

使用 NADC24 與 M258 實現功率量測

NuMicro® 32 位系列微控制器範例代碼介紹

文件資訊

應用簡述	此範例程式碼是使用 NADC24 和 M258 實現功率量測。
BSP 版本	M251_M252_M254_M256_M258_Series_BSP_CMSIS_V3.02.005
開發平台	NADC24+PSU_Evaluation_Kit_V1.0

The information described in this document is the exclusive intellectual property of Nuvoton Technology Corporation and shall not be reproduced without permission from Nuvoton.

Nuvoton is providing this document only for reference purposes of NuMicro microcontroller and microprocessor based system design. Nuvoton assumes no responsibility for errors or omissions.

All data and specifications are subject to change without notice.

For additional information or questions, please contact: Nuvoton Technology Corporation.

www.nuvoton.com

1. 概述

本範例程式使用 NADC24 類比數位轉換器和 M258 微控制器，在加上電壓、電流感測電路，就可以快速開發電力監控相關產品，即時顯示電壓/電流/功率等電力資訊。

1.1 原理

當 PSU 電源訊號經過分壓電阻和電流互感器處理後，分別產生微小的電壓訊號，透過差動的方式輸入至 NADC24。NADC24 配備內部高解析度的 Delta-Sigma 轉換器，可將這些類比電壓訊號轉換為數位訊號。M258 單晶片用於設定 NADC24，並透過 SPI 通訊介面讀取數位訊號，接著進行計算以顯示線路頻率、電壓有效值、電流有效值、視在功率、有功功率、無功功率、以及功率因數等相關參數。

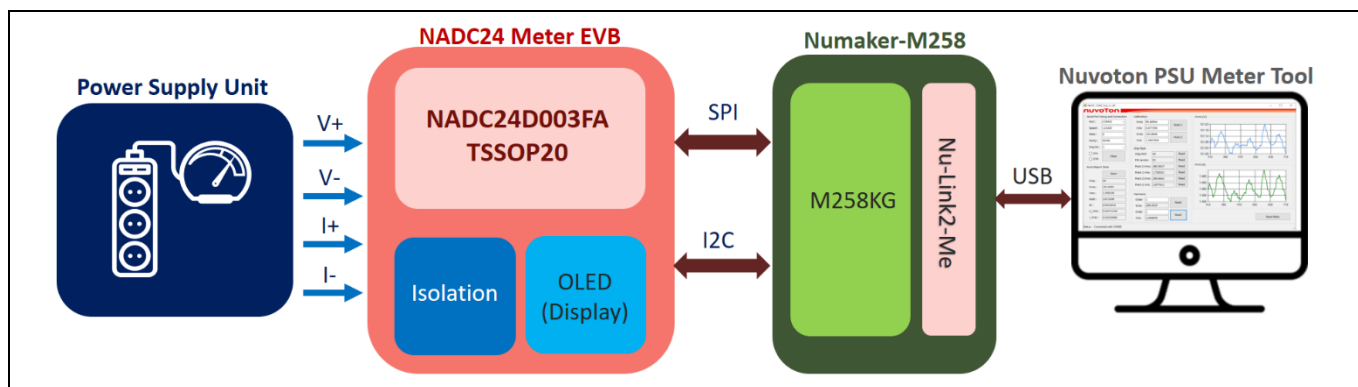


圖 1-1 功率量測方塊圖

1.2 NADC24 概述

NADC24 是一個高精度的 24 位 $\Delta\Sigma$ ADC (類比數位轉換器)，其主要功能是讀取電源的電壓和電流訊號。我們可以通過設定資料輸出率為 96K 和內部參考電壓為 2.4V 等功能，來獲得穩定且可靠的數據，以供微控制器 (MCU) 進行電力計算。



System

- 24-bit delta-sigma ($\Delta\Sigma$), analog-to-digital converters (ADCs)
- Operating voltage: 2.5V to 3.6V
- Temperature range: -40°C to +105°C
- Integrated with Power-on Reset
- Normal run: 600 uA (ADC Only)
- Power-down mode: 1 uA (max)
- Supports wake up from Power-down mode by SPI WAKE_UP command



