

# 2021 Synopsys ARC 盃 AIoT 設計應用競賽

## 決賽作品

PCB焊點檢測系統

PCB Solder Joint Inspection System

報告人- 陳亮州

2021-8-9



# Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 總結展望

# Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 總結展望

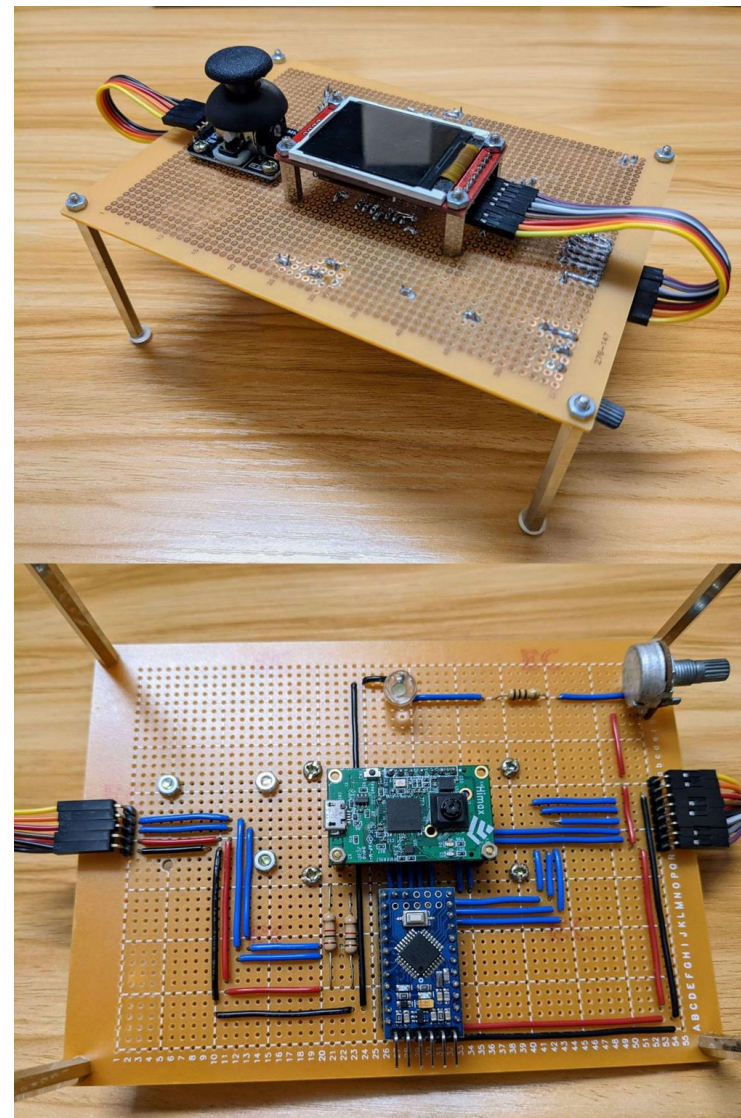
# 作品概述

- 動機

- 目前對焊接品質的檢查方法有
  - 紅外探測法、X光透視法
    - 精準
    - 造價昂貴
    - 體積龐大
  - 目視法
    - 簡單
    - 檢測人員疲勞導致品質下降
  - 目標：低成本高效率的檢測裝置

- 概述

- 我們將藉由鏡頭捕捉PCB上之焊點，透過ARC處理器低功耗的特性，對其進行焊點品質檢測及分類，找出有問題的焊點，將結果呈現予使用者，使用者可以根據檢測結果重新檢查PCB板，藉以提升使用者檢測效率。



圖一、裝置照片

# Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 總結展望

# 難點與創新

- 難點

- 焊點種類複雜
- 訓練集蒐集困難，小訓練集模型
- 焊點訓練集資料標記繁雜
- 多重焊點瑕疵，如同一焊點具有短路及過多焊錫問題等
- 物件偵測模型通常深度廣度較大，部署困難

- 創新

- 輕量化裝置
- 容易操作且直覺之環境
- 可以自行選擇是否連結電腦，符合不同使用者的需求
- 使用人工智慧在終端進行推論
- 半自動化方式對**PCB**板進行檢測

