

晶体管脉冲电路选集



地质出版社

吕广平 编译



73.769

281

晶体管脉冲电路选集

吕广平 编译



晶体管脉冲电路选集

吕广平编译

*

地质局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1974年3月北京第一版·1974年3月北京第一次印刷

印数1—35,300册·定价1.10元

统一书号: 15038·新48

毛主席语录

我们必须打破常规, 尽量采用先进技术, 在一个不太长的历史时期内, 把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

对于外国文化, 排外主义的方针是错误的, 应当尽量吸收进步的外国文化, 以为发展中国新文化的借镜; 盲目搬用的方针也是错误的, 应当以中国人民的实际需要为基础, 批判地吸收外国文化。

一切外国的东西, 如同我们对于食物一样, 必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动, 送进唾液胃液肠液, 把它分解为精华和糟粕两部分, 然后排泄其糟粕, 吸收其精华, 才能对我们的身体有益, 决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

前 言

随着现代电子技术的迅速发展,脉冲电路已广泛地应用于近代核物理,多路通讯,电子计算机,自动控制和测量等系统。这就促使许多基本脉冲电路在设计方面进行改进,以提高性能。

现在国外有些无线电期刊中设有《电路设计资料》专栏,专门提供有关改进电路的资料。其中,有的是通过改进设计技巧,有的是利用新的无线电元件简化电路,使其性能提高。了解这些电路,可以开阔设计思路,有助于我们设计出更好更新颖的脉冲电路。因此,将这些资料选编出版是有一定参考价值的。

我们遵照毛主席关于“洋为中用”的伟大教导,根据实际需要,将近几年在国外无线电期刊上登出的有关这方面材料进行了较系统的收集和整理,并经有关同志审阅,最后编译成这本《晶体管脉冲电路选集》。

在此电路选集内共收集了 214 个脉冲电路,按其内容分六个部分:

1. 脉冲发生器;
2. 脉冲形成电路;
3. 锯齿波、斜波发生器;
4. 脉冲辅助电路;
5. 放大器;
6. 直流稳压电源及电源过荷保护电路。

书中从实用角度对每个电路的原理、特点,以及设计方法均作了简单介绍和说明,并对原文中技术上的错误作了修正。在文末注有原文出处,以便查对。

此电路选集共涉及各种类型半导体器件 321 种。为便于查阅和使用,现将其中 310 种半导体器件的主要参数附表于后。这些参数取材于国外期刊《D. A. T. A.》。

这本《晶体管脉冲电路选集》可作为一般无线电工作者选择电路的参考资料,也可供研究无线电电路的同志参考。

由于编译者的水平有限,错误和不妥之处一定不少,希望同志们批评指正。

目 录

前言	I
----	---

1. 脉冲发生器

1-1 无稳态多谐振荡器

(1) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 I	1
(2) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 II	2
(3) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 III	3
(4) 用隧道二极管提高多谐振荡器的重复频率	4
(5) 用场效应管提高多谐振荡器的占空因数	4
(6) 可以由任何相位脉冲同步的振荡器	6
(7) 脉冲重复频率和占空因数可以分别调节的多谐振荡器	7
(8) 脉冲宽度受外加电压控制的多谐振荡器	8
(9) 高频多谐振荡器 I	9
(10) 高频多谐振荡器 II	10
(11) 高稳定性的多谐振荡器 I	10
(12) 高稳定性的多谐振荡器 II	11
(13) 产生非对称脉冲的多谐振荡器	12
(14) 高效率的多谐振荡器	13
(15) 产生窄脉冲的多谐振荡器	14
(16) 稳定的低频多谐振荡器	15
(17) 重复频率可控制的高速多谐振荡器	16
(18) 占空因数可变的脉冲发生器	17
(19) 可以构成双稳态的无稳态多谐振荡器	18
(20) 可以构成单稳态的无稳态多谐振荡器	19
(21) 宽频多谐振荡器	20

