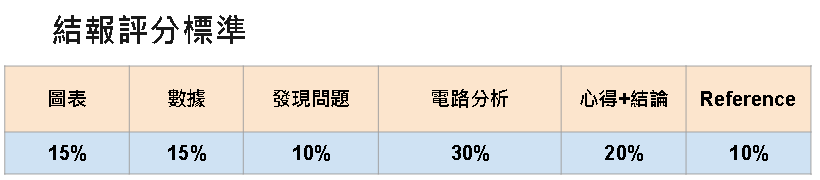
****

\*\*請假後補交結報的規定\*\*

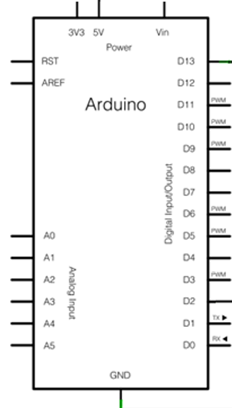
1.請假需依規定提出假單申請，並安排時間補做實驗並將核準過的假單截圖貼於下方，助教才會進行結報的批改。

2.以請假日計算；需在一星期內完成補做驗，二個星期內補交結報(將結報交至Delay區)。逾時不進行結報批改。例如:3/1請假，需在3/8前完成補做實驗，3/15前補交結報。

-------------------------------------------------------------------------------------

**REPORT**

|  |
| --- |
| **Experiment 1: Sampling and Aliasing.** |



F.G.

1.

Arduino serial monitor results plotted by excel – No.1, 2, 3 / Sine / Vpp:0-5V / freq:100/200/400Hz

一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

2.

Arduino serial monitor results plotted by excel – No.4 / Sine / Vpp:0-5V / freq:8.5kHz

一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

3.

Arduino serial monitor results plotted by excel – No.5 / Sine / Vpp:0-5V / freq:9kHz

一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

4.

Please estimate the sampling frequencies by your experiment results of No.1~No.3, and explain how you obtain it. Are the three sampling frequencies the same?

一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。計算取樣頻率，分析如下:



我先在各個波的兩個相鄰波峰(No.2、3)、峰對谷(No.1)上找到頂點，然後再分析經過多少次取樣週期，然後我們可以獲得以下的數據:



1. No.1峰對谷經過45個取樣週期

2. No.2峰對峰經過45個取樣週期

3. No.3峰對峰經過22個取樣週期



一張含有 文字, 字型, 筆跡, 螢幕擷取畫面 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

從推理結果看來，我們可以發現各個波的取樣頻率大致上皆接近9k Hz

Question:

Use the result of No1., No.2, and No.3 to estimate the correct sampling rate (calculate the average of these three conditions). And apply this correct sampling rate to derive the signal frequency of No.4 and No.5 respectively. (Notice that the frequencies you calculated are false signal frequency.)

Please try to explain them in your report

我將分兩個部分討論:

1. 計算No.1~No.3的平均取樣頻率:

2. 使用上述的平均取樣頻率去計算No.4、No.5的頻率再加以比較:

取No.4峰對峰的樣本點並發現一個完整的波一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。會經過21個取樣週期，在上面我們已經計算出取樣頻率



為8934(Hz)，則可以得出:

這個計算真的很讓我震撼，沒想到與示波器頻率(8.5k)差了足足快21倍之多。

一張含有 行, 繪圖, 文字, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.5的波取樣點很難抓，因為它並沒有像是No.1那般可以抓半波，也沒有其他波那樣可以抓到完整的一個波(經過四次振福)，所以我就用No.5的最大值的一半位置抓一次振福所經過的取樣週期，再推得



No.5的週期。

經過Excel的標點我們可以得知一次振幅里會經過27個樣本週期，所以可以推測一個完整的波將會經過108個樣本週期，接下來開始計算No.5的預測頻率:

這次的差距又更大的了，與函數產生器輸出的波頻率(9k)上差了快108倍，為甚麼會差那麼多呢?

首先我先來整理下線索:

1. 我們從相對低頻(No.1~No.3)測量推得取樣頻率，而且數字大概是(9k)，這結論是經過三個不同頻率的推測得出的結果，我相信這點是無庸置疑的。

2. 我們把眼光放到之前的取樣頻率上，設計了No.4~No.5等接近之前取樣頻率的波，但是這次並不是只取到兩個點，而是能夠形成一個有幅度的波型。

根據上述的推論我有兩個猜測:

**猜測1**

取樣頻率會因為輸入的樣本頻率不同而有所改變，按照這概念，我們可以先認知說取樣頻率會隨著樣本頻率的升高而跟著升高，並且在量級上取樣頻率會遠大於樣本頻率(很直覺，因為這樣更可以分析波型)，不過這理論又會有奇妙的地方，因為我們可以從No.4~No.5發現照理來說頻率越高，在圖形上範圍內能夠顯示的波會越多，這理論可以在No.1~No.3的圖表上得到支持，但是這理論搬到No.4~No.5上就不怎實用了，理論上No.5能顯示更多的全波，但現在卻只能顯示不到一個全波的圖形。

