

Digital Signal Processing Laboratory

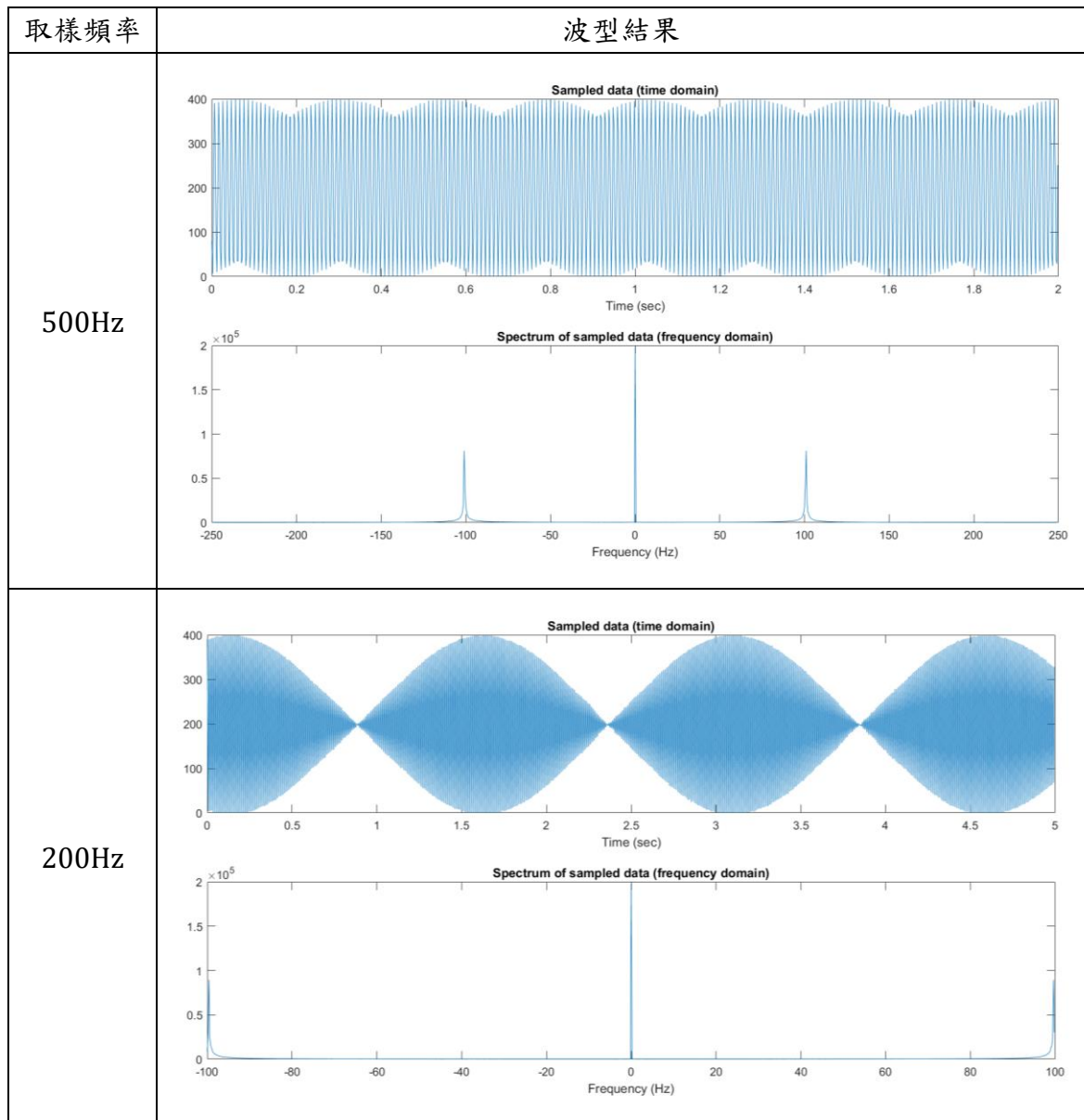
Lab 1 Introduction to Arduino Platform

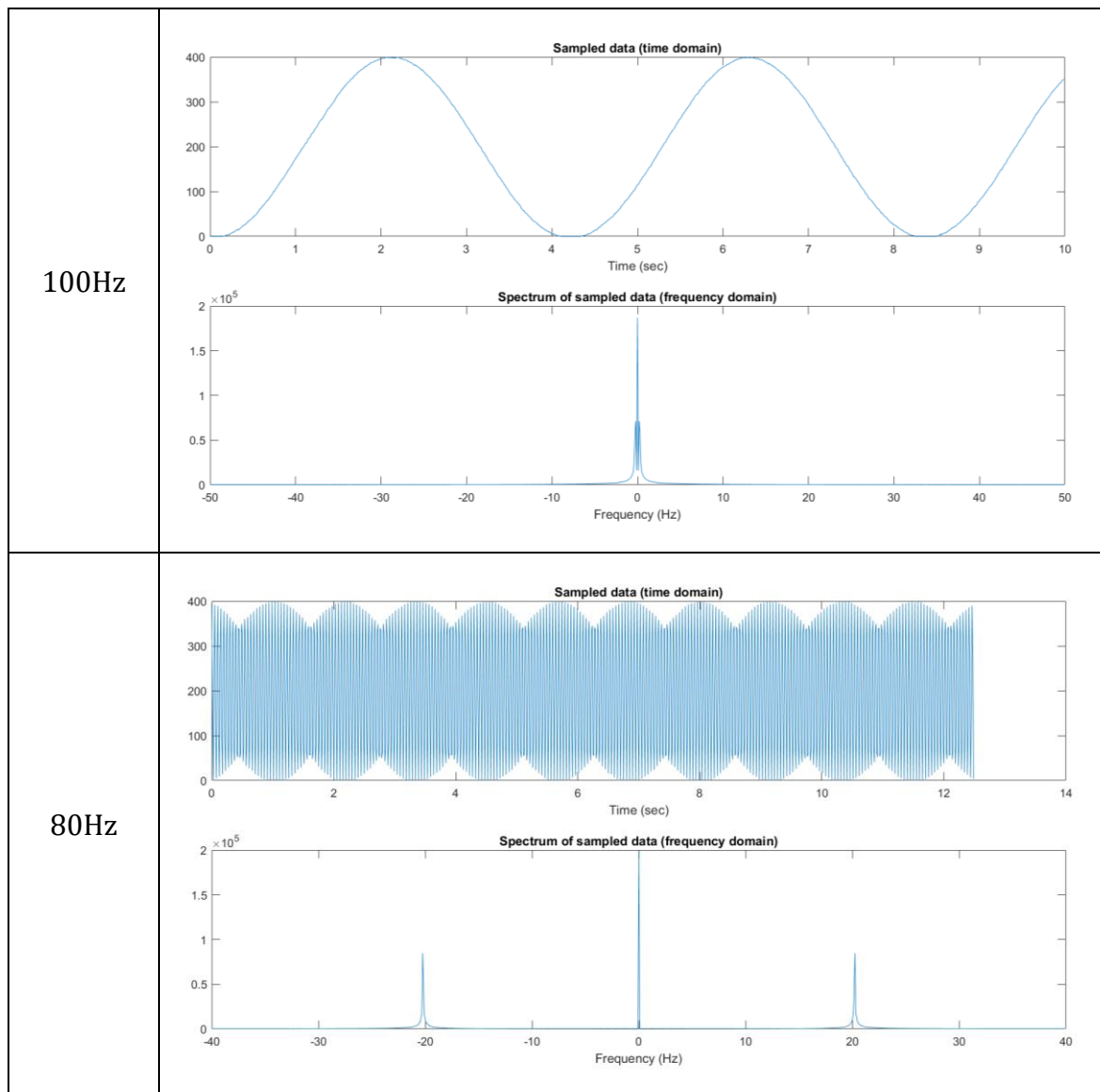
一、實驗介紹與目的：

此實驗利用 PicoScope 產生不同頻率的 sine 波，再透過 Arduino 平台中的 ADC 將類比的弦波訊號轉換成電腦可處理的數位訊號，接著使用 Matlab 進行訊號處理並做 FFT 分析，讓我們體驗 DSP flow 中從 analog input 到 DSP digital output to DAC 之前的過程，並深化我們對於 Fourier transform 的了解。

