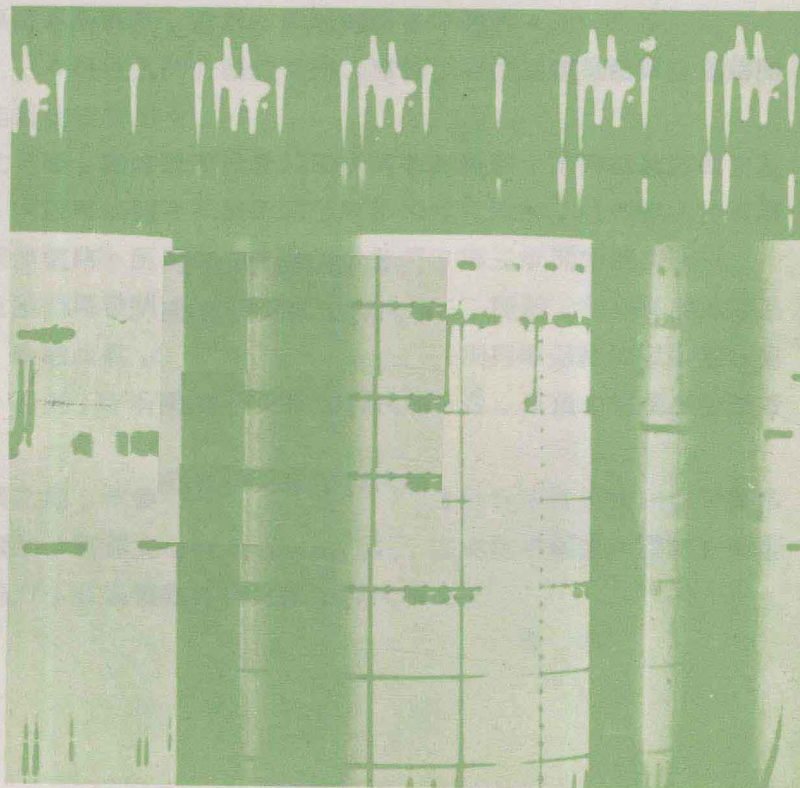


電晶體脈波電路

小柴典居・佐々木博文共著／唐榮華譯

電晶體脈波電路

小柴典居・佐々木博文共著／唐榮華譯



正言出版社印行



電晶體脈波電路

譯 者：唐榮華◇特價一一〇元

出版者☐ 正言出版社☐ 台南市衛民街三十一號☐ 郵政劃撥儲金帳戶三一六一四號☐ 電話 (〇六二) 二五二一五五／六號☐ 發行者☐ 正言出版社☐ 發行人☐ 王餘安☐ 本社業經行政院新聞局核准登記☐ 登記字號局版台業第〇四〇七號☐ 印刷者☐ 美光美術印刷廠☐ 台南市塩埕七號

66.10.初版

前 言

隨着真空管之發達，脈波技術急速發展，担負着使今日驚異技術革新爲可能之新基礎性技術之一端。

近來隨着電晶體之進步，曾佔有電氣電路領域之真空管，則大幅度由電晶體逐漸取代，當然，脈波電路亦不例外。

因此，今後欲入門於脈波電路之諸君，直接從電晶體脈波電路開始，則相信比較實用。

由此見解，顧慮對脈波電路初學者有所裨益，本書編纂以脈波基本爲首，次以電晶體在脈波電路所顯示特性之瞭解，然後進入於實際電晶體脈波電路。所以，已有某程度者請自第三章開始閱讀。

二極體乃爲發明電晶體之基礎，故除去二極體，則無從闡述電晶體電路，顧慮此點，除特殊二極體外，未特別與電晶體加以區別而自由運用。甚至，時有僅以二極體所構成電路者，茲預先乞求各位讀者諒解。