# Agenda

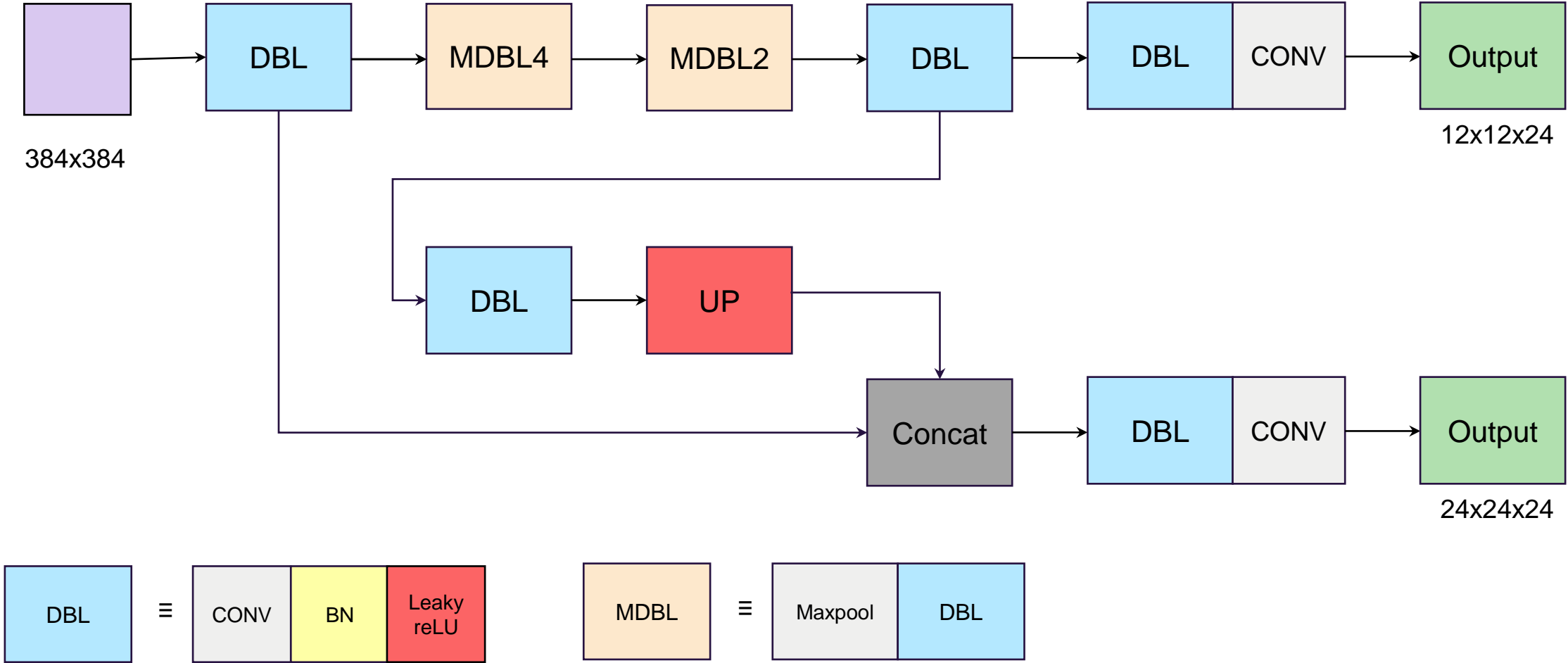
- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 總結展望

# 設計與實現 - 模型

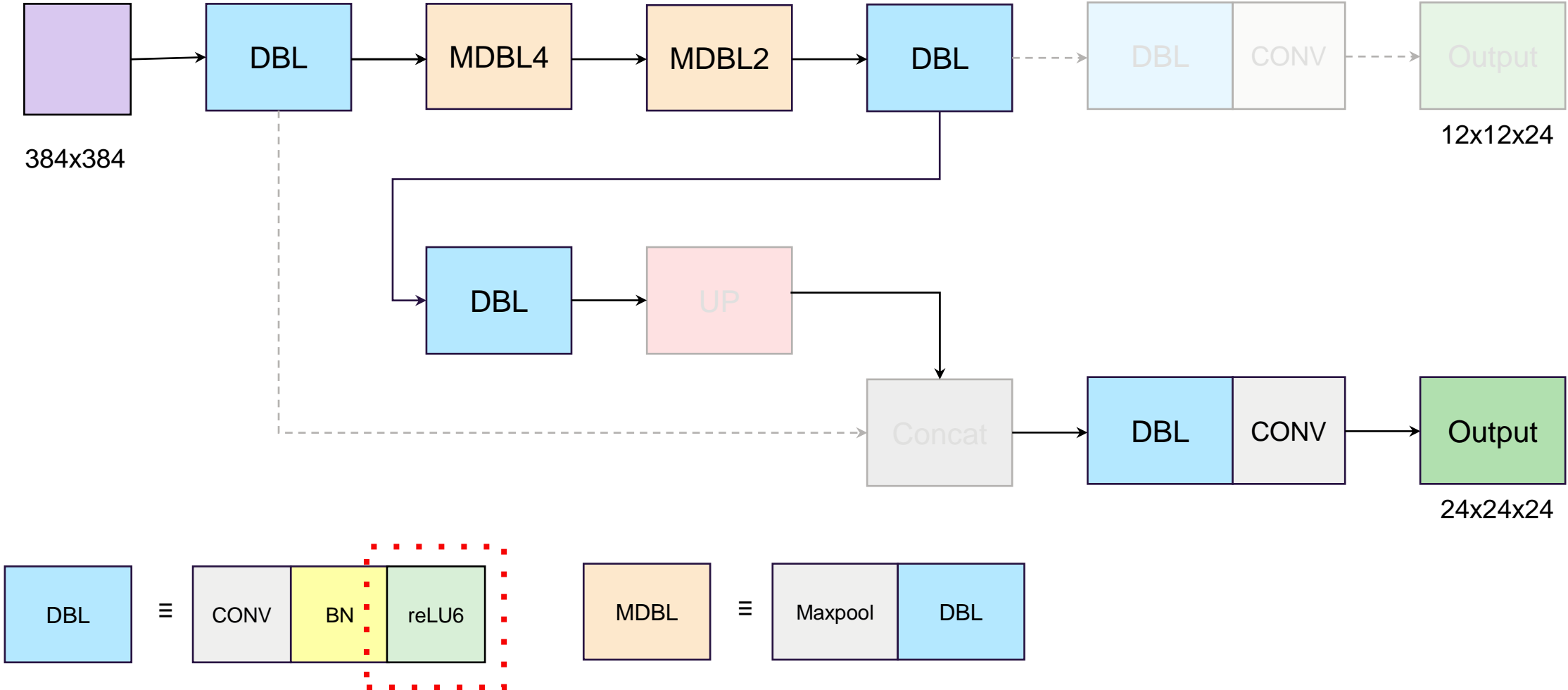
- 模型採用剪枝與改進後之darknet yolov3-tiny 轉換為TensorFlow Lite for Microcontroller
  - Input: (1, 384, 384, 1)
  - Output: (1, 24, 24, 24)
  - 檢測目標：
    - 焊錫過多，焊錫過少，短路
  - 資料集: 取自自行焊接之電木板，增廣後共921張圖片