Analog

- Up to 8 single ended channels or 4 differential channels 24-bit delta-sigma ADC (ENOB up to 22-bit)
- Programmable data rates from 1.25 SPS to 96 KSPS
- Digital Filter option
- One 12-bit DAC with rail-to-rail DAC buffer
- Low-Noise PGA with gain from 1 to 128
- Internal reference: 1.2V or 2.4V
- Internal temperature sensor with $\pm 2^\circ\text{C}$ accuracy



Communication interfaces

- SPI-Compatible interface for external host accessing

圖 1-2 NADC24 規格

1.3 M258 概述

M258 是 Arm Cortex-M23 的核，運行頻率 48MHz，Flash 256KB，SRAM 32KB，具有 COM/SEG LCD Driver 與 UART，I2C，SPI 等周邊介面。M258 透過 SPI 介面讀取 NADC24 轉換的數值後，再經過計算，可以顯示電源頻率，電壓有效值，電流有效值，視在功率，實功率，虛功率，功率因數等的資料。

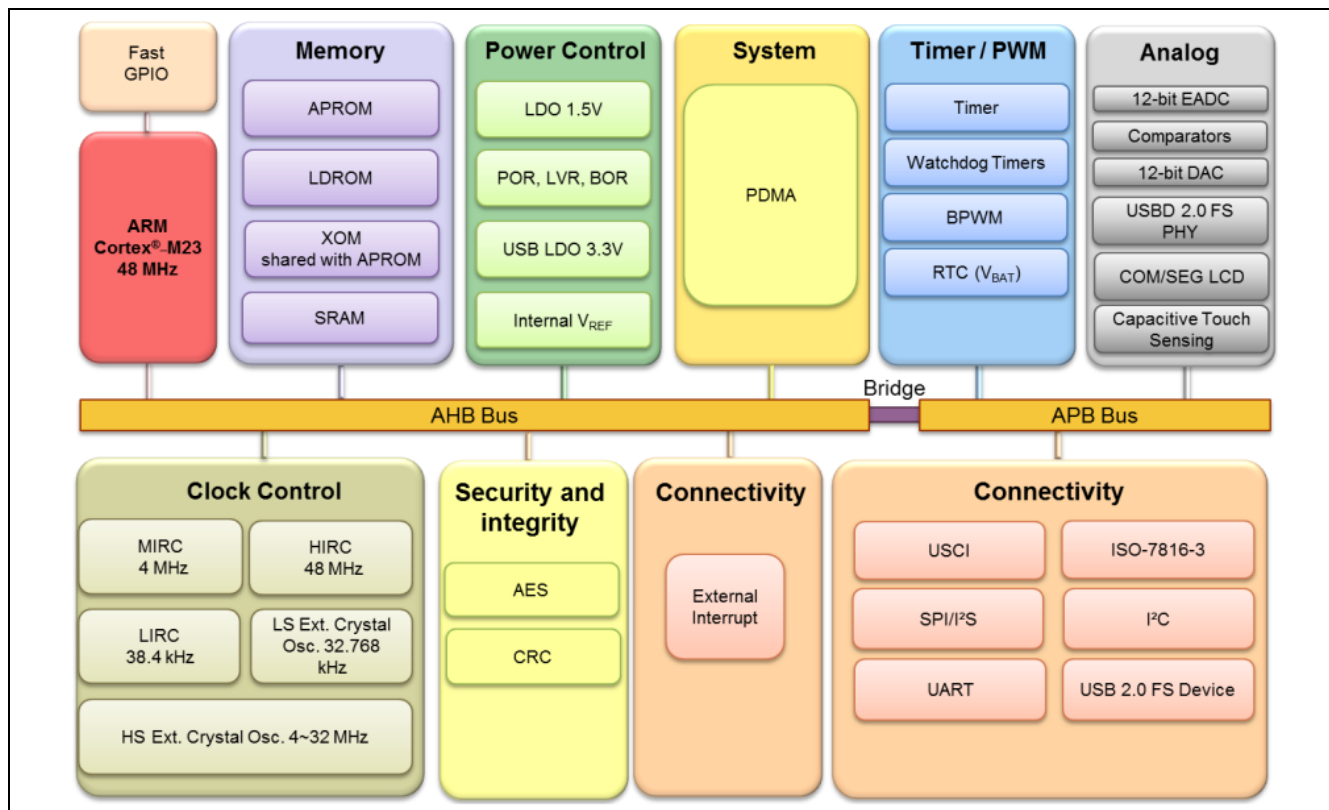


圖 1-3 M258 方塊圖

1.4 Evaluation Board 描述

首先，將 NADC24+PSU_Evaluation_Kit (EVB) 連接到 110V 市電和家用電器。接著，透過 USB 將 NuMaker-M258KG 連接到電腦。在 EVB 上的 OLED 螢幕可用於即時顯示家電的功耗，或者透過電腦上的工具，即時呈現數值和曲線。

