

電線裡的訊號安全嗎？

篇名：

電線裡的訊號安全嗎？

作者：

陳立中。國立基隆高中。214 班

蘇冠綸。國立基隆高中。206 班

張逸。國立基隆高中。214 班

## 壹●前言

每當人們講到「竊聽」這回事，指的都是偷聽別人講話，或者是將電話線剪開，將裡面的電子信號「偷」出來。所以大家都認為，要將電線裡的信號偷出來，勢必要將他剪斷，或者是將電線的絕緣體剪開。

然而，我認為，有一種方法，可以在沒有毀損電線的情況下，也就是說，沒有從我的線路，到目標電線的導體通路的情況下，將裡面的信號偷出來。

在這篇論文裡，我會提到，我在怎麼樣的情況下發現這個可能性。並用數學以及物理證明他是可能的，最後，我會用一些手邊的零件做一個「震盪線路」，以產生一個正弦波信號，之後，在將這信號導入一條電線。最後，用我的方法將電線裡電信號偷出來。

## 貳●正文

### 一、從馬克士威爾方程組（Maxwell's Equations）開始

以前曾經在國中時學過一些電學的基礎，例如說  $V=IR$ ， $P=VI$  ... 等等。然而，我的好奇心並不滿足，後來，在圖書館中看見一本有關電磁學的書。在了解了馬克士威爾方程組之後，開始有了這個在不剪斷電線下的情況下將電子信號「偷」出來的可能性的假設。

#### 1. 向量分析

在了解馬克士威爾方程組之前，我們必須了解向量分析。向量分析是數學的一個分支，其實他就是向量及純量函數的微積分。向量及純量函數的微積分指的是，例如說在一個  $\mathbb{R}^3$  的空間裡，有一個函數  $f(x, y, z)$  他可以將空間中任何一點對應成一個向量，這就是一個向量的函數。若是將空間中任何一點對應成一個純量，則這函數就是一個空間中的純量函數。

相信各位讀者在閱讀這篇論文前已對向量分析有一定的了解，所以本篇中只會簡單的介紹。（就好像是電磁學的書中第一章竟是介紹向量）若對象量分析不了解的讀者，可以參考本文末端的引註資料。

（本論文中將不介紹  $\Delta F = \nabla^2 F$ ，也就是拉普拉斯算子（Laplace Operator））

#### A. 梯度（Gradient）

梯度是將一個純量函數對應成一個向量函數。這向量函數所在每一個點所對應出來的向量，指向在純量函數中，那點向哪個方向增加的比較快，而那向量的長度則是增加的斜率。（碰巧英文中 Gradient 也就是斜率的意思）

梯度的定義是：

電線裡的訊號安全嗎？

$$\text{grad } F = \nabla F = \frac{\partial F}{\partial x} i + \frac{\partial F}{\partial y} j + \frac{\partial F}{\partial z} k$$

### B. 散度 (Divergence)

散度是將一個向量函數對應成一個純量函數，這純量函數裡的每一點的數值是這點對應的向量傾向源於一點的程度。

散度的定義是：

$$\text{div } \mathbf{F} = \nabla \cdot \mathbf{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

### C. 旋度 (Curl)

旋度是將一個向量函數對應成一個向量函數，那對應出來的向量指的是在那點上，原始向量傾向於旋轉面的法向量。

旋度的定義是：

$$\text{curl } \mathbf{F} = \nabla \times \mathbf{F} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

## 2. 馬克士威爾方程組

馬克士威爾方程組是由四個方程式所組成的，它們是：（註一）

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (3)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (4)$$

方程式(1)所說的是一個電場的散度與電荷密度成正比。也就是說，電場是由電和產生的，且電場強度與電荷強度成正比。

## 電線裡的訊號安全嗎？

方程式(2)所說的是，磁場的散度為零，也就是說，磁場沒以單一來元。用白話文說就是沒有單極的磁鐵。個人覺得這式是馬克士威爾方程組中最沒有應用的一式。本篇中也不會用到。

方程式(3)所說的是，電場的旋度等於磁場對時間的偏導數的相反。也就是說，一個隨時間變動的磁場可以產生一個電場。

方程式(4)所說得是，磁場的旋度等於電場對時間的偏導數乘上真空的透磁率加上真空的介電率加上真空的透磁率乘上電流密度。他的意思是磁場會因一個隨時間變動的電場而產生。