# 設計與實現 - 模型 (cont'd)

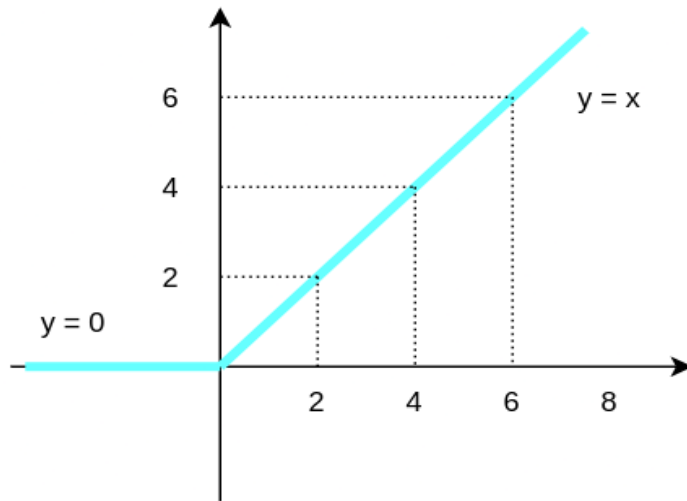


# 設計與實現 - 模型 (cont'd)

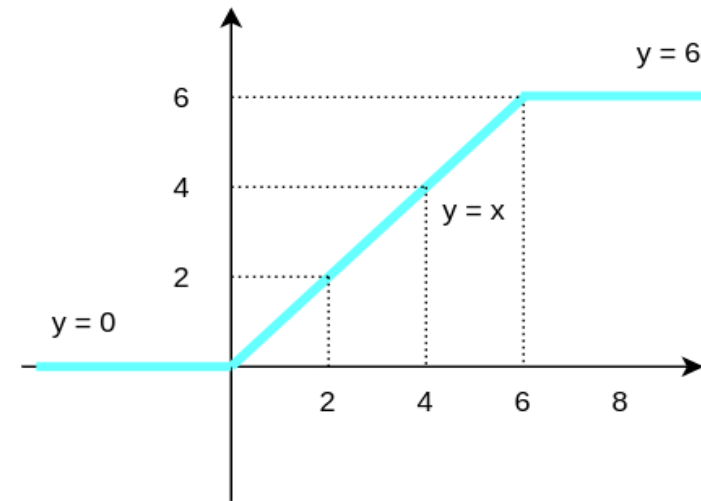


# 設計與實現 - 模型 (cont'd)

- Why relu6?



