在第一個畫面，讓使用者輸入組員學號，並輸出完整的組別、組員資訊、與組員學號，與學號總和。並在最後一個畫面：印出完整

的組別、組員資訊、與組員學號。

(c) 應用 ARM 組合語言版本之 drawJuliaSet 函數，畫出 Julia Set 動畫。本程式需在文字模式的 Console 下執行，才能完整呈現動畫。在 GUI 畫面中，僅能看到破碎的畫面。

**(3) 預期輸出結果範例：**假設第 1 組組員有(1) Peter Huang、(2) Mary Sue、(3) Tom Smith，且輸入的學號分別是(1) 10027001、(2) 10027002、(3) 10027003。

**【第一個畫面】**

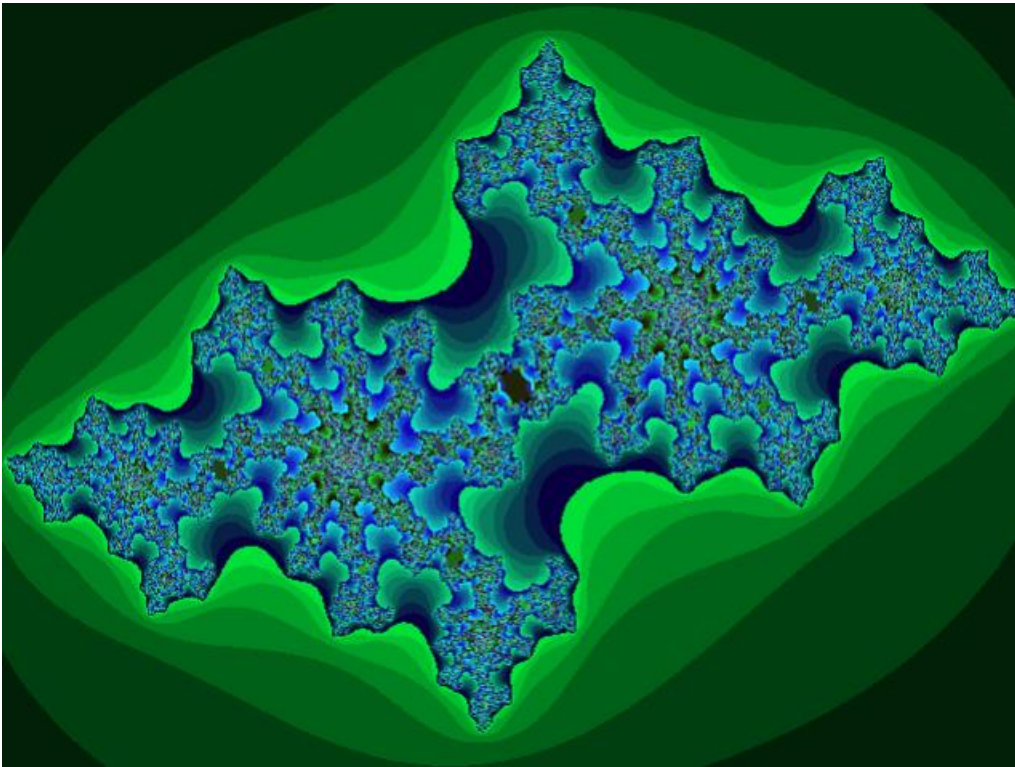
```
Function1: Name
*****Print Name*****
Team 01
Peter Huang
Mary Sue
Tom Smith
*****End Print*****
Function2: ID
**** *Input ID*****
**Please Enter Member 1 ID:**
10027001
** Please Enter Member 2 ID:**
10027002
** Please Enter Member 3 ID:**
10027003
** Please Enter Command **
P
*****Print Team Member ID and ID Summation*****
10027001
10027002
10027003

ID Summation = 30081006
*****End Print*****

Main Function:
*****Print All*****
Team 01
10027001   Peter Huang
10027002   Mary Sue
10027003   Tom Smith
ID Summation = 30081006
```

```
*****End Print*****
```

【繪製 Julia Set 畫面】(請離開 Code::Blocks 與 X-Window 環境，直接在 Console 下執行。)



