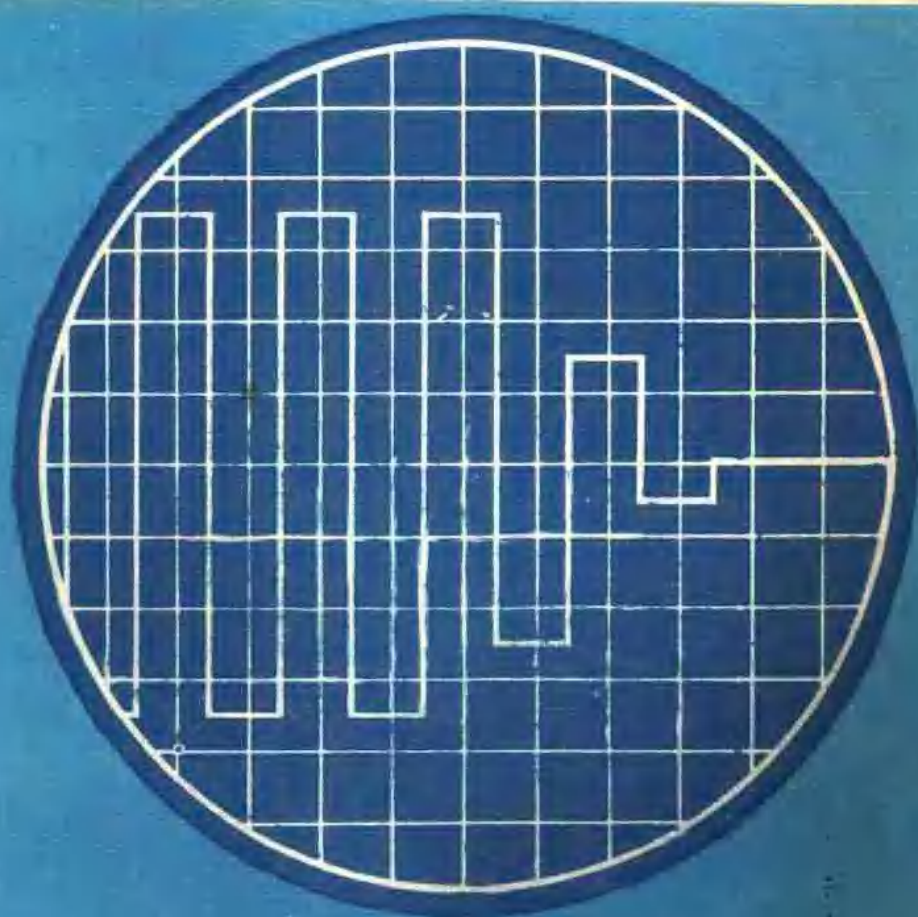


高等電子實驗 (二)

脈波電路實驗

吳 懋 編譯



前鋒出版社印行

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第一四〇〇號

版權所有

前鋒出版社

翻印必究

1. 本社出版之書籍，均與著者人及著作人簽有版權處理契約，保有著作人之原稿；為防止盜印，分別加蓋本社或作者印章於版權之上，以資辨識。
2. 本社出版物，除函購及直接批購外，係委託特約之書局，本社發行組均列冊存記，藉資徵信。
3. 未經本社委託而擅自買賣本社出版物之團體或個人，即屬盜印，一經發現，當即公開警告，依法訴究。
4. 本社為維護正當出版權益，歡迎同業及讀者，惠賜檢舉盜印者，一經證實，當即致奉重酬。

發行人：鄒金銓
出版者：前鋒出版社
地址：台北市汀州路712號之2
電話：3935878
郵政劃撥：第107669號 前鋒出版社收
總經理：建宏書局
地址：台北市重慶南路一段63號
電話：3818884 • 3314516
郵政劃撥：第106910號
定價：4元
中華民國67年8月出版

編輯大意

1. 本書是根據 DEGEM "Education Electronic Systems" 之 Course B " Transistor pulse circuits" 一書為藍本編譯而成。
2. 全書共分線性高通網路響應、線性低通網路的響應、電晶體當作開關、截割電路、鉗位電路、非穩定多諧振盪器、雙穩態多諧振盪器、雙穩態多諧振盪器的觸發、樞密特觸發電路、單定態多諧振盪器、單接合電晶體、單接合電晶體電路、時基線原理與時基線的基本電路、線性掃描器、米勒及拔提電路、脈波變壓器、間遏振盪器等十六個實驗，除介紹各電路之基本原理外，另討論其特性及應用。
3. 本書係配合 milliman 所著之 pulse & switching waveform 及 DEGEM 之設備供學生實驗之用，如無該項設備，老師亦可配合本社提供之電路圖自行接線做實驗故本書極適合大專院校電機電子系做為高等電子實驗之教材。
4. 編者等才疏學淺，又付梓匆匆，錯誤之處在所難免，敬祈先進不吝指正是幸。