1-2 弛张振荡器

(1) 由外加电压控制脉冲间隔的双基极二极管脉冲发生器	21
(2) 脉冲宽度和脉冲间隔可以单独调节的脉冲发生器	21
(3) 电压-频率变换器	22
(4) 可以作为调制器的脉冲发生器	24
(5) 高功率脉冲发生器	24
(6) 多道延迟脉冲发生器	25
(7) 具有两组输出脉冲宽度的脉冲发生器	26
(8) 具有固定电流输出的脉冲发生器	27
(9) 具有多种用途的双基极二极管脉冲发生器	28

(10) 通过反馈网络减小脉冲下降时间	28
(11) 由隧道二极管构成的窄脉冲发生器	29
(12) 由外加电压控制起停的窄脉冲发生器	30
(13) 低频脉冲发生器 I	31
(14) 低频脉冲发生器 II	31
(15) 隧道二极管、双基极二极管高速脉冲发生器	32
(16) 双基极二极管脉冲发生器	33
(17) 具有外同步的双基极二极管弛张振荡器	33
(18) 携带式弛张振荡器	34

2. 脉冲形成电路

2-1 单稳态多谐振荡器

(1) 高稳定性的单稳态多谐振荡器 I	35
(2) 高稳定性的单稳态多谐振荡器 II	35
(3) 高稳定性的单稳态多谐振荡器 III	36
(4) 高稳定性的单稳态多谐振荡器 IV	37
(5) 用稳压二极管提高单稳态多谐振荡器的噪声抑制能力	37
(6) 用二极管提高单稳态多谐振荡器的噪声抑制能力 I	38
(7) 用二极管提高单稳态多谐振荡器的噪声抑制能力 II	39
(8) 具有强制同步的单稳态多谐振荡器	39
(9) 互补型单稳态多谐振荡器	40
(10) 具有固定占空因数的脉冲发生器	41
(11) 低电平复位的多谐振荡器	42
(12) 隧道二极管单稳态多谐振荡器	43
(13) 提高了翻转速度的单稳态多谐振荡器	44
(14) 采用电感定时的单稳态多谐振荡器	45
(15) 四层二极管单稳态多谐振荡器	45
(16) 由“非与”门和双基极二极管构成的单稳态多谐振荡器	46
(17) 硅可控整流器和双基极二极管构成的单稳态多谐振荡器	47
(18) 脉冲宽度受输入脉冲宽度控制的多谐振荡器	48
(19) 具有宽脉冲输出的单稳态多谐振荡器 I	49
(20) 具有宽脉冲输出的单稳态多谐振荡器 II	50
(21) 脉冲宽度受外加电压控制的单稳态多谐振荡器	51
(22) 产生窄脉冲输出的单稳态多谐振荡器	51
(23) 消除了瞬态现象的单脉冲发生器	52
(24) 具有较大功率输出的脉冲形成电路	53
(25) 产生大电流脉冲输出的单稳态多谐振荡器	53
(26) 改进了的单稳态多谐振荡器	54

2-2 斯密特触发器

- (1) 差分式斯密特触发器55
- (2) 具有高输入阻抗的斯密特触发器I56
- (3) 具有高输入阻抗的斯密特触发器II56
- (4) 绝缘栅场效应管斯密特电路57

2-3 正弦波-方波变换器

- (1) 方波形成电路57
- (2) 隧道二极管零电平削波器58
- (3) 对称削波器59
- (4) 输出脉冲幅度可以连续变化的脉冲限幅器60
- (5) 正弦波-方波变换器60
- (6) 提高了对称性和稳定度的脉冲形成电路61
- (7) 由多谐振荡器构成的可调触发器61
- (8) 高稳定性的正弦波-方波变换器I62
- (9) 高稳定性的正弦波-方波变换器II63
- (10) 稳压二极管构成的高频限幅器63

2-4 其他脉冲形成电路

- (1) 隧道二极管脉冲形成电路I63
- (2) 隧道二极管脉冲形成电路II64
- (3) 可以分别控制上升和下降时间的脉冲输出器I65
- (4) 可以分别控制上升和下降时间的脉冲输出器II67
- (5) 阶跃恢复二极管窄脉冲形成电路68
- (6) 硅可控整流器和继电器构成的脉冲输出器68
- (7) 不需要内部电源的脉冲形成电路69

