

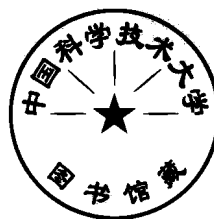
电子电路选编

国营二六一厂

DIANZI DIANLU XUANBIAN

电子电路选编

译自美国系列



国营二六一厂

1 9 7 4

编 者 的 话



为适应我国社会主义建设事业的需要，我们遵照伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导，选译了这本《电子电路选编》。

本书取材于国外有关期刊及书籍，收集了 256 篇实用电子电路，共分十七章。内容可粗略地分为无线电基础电路、脉冲与数字电路和控制电路等三部份。在这些电路中，主要是各类晶体管电路的实际应用，也介绍了部份集成电路的实际应用。其中有一部份电路使用了单结晶体管、可控硅等新型器件。每种电路都作了简要的说明，并附有实际的元件参考值。可供从事无线电、电子工程的有关工人、科技人员在实践中参考。

毛主席教导我们说：“……应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”。我们相信读者能够批判地接受外国有益的东西，破除迷信，勇于创新，在“十大”精神鼓舞下，“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”，为我国社会主义建设做出更大的贡献。

鉴于我们学习马列主义、毛泽东思想不够，思想水平不高，业务能力有限，难免有缺点、错误之处，欢迎批评指正。

资料来源的全称和首母对照表

全 称	首 母
Electrical Design News	EDN
Electronic Circuits Manual	E.C.M.
Electronic Design	E.D.
Electronic Equipment Engineering	EEE
Sourcebook of Electronic Circuits	S.E.C.

目 录

第一章 脉冲电路

1—1	高速饱和型单稳态电路	1
1—2	串联施密特触发电路	2
1—3	使电压与频率相乘的脉冲高度调制器	3
1—4	二极管耦合施密特电路	4
1—5	精度不受元件老化影响的脉冲发生器	5
1—6	延迟脉冲发生器	6
1—7	一个对脉冲宽度和幅度灵敏的鉴别器	7
1—8	正弦波零点检波器	9
1—9	滞后可变的施密特触发器	9
1—10	组合的施密特触发器—单稳态多谐振荡器	11
1—11	改善单稳态抗扰性的电流源	12
1—12	改进的可增大脉冲宽度控制范围的单稳态多谐振荡器	13
1—13	周期范围很宽的单稳态电路	14
1—14	无直流漂移的交流输出键控多谐振荡器	15
1—15	提供对称输出的自动调节施密特触发器	16
1—16	脉冲宽度范围 $>100:1$ 的改进型单稳态	18
1—17	用廉价的多谐振荡器获得重复开关闭合	19
1—18	发生线性斜波和短占空因数脉冲的电路	20
1—19	上升和下降时间短的超高速单稳态	21
1—20	采用两个单结晶体管的交替脉冲发生器	22
1—21	单结晶体管和晶体管组成的线性脉冲延迟电路	23
1—22	三个廉价的晶体管构成一个温度稳定的齐纳二极管	24
1—23	控制功率可控硅整流器的灵敏的触发电路	25
1—24	不用延时线的脉冲宽度鉴别器	26
1—25	用二极管改进的施密特触发器	28
1—26	用两个MOS-FET和一些电阻构成较好的施密特触发器	28
1—27	采用齐纳二极管的随机信号发生器	29
1—28	用集成电路运算放大器改进单稳态多谐振荡器的稳定性	31
1—29	高通断比的不稳态多谐振荡器	33

1—30	电源接通时给出禁止脉冲的双稳态电路	33
1—31	集成电路门组成的快速单稳态多谐振荡器	34
1—32	由一个与非门组成的自激多谐振荡器	35
1—33	1 安培脉冲发生器	36
1—34	廉价的宽范围多谐振荡器	36
1—35	外部连接把集成电路双稳态转换成单稳态多谐振荡器	38
1—36	零滞后施密特触发器	39
1—37	具有零恢复时间的单稳态多谐振荡器	40
1—38	几个集成电路门组成一个单稳态	41
1—39	混合的非对称单稳态多谐振荡器	42
1—40	用齐纳二极管减少施密特触发器的滞后现象	43
1—41	给出除以 12 的单稳态多谐振荡器	44
1—42	采用三个运算放大器的低频波形发生器	45
1—43	减慢脉冲前沿的控制电流	46
1—44	低功耗的双稳态触发电路	47
1—45	零(静态)功率单稳态	48
1—46	与非门和单晶体管形成稳定的混合单稳态	49
1—47	按宽度区别脉冲的多谐振荡器	50
1—48	单晶体管成形电路	51
1—49	支撑功率小到可以忽略的单稳态多谐振荡器	51
1—50	集成电路单稳态	52
1—51	信号消失探测器	52
1—52	恢复快的施密特触发器	53
1—53	简单全波单晶体管可控硅整流器触发器	53
1—54	高速施密特电路	54