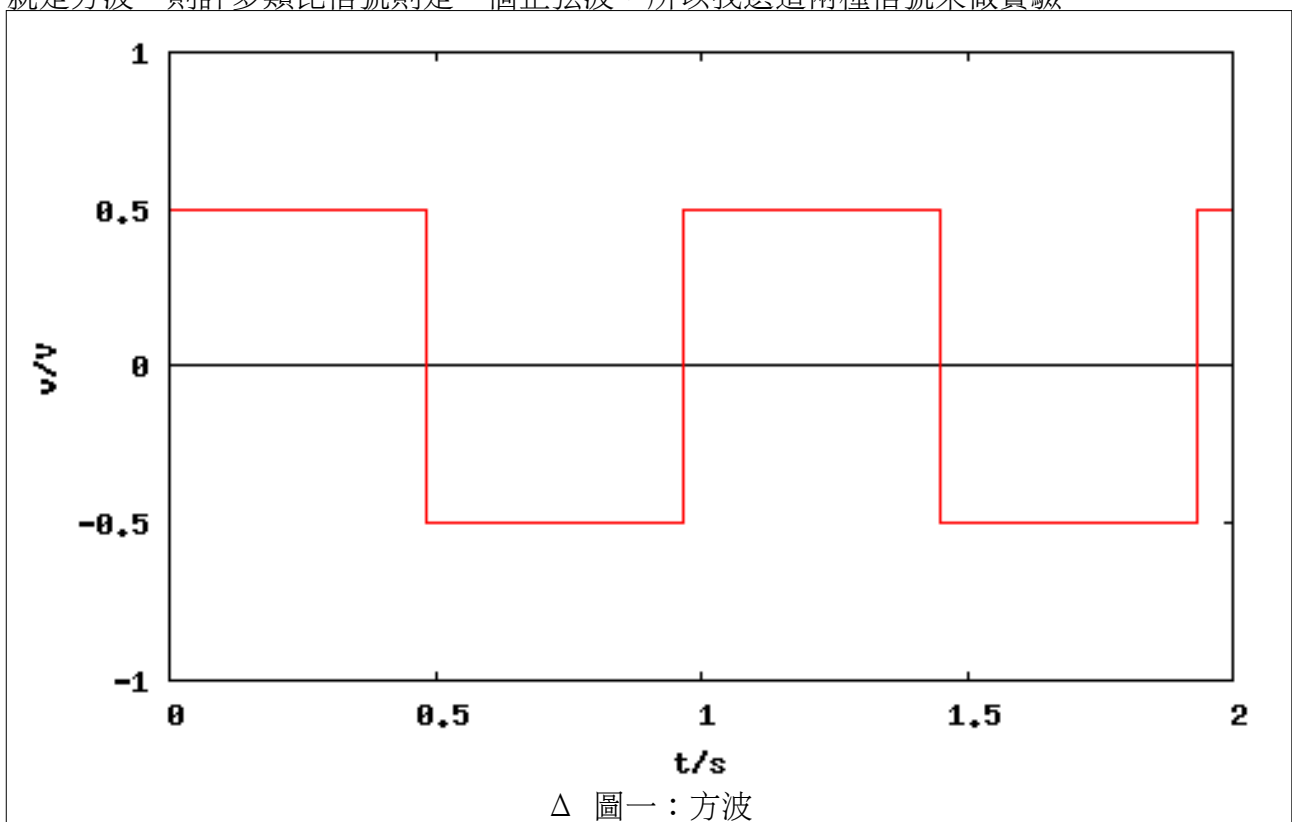
我的猜測是：如果一個變動的電場會產生磁場，而這磁場如果也在變動，則又會產生一個電場。電場可以導至一條電線中每一點的電位產生差距，而造成電流。