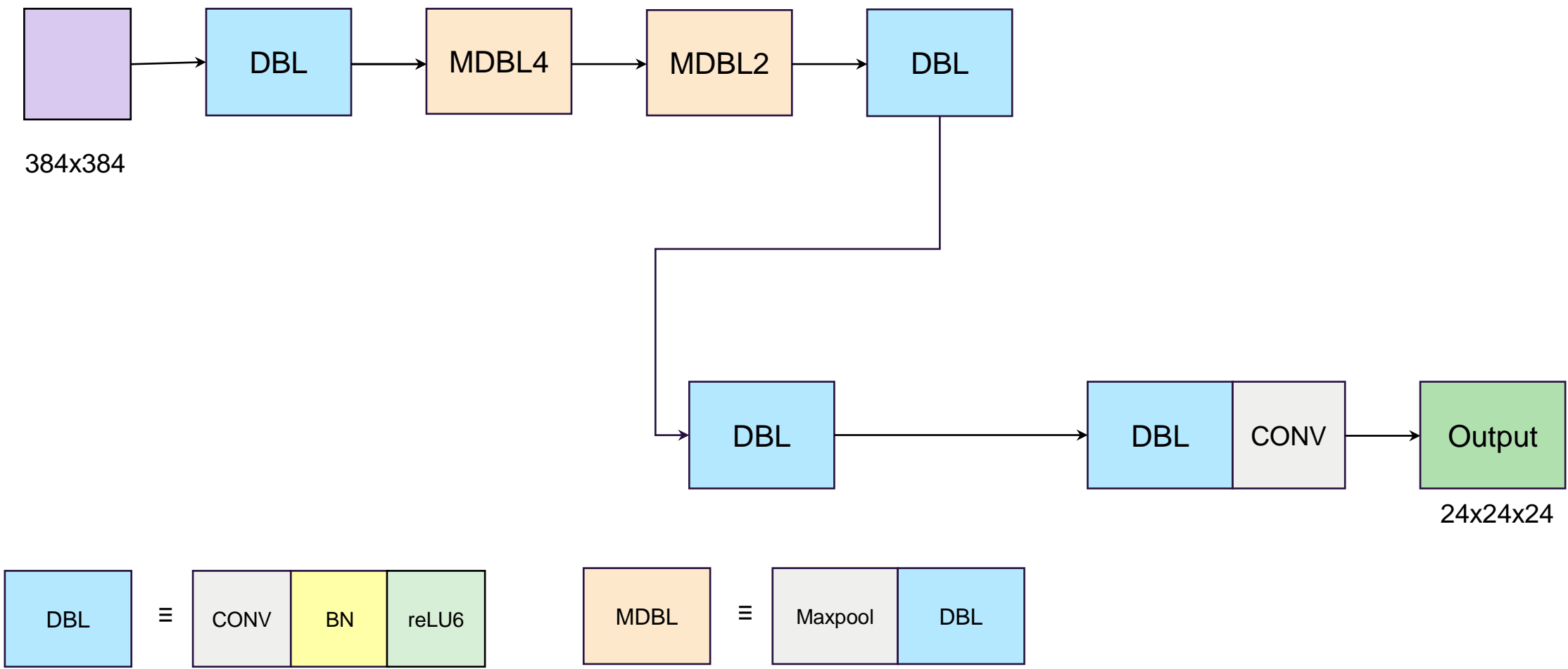
activation: relu  
range:  $(0, \infty)$



activation: relu6  
range:  $(0, 6)$

- int8 量化
  - 值域範圍： $(-128, 127)$
  - 限制輸出範圍可以避免離群值導致的誤差

# 設計與實現 - 模型 (cont'd)



# 設計與實現 - 模型

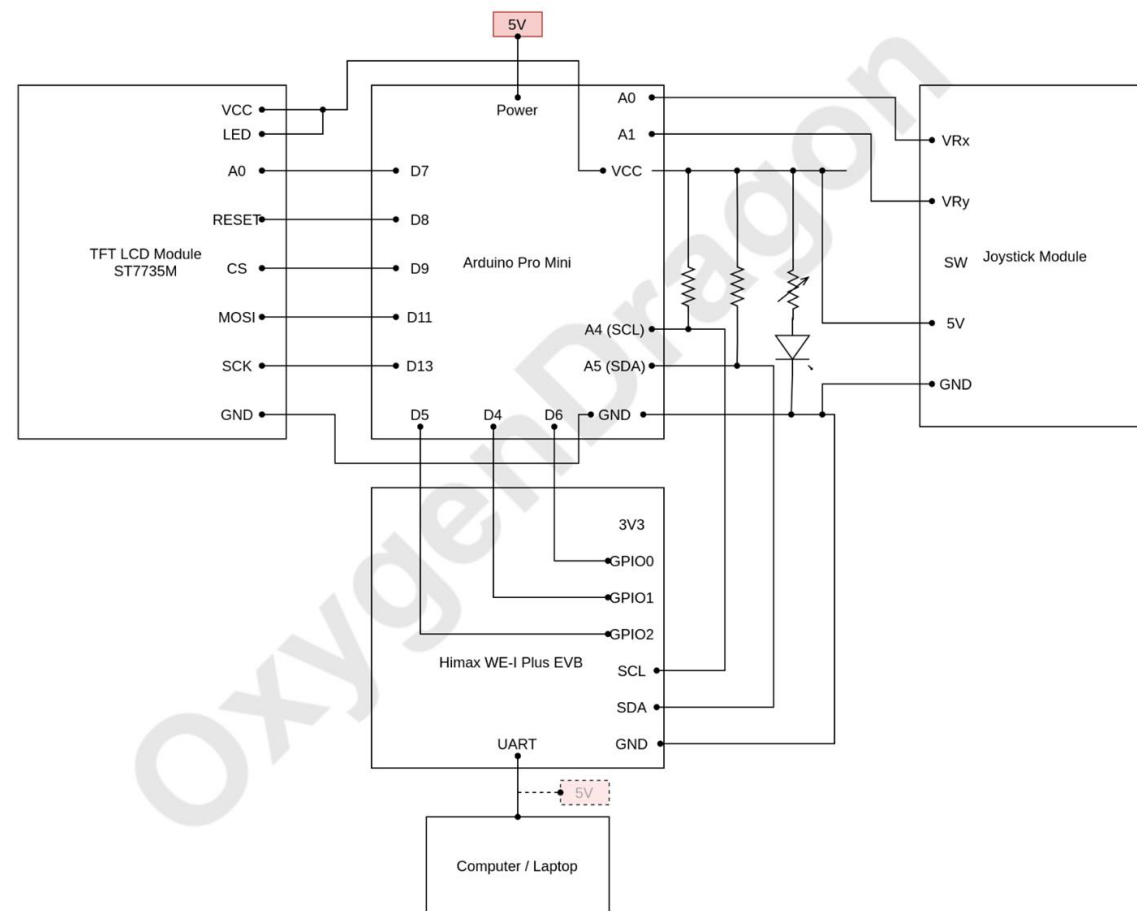
- 模型採用剪枝與改進後之darknet yolov3-tiny 轉換為TensorFlow Lite for Microcontroller
  - Input: (1, 384, 384, 1)
  - Output: (1, 24, 24, 24)
  - 檢測目標：
    - 焊錫過多，焊錫過少，短路
  - 資料集: 取自自行焊接之電木板，共921張圖片
  - 模型表現
    - mAP: 80.52%
    - Poor filled joints AP: 70.73%
    - Short joints AP: 87.90%
    - Excess joints AP: 82.91%