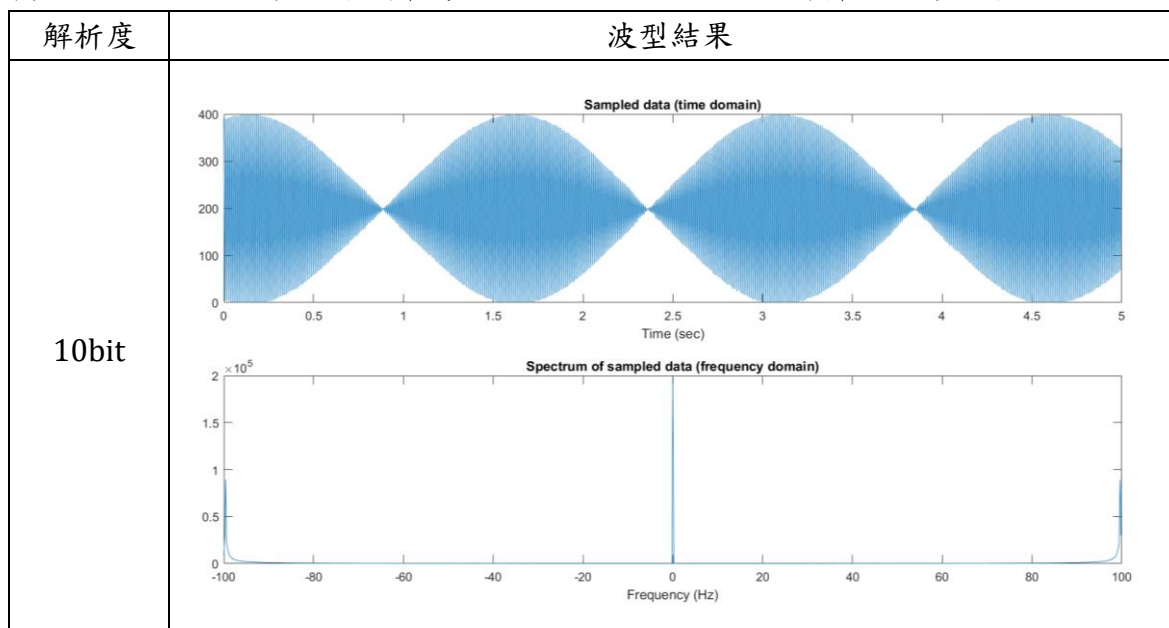
二、實驗數據與結果：

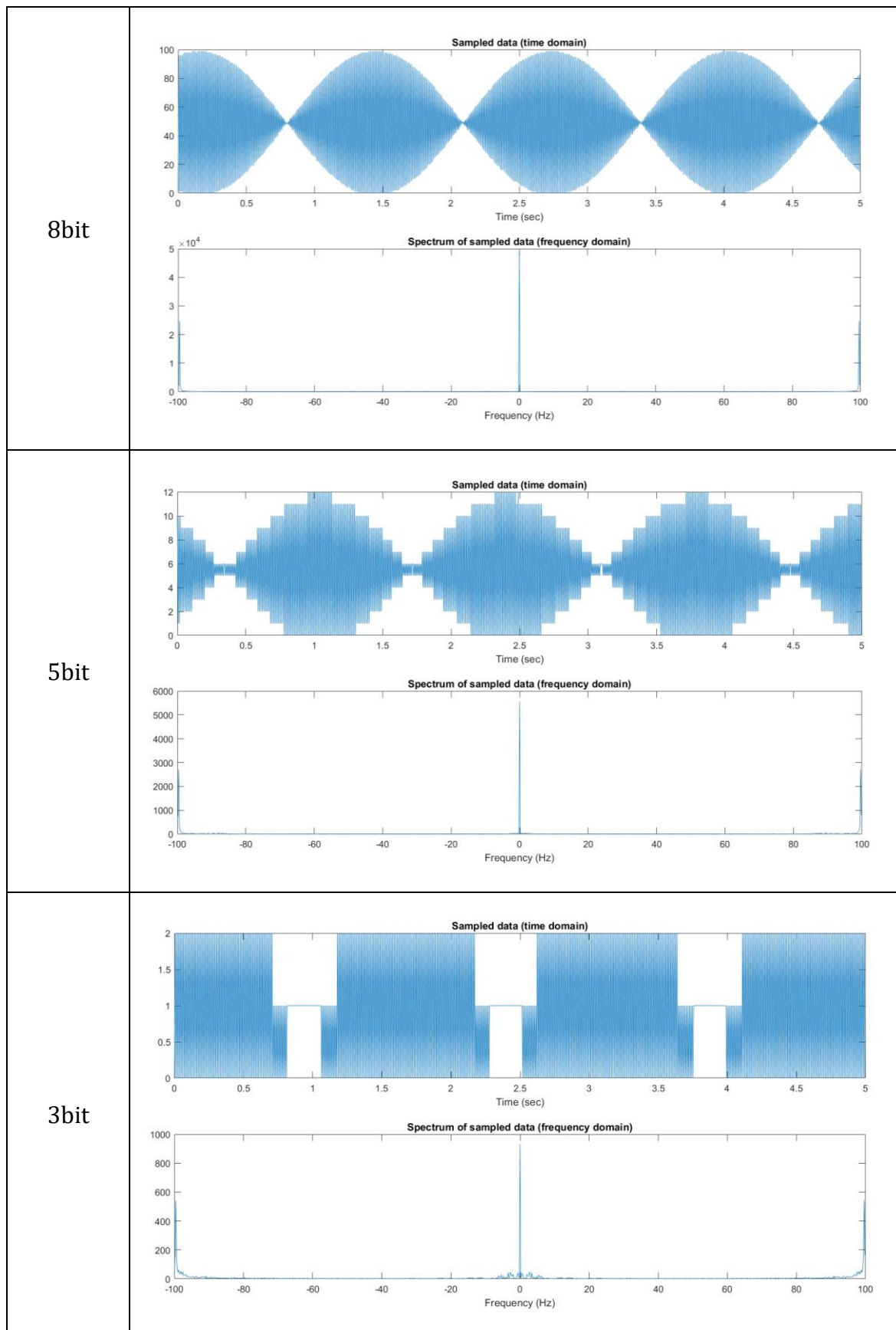
1. 輸入弦波 100Hz，在 10bits 解析度之下，用不同的取樣頻率進行取樣





2. 輸入弦波 100Hz，在取樣頻率為 200Hz 之下，用不同的解析度進行取樣





三、問題與討論：

1. 為何取樣後的波型不像預期的弦波，而是類似振幅調變(AM)的訊號？

取樣定理只保證當取樣頻率大於訊號最大頻率的 2 倍時，重建出來的訊號其頻

率成分會和原本的訊號相同，也就是在頻域中不會發生混疊(aliasing)，然而並不代表取樣後的波型會和原本的一樣。

取樣後波型和原本的相似程度會與取樣頻率比訊號最大頻率大多少有關。實驗發現，若輸入弦波頻率為 100Hz，當取樣頻率從 200Hz 升高到 500Hz 時，可明顯看到類似振幅調變的現象降低了許多，若再從 500Hz 升至 1000Hz，則波形幾乎就和原本的一樣了。因為如果取樣頻率比輸入訊號頻率高越多，那麼單位週期內的取樣點就越多，也就好像插值法愈多次其圖形和原函數愈接近一樣，會讓取樣訊號越接近原訊號。