吳 懋 謹識於
技術學院
電子學

目 錄

編輯大意

實驗一	線性高通網路	1
	一、基礎練習	3
	二、實驗目的	4
	三、實驗儀器	4
	四、基本原理	4
	五、實驗項目及步驟	7
	六、實驗結果分析	11
	七、摘 要	13
	八、習 題	13
實驗二	線性低通網路	14
	一、基礎練習	16
	二、實驗目的	17
	三、實驗儀器	17
	四、基本原理	17
	五、實驗項目及步驟	20
	六、實驗結果分析	24
	七、摘 要	25
	八、習 題	26
實驗三	電晶體當作開關	27
	一、基礎練習	29
	二、實驗目的	30
	三、實驗儀器	30
	四、基本原理	30
	五、實驗項目及步驟	35
	六、實驗結果分析	37
	七、摘 要	38
	八、習 題	39
實驗四	截割電路	40
	一、基礎練習	42
	二、實驗目的	43
	三、實驗儀器	43

	四、基本原理	43
	五、實驗項目及步驟	45
	六、摘 要	50
	七、習 題	51
實驗五	鉗位電路	53
	一、基礎練習	54
	二、實驗目的	55
	三、實驗儀器	55
	四、基本原理	55
	五、實驗項目及步驟	57
	六、摘 要	59
	七、習 題	60
實驗六	非穩定多諧振動器	61
	一、基礎練習	63
	二、實驗目的	64
	三、實驗儀器	64
	四、基本原理	64
	五、實驗項目及步驟	66
	六、實驗結果分析	69
	七、摘 要	70
	八、習 題	70
實驗七	雙穩態多諧振動器	71
	一、基礎練習	73
	二、實驗目的	74
	三、實驗儀器	74
	四、基本原理	74
	五、實驗項目及步驟	76
	六、實驗結果分析	77
	七、摘 要	78
	八、習 題	78
實驗八	雙穩態多諧振動器的觸發	79
	一、基礎練習	81
	二、實驗目的	82
	三、實驗儀器	82
	四、基本原理	82
	五、實驗項目及步驟	85

	六、摘 要	87
	七、習 題	88
實驗九	樞密特觸發電路	89
	一、基礎練習	91
	二、實驗目的	92
	三、實驗儀器	92
	四、基本原理	92
	五、實驗項目及步驟	94
	六、摘 要	96
	七、習 題	96
實驗十	單穩態多諧振動器	97
	一、基礎練習	99
	二、實驗目的	100
	三、實驗儀器	100
	四、基本原理	100
	五、實驗項目及步驟	102
	六、實驗結果分析	105
	七、摘 要	106
	八、習 題	107
實驗十一	單接面電晶體	108
	一、基礎練習	110
	二、實驗目的	111
	三、實驗儀器	111
	四、基本原理	111
	五、實驗項目及步驟	116
	六、實驗結果分析	118
	七、摘 要	119
	八、習 題	120
實驗十二	單接面電晶體電路	121
	一、基礎練習	123
	二、實驗目的	124
	三、實驗儀器	124
	四、基本原理	124
	五、實驗項目及步驟	128
	六、實驗結果分析	132
	七、摘 要	132

	八、習 題	132
實驗三	時基線的原理	133
	一、基礎練習	135
	二、實驗目的	136
	三、實驗儀器	136
	四、基本原理	136
	五、實驗項目及步驟	139
	六、摘 要	142
	七、習 題	143
實驗四	線性掃描產生器，米勒與提拔電路	144
	一、基礎練習	146
	二、實驗目的	147
	三、實驗儀器	147
	四、基本原理	147
	五、實驗項目及步驟	151
	六、摘 要	154
	七、習 題	154
實驗五	脈波變壓器	155
	一、基礎練習	157
	二、實驗目的	158
	三、實驗儀器	158
	四、基本原理	158
	五、實驗項目及步驟	161
	六、實驗結果分析	164
	七、摘 要	166
	八、習 題	167
實驗六	間歇振盪器	168
	一、基礎練習	170
	二、實驗目的	171
	三、實驗儀器	171
	四、基本原理	171
	五、實驗項目及步驟	173
	六、摘 要	177
	七、習 題	177