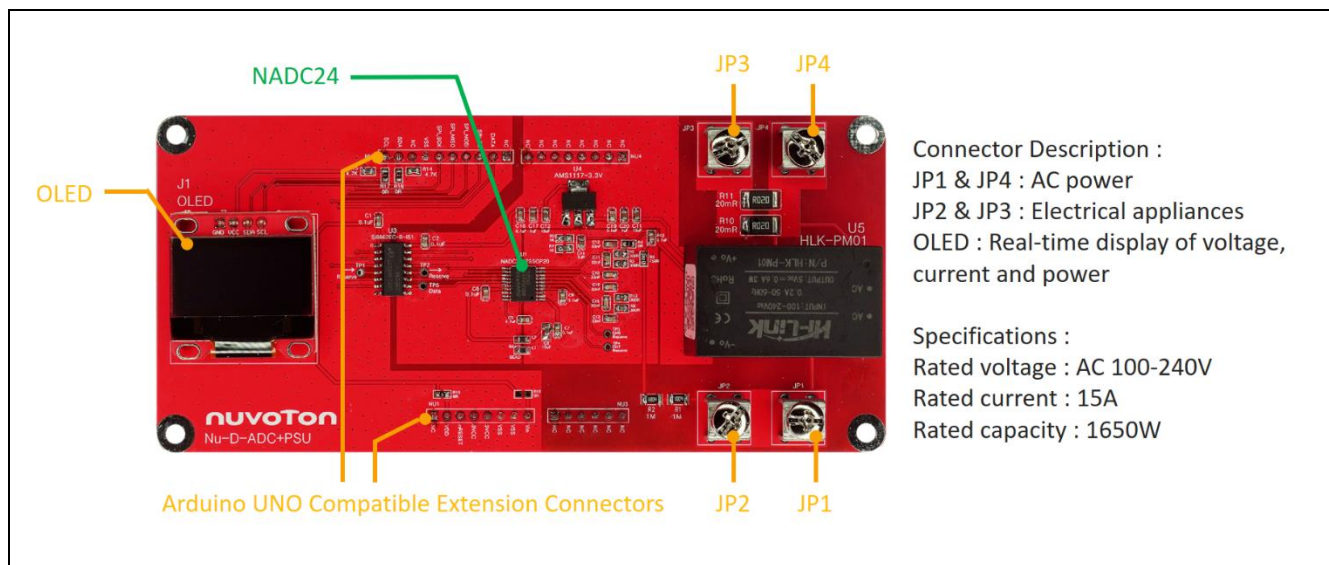


圖 1-4 EVB 描述

2. 代碼介紹

初始化系統頻率、用於 LCD 的 I2C0 和用於除錯的 UART。

```
int main(void)
{
    uint32_t Data_Addr;
    int32_t U32_Data_1, U32_Data_2, U32_Data_3, U32_Data_4, U32_Data_5, U32_Data_6;

    /* Unlock protected registers */
    SYS_UnlockReg();

    /* Init System, IP clock and multi-function I/O. */
    SYS_Init();

    /* Configure UART0: 115200, 8-bit word, no parity bit, 1 stop bit. */
    UART_Open(UART0, 115200);

    /* Init I2C0 */
    I2C0_Init();
    LCD_Disp_Info();
}
```