從這電流，我們可以推導出本電線中的信號。

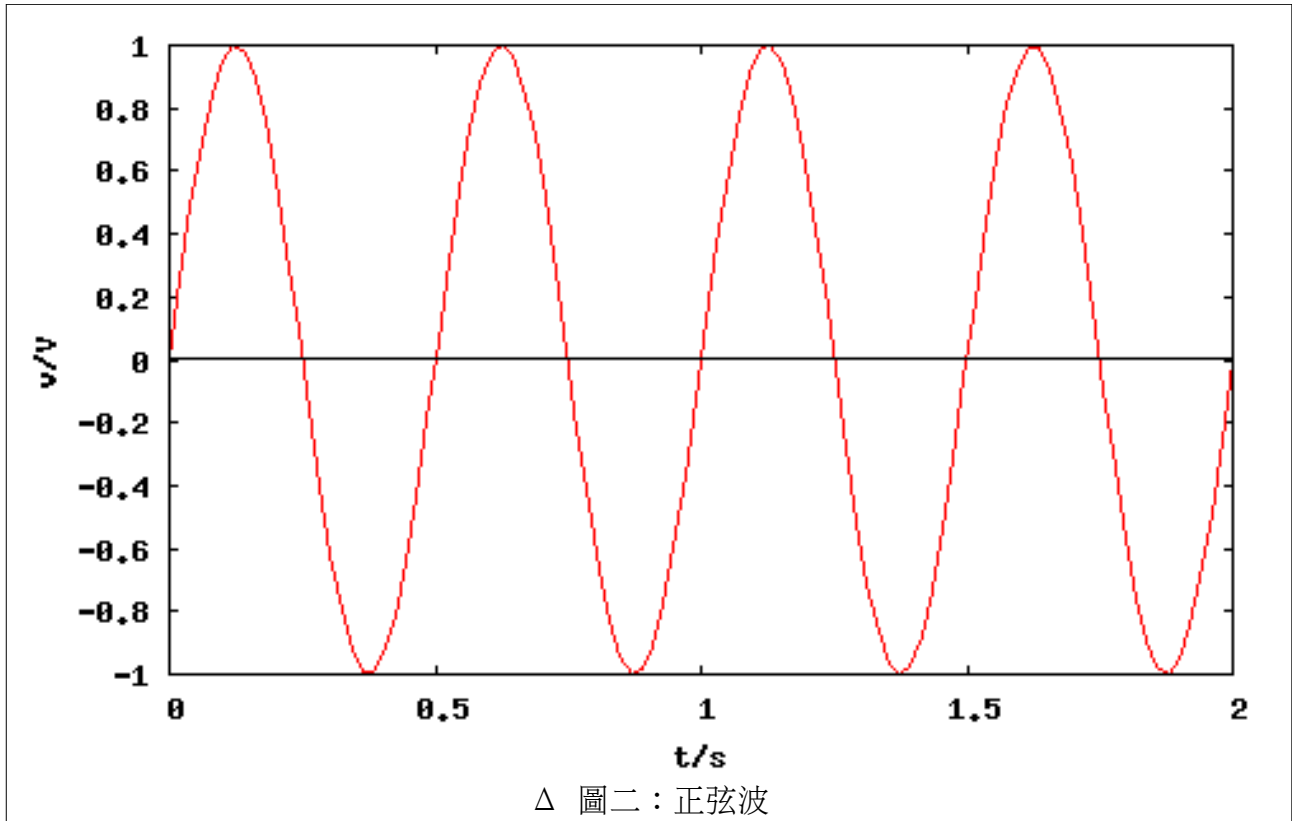
## 二、實驗

### 1. 信號

在這次實驗中，我會使用兩種信號，一個是方波（見圖一），還有正弦波（見圖二）。我會選方波的原因是由於數位信號類似方波，其實，一個代表 010101010101010 的數位信號就是方波。則許多類比信號則是一個正弦波，所以我選這兩種信號來做實驗。