第二章 门电路和逻辑电路

2—1	有可调滞后的改进的隧道二极管门电路	55
2—2	用于 200 兆赫周期定时器的门电路	57
2—3	高抗扰性的快速逻辑电路	57
2—4	用预先的脉冲序列检查程序逻辑	59
2—5	晶体管—晶体管逻辑门快速脉冲高度分析	60
2—6	双门加晶体管产生 12 种机能	62
2—7	高增益的 5 兆赫门放大器	63
2—8	采用低廉的结型场效应晶体管的高电平模拟门	64
2—9	显示特性曲线的存储显示器	65

2—10	采用电阻的数字显示系统	67
2—11	脉冲顺序检查器	68
2—12	非线性逻辑探测电压容许电平	69
2—13	采用串联晶体管作为“与”门的“或非”逻辑电路	70
2—14	隧道二极管“与”门电路	71
2—15	隧道二极管“或”门电路	71
2—16	“与”门电路	72
2—17	精密模拟门	72

第三章 开关电路

3—1	提供低输出阻抗的晶体管开关	73
3—2	隧道二极管开关电路	74
3—3	选通高速数据的短延迟结型场效应晶体管开关	75
3—4	测量开关速度的集成电路	76

第四章 计算机电路

4—1	袖珍模拟计算机的除法和乘法	78
4—2	SP/ST 600 系列的设计数据和应用	80
4—3	用隧道二极管电路的高速存储器	81
4—4	提供计算机时钟信号的晶体管电路	81
4—5	全加器	82

第五章 放大器电路

5—1	用单个电位器控制运算放大器增益	83
5—2	用匹配的场效应晶体管稳定放大器的带宽	84
5—3	用二极管中和差分放大器	85
5—4	在反馈回路中采用场效应晶体管的选通放大器	86
5—5	高输入阻抗的差分放大器	87
5—6	自举电路中的齐纳二极管使放大器的范围扩展到直流	88
5—7	四级差分放大器	89
5—8	集成电路运算放大器	90
5—9	利用隧道二极管的高速零点检波器	91
5—10	在 100°C 范围内用二极管稳定场效应管增益达到 1%	92
5—11	场效应输入级的低噪声前置放大器	94

5—12	可用电压表测量运算放大器噪声的放大器	94
5—13	晶体管代替电阻并改善了放大器	95
5—14	六种偏置电流的补偿技术	97
5—15	改进增益和输入阻抗的复合反馈	99
5—16	用于单片集成电路运算放大器中的差分放大器	101
5—17	迅速改变信号电平的自动衰减器	101
5—18	滞后电路的简化设计	102
5—19	在宽温度范围内稳定的缓冲放大器	104
5—20	低噪声低电平音频自动增益控制电路	105
5—21	电压增益为 150,000 的直流放大器	106
5—22	提供 10^{15} 欧姆输入阻抗的放大器	107
5—23	使可变增益放大器的共模误差减到最小	108
5—24	在振幅不变时信号移相 180°	109
5—25	0.5 到 6 伏的直流对数放大器	110
5—26	增加输入阻抗的反馈电路	110
5—27	宽带电压放大器	111
5—28	高输入、低输出阻抗的场效应晶体管放大器	111
5—29	放大器的偏置电流漂移的补偿技术	112
5—30	具有共模反馈的二级差分放大器	112
5—31	增加放大器输入阻抗的正负反馈	113
5—32	压缩输入电流的直流对数放大器	113
5—33	差分放大器	114
5—34	电压增益为 90 分贝的三级放大器	114
5—35	温度稳定的射极跟随器	115
5—36	宽频带电流放大器	115
5—37	RC 耦合的前置放大器	116
5—38	场效应晶体管源极跟随器	116
5—39	对数放大器	117
5—40	一个实用的直流差分放大器的应用	117
5—41	探针放大器	118
5—42	并联 T 形电路	118