高等電子實驗

實驗一

線性高通網路

姓 名 _____ 成 績 _____

座 號 _____ 年 級 _____

同組同學 _____

日 期 _____

內 容

一、基礎練習

二、實驗目的

三、實驗儀器

四、基本原理

五、實驗項目與步驟：

1. 高通 RC 網路對正弦波的響應

2. 高通 RC 網路對方波的響應

3. 高通 RC 網路對鋸齒波的響應

4. 高通 RC 網路對脈波的響應

5. 高通 RC 網路對方波的響應

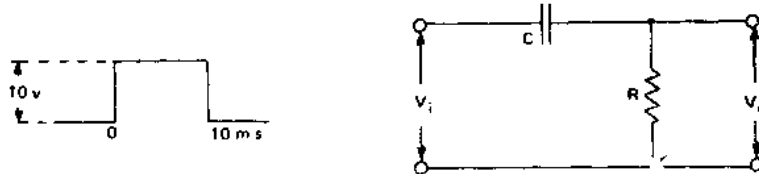
六、實驗結果分析

七、摘 要

八、習 題

一、基礎練習

一線性 RC 網路如下圖所示，如圖示的方波加入輸入端。



1. 就下列各情況計算其輸出並繪出它的波形：

(1) $\tau_1 = RC = 100$ 毫秒

(2) $\tau_2 = 5$ 毫秒

(3) $\tau_3 = 1$ 毫秒

(4) $\tau_4 = 0.2$ 毫秒

(5) $\tau_5 = 10$ 微秒

2. 在練習 1 的五個時間常數中何者使網路最接近微分呢？

二、實驗目的

1. 介紹線性 RC 與 RL 網路。
2. 檢驗這些網路對各種波形的響應。
3. 比較以上網路的特性。

三、實驗儀器

1. 實驗板 # 1 與 # 9 及附屬的零件。
2. 一 $20V$ 直流電源供給器。
3. 正弦——方波信號產生器。
4. 示波器。

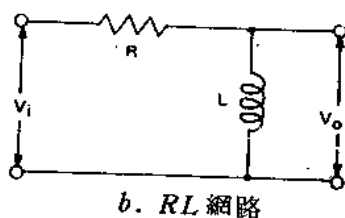
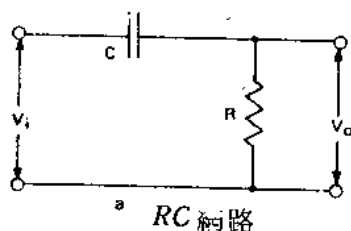
四、基本原理

在這個實驗中，使用的網路叫做線性的，因為它們由線性零件：電阻、電容、電感所組成。這些零件不同的組合，可以組成兩類網路——高通及低通網路。本實驗討論高通網路，在實驗 2 將做低通網路。

二種基本高通網路圖如下：

RC 高通網路——圖 1 a。

RL 高通網路——圖 1 b。



：高通網路。

圖 1 所示的網路跟“交流電路”中的高通濾波器那章一樣。那篇僅討論正弦波的濾波器響應而已。“脈波電路”的一系列實驗中，我們要討論除正弦波以外，在電子系統中所常見的其它的波形對網路的響應。