## 電線裡的訊號安全嗎？



### A. 方波

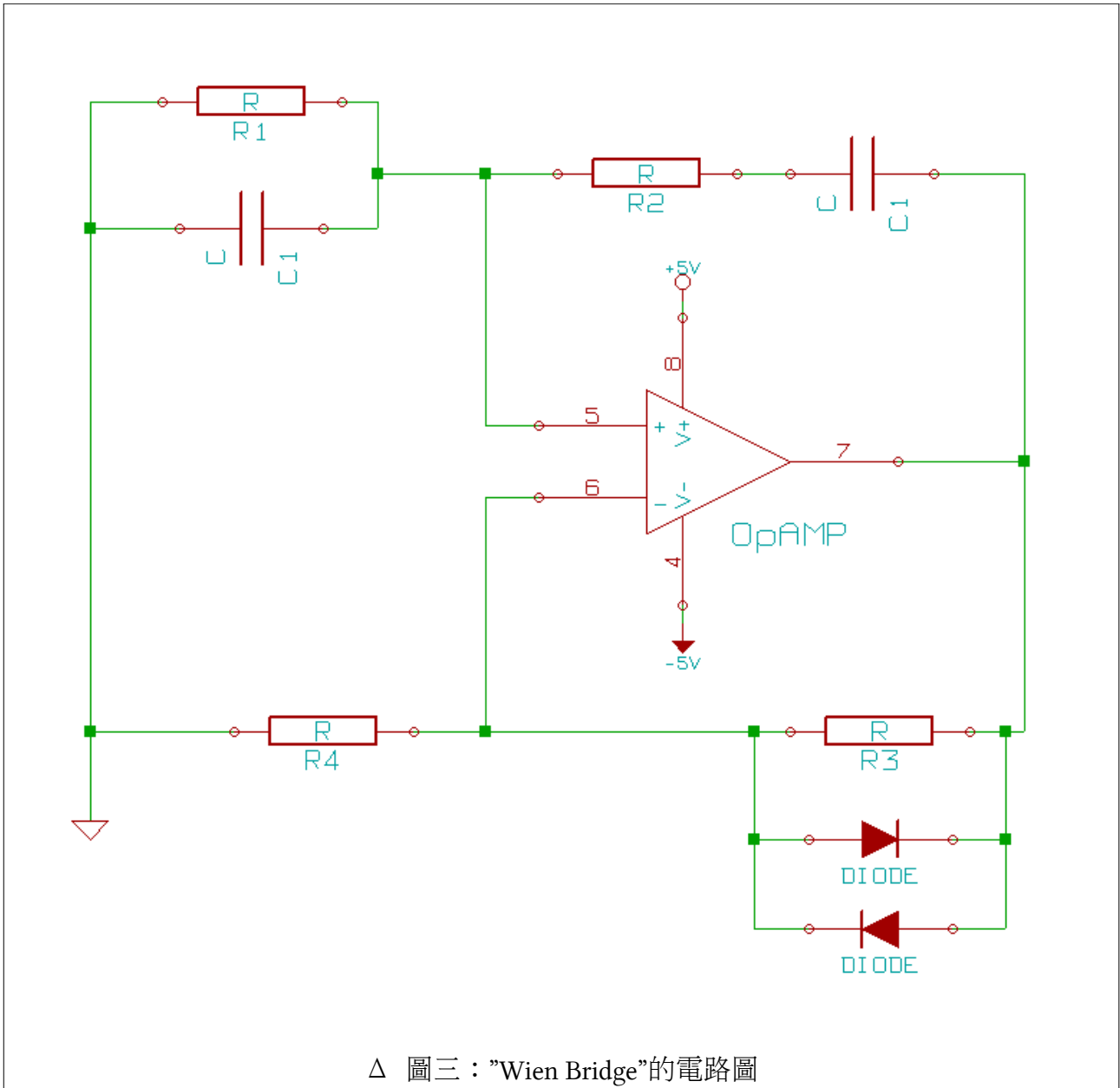
大多是波氣上都有提供一個方波輸出，我的也不例外，所以，實厭食，會使用示波器上得方波。

### B. 正弦波

這次實驗中，我會用一個“Wien Bridge”來產生正弦波。“Wien Bridge”是一種常用來產生各種頻率的正弦波（一般來說， $<100\text{MHz}$ ），而且“Wien Bridge”所產生的波形較為標準，失真不多，所以我會選擇“Wien Bridge”。（註二）