第六章 控制电路

6—1	用可控硅整流器和单结晶体管控制继电器接通时间	119
6—2	全波反向直流电机驱动装置	120
6—3	可控硅整流器零点交叉同步电路	121
6—4	消除交流转换干扰的门控半导体	122

6—5	延时的施密特传感器	123
6—6	作电压和电流控制的两用负阻电路	123
6—7	用于反应堆控制的晶体管放大器	125
6—8	马达恒速电路	126
6—9	半波可逆式速度控制电路	126
6—10	线性集成电路的漂移补偿	127

第七章 计数器电路

7—1	标准中规模集成电路的环形计数器	128
7—2	减少元件的改进的十进制计数器	129
7—3	集成电路 2-5 进制电路	130
7—4	用单晶体管开关的高比率脉冲计数器	131
7—5	廉价的电阻-晶体管逻辑计数电路	132
7—6	十道多路调制器	133
7—7	目视读出的环形计数器	134
7—8	带读出的 2-5 进制计数器	135
7—9	可控硅开关环形计数器	136
7—10	高速的缓冲触发电路	137
7—11	阳极触发环形计数器	138
7—12	基极选通的二进制电路	138
7—13	单晶体管环形计数器	139

第八章 斩波器电路

8—1	在解调器应用中协助斩波器的齐纳二极管	140
8—2	用斩波器稳定的直流运算放大器	141
8—3	平衡斩波器	142
8—4	带场效应晶体管斩波器的直流放大器	142

第九章 时钟电路

9—1	宽温度范围内提供定时脉冲的场效应晶体管和单晶体管	143
9—2	工作在 5 伏电源下的信号检波器	144
9—3	采用廉价集成电路门的精确数字时钟发生器	145
9—4	2 秒到 10 分钟的定时器	146
9—5	高精度 20 分钟延时电路	147
9—6	在低兆赫范围内工作的数字时钟发生器	148

9—7	时钟电路用的 100 千赫晶体	148
-----	-----------------	-----

第十章 比较器电路

10—1	少量元件计数的数字比较器	149
10—2	比较器加快了率表的响应	150
10—3	产生数字输出的相位比较器	151
10—4	采用隧道二极管触发器的电压比较器	152
10—5	线性地控制重复周期的比较器电路	153
10—6	单个运算放大器的电压比较器	154
10—7	稳定多谐振荡器的新型差分放大器	155

第十一章 变换器电路

11—1	比较器和交流耦合起直流变压器的作用	156
11—2	能做频率电压转换器的场效应晶体管相位检波器	157
11—3	用运算放大器抑制模拟数字变换器输入的线路噪声	158
11—4	仅用两个晶体管的零阻抗电流变换器	159
11—5	廉价和稳定的取样保持电路	160
11—6	改进线性和回扫的互补扫描电路	161
11—7	提供线性斜波的三端双向可控硅开关、单结型晶体管和场效应晶体管	162
11—8	精确而简单的模拟-频率转换器	162
11—9	单个晶体管作高压转换	164
11—10	电压频率变换器	165
11—11	简单的 2-5 进制→2-10 进制转换器	166
11—12	把正弦波转换成锯齿波或方波	167
11—13	由稳定的直流放大器组成的性能良好的电平变换器	168
11—14	提供直流线性对数转换的电路	169
11—15	复用单稳态简化了脉冲宽度转换器	171
11—16	用二极管防止变换器功率损失和烧坏	172
11—17	效率为 70% 的无变压器直流电压转换器	174
11—18	电压频率转换器	175
11—19	均方根值-直流转换器	175
11—20	2-10 进制译码驱动器	176
11—21	振铃扼流圈简化了直流-直流变换	176