編纂之際，承蒙川又晃氏及產報株式會社之平野安穗、小川豐顯兩氏之讚助，暨都丸敬介氏之原稿校對，在此致申謝意。同時對愛妻欽子之協力，茲表稿慰其勞之意，以代序文。

著 者

改訂序

自本書出版早已經過七年，此間隨着半導體元件之飛躍性進步，其應用技術之脈波電路亦發展相當大，特別是積體電路（IC）之普及，則有想像不到之變革。

進步到如此地步之今日，本書得以入門書俾供，則非需大幅度改訂不可。筆者有鑒於此，特於這數年間進行改訂準備。此次，資料始齊全，故全面性加以改訂。

雖重編舊書之一部分，然幾乎爲新草稿者，若云係改訂版，不如解釋爲一新編著，則乃筆者所盼望。

編著舊書後，另被出版者有，姊妹編關係之江崎二極體之運用，及筆者就脈波變量器（Pulse-transformer）亦以別書出版。顧慮這些事情，舊書之江崎二極體之有關編幅，則全面性割愛，而脈波變量器，則止於概要之敘述。

茲向舊書讀者表示深深謝意，以代改訂之序。

著 者

目 錄

第一章 脈波之基本知識

1.1	脈波是什麼	1
1.2	實際脈波	2
1.3	觸發 (Trigger)	4

第二章 電晶體之脈波響應

2.1	電晶體開關動作之靜態特性	6
2.2	電晶體開關動作之動態特性	7
2.3	附加加速電路之反相器 (Invertor)	9
2.4	反相器之直流設計	10
(1)	集極電路常數之設定法	10
(2)	基極電路常數之設定法	12
(3)	反相器之二段聯接	15
(4)	有外部負載之時	16
(5)	二極體耦合式反相器	16

第三章 二極體之脈波響應

3.1	高速脈波電路上之二極體動作	17
(1)	二極體之靜態特性	17
(2)	二極體之順向開關特性	18
(3)	二極體之逆向開關特性	19
(4)	由等值並聯電容引起之逆向洩漏電流	21

(5) 注入後之逆向電壓恢復特性	21
3.2 突返二極體 (Step-recovery-diode)	21
(1) 突返二極體之一般性質	23
(2) 脈波之產生及整形	26

第四章 多諧振動器(MULTIVIBRATOR)

4.1 多諧振動器概說	29
4.2 無穩定多諧振動器	30
4.3 單穩定多諧振動器	35
(1) 集極基極耦合式單穩定多諧振動器	35
(2) 射極耦合式單穩定多諧振動器	42
4.4 雙穩定多諧振動器	44
(1) 正反電路 (Flip-Flop circuit)	44
(2) 史米特觸發電路 (Schmidt-trigger-circuit)	47
(3) 史米特觸發電路之變形	50

第五章 間遏振盪器(BLOCKING-OSCILLATOR)

5.1 間遏振盪器概說	52
5.2 電晶體飽和式間遏振盪器	54
(1) 射極接地・電晶體飽和式	54
(2) 集極接地・電晶體飽和式	57
5.3 磁性飽和式間遏振盪器	58
(1) 射極接地・磁性飽和式	58
(2) 集極接地・磁性飽和式	61
5.4 定位式間遏振盪器	61
(1) 射極接地定位式	61
(2) 集極接地定位式	62

5.5	CR 限制式間遏振盪器	63
(1)	射極接地CR 限制式	63
(2)	集極接地CR 限制式	65
5.6	間遏振盪器之實例	66

第六章 波形控制

6.1	振幅選擇 (Amplitude selection)	70
(1)	截割器 (Clipper)	71
(2)	限制器 (Limiter)	73
(3)	截剪器 (Slicer)	74
6.2	振幅推移	74
(1)	二極體定位器 (Diode clamper)	75
(2)	動態定位器 (Dynamic clamper)	77
6.3	振幅比較 (Amplitude comparision)	78
(1)	史米特觸發式振幅比較器	79
(2)	射極耦合式振幅比較器	79
6.4	振幅鑑別 (Amplitude discrimination)	79
6.5	時間選擇 (Time selection)	80
(1)	傳輸閘訊電路 (Transmission gate signal circuit)	80
(2)	抽樣電路 (Sampling circuit)	83
(3)	重覆電路 (strobe circuit)	86
6.6	時間推移	86
6.7	時間比較 (Time comparison)	86
6.8	時間鑑別 (Time discriminatination)	87