	yolov3-tiny optimized	yolov3-tiny original
權重檔(.weights)大小	<b>604 KB</b>	34.7 MB
mAP (mean average precision)	<b>80.52%</b>	81.41%
輸出層數目	1	2
激活函數 (activation function)	relu6	leaky relu

表一、採用模型與原始yolov3-tiny比較

# 設計與實現 - 硬體

- 開發板 / 模組
  - Himax WE-I Plus EVB
  - Arduino Pro Mini
  - ST7735 display
  - Joystick module
- 我們的系統裝置為工作臺之形式
  - 上方為人機互動的界面，可以讓使用者即時觀察及操作裝置。
  - 下方為開發板放置的位置，進行推論以及數據的處理。
  - 系統可連結電腦，透過我們撰寫的程式即時觀察推論結果，此處軟體留待下文詳述

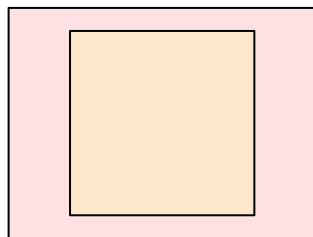


圖二、裝置接線架構圖

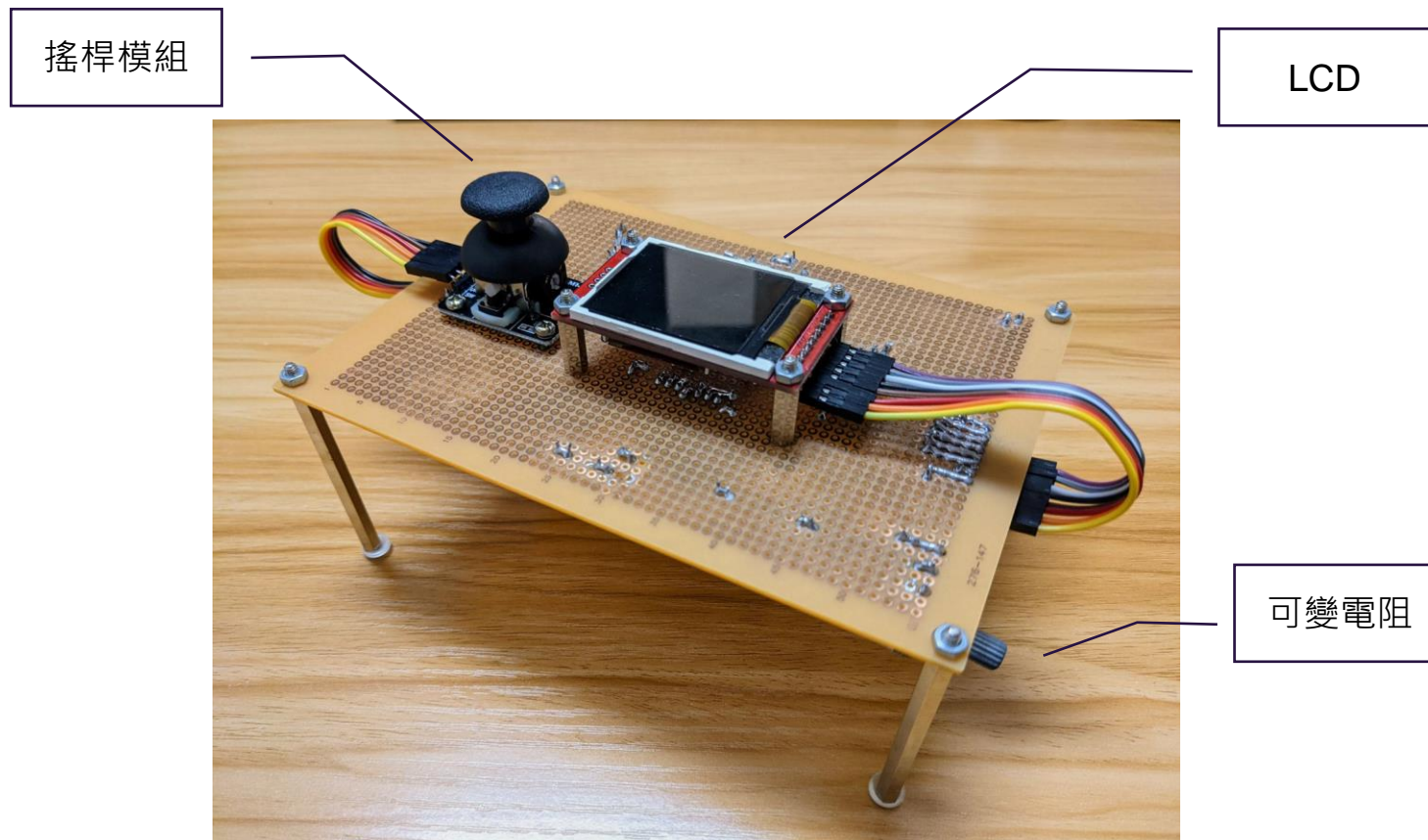
# 設計與實現 - 硬體 (cont'd)