【最後一個畫面】

```
.*.*.<:: Happy New Year ::>.*.*.*.  
by Team 01  
10027001   Peter Huang  
10027002   Mary Sue  
10027003   Tom Smith
```

#### (4) 程式要求：

- (a) main 函數可直接使用 C 語言撰寫，並可順利執行。
- (b) 在 main 中呼叫 NAME、ID、與 drawJuliaSet 之 ARM 組合語言函數，分別達成這三個函數的功能。
- (c) 在 main 中使用 NAME 與 ID 所記錄的資料，輸出完整的組別、組員姓名、與組員學號數值計算結果。
- (d) main 函數需適當修改，以便能正確呼叫符合 Midterm Project 規格的 NAME 與 ID 函數。並能正確呼叫 ARM 組合語言版本之 drawJuliaSet 函數。
- (e) 報告除了程式說明外，需以 Code::Block 中，Debug 功能的顯示 Memory dump 與 CPU Register 的方式，印出 NAME、ID、drawJuliaSet 三個函數的所在位址與返回位址(Return

Address)，並以螢幕截圖，貼在報告上並說明前述記憶體位址與其內容。

- (f) 報告中需提供 Julia Set 動畫的 5 張畫面，最後一張為包含全組資料與 Julia Set 之結束畫面。請在 Console 下執行，取得完整的 Julia Set 畫面。

## 5. 設計注意事項：

- (1) 程式需包含前述之「**Project 基本要求**」。並於報告中完整說明符合基本要求之指令與功能。
- (2) 程式需分檔案，一個 Function 一個檔案，並以 Function 名稱命名，所有程式不可寫在同一 Function 裡。
- (3) 除了 main 函數外，所有程式須以 ARM Assembly 設計完成，並在課程提供的樹梅派模擬器中驗證執行。請完整理解並解釋所有指令之功能。助教機測時，將詢問程式與指令功能、暫存器使用、與函式呼叫方式。無法通過測試者，依通過之功能部份給分。
- (4) 請使用 Code::Block 除錯功能，不要使用文字模式 gdb 命令。

## 【報告撰寫格式與繳交說明】

### 1. 報告撰寫格式：

需依照「組合語言與嵌入式系統報告格式」撰寫，範本置於 i-Learning，至少 8 頁，除依照格式各章節所需之說明外，需包含下述項目：

- (1) 組別、學號、班別、姓名等資料。
- (2) 程式說明。
- (3) 設計重點說明。
- (4) 程式驗證結果、指定之說明項目、與相關說明之螢幕截圖，並加以解釋說明。
- (5) 心得感想。
- (6) 各組員分工方式與負責項目。

## 2. 報告上傳：

**2025/12/27 PM 9:00 前**上傳至 **i-Learning**。上傳資料需包括：

- (1) 報告 Word 電子檔
- (2) 所有程式檔案與其執行目錄
- (請不要上傳整個樹梅派模擬器)

並將這些檔案置於一資料夾，予以壓縮。

檔案名稱為 ALE\_Final\_班級\_組別\_組員學號\_組員姓名\_重傳次數.7z。

例如：二甲 第三組 10027000 王大明 重傳第一次

==> ALE\_Final\_二甲\_第三組\_10027000\_王大明\_1.7z

## 3. 機測時間：

機測：**2025/12/29 至 篤信 253** 機測。

各組機測時間請於 **2025/12/27 PM 9:00 前**，至**電學 702** 門口填寫機測時間表。

除排定的機測時間，不接受其他時間機測。亦不接受當場修改。

注意：機測當天需同時繳交報告之書面資料。

## 4. 注意事項：

- (1) 評分標準：機測分數(書面+口試)，答錯者扣該分項分數，並請助教繼續詢問至回答正確或扣完為止。同組同學可能不同分。

- (2) **嚴懲抄襲：不論抄襲或被抄襲者均為 0 分。**

PS：問題反應至 i-Learning 討論區，助教會儘快回覆。

如有補充說明會公佈在 i-Learning 討論區，請同學隨時注意消息

朱守禮 2025.12.11