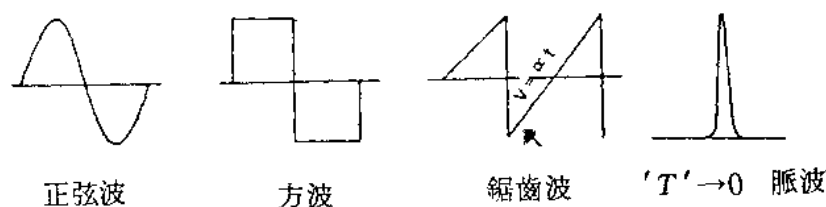


圖 2 波形

對一輸入信號而言網路的響應，決定於幾項因素，信號的波形，它的頻率和網路的時間常數。信號源阻抗與測量儀器也可能影響它的響應。

高通網路為理想的電信號微分器，倘若網路的時間常數與週期比起來甚小，即 $\tau \ll T$ ，則輸出波形將近似於輸入波形的導數。

當信號通過網路時，改變其波形被稱為“波的成形”(wveshapping)，因此在脈波線路中的線性網路被當做波的成形電路，而不稱做濾波器。

在此指出實驗一與實驗二中的網路 被動網路是很重要的，因為它們僅由被動零件組成。另一方面主動網路至少有一個如電晶體一樣的主動元件，又它們將在以後各章中討論。

下面是討論高通網路對各種波形的響應：

1. 高通 RC 網路對正弦波響應

1.1 波形保持不變。

1.2 輸出相位依公式而與輸入異相位。

$$\varphi = \arctg f_1/f$$

此處

f_1 (Hz) 一半功率點頻率

f (Hz) 一輸入波的頻率

φ (度) 一輸入與輸出間的相位角

注意對 RC 及 LR 網路而言，相角是引前。

1.3 穩定狀態下衰減，A，用下列公式表示：

$$A = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_1/f)^2}}$$

對 $f_1 = 1/2\pi RC$ ，電阻將等於電抗其增益將降至高頻時的 0.707，因此， f_1 稱為“降低的頻率”是 3dB 下頻限。

由公式很容易看出衰減， A ，隨頻率增加而減少，對正弦波高通網路的響應是摘述在圖 3 中。

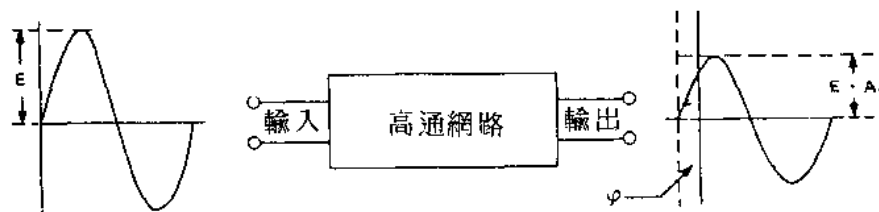


圖 3：高通網路對正弦波的響應。

2. 高通網路對於對稱方波的響應

2.1 波形變化，變化量決定於輸入信號與網路時間常數。除信號的波形改變以外，其極性也改變，這可由圖 4 來解釋。在第一部份，輸入信號為正極性並由點線來表示，因為 $\tau \ll T$ ，從網路的輸出有相同負極性的脈波，觀察輸出波幅峯對峯值是於輸入波幅的峯對峯值二倍。第二部份在證明網路 $\tau \ll T$ 的響應是完全近似輸入信號。若我們比較圖 4 的第一與第二部份，就會得到輸出如何，會受到網路時間常數影響的概念。

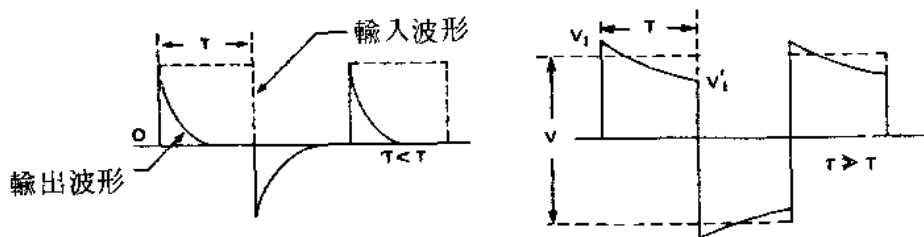


圖 4：從高通網路以方波輸入時的輸出。

2.2 從圖 4 我們得結論是時間常數若與信號週期比是小的時候，輸出的波幅將大於輸入峯對峯波幅。在極端的情形，輸出將會是輸入信號波幅的兩倍。對輸入週期比較，一大的時間常數，促使輸出與輸入有相同的波幅。就輸入而言輸出失真的是由“突起”來測量，其公式為（見圖 4b）。

$$P = \frac{V_1 - V_1'}{V/2} \cdot 100\%$$

一突起要接近似值可由下公式表示：

$$P = \frac{T}{2RC} \cdot 100\% = \pi f_i/f \cdot 100\%$$

V_1 和 V_1' 可由下列式子計算：

$$V_1 = \frac{V}{1 + e^{-\frac{T}{2RC}}} \quad V_1' = \frac{V}{1 + e^{\frac{T}{2RC}}}$$

對 $T \ll 2\tau$ 的公式將為：

$$V_1 = \frac{V}{2} \left(1 + \frac{T}{4RC} \right) ; \quad V_1' = \frac{V}{2} \left(1 - \frac{T}{4RC} \right)$$