“Wien Bridge”的電路圖如圖三

## 電線裡的訊號安全嗎？



其中，R1 與 R2 的讀值相同，C1 與 C2 的讀值也相同。R3 的讀值是 R4 的兩倍多一點。這個電路的輸出位於 OpAMP 的第七個腳位。震盪頻率為：

$$F_{osc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

其中 R 指的是 R1 的讀值，而 C 指的是 C1 的讀值。

### 2. 實驗步驟

#### A. 組裝“Wien Bridge”

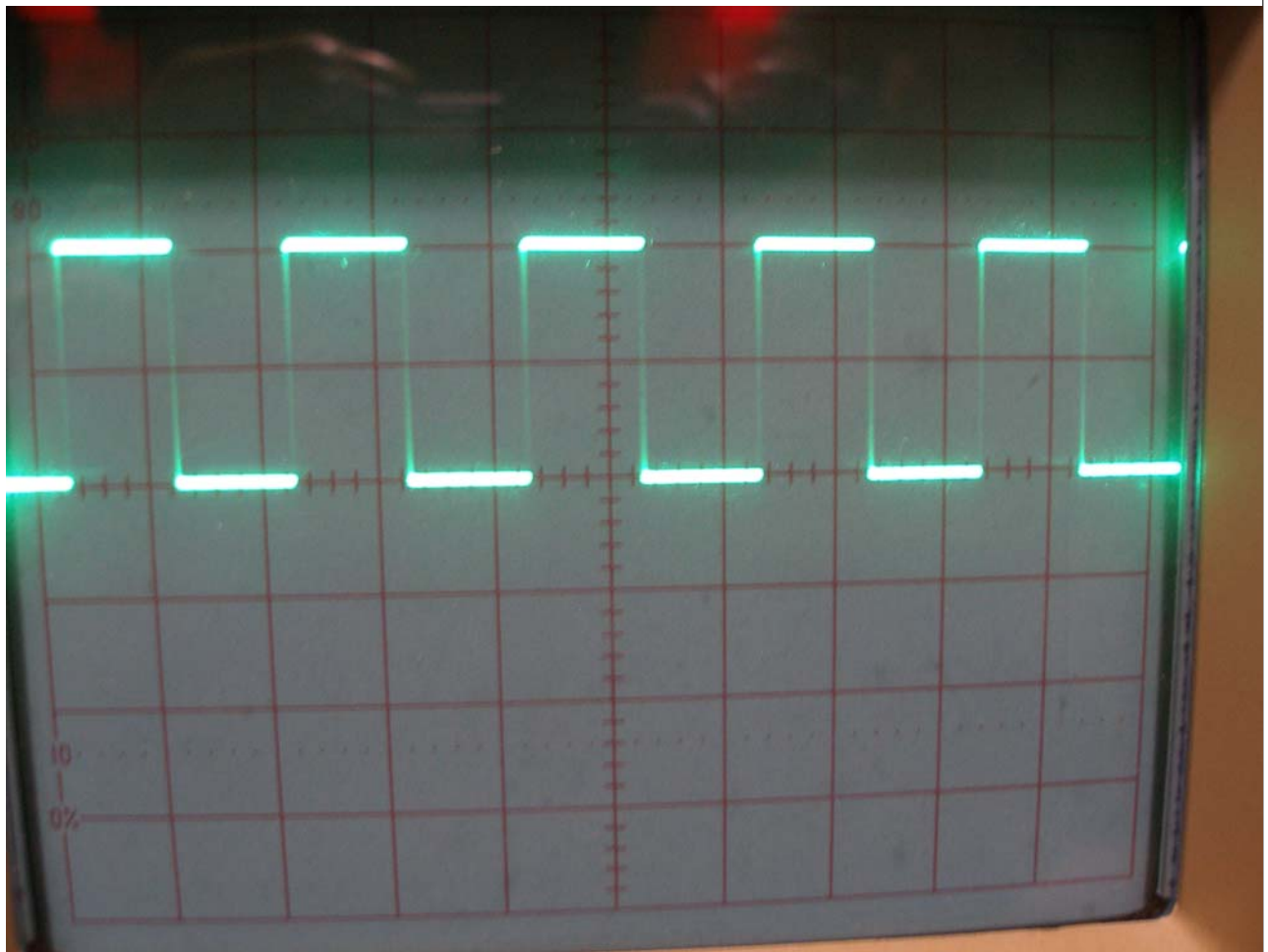
B. 取一條電線，將其纏繞於另一條電線。這是為了讓兩條電線更接近，使一條電線所產生

