在 [5]:

```
# 獲取 thinkdsp.py

導入 操作系統

如果 不是 操作系統。路徑。存在 ( 'thinkdsp.py' ) :
    ! wget  https://github.com _ _ _ _ com / AllenDowney / ThinkDSP / raw / master / code /
```

在 [6]:

```
 將numpy 導入為 np
導入 matplotlib。pyplot 作為 plt

從 thinkdsp 導入 裝飾
```

練習 1

正如我們所見，如果您以過低的幀速率對信號進行採樣，則高於折疊頻率的頻率會出現混疊。一旦發生這種情況，就不再可能濾除這些分量，因為它們與較低頻率無法區分。

*在採樣之前*過濾掉這些頻率是個好主意 ；用於此目的的低通濾波器稱為“抗混疊濾波器”。

回到鼓獨奏示例，在採樣前應用低通濾波器，然後再次應用低通濾波器以去除採樣引入的頻譜副本。結果應該與濾波後的信號相同。

解決方案： 我將再次加載鼓獨奏。

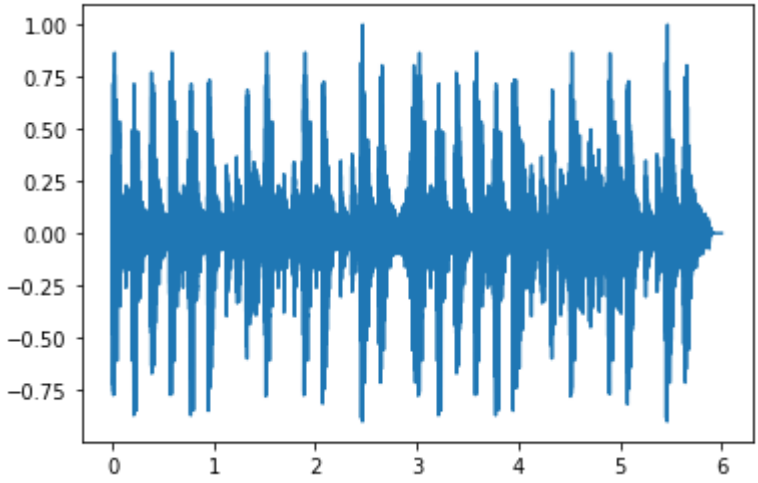
在 [7]:

```
如果 不是 操作系統。路徑。存在 ( '263868__kevcio__amen-break-a-160-bpm.wav' ) :
    ! wget  https://github.com _ _ _ _ com / AllenDowney / ThinkDSP / raw / master / code /
```

在 [10]:

```
從 thinkdsp 導入 read_wave

wave = read_wave ( '263868__kevcio__amen-break-a-160-bpm.wav' )
波。規範化 ( )
波。情節 ( )
```