初始化 NADC24 並設定 PA4 為 Data ready。

```
/* Initial NADC24 */
Reset_NADC24();
NADC24_Calibration_and_Initial(CALI_NADC24);
NADC24_Calibration_and_Initial(INIT_NADC24);

/* Enable UART RDA and THRE interrupt */
NVIC_EnableIRQ(UART0_IRQn);
UART_EnableInt(UART0, UART_INTEN_RDAIEN_Msk);
UART0->FIFO = ((UART0->FIFO & (~UART_FIFO_RFITL_Msk)) | UART_FIFO_RFITL_1BYTE);

/* IO Interrupt */
GPIO_SetMode(PA, BIT4, GPIO_MODE_INPUT);
GPIO_EnableInt(PA, 4, GPIO_INT_FALLING);
NVIC_EnableIRQ(GPA_IRQn);

/* Interrupt Priority */
NVIC_SetPriority(SPI0_IRQn, 0);
NVIC_SetPriority(GPA_IRQn, 1);
NVIC_SetPriority(UART0_IRQn, 2);
NVIC_SetPriority(TMR0_IRQn, 3);
NVIC_SetPriority(I2C0_IRQn, 3);
```

初始化 FFT 並讀取校準數據。

```
/* FFT initial */
arm_rfft_fast_instance_f32 S;
arm_rfft_fast_init_f32(&S, SAMPLE_CYCLE_512);

/* Read Calibration value to Variable */
Read_Data_from_APROM(&Read_Cali_Value[0]);
V1_Rms_Calibration = Read_Cali_Value[0];
I1_Rms_Calibration = Read_Cali_Value[1];
V2_Rms_Calibration = Read_Cali_Value[2];
I2_Rms_Calibration = Read_Cali_Value[3];
V1_DC_Calibration = Read_Cali_Value[4];
I1_DC_Calibration = Read_Cali_Value[5];
V2_DC_Calibration = Read_Cali_Value[6];
I2_DC_Calibration = Read_Cali_Value[7];
V_RMS_OFFSET_1 = Read_Cali_Value[8];
I_RMS_OFFSET_1 = Read_Cali_Value[9];
V_RMS_OFFSET_2 = Read_Cali_Value[10];
I_RMS_OFFSET_2 = Read_Cali_Value[11];
V_RMS_GAIN = Read_Cali_Value[12];
I_RMS_GAIN = Read_Cali_Value[13];
V_DC_OFFSET_1 = Read_Cali_Value[14];
I_DC_OFFSET_1 = Read_Cali_Value[15];
V_DC_OFFSET_2 = Read_Cali_Value[16];
I_DC_OFFSET_2 = Read_Cali_Value[17];
V_DC_GAIN = Read_Cali_Value[18];
I_DC_GAIN = Read_Cali_Value[19];
```

如果 512 筆 ADC 資料已經準備完成後，進行運算。

```
while(1)
{
    if(Read_512_Start_Flag==0)
    {
        /* Calibration */
        if((VI_Calibration_Falg)||(DC_Calibration_Falg))
        {
            .....
        }

        if(Freq_Calc_Falg)
        {
            .....
        }

        /* Re-start saving */
        Read_512_Start_Flag = 1;
    }

    if(Power_Measurement_Falg)
    {
```

```

    /* 50Hz signal */
    if(Read_50Hz_Done_Flag && Enble_50Hz_Cycle_Flag)
    {
        .....
    }

    /* 60Hz & DC signal */
    else if(Read_60Hz_Done_Flag && (Enble_60Hz_Cycle_Flag || Enble_DC_Cycle_Flag))
    {
        .....
    }
}

/* Command analysis */
if(Input_Command_Flag)
{
    .....
}
else
{
    .....
}

/* Finish */
Input_Command_Flag = 0;
}

```


3. 軟體與硬體需求

3.1 軟體需求

- BSP 版本
 - M251_M252_M254_M256_M258_Series_BSP_CMSIS_V3.02.005
- IDE 版本
 - Keil uVersion 5.36

3.2 硬體需求

- 電路元件
 - NADC24+PSU_Evaluation_Kit_V1.0
 - NuMaker -M258KG
- 線路示意圖
 - 兩塊板 NADC24+PSU_EVB 和 NK-M258KG 透過 Arduino 介面連接。
 - 將 UART0 TX (PB.13) 接腳連接到 PC UART RX 以顯示此範例程式碼的執行結果。