第七章 波形變換

7.1	微分電路	89
7.2	積分電路	91

(1) 米勒積分器	92
(2) 米勒積分之變形	93
7.3 鞋帶式電路 (Bootstrap circuit)	94
7.4 幻形複振電路 (Phantastron circuit)	98
7.5 直線再生單穩定電路	99
7.6 依延遲電路之波形變換	101

第八章 阻抗變換

8.1 射極追蹤器 (Emitter-follower)	106
(1) 射極追蹤器之輸入阻抗	107
(2) 射極追蹤器之輸出阻抗	107
(3) 射極追蹤器之電流增益	109
(4) 射極追蹤器之電壓增益	110
(5) 射極追蹤器之過渡振動	111
(6) 射極追蹤器之大振幅動作	112
8.2 達令吞電路 (Darlington circuit)	113
8.3 源極追蹤器 (Souce follower)	116
(1) 源極追蹤器之電壓增益	117
(2) 源極追蹤器之輸入導納	118
(3) 源極追蹤器之輸出阻抗	119
(4) 源極追蹤器之偏壓法	119
(5) 源極追蹤器輸入阻抗之增加方法	120
8.4 脈波變量器	122
(1) 上昇特性	122
(2) 平頂特性	129
(3) 擺幅特性	132
(4) 脈波變量器之簡易設計法	138

(5) Balun	142
(6) 微分變量器	146
(7) 同相化抗流線圈 (Common mode choke)	149

第九章 邏輯電路之脈波應用

9.1 邏輯基本電路	152
(1) 二極體 AND 閘	153
(2) 二極體 OR 閘	153
(3) DTL-NAND 閘	153
(4) TTL-NAND 閘	159
(5) 邏輯電路記號	160
9.2 正反電路	161
(1) 邏輯電路所使用符號	162
(2) 邏輯信號之變換	163
(3) Set-Reset-Flip-Flop	165
(4) 觸發式正反器 (Trigger-Flip-Flop)	170
(5) J-K-FF	171
9.3 邏輯基本電路之其他應用	175
(1) NAND 閘史米特觸發器	175
(2) NAND 閘單穩定多諧振動器	176
(3) 不使用多諧振動器之延遲閘訊產生電路	182
(4) NAND 閘無穩定多諧振動器	183
(5) NAND 閘移相振盪器	183

第十章 計數

10.1 2 進位計數器	185
10.2 2 進位多段計數器	186

10.3 進位之高速化 (同步計數器)	188
10.4 2 進化多進位計數器	190
(1) 2 進化 10 進位計數器	190
(2) 2 進化 N 進位計數器之一般性定律	191
10.5 環式計數器 (Ring counter)	194
10.6 移位計數器 (Shift counter)	196
10.7 減算計數器	197
(1) 2 進位減算計數器	197
(2) 10 進位減算計數器	199
10.8 可逆式計數器	199
(1) 依閘極轉換加減算方式	199
(2) 以計數脈波本身控制加減算方式	200
(3) 依計數脈波極性控制加減算方式	201

第十一章 分頻與倍頻

11.1 分頻	202
(1) 無穩定振盪器之強迫同步	202
(2) 單穩定電路之同步	208
11.2 倍頻	210
(1) 無穩定振盪器之同步	211
(2) 2 倍頻電路	211
(3) 高次倍頻電路	211
(4) 突返二極體之倍頻應用	214

第十二章 脈波產生器之構成法

(1) 脈波產生器用振盪器	215
(2) 脈波之急峻化	217

(3)	觸發化.....	218
(4)	同步脈波放大器.....	221
(5)	延遲電路.....	221
(6)	脈波之形成.....	222
(7)	適合數位電路實驗之脈波產生器.....	222
(8)	輸出段.....	223
	符號表.....	226
	參考文獻.....	230

第一章 脈波之基本知識

1.1 脈波是什麼？

所謂脈波 (Pulse) 者，仍係脈搏也。試按自己脈搏時，相信將會感覺到如圖 1.1 所示，此即典型脈波，一般稱此為脈波。它不但非直流，且又非正弦波交流，而可認為所有斷續電流均屬於脈波，亦不可言之為大錯。