- 裝置上方

- 人機互動界面
- TFT液晶螢幕顯示
  - 提供使用者基本的推論結果
  - 目標電路板是否通過檢測
  - 不良焊點數量
- 搖桿模組
  - 微調鏡頭截取圖片範圍
  - (384, 384) in (640, 480)

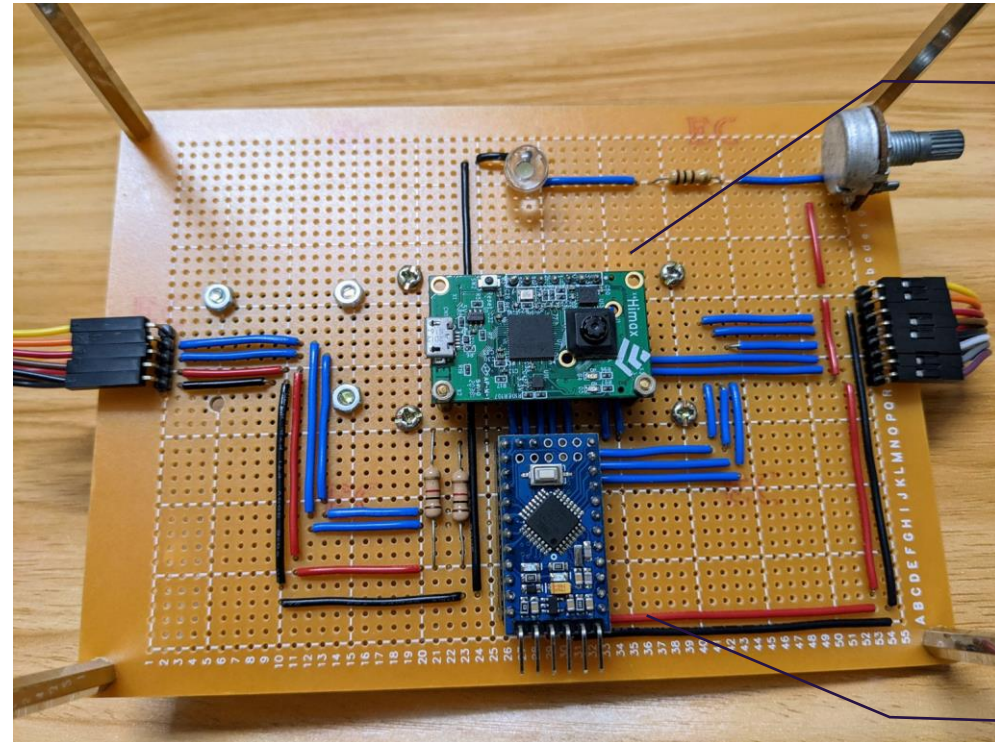


- 可變電阻
  - 調整裝置下方光源
  - 可以降低光線對推論結果的影響



# 設計與實現 - 硬體 (cont'd)

- 裝置下方
  - 開發板及佈線
  - Himax WE-I Plus EVB
    - 終端人工智慧推論裝置
    - 電路板圖片拍照及截取
    - 與電腦連接之開發板
    - 傳送圖片推論結果
  - Arduino Pro Mini
    - 整合各模組訊號
    - 與WE-I Plus透過GPIO進行溝通
    - 接收WE-I Plus推論結果