第十二章 保护电路

12—1	稳压器的短路保护	177
------	----------	-----

12—2	小功率的短路保护	178
12—3	单稳态基极发射极保护	178
12—4	减少功率耗散的过载保护	179
12—5	给出过载保护的串联稳压器	180

第十三章 分频电路

13—1	单晶体管和交流电源用于分频	181
13—2	级联单晶体管张弛振荡分频器	182
13—3	单个晶体管在雪崩状态下作分频器	183
13—4	十分频振荡器	183
13—5	亚音频频率计	185
13—6	五级环形分频器	186
13—7	隧道二极管分频器	187

第十四章 电源电路和稳压器电路

14—1	电源槓杆保护电路的精确调节	188
14—2	返波振荡器灯丝电源	190
14—3	用低压电源向氖灯供电的电路	190
14—4	具有弯曲输出特性的电源电流的短路负载	191
14—5	用简单电路保护的电源	192
14—6	简单稳压器中用场效应晶体管稳定齐纳电流	193
14—7	扩大齐纳稳压范围的固定偏置	194
14—8	具有最佳增益的并联稳压器	195
14—9	温度稳定的廉价的6伏基准电源	196
14—10	不必使电路断开的负载电流监测器	198
14—11	防止电源损坏监视三相线路的监测器	199
14—12	前置稳压器中的齐纳二极管降低了串联调整晶体管功耗	200
14—13	探测电源线路瞬变的齐纳电路	201
14—14	转换精确直流电压的反接晶体管	202
14—15	给出可变直流基准的改进的稳压器	202
14—16	串联调整稳压器	203
14—17	适用于逻辑电路的稳压器	204
14—18	15伏线性串联分流器	204
14—19	互补恒流源	205
14—20	精密恒流源	205
14—21	用于大电流逻辑电路的5伏电压源	206

第十五章 温度控制电路

15—1	用二极管和廉价的运算放大器构成精密恒温器	207
15—2	保持小片的基片温度稳定的调节器	208
15—3	热电偶校正	210
15—4	采用运算放大器的精密温度控制	211
15—5	光电倍增管的温度补偿	211
15—6	在温度调整器中作为传感器的晶体管	213
15—7	用可控硅整流器控制恒温箱	213
15—8	晶体管温度计	214
15—9	宽范围二极管温度计	214
15—10	用热敏电阻作炉温控制的传感器	215

第十六章 振荡器电路

16—1	宽频带线性电压可控振荡器	216
16—2	用两个运算放大器简化振荡器的设计	217
16—3	采用石英晶体的宽频带振荡器	218
16—4	用一个晶体管制作甲类振荡器	219
16—5	改进的级联间歇振荡器	219
16—6	三角波和方波	221
16—7	控制脉冲宽度和间距的可变振荡器	221
16—8	不需要精密元件的稳定的单结晶体管电压可控振荡器	223
16—9	采用负反馈的间歇振荡器	224
16—10	石英晶体同步张弛振荡器	225
16—11	线性电压可控振荡器	226
16—12	用一块水银电池工作的晶体控制振荡器	226

第十七章 其他电路

17—1	可控硅整流器使单稳态线圈驱动器简化	227
17—2	在宽范围内适用的光电倍增管滤波器	228
17—3	用串联电阻改进电位器线性	229
17—4	组合灯驱动器和故障指示器	231
17—5	灯驱动器把远距离显示单元的连线减到最少	232
17—6	氖泡指示器的低压晶体管驱动电路	233
17—7	可调的低阻抗齐纳电路	234

17—8	移相大到 360° 的方波成形器	235
17—9	配对晶体管的几种电路	236
17—10	光脉冲遮断报警接收装置	238
17—11	将数字数据与载波分开的低电流可控硅整流器电路	239
17—12	校核热电阻的反馈电路	239
17—13	共地桥式电路	241
17—14	核辐射闪烁计	242
17—15	用电源测试器作为交流噪声计比用示波器的更优越	243
17—16	用复铜板做成的触动开关	244
17—17	保持电压表稳定的源极输出器对	245

第一章 脉冲电路

1—1 高速饱和型单稳态电路

此电路比通常采用的最小脉冲宽度约为 100ns 的固体组件单稳态电路具有较好的性能。一种改进后的输入触发电路，允许输出脉冲宽度小于 30ns 。脉冲宽度与触发脉冲的持续时间和振幅无关。