該信號以 44100 Hz 採樣。這就是它的聲音。

在 [11]:

```
波。make_audio ()
```

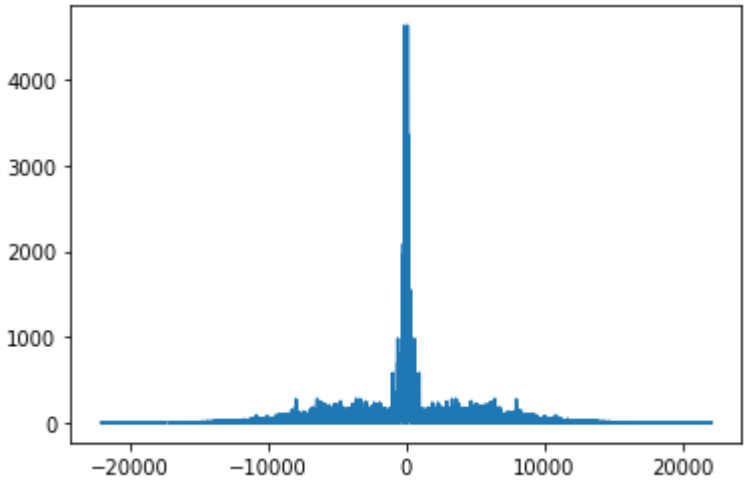
輸出[11]：

0:00 / 0:00

這是頻譜：

在 [12]:

```
頻譜 = 波。make_spectrum ( full = True )
頻譜。情節 ( )
```



我會將採樣率降低 3 倍（但您可以更改它以嘗試其他值）：

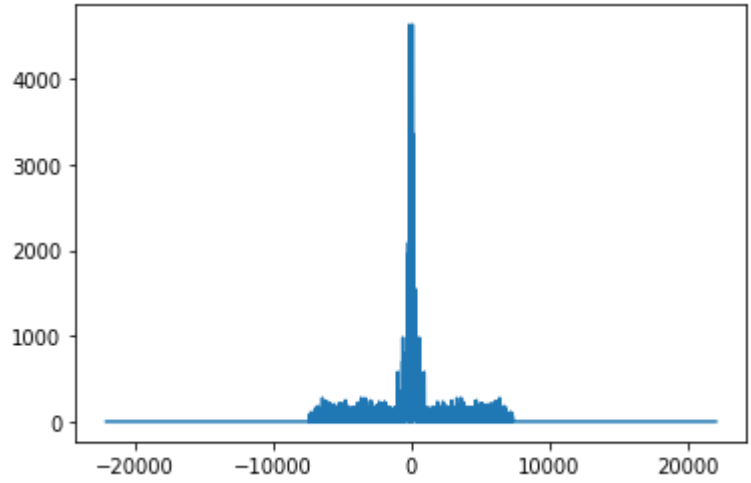
在 [13]:

```
因子 =  3
幀率 = 波。幀率 / 因子
截止 = 幀率 /  2  -  1
```

在採樣之前，我們應用抗混疊濾波器來去除高於新折疊頻率的頻率，即 framerate/2 ：

在 [14]:

```
頻譜。低通（截止）
頻譜。情節（ ）
```



這是過濾後的聲音（還是不錯的）。

在 [15]:

```
過濾 = 頻譜。make_wave ()
過濾。make_audio ()
```

出[15]：

0:00 / 0:00

這是模擬採樣過程的函數：

在 [20]:

```
從 thinkdsp 導入 Wave

def 樣本（波，因子）：
    """模擬波的採樣。

    波浪：波浪對象
    因子：新幀率與原始幀率的比率
    """
    ys  =  np。零（len（波））
    ys [::因子] =  np。真實的（波。ys [ ::因子]）
    返回 波（ys，幀率=波。幀率）
```

結果包含 20 kHz 附近的頻譜副本；它們不是很明顯：

在 [21]:

```
採樣 = 樣本（過濾，因子）
採樣。make_audio ()
```

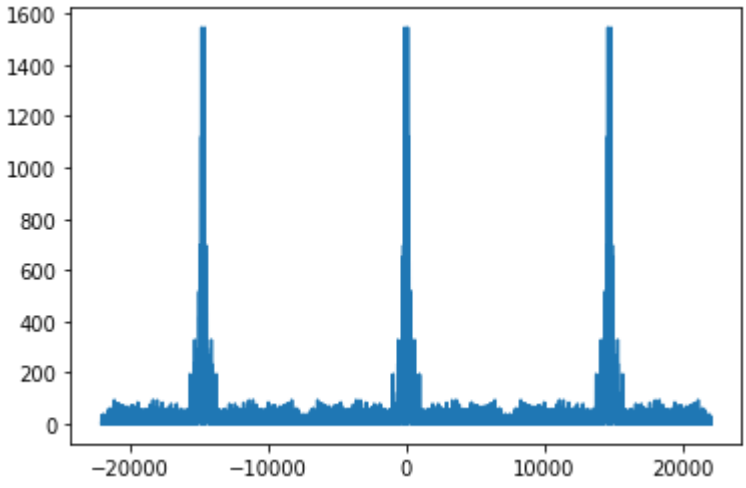
輸出[21]：

0:00 / 0:00

但是當我們繪製頻譜時它們會出現：

在 [22]:

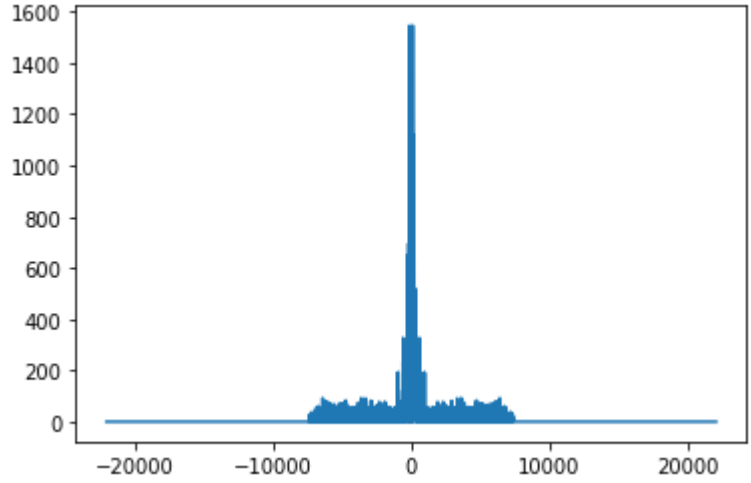
```
採樣光譜 = 採樣。make_spectrum ( full = True )
採樣譜。情節（）
```



我們可以通過再次應用抗混疊濾波器來消除光譜副本：

在 [23]:

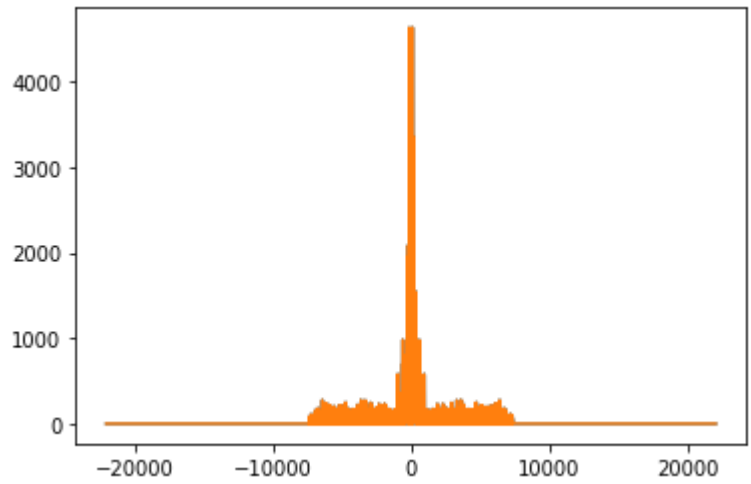
```
採樣譜。低通（截止）
採樣譜。情節（）
```



我們只是損失了光譜中一半的能量，但我們可以縮放結果以將其取回：

在 [24]:

```
採樣譜。尺度（因子）
頻譜。情節（）
採樣譜。情節（）
```



現在採樣前後的頻譜差異應該很小。

在 [25]:

```
頻譜。max_diff ( sampled_spectrum )
```

出[25]：

```
1.8189894035458565e-12
```

在過濾和縮放之後，我們可以轉換回波：

在 [26]:

```
插值 =  sampled_spectrum。make_wave ()
插值。make_audio ()
```

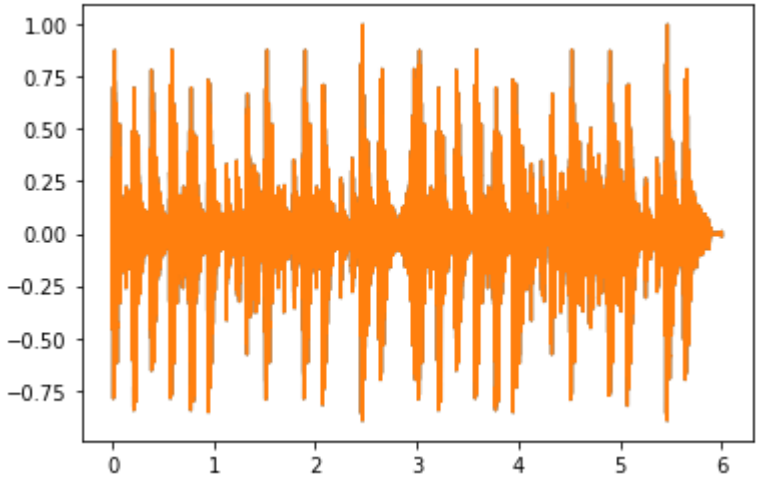
出[26]：

0:00 / 0:00

並且插值波和濾波波之間的差異應該很小。

在 [27]:

```
過濾。情節 ( )
插值。情節 ( )
```



在 [28]:

```
過濾。max_diff ( 內插 )
```

出[28]：

```
5.56290642113787e-16
```

在 [ ]:

```

```