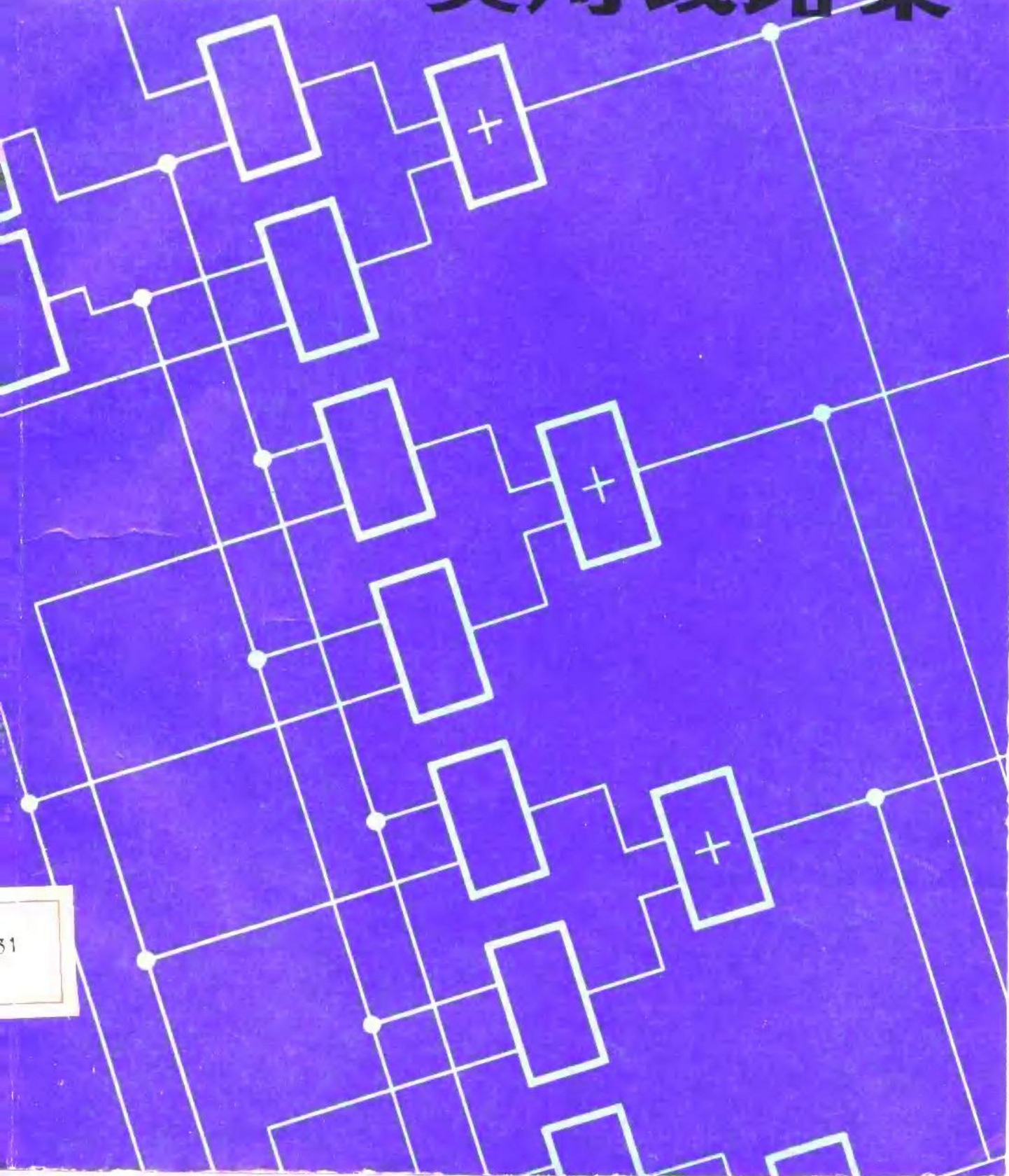


CMOS 实用线路集



内 容 提 要

本书以目前在国内外通用的 CC4000 系列的 CMOS 电路为基础,介绍近四百个各种 CMOS 数字电路的应用线路,同时也涉及一些常用的 CMOS 模拟电路应用实例。这些线路中有很大部分是反映近年来国内外在 CMOS 应用方面的新技术。本书内容新颖、实用性强,而且能启发读者的思路。它既能作为初次接触 CMOS 电路的人员的应用入门向导,又能作为电子线路设计师的必备查阅手册。