3. 锯齿波、斜波发生器

- (1) 振幅、频率和对称性可调的三角波发生器70
- (2) 斜率和振幅可调的三角波发生器71
- (3) 方波-三角波变换器72
- (4) 由双极性电流开关构成的三角波发生器73
- (5) 振荡频率受电压控制的三角波发生器74
- (6) 慢扫描发生器76
- (7) 宽频锯齿波发生器I76
- (8) 宽频锯齿波发生器II77
- (9) 用场效应管作恒流源的锯齿波发生器78
- (10) 新型扫描电路79
- (11) 应用密勒效应原理构成的锯齿波发生器80
- (12) 简单的锯齿波发生器81

(13) 简单的斜波发生器	82
(14) 斜率可调的斜波发生器	83

4. 脉冲辅助电路

4-1 门电路

(1) 快速线性门	84
(2) 消除了残余电压的门电路	85
(3) 线性门电路	85
(4) 桥式微伏开关电路	87
(5) 交流信号门电路	88
(6) 桥式双向电流开关	88
(7) 由隧道二极管构成的双向线性门	89
(8) 传输门电路	89
(9) 场效应管桥式门电路	90
(10) 快速开关电路	90
(11) 用硅可控整流器增加晶体管的开关速度	91
(12) 消除了瞬态的同步解调开关电路	91

4-2 取样、保存电路

(1) 简单的晶体管取样、保存电路	92
(2) 信号储存器	93
(3) 作为模拟数字转换的取样和储存电路	94
(4) 绝缘栅场效应管储存器	94
(5) 脉冲幅度监视器	95

4-3 检波器

(1) 平方律检波器	96
(2) 脉冲峰值检波器	97
(3) 隧道二极管电平检波器	98
(4) 低电流电平检波器	99
(5) 短路检波器	100
(6) 双极性脉冲检波器	101
(7) 瞬态检波器I	101
(8) 瞬态检波器II	102
(9) 过零检波器I	102
(10) 过零检波器II	103
(11) 不用电感的相敏检波器	104
(12) 晶体管相敏检波器	105
(13) 射频矩形波相位检波器	105

4-4 甄别器

(1) 隧道二极管电压甄别器	106
(2) 由斯密特电路构成的脉冲宽度、幅度甄别器	107
(3) 具有较宽甄别范围的脉冲宽度甄别器	108
(4) 由双基极二极管构成的脉冲宽度、幅度甄别器	110
(5) 双极性脉冲甄别器	110
(6) 光强度甄别器	111

4-5 延时电路

(1) 通、断延时电路	111
(2) 延时开关	112
(3) 四层二极管延时电路	113
(4) 可由双极性电压驱动的延时电路	114
(5) 具有较大延时的定时装置	114
(6) 高稳定性的延时电路	115
(7) 交流延时电路	115
(8) 具有固定接通时间的继电器电路	116
(9) 具有长延时的电子计时器	116
(10) 硅可控整流器和双基极二极管构成的定时装置	117

4-6 展宽器

(1) 由外加电压控制的脉冲宽度变换器	118
(2) 隧道二极管脉冲展宽电路	118
(3) 用稳压二极管作定时元件的脉冲展宽电路	119
(4) 场效应管脉冲展宽器	119
(5) 用单稳态多谐振荡器构成的脉冲展宽电路	120

4-7 脉冲电平变换电路

(1) 利用雪崩晶体管产生高电平脉冲	121
(2) 电压电平可调的变换器	121
(3) 高速脉冲电平变换器	122
(4) 具有固定增益的直流电平变换器	123
(5) 可以改变输出电平的脉冲输出器	123
(6) 单向脉冲输出器	124
(7) 输出单极性脉冲的变换电路	125

4-8 脉冲频率变换

(1) 开关式低频倍频器	125
(2) 用直流反馈控制对称的倍频器	127
(3) 双基极二极管高频脉冲计数器	128
(4) 分频器	128

(5) 双基极二极管分频器Ⅰ	130
(6) 双基极二极管分频器Ⅱ	130

4-9 双稳态多谐振荡器

(1) P-N-P-N 四层二极管多谐振荡器	131
(2) 具有双极性输出脉冲的双稳态多谐振荡器	132
(3) 由发射极输出器耦合的双稳态多谐振荡器	133
(4) 具有固定输出阻抗的双稳态多谐振荡器	133