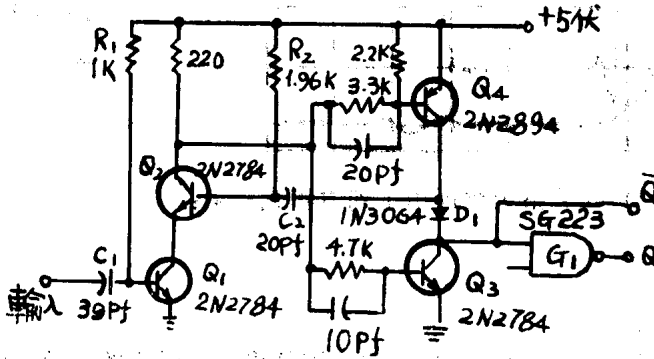


图 1—1 Q_2 和 Q_4 的推挽作用，和特殊的触发电路 (Q_1, R_1, C_1)，使此单稳态产生相当快的脉冲。

按照图 1—1 表示的元件值，在 -55° 到 $+80^\circ\text{C}$ 的温度范围内，此电路保持 $30\text{ns} \pm 5\text{ns}$ 的脉冲宽度。对于大于 200ns 的脉冲宽度，在同样的温度范围内，其变化小于 1%。

电路工作情况如下：开头， Q_1, Q_2, Q_4 和 G_1 全部导通， Q_3 截止。接着，输入端的一个负向阶跃将 Q_1 截止。由于此时 Q_2 发射极处于开路状态，于是 Q_2 截止。然后 Q_4 和 G_1 截止，而 Q_3 导通。

当 Q_3 导通时， C_2 换向，并在电容器通过 R_2 放电时使 Q_2 保持截止。当 Q_2 基极电压达到晶体管的门限电平时， Q_2 导通。然后 Q_2 的集电极电压将 Q_3 截止， Q_1, G_1 导通。

应当注意， Q_2 导通之前， Q_1 再次导通。同时也应注意， C_1 通过有源负载晶体管-晶体管逻辑输入而迅速充电。当 Q_4 导通时， C_2 由 Q_4 迅速充电，这样，创造了恢复快的条件。

在设计此种电路的时候，必须切实保证 $R_1 C_1$ 小于 $R_2 C_2$ 。后者的时间常数将控制脉冲宽度。二极管 D_1 使 C_2 两端的起始电压降低，以便使 Q_2 基极-发射极结不至于击穿（对于 $2N2784$ ， $BV_{EBO} = 4\text{V}$ ）。二极管也可补偿由于 Q_2 基极发射极“导通”电压的温度漂移而引起的 C_2 两端起始电压的变化。

其他一些由负向输入触发的单稳态电路，其缺点是二极管和附加的电容器必须包括在 Q_2 基极电路之中。采用这种类型的电路，触发电容器有使计时电容器部分放电的趋势，从而产生一种其宽度随触发脉冲的振幅和持续时间变化的输出脉冲。

不过，如用这里所示的安排方法，触发电路 (Q_1, R_1 和 C_1) 并不与定时元件 (R_2 和 C_2) 相互影响。

晶体管 Q_3 和 Q_4 以推挽方式工作，以使导通的晶体管把饱和的晶体管拉向它的线性区域。这种安排能使存储时间减到最少，并提供高速晶体管-晶体管逻辑互补的输出。典型的输入和输出波形如图 1—2 所示。

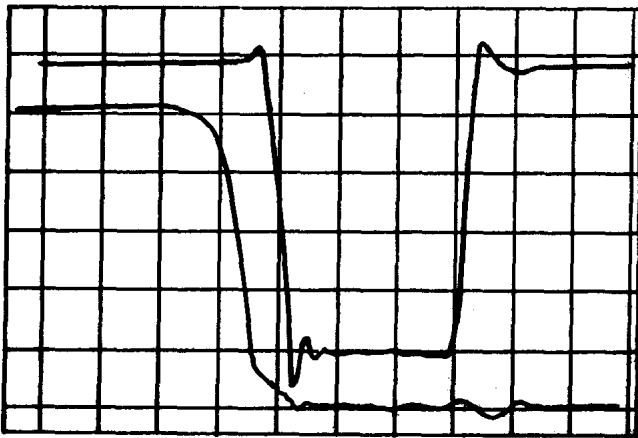


图 1—2 图 1—1 电路的输入(下)和输出(上)的典型波形。水平刻度为 10ns/格，垂直刻度为 1V/格，

脉冲宽度 (ns) 与 C_2 值 (pf) 的关系大致可用下列方程式表示：

$$C_2 = \frac{\text{脉冲宽度}}{0.7R_2}$$

(式中, R_2 用 $K\Omega$ 表示)

虽然这里叙述的为分立元件电路，但高速单稳态也可安装成一个混合的或单片的固体组件。但是，应当注意， Q_4 是一个 pnp 晶体管，所以把它安排在同一块基片上，从经济上考虑是行不通的。

译自：EEE, Vol.16, No.5, P122-3, 1968.