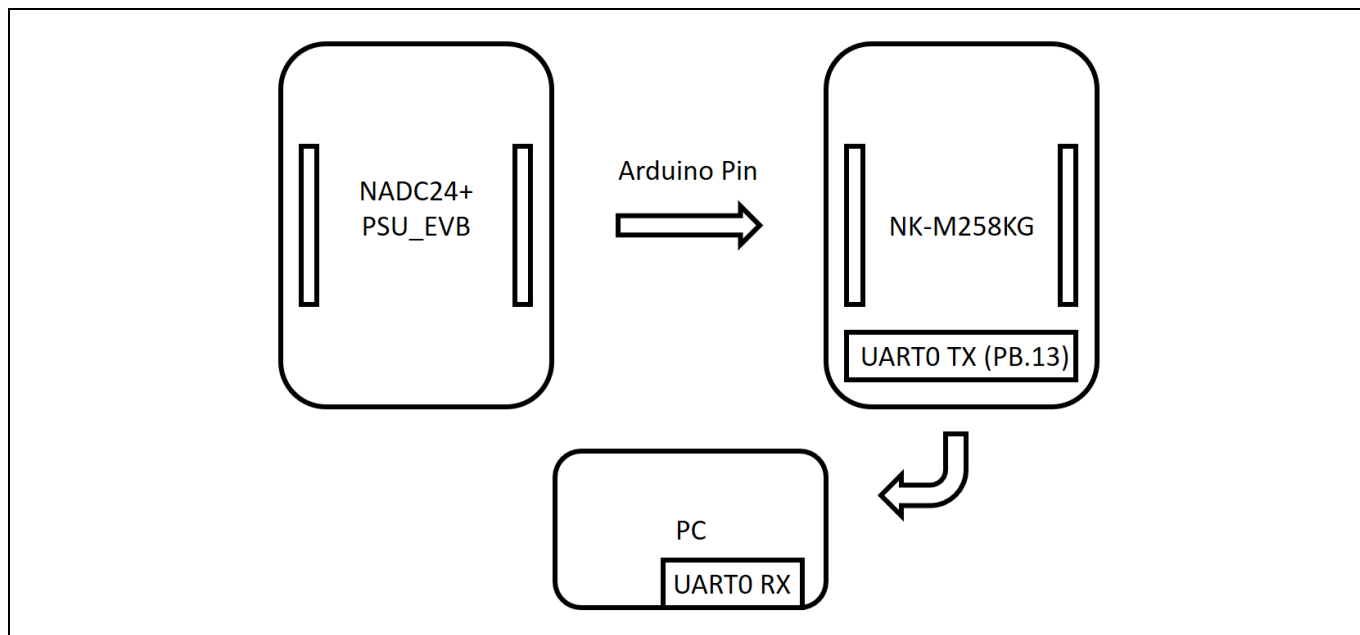


圖 3-1 線路示意圖

4. 目錄資訊

📁 EC_NADC24_M258_Power_Measurement_V1.00	
📁 Tool	Tool of power measurement
📁 Schematic	Schematic of power measurement
📁 Library	Sample code header and source files
📁 CMSIS	Cortex® Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) by Arm® Corp.
📁 Device	CMSIS compliant device header file
📁 StdDriver	All peripheral driver header and source files
📁 SampleCode	
📁 ExampleCode	Source file of example code

圖 4-1 目錄資訊

5. 範例程式執行

1. 根據目錄資訊章節進入 ExampleCode 路徑中的 KEIL 資料夾，雙擊 NADC24_M258_Power_Measurement.uvprojx。
2. 進入編譯模式介面
 - 編譯
 - 下載代碼至記憶體
 - 進入 / 離開除錯模式
3. 開啟 NADC_COM_Tool_v1_00.exe，點選「開啟」連接串列埠