圖 1.1 之脈波係以十週期正確連續者，故有時稱為連續脈波。又，僅只一發而非連續者，特別稱為單發脈波。

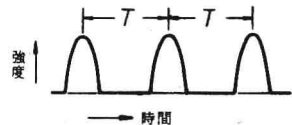


圖 1.1 脈波 (pulse)

茲將被稱為脈波之代表性波形示於圖 1.2，屬於(a)羣者為間歇性而可稱為脈波

，但屬於(b)羣者，難於稱為脈波之波形，然而，電路技術上，則屬於同類，故不特別加以區別而稱為脈波電路。

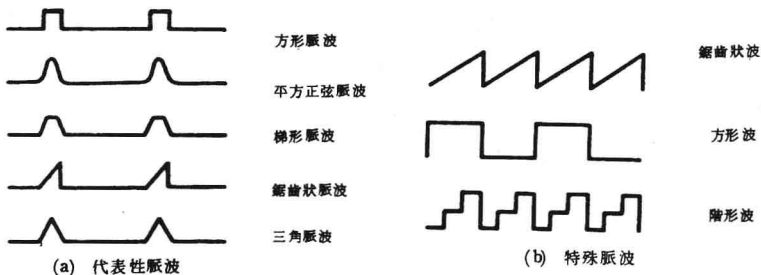


圖 1.2 各種脈波波形

圖 1.3 係振幅於時刻 t_1 一躍跳到 A 點，並正確保持該值至 t_2 ，而

2 電晶體脈波電路

於 t_1 點再恢復原狀，此一波形被稱為方形脈波。

方形脈波仍係無法實現者，惟思考或者計算之時為方便，故屢被做為脈波基本形而應用之重要形者。

茲以圖 1.3 所使用符號為準，就屢被採用於脈波電路之符號加以說明。

T ：重複週期 (Repetition period) (秒)

設 $1/T = f$

f ：重複頻率 (Repetition frequency) (赫芝)

τ ：脈波寬度 (Pulse width) (秒)

A ：振幅 (以尖峯值表示，電壓脈波以伏特，電流脈波以安培表示)。

D ： τ/T ：衝擊係數 (Duty-factor)

通常表示正弦波振幅常採用有效值，惟脈波時採用尖峯值，衝擊係數 D 係與振幅 A 之積 AD 者，因表示脈波平均值，故為方便者。

1.2 實際脈波

假設方形脈波能夠實現，然通過實際電路，則形狀將變化，假定圖 1.4 所示 PG 為方形電壓脈波產生器，其內部電阻為 r ，負載為 R ，所流通方形電流為 I 安培，其時間寬度 (即脈波寬度) 為 τ 秒。若該負載具有阻抗 Z 之電路，則依構成 Z 之元件種類，其兩端之電壓波形有種種變

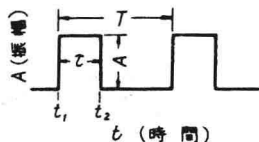


圖 1.3 方形脈波

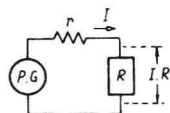


圖 1.4 方形脈波源與負載所現示電壓波形之關係

* 衝擊係數通常以外語之 Duty factor 稱呼。

化，茲示其形狀於圖 1.5。

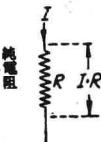
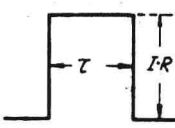
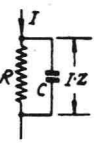
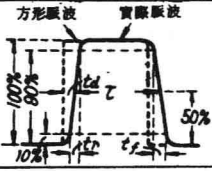
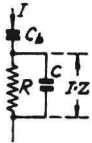
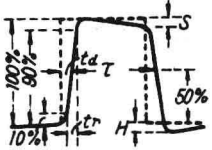
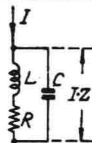
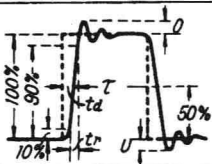
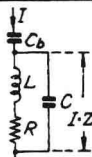
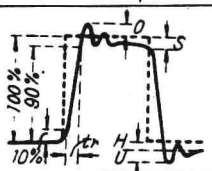
	Z	$I \cdot Z$ 實際之電壓波形	特 徵
(1)			變成方形電壓脈波
(2)			角部圓化，滯後 t_d 時間， 上昇及下降時間變為不是零
(3)			角部圓化，滯後 t_d 時間， 波形頂部降低 S 值，產生 相等 S 值之 H 值反跳
(4)			Overshoot "O" 及 Undershoot "U" 重 疊於(2)之波形上。
(5)			Overshoot "O" 及 Undershoot "U" 重 疊於(3)之波形上。