電線裡的訊號安全嗎？

的電場足以影響另外一條電線中的電位。

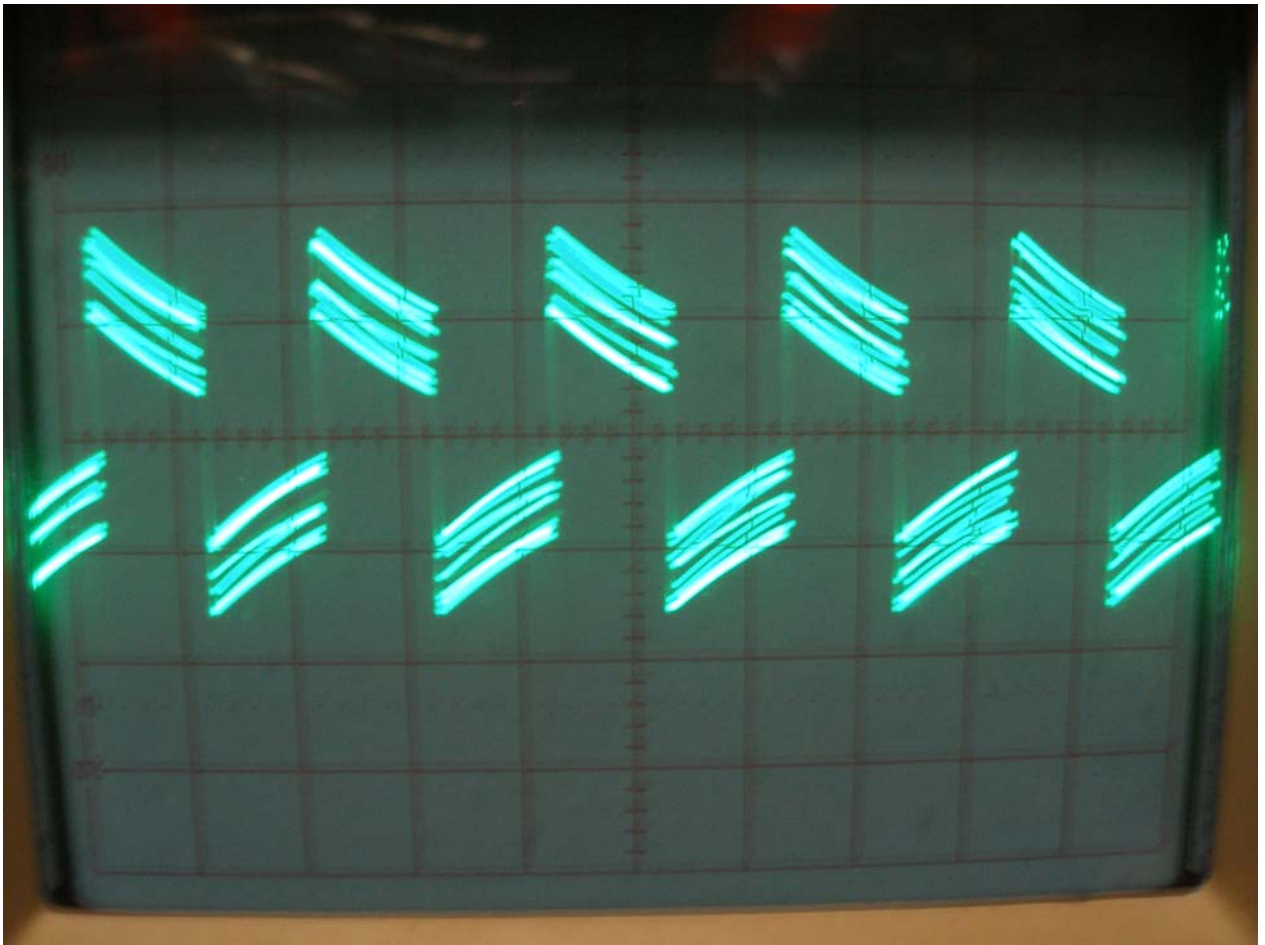
- C. 將一條電線接到方波信號輸出，並將那條線透過一個電阻接到地線。那個電阻及地線代表信號的接收端。
- D. 將另一條電線的兩端用電阻接起來。
- E. 將那接信號的那條電線的兩端接到示波器。
- F. 觀察及紀錄結果。
- G. 以正弦波重複 C-F