注意：你的電腦需要先安裝 Microsoft .NET Framework 4.7.2

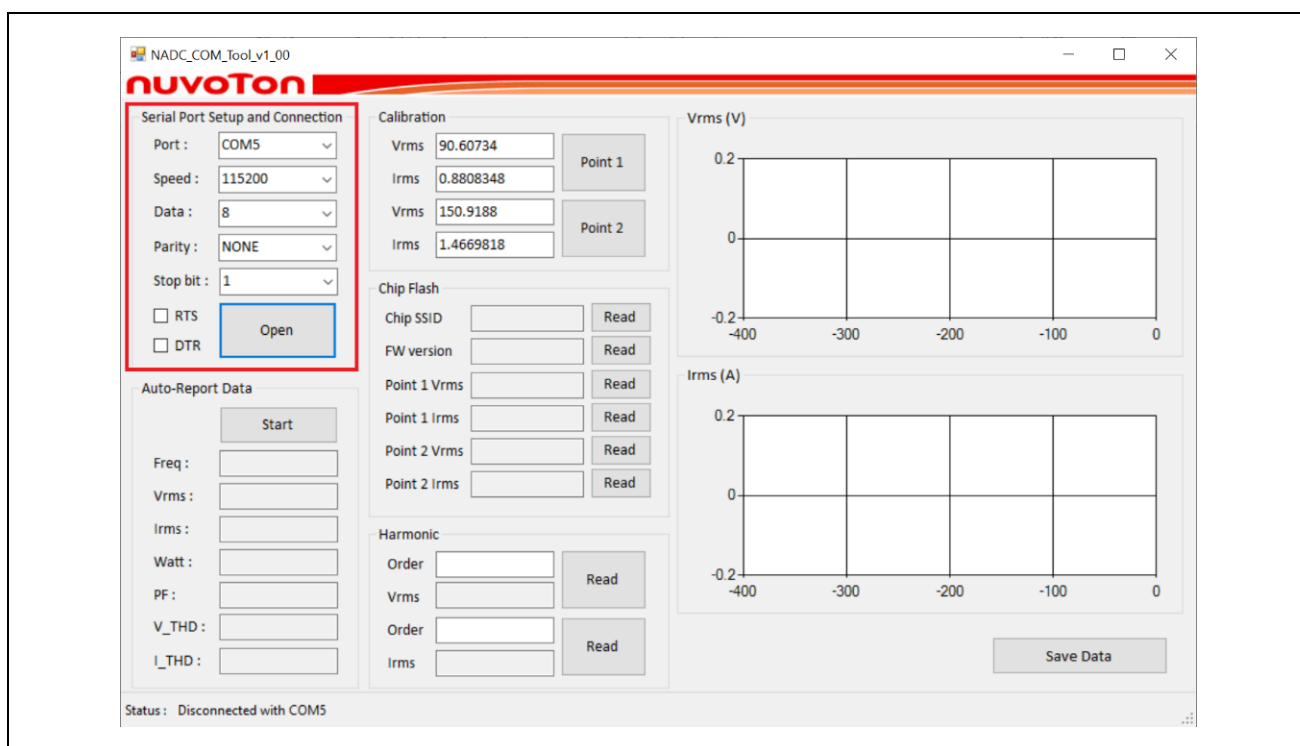


圖 5-1 串列埠連接

4. 兩個點進行校準
5. 根據應用選擇兩個點進行校準。下面以 90V 和 150V 為例。連接 100 歐姆、高功率後，設定 90V，按 Point 1，等待幾秒鐘，驗證值將顯示在 Point 1 Vrms 和 Point 1 Irms 上。設定 150V 後，按第 2 點並等待幾秒鐘。驗證值將顯示在 Point 2 Vrms 和 Point 2 Irms 上以完成校準。