4-10 发射极输出器

(1) 互补型发射极输出器	134
(2) 稳定的发射极输出器	135
(3) 用于发射极输出器的短路保护装置	135
(4) 具有高输入阻抗的双发射极输出器	136
(5) 双发射极输出器	137

5. 放 大 器

(1) 高输入阻抗宽频放大器	138
(2) 宽频放大器	138
(3) 快速脉冲放大器	139
(4) 短上升时间的放大器	139
(5) 高电压脉冲放大器	141
(6) 稳定的级联放大器	142
(7) 改善偏置稳定性的新方法	142
(8) 具有联合反馈的放大器	145
(9) 对比放大器	145
(10) 具有高输入阻抗和低漂移的直接耦合放大器	146
(11) 提高了直流偏置稳定性的直流放大器	147
(12) 可以消除不平衡噪声的放大器	148
(13) 交流振幅稳定器	149
(14) 具有 60db 的自动增益控制电路	150
(15) 负阻抗变换器	151
(16) 由数字指令控制增益的差分放大器	152
(17) 增益可变的差分放大器	153
(18) 通过斩波器控制运算放大器的增益	154
(19) 用二极管作混合型放大器的短路保护	154
(20) 频宽为 12MC/S 的运算放大器	155
(21) 利用 T 形反馈网络提高运算放大器的输入阻抗	156
(22) 场效应管高阻抗探头	157
(23) 具有场效应管补偿的对称放大器	157

(24) 场效应管对数放大器	158
(25) 低阻抗偏置电路	159
(26) 改进了的复合电路	159

6. 直流稳压电源及电源过荷保护电路

(1) 自行启动的直流稳压器	160
(2) 具有前置稳压的稳压电源	161
(3) 高效率的直流稳压器	162
(4) 0—1200V直流电源	163
(5) 简单的可变电电压源	164
(6) 高性能稳压器	165
(7) 可以代替电池的低压电源	165
(8) 用多谐振荡器作直流变换器	166
(9) 用隧道二极管作电源短路保护装置	167
(10) 用两个晶体管构成的电源保护装置	168
(11) 用一个晶体管构成的电源保护装置	168
(12) 电源过荷保护装置	169
(13) 灵敏的电源保护装置	170
(14) 用限流器作稳压电源的保护装置	171
(15) 采用硅可控整流器作电源短路保护装置	171

附表 半导体器件的主要参数

(一) 二极管	172
(二) 硅稳压二极管	174
(三) 隧道二极管	175
(四) 双基极二极管	175
(五) 晶体三极管	176
(六) 双三极管	182
(七) 场效应晶体管	182
(八) 硅可控整流元件	183
(九) 硅 PNP 器件	183
(十) 双发射极开关管	183