3. 高通網路對鋸形波的響應

3.1 波形改變將如圖 5 所示。

3.2 波幅將隨網路時間常數成比例的衰減。

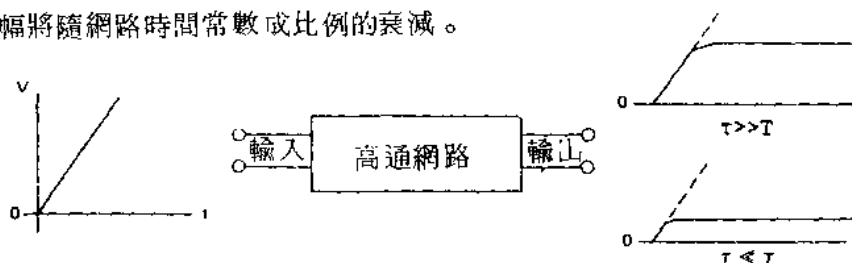


圖 5：高通網路對鋸齒波的響應。

注意對平均值不為零的輸入信號而言時，輸出會有一零的平均值。

4. 高通網路對脈波的響應

如上所述，高通網路無衰減地傳送迅速變化的動作。因此脈波在輸入呈一“尖銳”的波形。在這個實驗裏，提及的理論，將在實驗過程中得到証明。在此實驗中我們將包括影響及響應的各種波形與參數。

五、實驗項目及步驟：

1. 高通 RC 網路對正弦波的響應

- 1.1 連結一 5 伏特峯對峯，10 kHz 正弦波信號至實驗板的 2~3 點。
 - 1.2 接 $R_1 = 270K\Omega$ 。
 - 1.3 接示波器於 6~7 點。
 - 1.4 依表 1 改變輸入頻率，並維持波幅不變，測量輸出電壓並將結果填於表中。
 - 1.5 用示波器接在 6~7 接點測量相位。
 - 1.6 依表 1 設定輸入頻率，測試每一頻率的相角並填入表中。
- 注意：對每一個頻率校正示波器，使 X 與 Y 信號波幅必須相等。

頻 率 (Hz)	輸出信號	衰 減 (dB)	$\sin \varphi$	φ
10,000				
9,000				
8,000				
7,000				
6,000				
5,000				
4,000				
3,000				
2,000				
1,000				
900				
800				
700				
600				
500				
400				

f_1 計算值 =
f_1 測量值 =

* 依結果分析該節去計算之

表 1：高通網路對正弦波的響應。

1.7 拆掉2端的信號產生器。

2. 高通 RC 網路對方波的響應

2.1 接一5伏特峯對峯，3 kHz 方波至2~3 端於線路板上，其中 $R_1 = 270 K\Omega$ 。

2.2 查看點1及3與7~6 間的波形，於表2中指定繪下波形。

2.3 令 $R_1 = 100 K\Omega$ 重複2.2節。

2.4 拆掉接於2~3 端間的信號產生器。

3. 高通 RC 網路對鋸形電壓的響應

3.1 將#9板做為鋸齒波產生器（此塊板將在以後的實驗中說明）

3.1.1 連接電容 $C_2 = 0.47 \mu F$ 於電路3、4接點的提挾（Bootstrap）電路上端並將7、9 兩端短路。

3.1.2 把UJT 電晶體放在插座Q上，再將一般的電晶體放在 Q_2 與 Q_3 插座上。

3.1.3 將一10V 直流電源供給器連於1與地間。

3.1.4 用示波器檢查在10 端與地端之間的波形。

3.2 在#1板上換 $R_1 = 270 K\Omega$ 。

3.3 串接1與9二板的接地腳，並接#9板2端至#1板的2端。

3.4 檢查網路輸入端（1~3）的波形與它的輸出（6~7端）按比例大小繪波形於表3中。

3.5 以 $R_1 = 27 K\Omega$ 重複3.4步驟。

4. 高通 RC 網路對脈波的響應

4.1 將#9板的10端接至同塊電路板上的5端。

4.2 於表4中繪出輸入與輸出的波形。

4.3 以 $R_1 = 270 K\Omega$ 重複4.2。

4.4 除去1與9號板的連接板。

5. 高通 RL 網路可以代替 RC 網路，為證明此項說明，我們將檢查 RL 網路對方波的響應。方波是一複合函數，同時網路的響應將可指出其它波形的響應。

5.1 連接一方波產生器於9~10端。置信號於5伏峯對峯值，頻率為500Hz。

5.2 連接 $R_2 = 47 K\Omega$ 於實驗板上。

5.3 於8~10端檢查輸入波形，於13~14 端檢查輸出，並於表2中繪出比例圖。

5.4 改變 R_2 為 $27 K\Omega$ 並重複5.3步所述。

節	網 路 A 2.2	網 路 B 2.3	網 路 C 5.3	網 路 D 5.4
輸入信號				
輸出信號				
波形突出				
時間常數				

* 依結果分析節來完成計算

表 2：高通網路對方波的響應。