1—2 串联施密特触发电路

互补晶体管或是两个导通，或是两个截止，用于触发器、比较器、双稳态、单稳态和振荡器，可节省功率。使用 20V 的电源时， R_{E1} 是 15K Ω ， R_{C2} 是 3K Ω ， R_{E2} 是 1K Ω 。

译自：S.E.C., P810, 1968.

原文载：Electronics, Vol.35, No.35, P52-53, 1962.

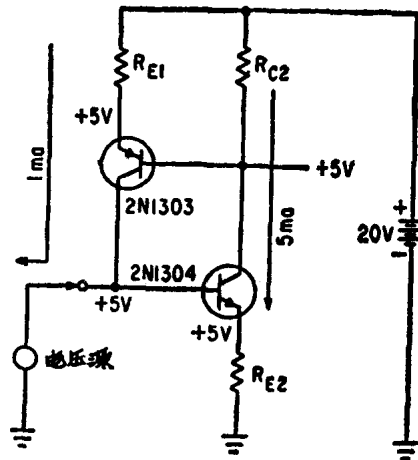


图 1—3 串联施密特触发电路

1—3 使电压与频率相乘的脉冲高度调制器

增加几个元件，一个运算放大器单稳态多谐振荡器可用作脉冲高度调制器。这种调制器可以在程序控制电路中作为模拟乘法器。如果用输入脉冲连续序列触发单稳态电路，而用直流输入电压同时控制输出脉冲高度，那么，输出脉冲的平均电压与输入频率和直流控制电压的乘积成正比。

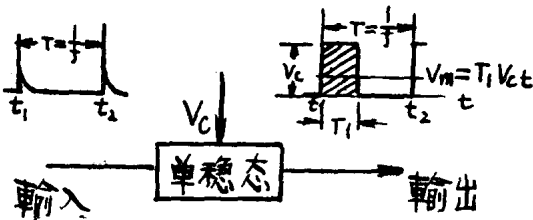


图 1—4 用电压控制的单稳态振荡器产生恒定宽度和可变高度的输出脉冲。整个周期 T 是输入频率的倒数，因此，平均输出电压与 f 和 V_c 之积成正比。

从图 1—4 中，可以比较清楚地看到这种比例关系的发生情况。输入脉冲序列，其重复频率为 f ，周期为 T ，触发单稳态产生具有同样周期 T 的输出脉冲。脉冲高度与控制电压 V_c 完全相等。因为 V_m 是平均输出电压，

$$V_c T_1 = T V_m \quad (1-1)$$

(这里， T_1 为输出脉冲宽度)，但是， $T = 1/f$ ，因此，

$$V_m = T_1 V_c f \quad (1-2)$$

同样，在一个设计良好的单稳态中，我们可以保证使 T_1 只由 RC 的时间常数决定，不受输入振幅或频率变化的影响。因此，

$$V_m = k V_c f \quad (1-3)$$

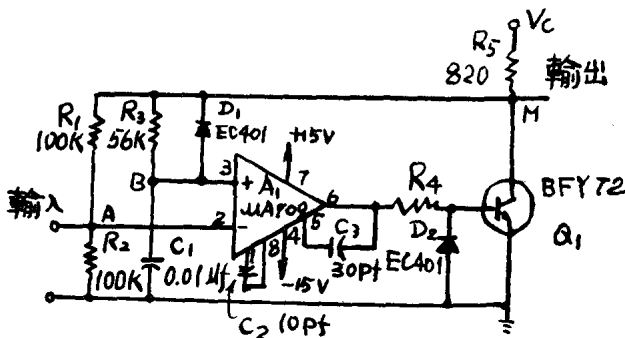


图 1—5 此实际电路可用于 1 Hz 到 1 KHz 的输入频率和 0.1 到 15V 的控制电压。应注意，A, B 之间的电压平衡不取决于 V_c 。因此脉冲宽度仅取决于 R_3 与 C_1 的值。