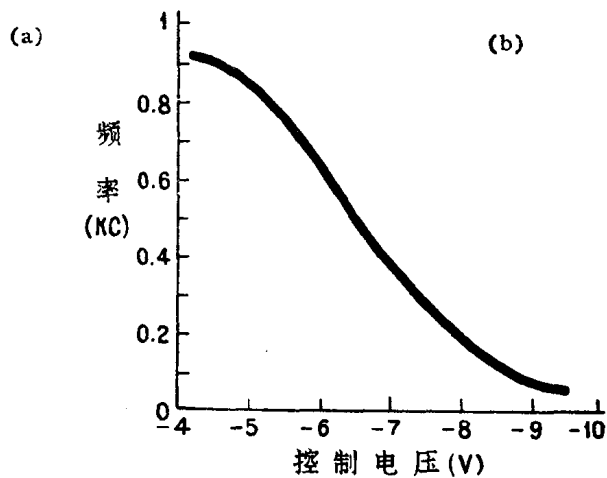
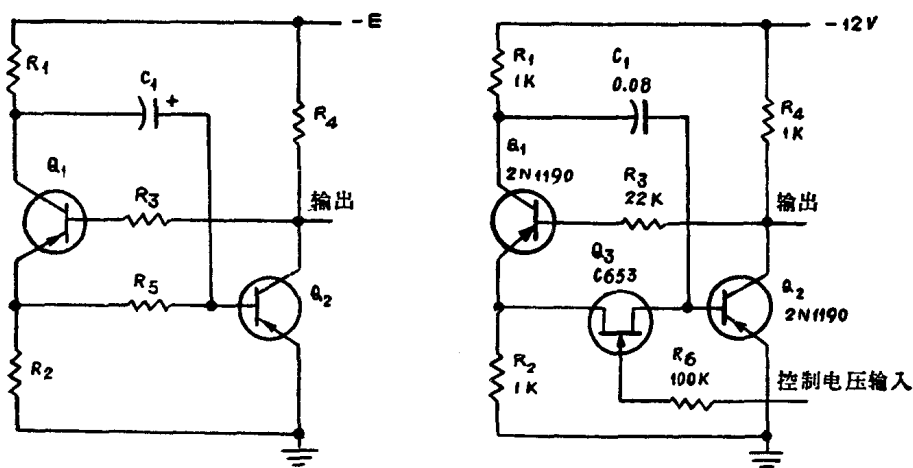
1. 脉冲发生器

1-1 无稳态多谐振荡器

(1) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 I

图 1-a 是一个基本的脉冲发生器。图 1-b 是改进后的电路。场效应管 Q_3 代替了图 1-a 中的 R 。由于场效应管的阻值受外加电压控制，故输出脉冲的重复频率亦受外加电压控制。

图 1-a 电路分析如下：



(c)
图 1

当电源接通后，电源通过 R_1 和 Q_2 的基极-发射极结对 C_1 充电，充电开始时 Q_2 处于饱

和状态, 于是 Q_2 的集电极电位升高, Q_1 截止。随着电容 C_1 端电压的提高, C_1 充电电流不断减小, 当减小到 Q_2 的饱和基极电流以下时, Q_2 的基极电流开始减小, Q_1 开始导电。 Q_1 集电极的正向电压变化通过 C_1 耦合到 Q_2 的基极上, 从而使 Q_2 截止, Q_2 集电极的负向电压变化又使 Q_1 饱和。这时电容 C_1 通过 R_5 和 Q_1 放电, 放电电流在 R_5 上的压降将维持 Q_2 截止。随着放电电流的减小, R_5 上的电压也不断下降, 当 R_5 的端电压低于 R_2 上的端电压时, Q_2 又开始导电, Q_2 导电又将使 Q_1 趋于截止。由于这样周期地重复, 在输出端产生了方波。因为充电时间决定于时间常数 R_1C_1 , 放电时间取决于时间常数 R_5C_1 , 所以改变 R_1 或 R_5 的值均能改变脉冲重复频率。

在图 1-b 中, Q_3 的内阻随外加电压变化, 因而通过外加电压即可控制脉冲的重复频率, 其特性如图 1-c 所示。

因为场效应管具有高输入阻抗的特点, 所以当控制电压源阻抗很高时仍然具有好的输入特性。

《Electronics》1964, V. 37, №18, p. 80

(2) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 II

振荡频率受外加电压控制的无稳态多谐振荡器, 常用在直流检波器和放大器中。在一般的振荡频率受电压控制的无稳态多谐振荡器中, 改变频率是通过改变 Q_1 、 Q_2 的基极电压来实现的。但是, 频率随电压的变化是平方关系。如果外加电压通过一晶体管 Q_3 来控制 Q_1 和 Q_2 的基极电流, 则频率可以随外加电压线性地变化。