2. 為何以 100Hz 取樣時頻譜圖在 100Hz 沒有顯示 impulse？為何以 80 Hz 取樣時會有 aliasing 且跑到 20Hz 的位置？

當取樣頻率和訊號頻率相等時，可以想像單位週期內只會在輸入訊號中取樣一個點，每個週期中取樣的點都相同，所以取樣後的波型就只剩一條直線，因此頻譜上就沒有任何頻率的資訊。

當取樣頻率為 80Hz 時，取樣週期為 $1/80=0.0125\text{s}$ ，而原輸入訊號的週期為 $1/100=0.01\text{s}$ ，因此取 0.0125 s 和 0.01 s 的最小公倍數 0.05 s 得知，每過 0.05 s 取樣點會回到原本的位置，因此取樣的頻率為 $1/0.05=20\text{Hz}$ 。

3. 若 Data acquisition rate 大於 Data transfer rate，會發生什麼事？

Data acquisition rate 指的是輸入訊號的 sampling rate，單位為 Hz，假設每筆輸入資料代表一個整數，其大小為 2bytes，也就是速率為 $16 \times$ 取樣頻率個 bps(bit per second)。而 Data transfer rate 指的是鮑率(Baud rate)，表示單位時間內傳輸符號的個數，單位為 bps。

因此，Arduino 會以 Data acquisition rate 取樣輸入訊號，並同時以 Data transfer rate 將數位訊號傳送至電腦，當 Data acquisition rate 小於 Data transfer rate 時，只是讓 Data transfer rate 降低至和 Data acquisition rate 相同而已，也就是傳送至電腦的速率變慢，但不會影響截取訊號的完整性與準確性。然而，若 Data acquisition rate 大於 Data transfer rate 時，會使 Arduino 取樣到的訊號來不及傳送給電腦，下一個訊號就已經來了，造成資料傳送的塞車，進而影響到電腦接收到訊號的完整性。

4. 在擷取數據時 10bits 和 3bits 的解析度所取樣的波型為何會不同？

解析度越高，訊號還原的程度越好。10bits 的解析度會有 $2^{10}=1024$ 個資料點，Arduino 的 analog input 範圍介於 0V 到 5V 之間，所以電壓的最小單位是 $5/1024=5\text{mV}$ ，因此波型在縱軸電壓方面會類似連續；若解析度為 3bits，則在 5V 的輸入之間只會有 8 等分，也就是電壓的最小單位是 $5/8=0.625\text{mV}$ ，導致波型看起來不連續(電壓的部分)。

5. 所擷取弦波的 Spectrum，畫出來為何會有 3 個 impulse？不是應該正負頻率各一個 impulse 而已嗎？

因為 Arduino 的 analog input 範圍在 0V 到 5V 之間，若輸入一個 offset 為 0V

的弦波訊號，則 Arduino 會截掉負振幅的部分，因此我們再輸入訊號之中會加入一個 offset 訊號，讓整個波型的電壓都大於零，這也導致 Matlab 將取樣訊號轉為頻率響應時，在中心 0V 的地方會有 impulse，此為訊號的直流成分。

四、結論與心得：

此實驗從訊號的產生、取樣、轉換、處理、到分析我都實際操作了一遍，讓我深刻了解 DSP 的前半段流程，另外透過 Matlab 分析頻譜，也讓我更深刻了解傅立葉轉換的精隨，以及課本上理論如何用在實務上。不過由於是第一次實驗，花了較多時間熟悉流程、軟體等，所以比較晚才做完，希望下次實驗我能更快速地完成 demo，並且學習到更多 DSP 的實用知識。