**猜測2**

一張含有 行, 圖表, 繪圖 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。取樣頻率還是沒有變化，但是取樣會變成一個全波只取一個樣本點，然後再以微妙的差距把波型印出，從上面的線索二可以得出這想法，具體的運作過程如下:

透過微小的落差巧妙地取樣，然後在把點與點之間連線，這樣就可以取得與函數圖形差不多的圖，這樣也就能夠解釋為什麼頻率9k的No.5取樣結果是一個全波(與取樣頻率相近)，也可以解釋為何用平均取樣頻率預估No.4、No.5的時候會產生如此大的誤差，因為在同一個週期內不會同時取樣超過兩個點。

**Tinkercad模擬**

No.1

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 多媒體軟體 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.2

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.3

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 電腦圖示 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.4

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

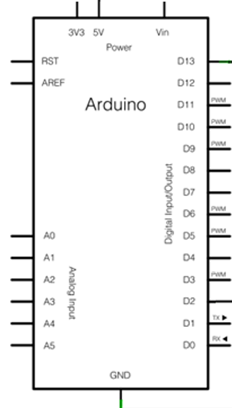
AI 產生的內容可能不正確。

No.5

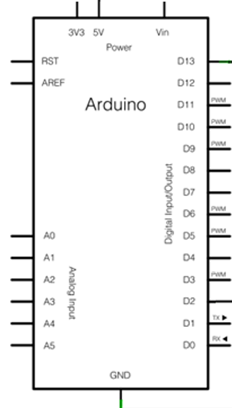
一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 電腦圖示 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

|  |
| --- |
| **Experiment 2: Reference Voltage for Analog Input.** |



F.G.



F.G.

**NOTE：Remember modify the sketch in Exp1, change MAX\_SIZE from 100 to 400.**

**NOTE：Remember uncomment analogReference(EXTERNAL); when you connect pin 3.3V to AREF.**

1.

Arduino serial monitor results plotted by excel – Sine / Vpp:0-4.8V/5V/6V/4V+Aref:3.3V / freq:50Hz

一張含有 行, 文字, 繪圖, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

Question:

1). Please estimate the full-scale input range AFS of ADC of Arduino by your experiment results of No.1~No.3, and explain how you obtain it.

首先我們先討論下什麼是AFS和什麼是ADC:

1. ADC是(**Analog-to-Digital Converter)**，從名字上就知道他是一種轉換器，可以理解成他將電壓等比例轉換成另外一個數值，然後在Arduino UNO版中是0~1023，其中1023代表著ADC所能轉換的最大值，也就是AFS。

2. AFS 是 ADC 輸入端的最大電壓值，超過這個值的輸入電壓將無法被正確測量。

其中轉換的公式為:

其中Vin是輸入的電壓，N則是ADC將Vin轉換到0~1023之中的值，接下來帶入No.1~No.3的數值找出UNO版的AFS。

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 行 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。從No.1的數據圖中我們可以發現最大值大約落在984、983等數值，然後再帶入Vin=4.8V等條件，我們可以從公式中推得:

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 數字 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

從No.2的數據圖中我們可以發現最大值大約落在1023，然後再帶入Vin=5V等條件，我們可以從公式中推得:

同時出現那麼多1023數值我們可以在上方的圖中觀察到，在頂峰的部分有輕微被削到。

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 數字 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。從No.3的數據圖中我們可以發現最大值大約落在1023，然後再帶入Vin=6V等條件，我們可以從公式中推得:

可以從上方的圖中發現當Vin=6V時圖已經很明顯被切平，所以No.3的數據不予採計。

使用平均的概念計算AFS

所以我估計Arduino UNO版的AFS值為5V。

2). Please try to explain the experiment results of No.4 in your report

Arduino的AREF腳位意旨設定上題所說的AFS的值，透過外加外部電壓方式自定義電壓上限為何，在No.4的圖中我們可以看到AREF腳位與3V3(3.3V)腳位接在一起，所以AFS的值也就被定在3.3V。

一張含有 行, 文字, 繪圖, 圖表 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。基於剛才的理論，我們可以先有個認知，因為我們Vin的最大值是4V > 3.3V，所以會有很明顯切平，這點可以在左邊那張圖紫色線中觀察到。

**Tinkercad模擬**

No.1

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.2

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 多媒體軟體 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.3

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.4

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

|  |
| --- |
| **Experiment 3: Quantization Error.** |

**NOTE：Remember modify the sketch in Exp1, change MAX\_SIZE from 100 to 200.**

**NOTE：Remember uncomment analogReference(EXTERNAL); when you connect pin 3.3V to AREF.**

1.

Arduino serial monitor results plotted by excel –No.1 / Ramp / Vpp:0-5V / freq:0.1Hz

一張含有 文字, 行, 平行, 螢幕擷取畫面 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

2.

Arduino serial monitor results plotted by excel –No.2 / Ramp / Vpp:0-5V / freq: 1Hz

3.

Arduino serial monitor results plotted by excel –No.3 / Ramp / Vpp:0-5V / freq: 1Hz / Aref:3.3V

4.