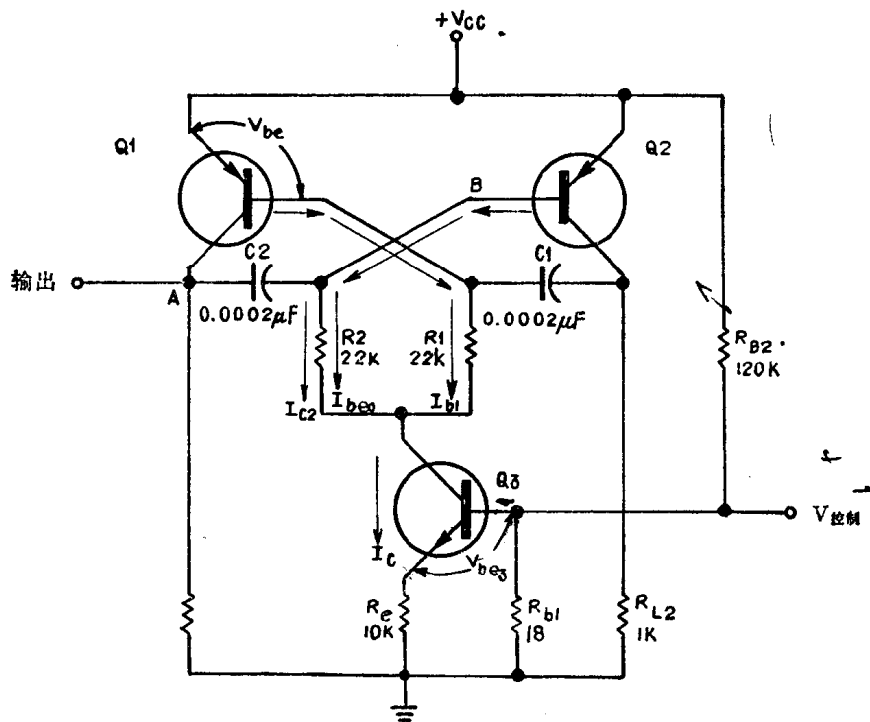


图 2

图2是经过改进的多谐振荡器。 Q_1 和 Q_2 构成一般的多谐振荡器, Q_3 是受电压 $V_{控制}$ 控制的电流源。 Q_3 的集电极电流决定了电容 C_1 、 C_2 的放电速度, 因而也决定了振荡频率。

电路的振荡周期为:

$$T = 2RC \ln[(V_{cc} - V_{be})2] \left[\frac{1}{RI_c - I_{beo}2R} \right]$$

其中

$$I_c = \frac{1}{R_e} \left[\frac{V_{cc} R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} - V_{be3} \pm V_{控制} \right],$$

$$R_1 = R_2 = R,$$

$$C_1 = C_2 = C.$$

《Electronic Design》1966.V.14, №22, p. 110

(3) 重复频率由外加电压控制的多谐振荡器 III

在饱和型多谐振荡器中, 加两个反馈回路, 可以构成重复频率由外加电压控制的多谐振荡器。

图3中 Q_3 、 Q_4 是饱和型发射极耦合多谐振荡器, 其振荡频率取决于发射极电阻($10K\Omega$)、 Q_3 和 Q_4 发射极之间连接的电容($3600PF$)以及 Q_3 的集电极电压。