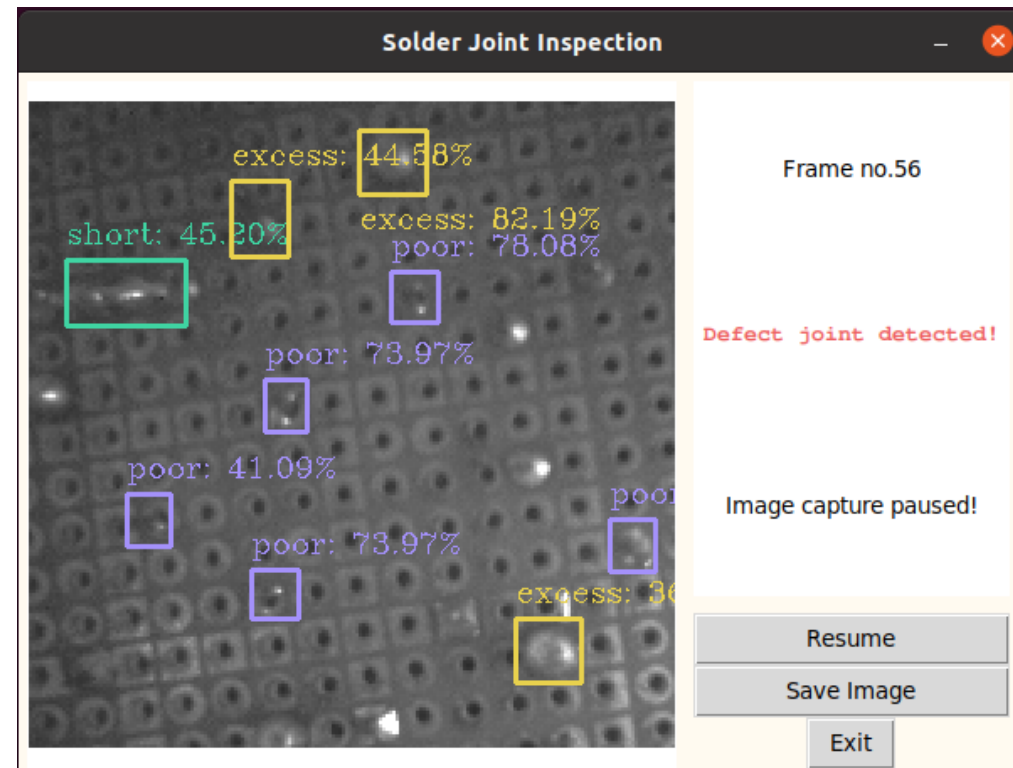
Himax  
WE-I Plus

Arduino  
Pro Mini



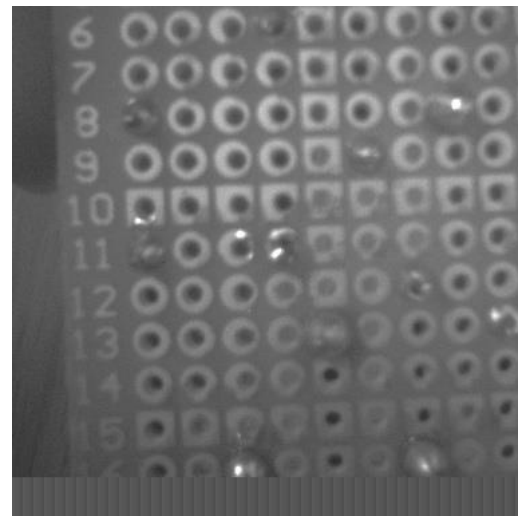
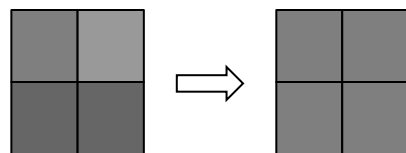
# 設計與實現 - 軟體

- 我們的系統包含運行於電腦的軟體，可以幫助使用者快速找到問題焊點，並且標示出來，可以透過我們的系統來快速判讀PCB的狀況
  - 軟體可調整的參數
    - 裝置連接埠
    - 偵測信心閾值
    - IoU (intersection over union) 閾值
  - 根據不同類別有不同框選顏色
  - 偵測時可執行的動作
    - 暫停
    - 儲存圖片
    - 離開程式

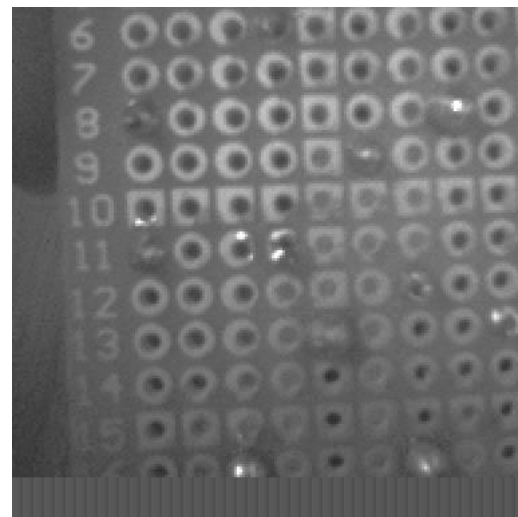


# 設計與實現 - 效率

- 模型量化
  - int8量化
  - 利用 32x32 MAC in ARC processor
- 選用最適資料形態
  - 節省記憶體空間
  - 利用ARC processor SIMD指令加速
- 圖片壓縮
  - 4倍壓縮原圖片
  - 推論所使用圖片大小：(384, 384)原圖
  - 傳輸圖片大小：(192, 192)
- 提高UART傳輸鮑率
  - 921600