### 3. 結果



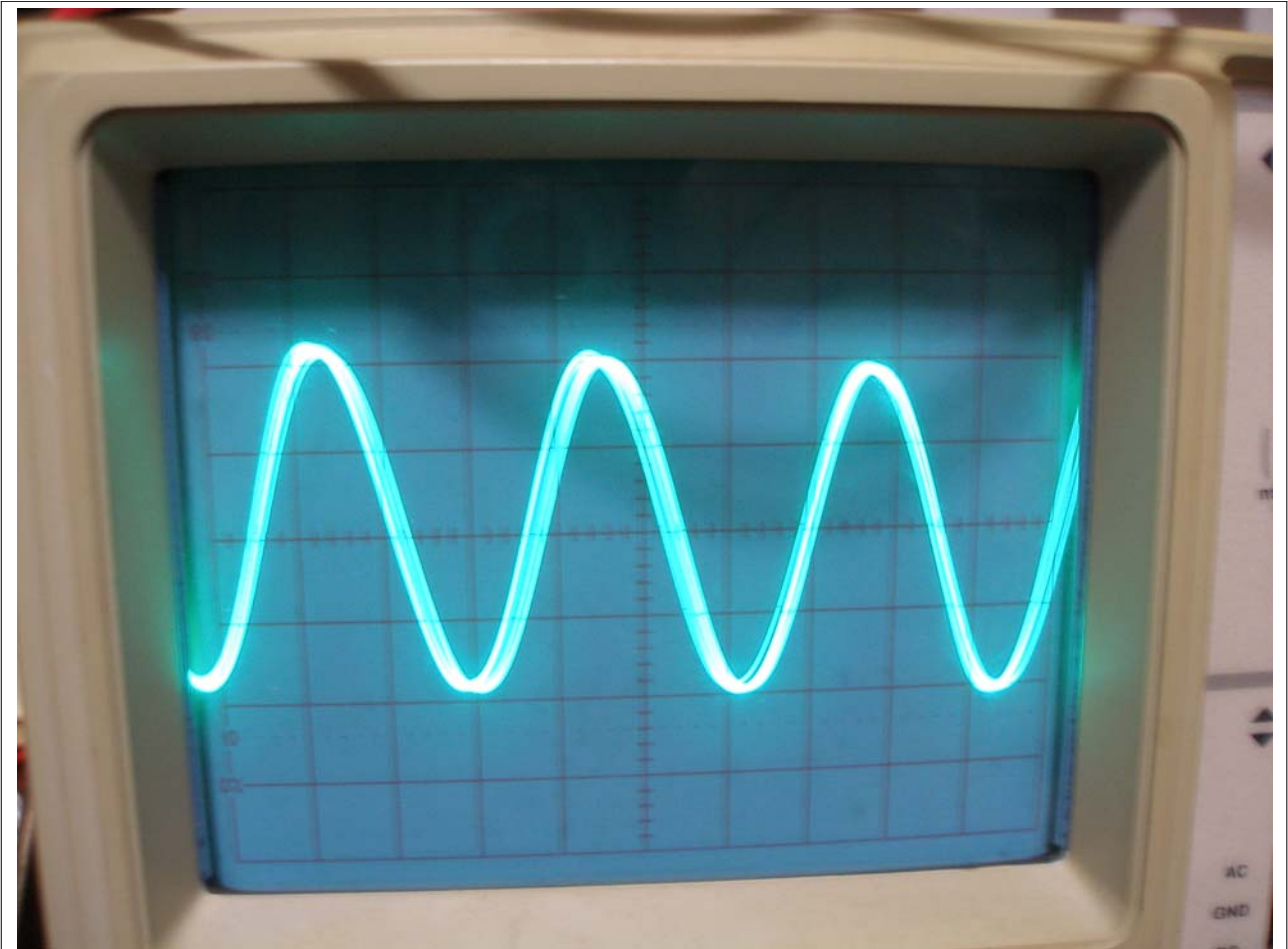
△ 圖四：方波

電線裡的訊號安全嗎？

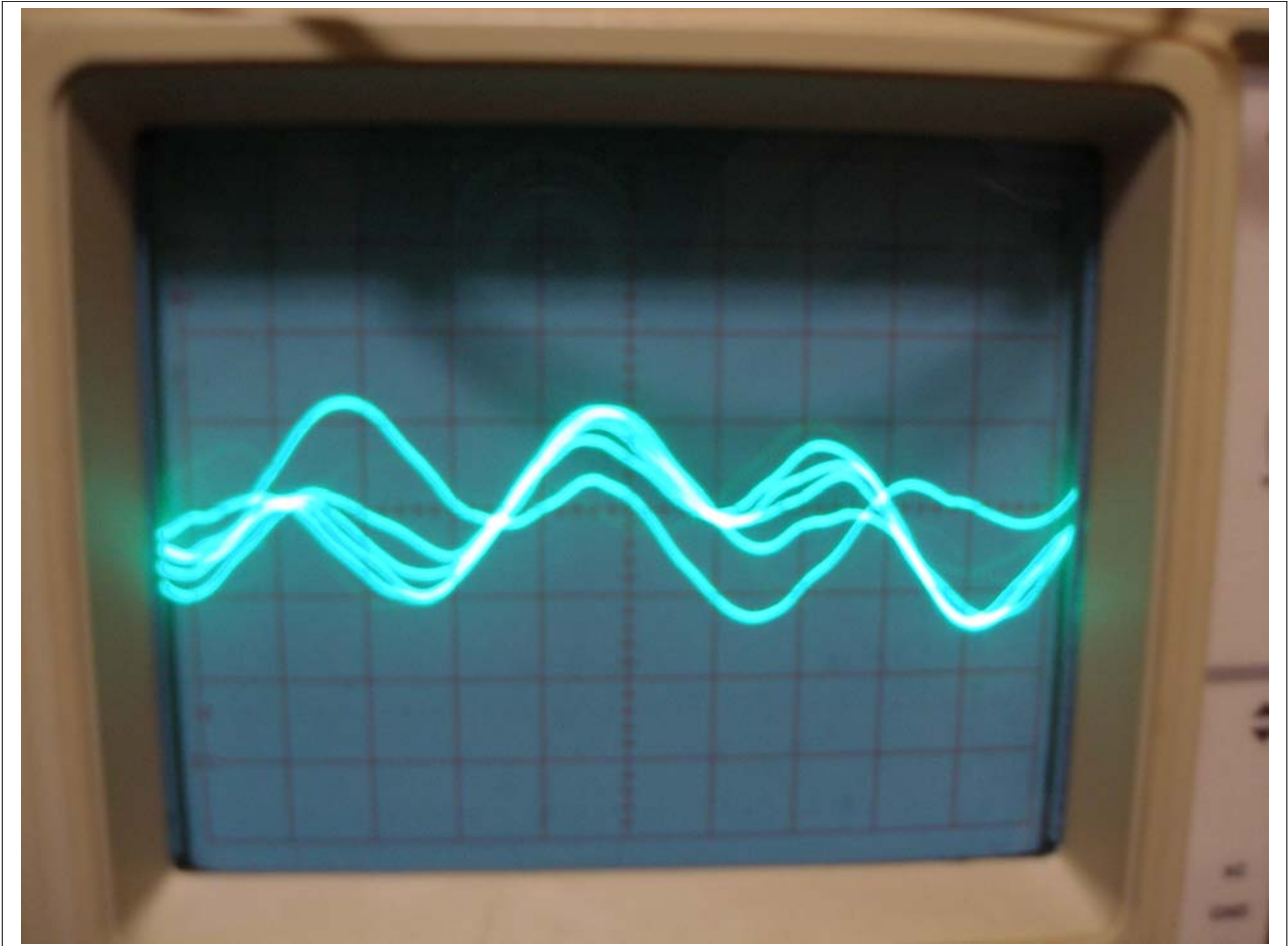


△ 圖五：從方波偷出來的信號

電線裡的訊號安全嗎？



△ 圖六：正弦波



△ 圖七：從正弦波偷出來的信號

### 參●結論

從一條電線中，在不將他剪斷的，也沒有導體通路的情況下，將其中的信號偷出來，是有可能的，而且有經實驗證實。

所以，不想被竊聽的人，可要多注意有沒有人靠近你的電線。當然，竊聽電話或其他電子用品還有其他方法，這些這篇論文沒有講到。

### 肆●引註資料

註一、劉達度。工程電磁學。（台灣：東華書局，民國六十五年）。529 頁

註二、英文維基百科。[http://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s\\_Equations](http://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell%27s_Equations)。（檢索日期：九十七年三月十號）