图 1—5 所示是一个完整的脉冲高度调制器的实际电路。电路适用于输入频率在 1Hz 到 1KHz 之间，控制电压在 0.1 到 15V。乘法精确度为 0.1% 左右（与最大输入频率和控制电压相比）。

此电路工作情况如下：正向输入脉冲的前沿把单稳态电路触发到它的不稳定状态。A 点被驱至比 B 点更正的电位。这样， A_1 的输出电压降至最大的负值，于是使 Q_1 截止。随着 Q_1 的截止，M 点的电压值接近于 V_c ，在 A 点产生一个电压 $V_c/2$ 。B 点的电压接着开始以时间

常数 $R_3 C_1$ 所决定的速度按指数规律变化。一旦 A 和 B 的电压再相等时，电路又恢复到稳定状态。

应当注意，B 点变化到 A 点电平所需要的时间不取决于 V_c 。这是因为元件 R_1, R_2, R_3 和 C_1 构成一个桥式网路，其平衡条件与 V_c 无关。只有时间常数 $R_3 C_1$ 决定单稳态的恢复时间。对于这个电路， T_1 为 0.4ms。

电容器 C_1 通过并联的 D_1, R_3 和 Q_1 放电。实际上，单稳态恢复时间的精确度在一定程度上取决于 C_1 放电时能达到的最小电压。因此， Q_1 必须有一个低饱和电压 V_{CE} 。 V_{CE} 的数值直接影响乘法器精确度，这从下面的方程中可以看出：

$$V_m = T_1 V_c f + V_{CE} \quad (1-4)$$

Q_1 采用的欧洲规格的晶体管可用任何合适的低 V_{CE} 的开关型晶体管替换。如方程(1-4)式所示， V_{CE} 决定了控制电压 V_c 的最小实用值。

很明显，要获得好的性能， V_c 的电源阻抗应当很低。同样，为获得一个平滑的平均输出电压，在乘法器的输出端需要一个低通滤波器。这在电路图中没有表示出来。

译自：EEE, Vol. 16, No. 7, P99-100, 1968.

1-4 二极管耦合施密特电路

本电路用于对开关放大器、波形整形电路和电压或电流监测电路作直流电压的脉冲宽度调制。由 Q_2 构成的二极管的低动态电阻使滞后(导通和截止之差)降到 10mV。

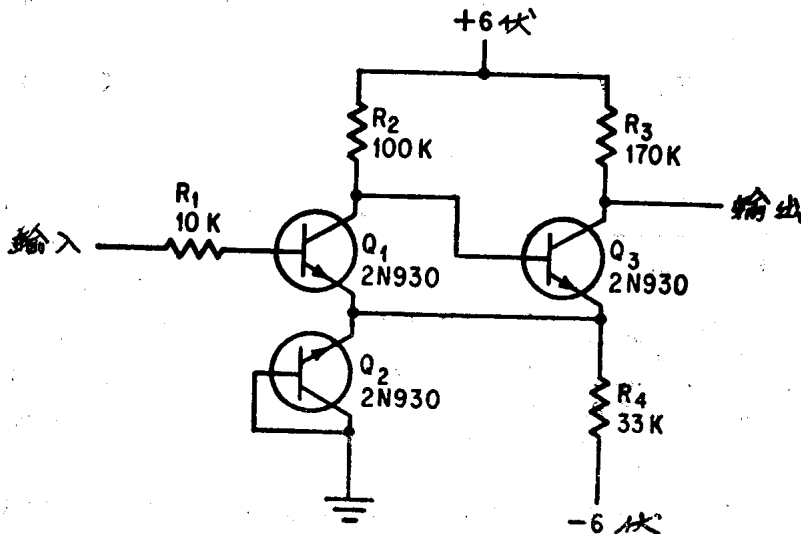


图 1-6 二极管耦合施密特触发器

译自：S.E.C, P811, 1968.

原文载：Electronics, Vol. 37, No. 31, P50-51, 1964.