Q_1 、 Q_2 构成积分运算放大器, 由它控制 Q_3 的集电极电压, 即控制多谐振荡器的振荡频率。

当输入电压为零时输出频率通过电位器调节到 $100 KC/S$ 。

当输入电压变化大约为 $\pm 3V$ 时输出频率偏移 $\pm 20\%$ 。

输出脉冲幅度大约为 $-10V$ 。

Q_1 、 Q_2 、 Q_3 和 Q_4 均为 2N3638。

《Electronic Design》1965, V. 13, №21, p. 68

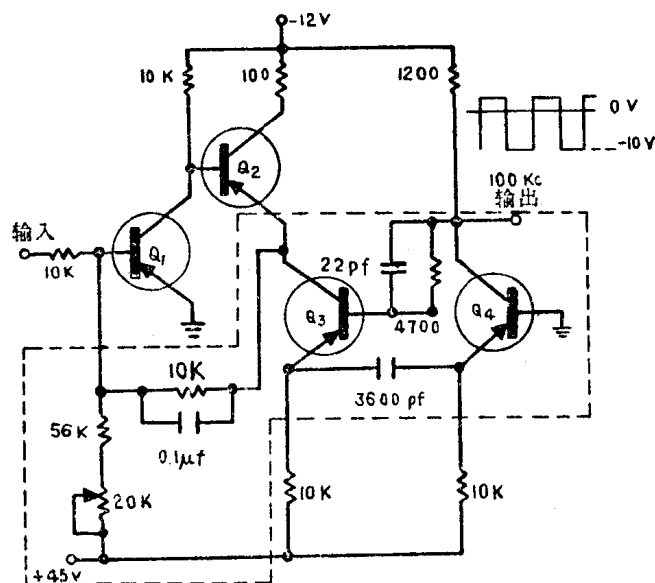


图 3

1104517

(4) 用隧道二极管提高多谐振荡器的重复频率

图4电路是高速多谐振荡器。它的输出脉冲重复频率可高达5MC/S。

脉冲触发器由隧道二极管 D_1 (RCA40062, 峰值电流 10mA) 构成。其振荡频率随 L_1 的增大而增加, 脉冲宽度和重复周期之比由 R_1 控制, 主要是改变隧道二极管的工作点。工作点位于隧道二极管 I_d-V_d 曲线的 A 点时脉冲宽度和重复周期之比为 1:7, 工作点位于 B 点时是 1:1。

晶体管 Q_1 和 Q_2 是一个电流开关, 因为 Q_1 和 Q_2 是由低阻抗直流电源供电, 而且 Q_1 、 Q_2 是处于非饱和状态, 所以具有低于 $5\text{m}\mu\text{S}$ 的上升和下降时间。脉冲滞后只有 $0.5\text{m}\mu\text{S}$ 。

R_3 、 R_4 、 C_3 是直流电平移位网络。输出端 1 的输出脉冲幅度为 1V, 可作示波器的时标。输出端 2 输出正脉冲。输出端 3 输出负脉冲。输出端 2 和输出端 3 的输出脉冲幅度为 1.8V, 输出阻抗为 100Ω 。

《Electronics》1966, V. 39, №25, p. 109

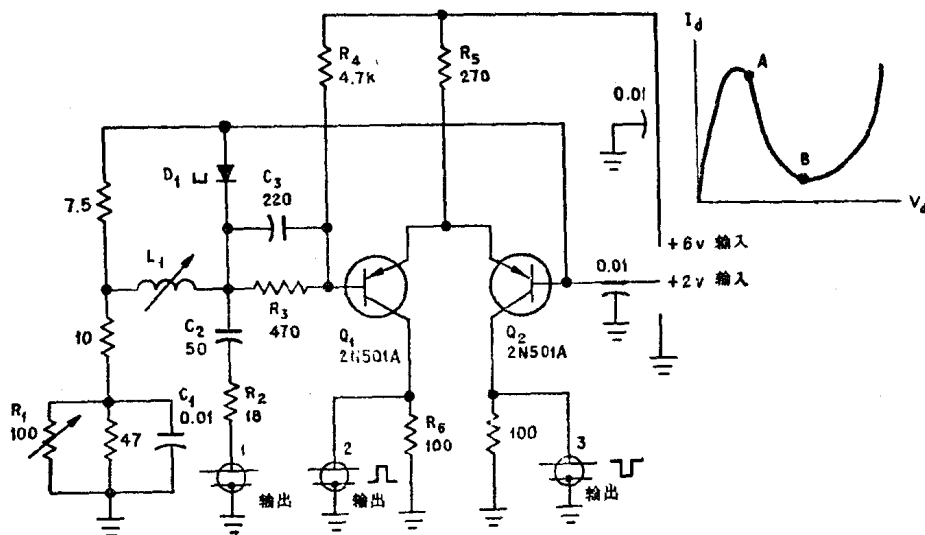


图 4

(5) 用场效应管提高多谐振荡器的占空因数

因为场效应管是受电压控制的器件, 它有非常低的栅电流, 因此栅极外接电阻可以用得比较大, 若在电路中使用了场效应管, 则可以相对地减小定时电容值。例如外接栅电阻为 $10\text{M}\Omega$, 为了得到 1 秒的时间常数只需要 $0.1\mu\text{F}$ 的电容。因此就有可能提高输出脉冲的占空因数(即输出脉冲宽度和重复周期之比)。