圖 1.5 代表性電路網與脈波響應

圖 1.5 (1)之 Z 僅為純電阻 R 時，則為方形電壓脈波，其振幅為 $I R$ 。實際上，不可能僅為純電阻電路而必有雜散電容 C 之存在，故波形變為如(2)。如圖所示，波形頂部與波底部分之時間寬度不相

同時，則以振幅之一半處 τ 值表示為脈波寬度，因取自半值，故被稱為半值寬度。自方形脈波之滯後時間 t_d 稱為脈波之滯後時間 (Delay time)，而係在振脈之一半之處測量者， t_r 時間稱為上昇時間 (Rise time)， t_f 時間稱為下降時間， t_r 及 t_f 均係取自振幅 10 % 處至 90 % 處之值。

如果，串聯接有電容器 C_o ，則如(3)所示，其波頂降低 S 部分，稱此一部分為弛度 (Sag) 或者下垂 (Droop)，其同時產生相當於 S 部份之 H 值反跳 (Back swing)，若與 R 串聯 L ，則 L 與 C 共振而產生振動，其形狀尚未串接 C_o 時為(4)，串接時為(5)，圖中 O 值稱為 Over shoot， U 值稱為 Under shoot。

反跳波及 Under shoot 尚未定詳細定義，零位以下，負側最大值有時稱為 Under shoot，惟茲容筆者大概地定義如下。

自零位以下負側之低頻成份最大值，即如圖 1.5 (3) 所示 H 定義為反跳波，此仍因反跳波之產生原因與下降波 (Sag wave) 產生原因為同一來源者。

其次，反跳波中之振動最大值定義為 Under shoot，因 Under shoot 與 Over shoot 為同一原因引起者。

1.3 觸發 (TRIGGER)

所謂觸發，則仍係板機之意，脈波電路上，則相當於槍之板機擊發，使得子彈飛出，而係應用以自力跳至某一狀態之電路，例如間遏振盪器 (Blocking-Oscillator) 或者多諧振動器 (Multivibrator) 等。如無觸發器信號時，此一電路之靜止狀態稱為穩定狀態，如此狀態之電路動作點稱為穩定點，未具穩定點而常以一定週期連續跳動之電路稱為非穩定電路或無穩定電路。僅一穩定點而因觸發引起跳動

* 若此一定義有錯誤時，很願意更改。

，經一定時間後再返回穩定點靜止之電路稱為 1 穩定點或單穩定電路，穩定點有二，而由於一觸發跳至他一穩定點靜止，再由次一觸發跳回原穩定點，如此往返二穩定點之電路稱為雙穩定電路。

觸發應備性能，則需具有充分之振幅，極性及時間寬度（即脈波寬度），使得被觸發電路能充分動作者，其性能不受波形之特別影響，手槍之撞針如因扣板機之扣板力量不足，則不能夠擊發，此即相當於觸發振幅。板機非以推，而仍係以扣板者，此相當於極性也，又雖加以充分力量扣板板機，但撞針未擊發前板機已回原位（請勿說無這種人），則手槍無法發射，最低限度須扣板到撞針擊發為止，否則，子彈無法飛出，此相當於時間寬度（即脈波寬度）。

如上述，觸發與脈波電路有深切關係，故欲得所需脈波，則必先製作觸發器，觸發器通常採用以一定週期連續者，其產生方式，則通常將非穩定多諧器輸出波形微分而製成，若需要穩定週期時，則以其他穩定之正弦波振盪器輸出，使其脈波化而製成。然，觸發之產生與脈波之產生，其本質上為相同者，所需要者，須具有觸發之適當性質就可，故若十分瞭解後述之基本電路，則可應用於所有觸發之產生。