CMOS 实用线路集

施良驹 张惠泉 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 无锡县人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 339,000

1987 年 2 月第 1 版 1987 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—5,600

统一书号: 15119·2497 定价: 2.70 元

前 言

CMOS 电路具有低功耗、高速度、高密度以及高噪声容限、高输入阻抗、高摆幅等突出的优点,近年来越来越被人们所接受,成为一种主要的集成电路而广泛地应用于各个领域之中。由于上述原因,需要有一个比较全面的 CMOS 实用线路集,以便设计者随时查阅,更快地完成线路设计工作。本书就是在这种普遍要求下而编写的。

CMOS 电路的发展日新月异,不仅品种全而且涉及面广。目前国内除了早期开发的部标 C000 系列产品外,正在大量生产能与国际标准通用的 CC4000 系列的电路,而且能与 LSTTL 电路相容的高速 CMOS 也已投入市场。此外,CMOS 电路已深入模拟电路、微处理器、存储器、手表电路和通信电路等领域。为了使内容不致过于分散,本书的实例绝大部分还是针对采用中小规模的通用 CMOS 电路而设计的,此外还列入少量具有代表性的 CMOS 模拟电路的实用线路。为了便于与国外同类产品互换,基本上采用了 CC4000 系列的电路,但是其原理完全适合部标及高速电路。

本书所列的线路(包括一个小标题内的数个线路)总共有四百余例,它们的来源主要是:

1. 作者本人在长期工作中积累起来的。这些线路均从实际要求出发,又经实践验证。
2. 从近年来国外的杂志中精选出来的。在挑选过程中,充分考虑了原设计的实用价值,器件的来源以及语言的流畅性,所以我们不是简单的生搬硬套,而是参考这些线路的设计思想,进行修改和重写。

线路中的元器件,除了互换性很强的电路(例如门电路)以外,都标上了型号、管脚名称(或号码)和数值等,以便直接选用。但是实际情况是千差万别的,我们还是希望读者能根据具体要求作些修改,发挥最佳的性能。

尽管我们在编写本书时尽可能地考虑到可查性和实用性,但是必须指出:要想用本书所提供的有限的例子去包括 CMOS 电路应用的全部内容是不可能的。我们衷心希望读者能以创造的精神去阅读本书,以线路的设计思想去开拓思路。如能这样,那么,这几百个有限的线路将不“属于”作者本人,而是“属于”广大读者自己的财富,并发展出成千上万个新的实用线路来,这就是我们最大的愿望。

一九八五年十二月于上海

目 录

一、脉冲振荡器..... 1

1. 用反相器组成的多谐振荡器..... 1
2. 晶体振荡器..... 1
3. 用缓冲器组成的多谐振荡器..... 2
4. 可靠方便的异或门振荡器..... 2
5. 用锁定器组成的多谐振荡器..... 2
6. 用 D 触发器组成的多谐振荡器..... 3
7. 利用单稳态触发器的门控振荡器..... 3
8. 可变占空比斯密特振荡器..... 4
9. 用 CH7555 的多谐振荡器..... 4
10. 采用 CMOS 运算放大器的多谐振荡器..... 5
11. 断续音频振荡器..... 5
12. 扫频多谐振荡器(一)..... 6
13. 扫频多谐振荡器(二)..... 6
14. 占空比为 50% 的振荡器..... 7
15. 用电阻分压器调节振荡频率..... 7
16. 用异或门控制振荡频率..... 7
17. 可调脉宽和周期的振荡器..... 8
18. 用一块模拟开关电路的可编振荡器..... 8
19. 程序控制振荡器..... 9
20. 频率不变的门控振荡器..... 10
21. 产生完整脉冲的门控振荡器(一)..... 10
22. 产生完整脉冲的门控振荡器(二)..... 10
23. 固定直流分量的波群发生器(一)..... 11
24. 固定直流分量的波群发生器(二)..... 11
25. 示波器用的基准方波发生器..... 11
26. 宽范围调节的脉冲振荡器..... 12
27. 带重点符号的脉冲振荡器..... 12
28. 键控式八音频振荡器..... 13
29. 同步振荡器..... 14
30. 晶体振荡器的相位同步..... 14

