**架構總覽（模組 & 主要責任）**

┌───────────────────────────────────────────────────────────┐

│ UI / 表單 │

│ ├─ TForm2 │

│ │ ├─ 頁籤：tsHRVresult / tsTimeFig / tsFreqFig / │

│ │ │ tsMSEFig / tsOverAllFig / tsPDFpreview │

│ │ ├─ 圖表：chHRTime, chTimeDomain, chSpectrum, │

│ │ │ chFreqDomain, chMSE, chMSEArea, chOverall │

│ │ └─ 按鈕：btnAnalyze, btnPDFprint │

└───────────────▲───────────────────────────────────────────┘

│ 事件呼叫/資料綁定

┌───────────────┴───────────────────────────────────────────┐

│ 控制器 / 流程 │

│ ├─ btnAnalyzeClick │

│ │ → ValidateSelectedFile → Load\_RR\_Array\_From\_File │

│ │ → ExecuteAnalysis │

│ │ → UpdateXXXFigFromRR（Time/Freq/MSE/Overall） │

│ │ → RenderEvalGrid / DisplayAnalysisResults │

│ │ → ExportAllChartsJPGs → AppendChartsPage2ToFR │

│ └─ btnPDFprintClick → BuildHRVReport → Export PDF │

└───────────────▲───────────────────────────────────────────┘

│ 呼叫

┌───────────────┴───────────────────────────────────────────┐

│ 分析核心 │

│ ├─ AnalyzeHRV(RR, out THRVResults) │

│ │ ├─ 時域：SDNN/SDANN/RMSSD/pNN50 │

│ │ ├─ 頻域：Resample@4Hz → PSD/FFT → VLF/LF/HF/TP │

│ │ └─ 比率：LF/HF、LFnu/HFnu │

│ ├─ ComputeMSEInto(RR, inout THRVResults) │

│ └─ EvaluateAll(HRV) → TEvalReport │

└───────────────▲───────────────────────────────────────────┘

│ 結果/模型

┌───────────────┴───────────────────────────────────────────┐

│ 資料模型 / 共用型別 │

│ ├─ THRVResults（時域/頻域/MSE 整包） │

│ ├─ TMSERef（常模均值/SD、HasRef） │

│ ├─ TEvalReport（格子評估） │

│ ├─ TSubjectInfo（姓名/年齡/性別） │

│ └─ TAnalyzeSettings（分析參數） │

└───────────────▲───────────────────────────────────────────┘

│ 寫入/讀取

┌───────────────┴───────────────────────────────────────────┐

│ 輸入輸出 │

│ ├─ RRdata\\*.txt → Load\_RR\_Array\_From\_File │

│ ├─ Results\HRV\_\*.txt（人可讀） │

│ ├─ Results\HRV\_Results.csv（累積總表） │

│ ├─ Results\Pics\\*.jpg（7 張：Time×2 / Freq×2 / │

│ │ MSE\_Top + MSE\_Area + TaiChi） │

│ └─ PDF：FastReport（第1頁明細 + 第2頁三列拼版） │

└───────────────────────────────────────────────────────────┘

**資料流（從訊號到報表）**

ECG 取得 → 濾波/平滑 → R-peak 偵測 → RR 序列

│ │

│ ├─ 存檔：RRdata\\*.txt

│ └─ 讀入分析：AnalyzeHRV / ComputeMSEInto

│ │

│ ├─ THRVResults（時/頻/MSE）

│ ├─ EvaluateAll → TEvalReport

│ └─ Update\*Fig（TeeChart 畫圖）

│ │

│ ├─ ExportAllChartsJPGs（7 張圖）

│ └─ AppendChartsPage2ToFR（PDF 第2頁拼圖）

│

├─ 報表文字：SaveHRVResultToFile（txt）＋CSV 追加

└─ PDF：BuildHRVReport（第1頁）→ Prepare → 預覽/匯出

**主要流程（按鈕）**

**Analyze**

1. ValidateSelectedFile → Load\_RR\_Array\_From\_File
2. ExecuteAnalysis(RR, file)：內部呼叫
   * AnalyzeHRV（時/頻）
   * ComputeMSEInto（多尺度熵）
   * UpdateFreqFigFromRR / UpdateTimeFigFromRR / UpdateMSEFig / UpdateOverallFig
3. EvaluateAll → RenderEvalGrid；顯示耗時
4. ExportAllChartsJPGs(baseName) → Results\Pics\\*.jpg
5. BuildHRVReport（第1頁）→ AppendChartsPage2ToFR(baseName)（插入第2頁拼版）
6. PrepareReport → 顯示於 tsPDFpreview

**PDFprint**

* 若未準備，先 BuildHRVReport/AppendChartsPage2ToFR/PrepareReport
* FFrxReport.Export(FFrxPDF) 存檔

**第 2 頁拼版（3 行 7 圖）**

* **Row1**：\_HRTime.jpg | \_TimeBars.jpg
* **Row2**：\_PSD.jpg | \_FreqBars.jpg
* **Row3**：\_MSE\_Area.jpg | \_TaiChi.jpg
* **Row4**（滿版寬）：\_MSE\_Top.jpg

**目錄結構**

/RRdata/ ← 原始 RR 間期檔

/Results/

HRV\_受試者\_來源\_時間.txt

HRV\_Results.csv

HRV\_Report\_...pdf

/Pics/

\*\_HRTime.jpg

\*\_TimeBars.jpg

\*\_PSD.jpg

\*\_FreqBars.jpg

\*\_MSE\_Top.jpg

\*\_MSE\_Area.jpg

\*\_TaiChi.jpg

**關鍵 API/程序（對齊你現有命名）**

* **分析**：AnalyzeHRV, ComputeMSEInto, EvaluateAll
* **圖表更新**：UpdateTimeFigFromRR, UpdateFreqFigFromRR, UpdateMSEFig, UpdateOverallFig
* **輸出**：SaveHRVResultToFile, SaveHRVResultAsCSVAppend, ExportAllChartsJPGs, AppendChartsPage2ToFR
* **PDF**：BuildHRVReport, btnPDFprintClick
* **UI/流程**：btnAnalyzeClick, DisplayAnalysisResults

**轉 Python 的映射建議（簡述）**

* **模型**：THRVResults → dataclass HRVResults
* **訊號處理**：numpy/scipy（濾波、R-peak、重取樣、Welch/periodogram）
* **圖表**：matplotlib（子圖拼版對應第 2 頁）
* **報表**：reportlab 或 先輸出 JPG → reportlab 拼 A4 PDF
* **檔案夾**：延用 Results/Results/Pics