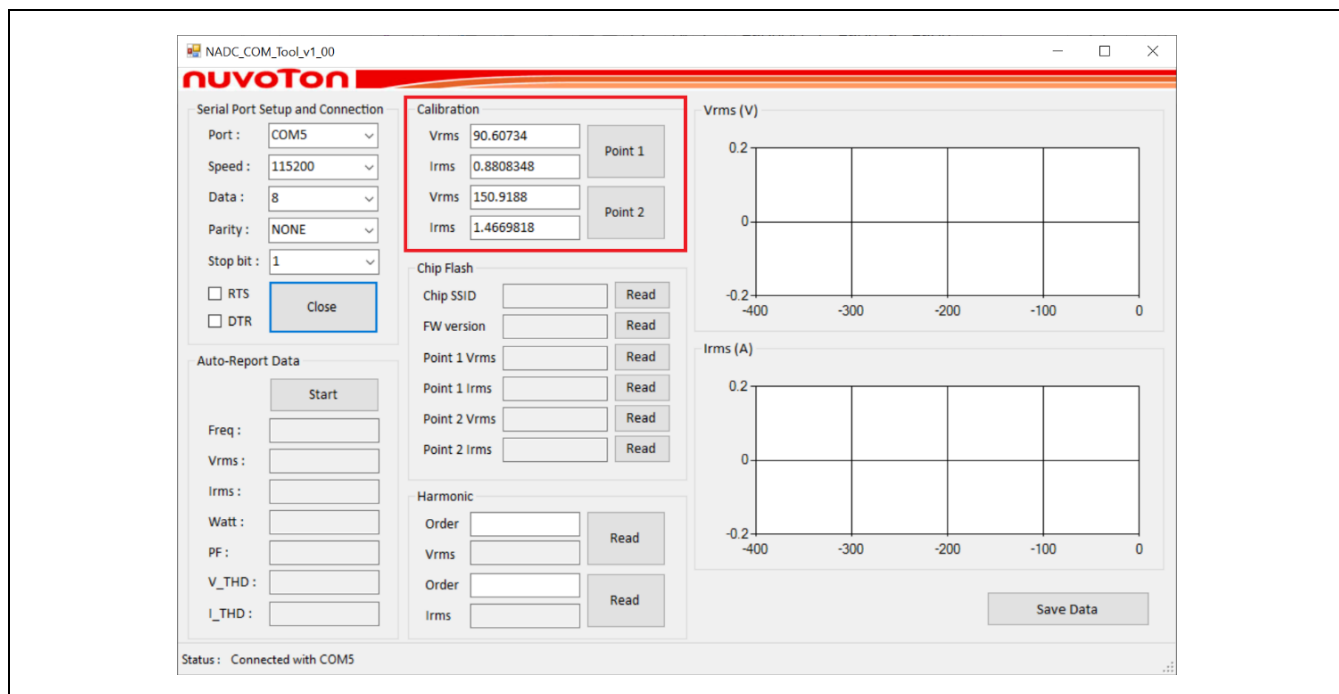


圖 5-2 校準模式

6. 選「開始」後，開始測量

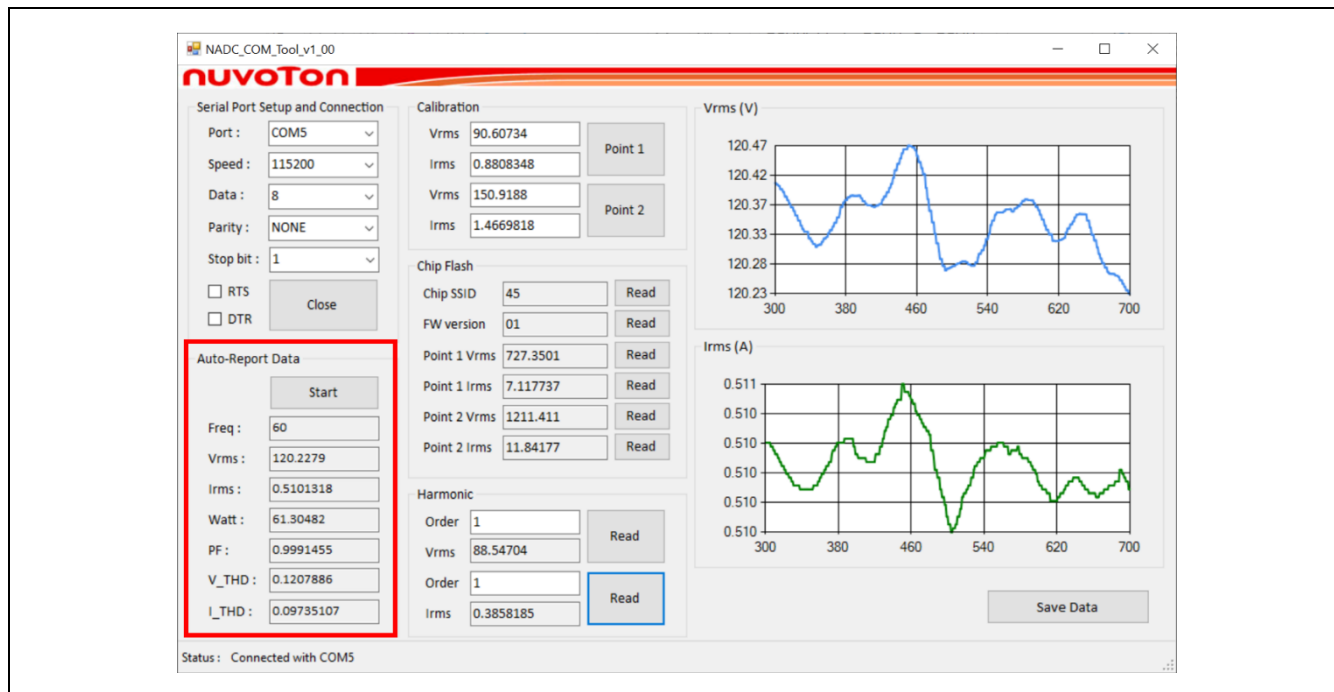


圖 5-3 自動回報模式

7. 透過曲線查看 Vrms 和 Irms 數值變動並儲存

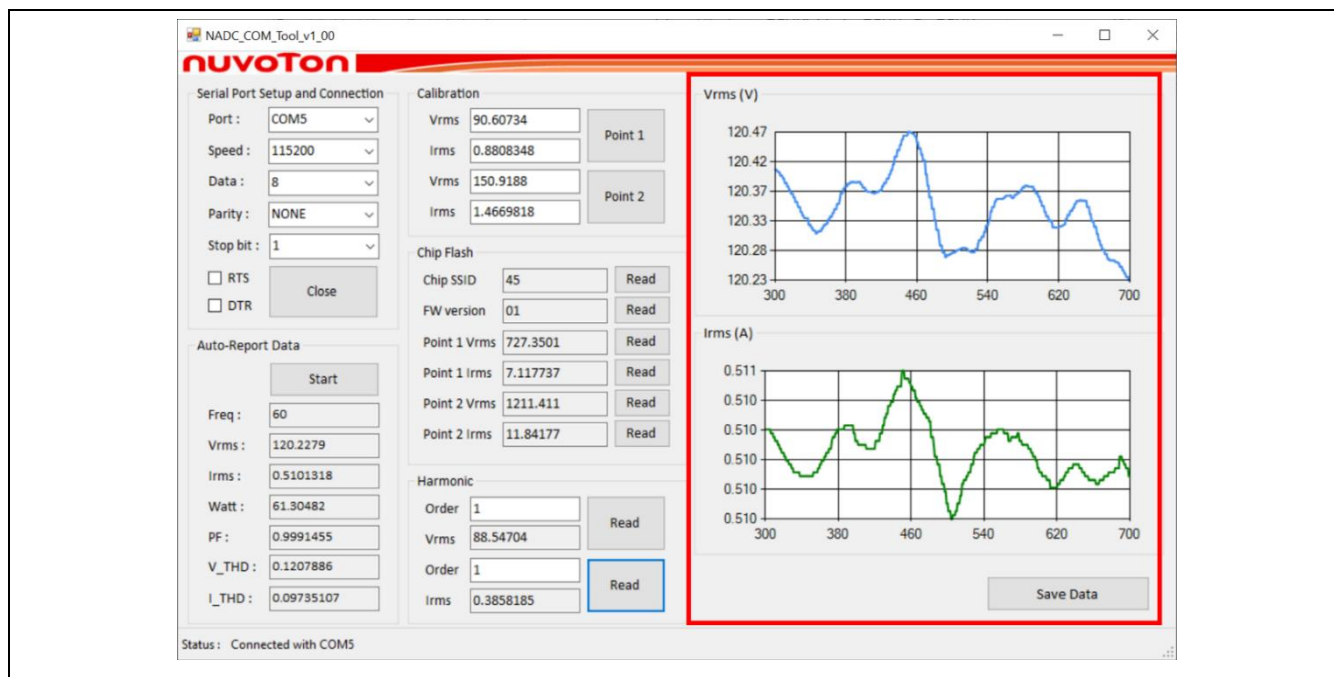


圖 5-4 Vrms 和 Irms 數值曲線

6. 修訂紀錄

Date	Revision	Description
2023.11.06	1.00	初始發布。

Important Notice

Nuvoton Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, "Insecure Usage".

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer's risk, and in the event that third parties lay claims to Nuvoton as a result of customer's Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Nuvoton.

*Please note that all data and specifications are subject to change without notice.
All the trademarks of products and companies mentioned in this datasheet belong to their respective owners.*