Please calculate average LSB (Least Significant Bit) by experiment results of No.1 ~ No.3 in those intervals. Please use the average sampling frequency fs which you calculate from Exp1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (x1,y1)  (x2,y2) | | System sampling frequency: fs (from exp1)  Input signal: ramp wave,  Peak to peak voltage: Vpp  Frequency: *F* Hz | |
|  | |
| No. | 1 | 2 | 3 |
| Average LSB voltage | **0.00547** | **0.00476** | **0.00468** |

**Tinkercad模擬**

No.1

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 陳列 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.2

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 電腦圖示 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

No.3

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 電腦圖示 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

|  |
| --- |
| **Experiment 4: Moving average filter.** |

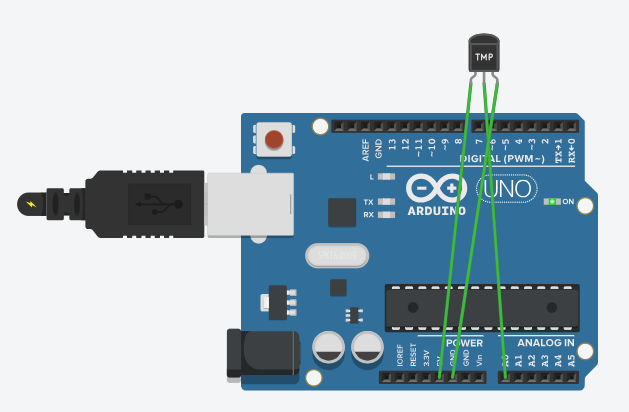
Excel plot (Before filter)

Excel plot (After filter)

Excel plot (Both condition)

|  |
| --- |
| Experiment 5: Analog temperature sensor |

The circuit diagram of your design: (label every port clearly)



The sketch of your design: (copy from the Arduino IDE window and paste here)

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

The screen capture of the serial monitor: (show the room temperature value on the window)

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 印刷術 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

The screen capture of the serial monitor: (show the heated temperature value on the window)

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 印刷術 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

The screen capture of the serial plotter: (show the change of the temperature)

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 行, 繪圖 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

**Tinkercad模擬**

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 軟體, 電腦圖示 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

|  |
| --- |
| Experiment 6: Breathing light |

The circuit diagram of your design: (label every port clearly)

一張含有 文字, 電子工程, 電子產品, 電路元件 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

The sketch of your design: (copy from the Arduino IDE window and paste here)

一張含有 文字, 螢幕擷取畫面, 字型, 數字 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

Your demo video(both LED and waveform) link: <https://youtube.com/shorts/U4Ukj1UCBGY?feature=share>

**Tinkercad模擬**

一張含有 文字, 軟體, 電腦圖示, 網頁 的圖片

AI 產生的內容可能不正確。

* **結論**

實驗一主要是讓我們認識sample的原理和會遇到的奇異現象。

實驗二接著帶我們認識ADC轉換是存在著電壓值上限，超過電壓的上限後會讓值鎖在1023。

實驗三讓我們使用不常用的函數ramp，還有介紹LSB的意義。

實驗四帶我們實作moving average filter。

實驗五介紹新的Arduino元件，主要適用於溫度感測。

實驗六著重於程式方面，讓我們用簡單的電路，用for loop以及類比控制等方法控制LED燈的亮度。

* **心得**

今天的實驗對我來說還蠻熟悉的，之前上訊號與系統的Z-transform、discrete fourier transform與discrete time fourier transform的時候就一直提到什麼叫取樣，將連續的訊號轉換成離散的訊號等等的操作，但那些都只停留在理論層面，不曾手動體驗過，所以那時候念起來還蠻抽象的，但現在用Arduino彌補當初的遺憾說起來也蠻激動的，不過沒想到會遇到那麼多奇葩事…

第一點主要是我的問題，一開始我就已經準備好Arduino檔案，準備要燒入Arduino UNO版後記錄離散化的數據，但不知道為什麼我按Control+A一直選取不了終端內的資料，就連滑鼠想要拉動選取都有困難，當下真的是搞超久，直到大助過來幫忙才發現原來是新版Arduino的問題(我用的是2.3.4版)，我還以為新版的照理來說功能會越完善，怎麼連那麼重要的功能都鎖起來了…

第二點真的很搞，我換到舊版之後我還以為之後的實驗會很順遂，但讓我沒想到的是之前是Control+A有問題，結果現在是Contral+C和Control+V出了更大的問題，之前是完全用不了，現在是可以用了，但卻不是每一次按都能生效，可能重複按個七八次才會真正複製到數據，連續的硬體設備上的錯誤讓我有點心灰意冷，我從五點四十分來到這裡，做了快兩小時半的實驗卻還卡在實驗一，不過幸好後來有掌握些能提高成功率的技巧，才不至於爆氣提早走人。

* **引用**
* **ADC & AFS**

[**https://www.electronicwings.com/arduino/adc-in-arduino**](https://www.electronicwings.com/arduino/adc-in-arduino)

* **AREF**

[**https://support.arduino.cc/hc/en-us/articles/360018922239-About-the-AREF-pin**](https://support.arduino.cc/hc/en-us/articles/360018922239-About-the-AREF-pin)