原圖畫質

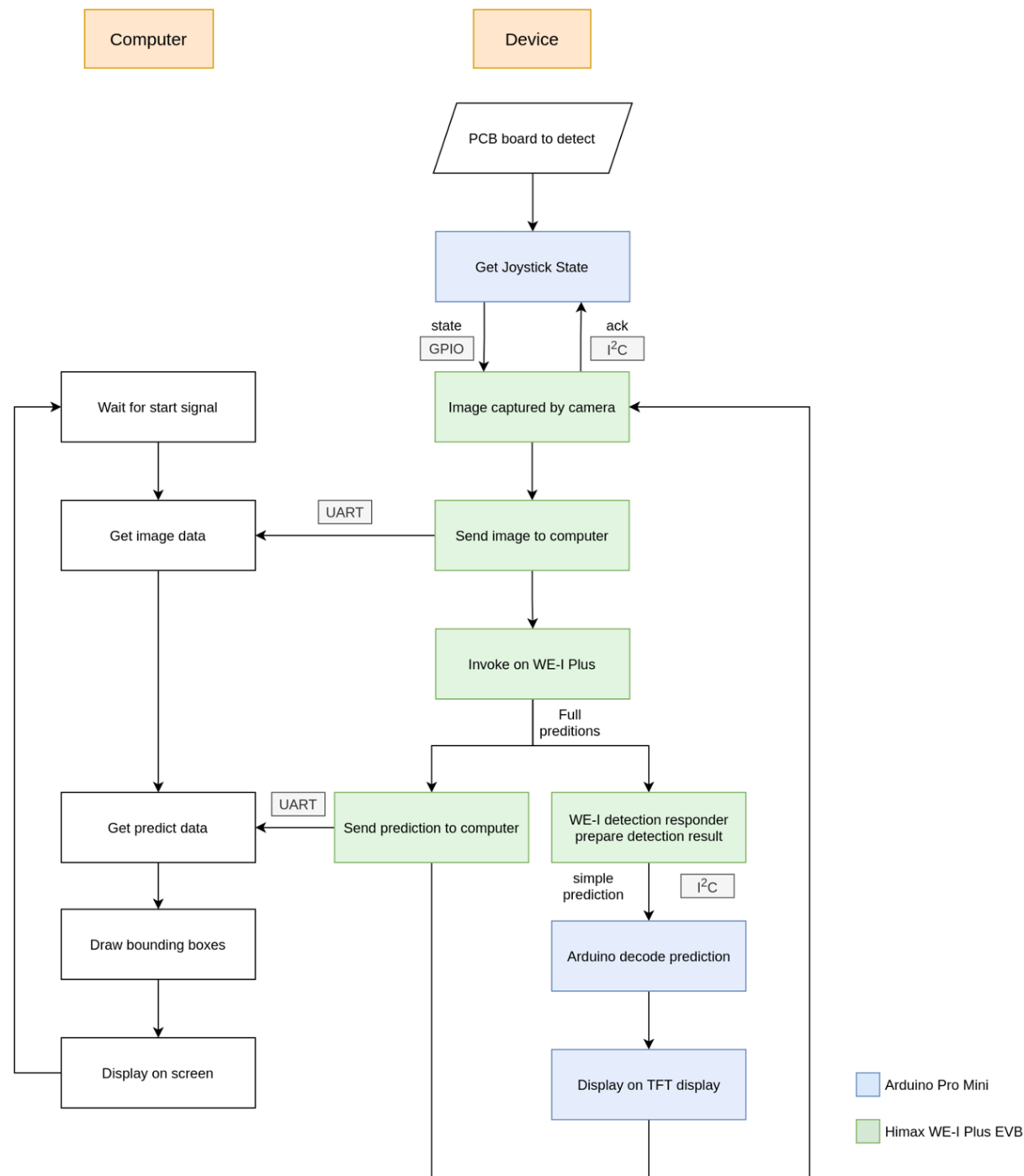


四倍壓縮後畫質

# 設計與實現 - 效率 (cont'd)

- 運行

- 使用hx\_drv\_tick檢測運行時間
- 獲取圖片(包含傳輸圖片)：0.536 sec
- Invoke模型：0.575 sec
- 預測結果(包含傳輸結果)：0.749 sec
- 每分鐘可偵測之圖片數量：約30.9張
- 功耗 (per frame)
  - Arc processor: 3.04 mW



# Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 總結展望

# 總結展望

- 總結

- 快速有效率的找出PCB板上之問題焊點
- 提升電路板之穩定性與功能正確性
- 透過TFT display module以及電腦程式顯示偵測的結果，符合不同使用者的需求
- 透過高效的終端裝置以及方便的使用者環境提升使用意願
- For more details: [github.com/OxygenDragon/solder-joint-detection](https://github.com/OxygenDragon/solder-joint-detection)

- 未來展望

- 增加更多訓練資料
- 嘗試連接外接鏡頭模組，拍攝更高解析的彩色照片
- 更進一步提升傳輸速度
- 作品微縮化及提升UI界面
- 部署至工廠之生產線上

# Thank You