图 5-a 是场效应管多谐振荡器。工作原理如下:

假定 Q_1 导电, 在 Q_1 导电瞬间, Q_1 漏极 D 上的负向变化通过 C_2 耦合到 Q_2 的基极上, 使 Q_2 截止。 Q_2 集电极的正向电压变化又通过 C_3 反馈到 Q_1 的栅极上, 并维持 Q_1 的栅极电压

为+1V。随着 Q_1 导电, C_2 通过 R_6 、 Q_1 充电,当 Q_2 的基极电压达到+0.6V时 Q_2 导通, Q_2 集电极上的负向电压变化又通过 C_3 耦合到 Q_1 的栅极上,使 Q_1 截止。 Q_1 漏极上的正向电压变化又进一步使 Q_2 迅速地进入饱和状态。在 Q_2 进入饱和状态的瞬间, Q_2 集电极将产生10V的负向电压变化,并通过电容 C_3 耦合到 Q_1 的栅极上, Q_1 的栅极电压 V_{GS1} 将由+1V变化到-9V。但是由于二极管 D_1 的箝位作用, V_{GS1} 只能降到某一预定值,这个值由 R_1 调节。这时 Q_1 截止, Q_2 饱和。 Q_2 导电又将引起电容 C_3 通过 R_5 、 Q_2 和 D_2 充电,当 V_{GS1} 达到大约-0.7V时 Q_1 又开始导电,如此周期地反复。

二极管 D_2 是用以保护 Q_2 不受损坏,即防止 Q_2 的基极电压超过 Q_2 的最大基极-发射极电压。因为在 Q_1 开始导电瞬间,通过电容 C_2 耦合到 Q_2 基极上的电压变化高达-10V,如不加接二极管 D_2 , Q_2 是会损坏的。

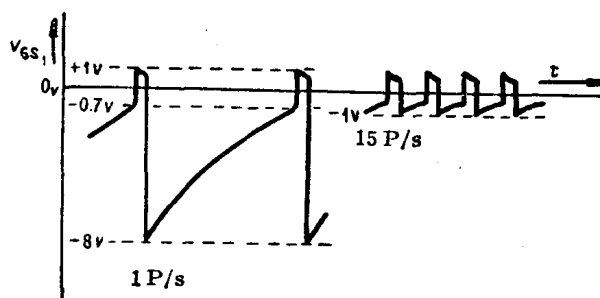
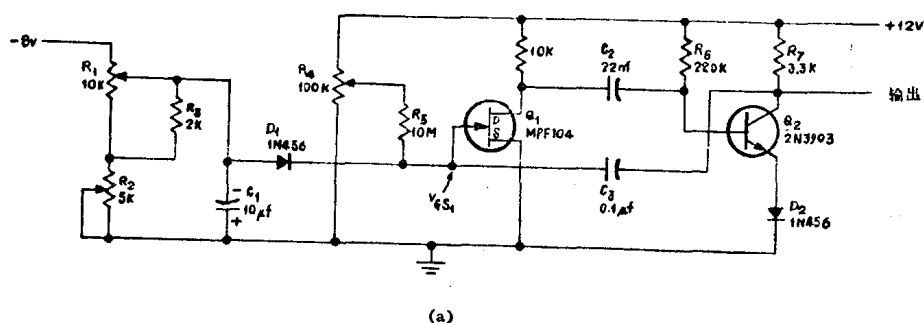
脉冲重复频率由 R_1 调节。图5-b表示不同箝位电压时有不同的脉冲重复频率。当箝位电压为-8V时,脉冲重复频率为1P/S(即每秒一个脉冲输出);当箝位电压为-1V时,脉冲重复频率为15P/S。

R_1 上所并联的电阻 R_3 是为了得到对数刻度。

频率细调是由 R_4 控制,频率粗调是由 R_2 控制。如果用一个发射极输出器置换 R_1 、 R_2 、 R_3 和 C_1 网络,则重复频率可以由外加信号控制。

输出脉冲的上升时间为 $700\mu\text{S}$,它取决于时间常数 R_7C_3 。

《Electronics》1967, V. 40, №7, p. 98



(b)

图 5