二、脉冲发生器..... 15

31. 无抖动的单步脉冲发生器..... 15
32. 单步/步进脉冲发生器..... 15
33. 周期递增的脉冲发生器..... 15
34. 有查询功能的脉冲发生器..... 16
35. 双相时钟脉冲发生器..... 17
36. 对脉冲发生器..... 17

37. 任意时序脉冲发生器..... 18

38. 准随机脉冲序列发生器..... 18
39. 模拟随机符号脉冲发生器..... 20
40. 伪随机音调发生器..... 20
41. 用电网电压作时钟脉冲..... 21
42. 稳频脉冲发生器..... 21
43. 可设定占空比的脉冲发生器..... 22
44. 占空比和周期同时设定的脉冲发生器..... 22
45. 定数脉冲发生器(一)..... 23
46. 定数脉冲发生器(二)..... 23
47. 频率和数量均可设定的脉冲发生器..... 24
48. 可等待的时序脉冲发生器..... 24
49. 有时间间隔的时序发生器..... 25
50. 无尖脉冲的微机时钟发生器..... 26

三、单稳触发、延迟及脉冲展宽..... 27

51. 用门电路组成的单稳态电路..... 27
52. 用 D 触发器组成的单稳态电路..... 27
53. 用 RS 触发器组成的单稳态电路..... 28
54. 用 CH7555 定时器组成的单稳态电路..... 28
55. 温漂小的单稳态电路..... 29
56. 低功耗单稳态电路(一)..... 29
57. 低功耗单稳态电路(二)..... 29
58. 可提供两个宽度的单稳态电路..... 30
59. 提供多相脉冲的单稳态触发器..... 30
60. 同步式单脉冲发生器(一)..... 31
61. 同步式单脉冲发生器(二)..... 31
62. 同步式单脉冲发生器(三)..... 32
63. 可设定宽度的同步式脉冲发生器..... 32
64. 数字式单稳态触发器(一)..... 33
65. 数字式单稳态触发器(二)..... 33
66. 数字式单稳态触发器(三)..... 34
67. 数字式单稳态触发器(四)..... 34
68. 脉冲展宽器..... 34
69. 能判断极性的脉冲展宽器..... 35
70. 脉冲宽度放大器..... 35
71. 随机脉冲宽度发生器..... 36
72. 精密脉冲宽度发生器..... 36
73. 简单的脉冲延迟电路..... 37

74. 脉冲延迟器.....	38	116. 先开后关的程序控制器.....	64
75. 上升时间可变的延迟电路.....	38	117. 按键式电子锁.....	64
76. 模拟存贮器及音频延迟.....	39	118. 直流电机旋转量的控制电路.....	65
77. 可兼作窄脉冲滤波器的全脉冲延迟器.....	40	119. 水位报警电路.....	66
78. 全脉冲延迟器.....	41	120. 简单型液位控制器.....	66
四、波形发生器.....	43	121. 单线水位控制器.....	67
79. 用数字方式产生正弦波电路(一).....	43	122. 两个方波的超前滞后控制电路.....	68
80. 用数字方式产生正弦波电路(二).....	43	123. 脉冲极性自动修正电路.....	68
81. 用数字方式产生正弦波电路(三).....	44	124. 用电阻作数字比较器.....	69
82. 三相数字式正弦波发生器.....	45	125. 光电转换控制电路.....	69
83. 单电源工作的文氏电桥振荡电路.....	46	126. 高抗干扰的启动/停止控制电路.....	70
84. 用逻辑门的正弦波振荡器.....	47	127. 三相步进电机的控制和驱动电路.....	70
85. 整数周期正弦波的过零控制.....	47	128. 四相步进电机脉冲分配器.....	71
86. 积分式正弦波发生器.....	48	129. 首入信号开关隔离器.....	72
87. 斜波电压发生器.....	48	130. 模拟信号隔离器.....	73
88. 数字式三角波发生器.....	49	131. 静噪电路.....	74
89. 开关式三角波发生器.....	49	132. 闪光灯用从触发器.....	74
90. 阶梯波发生器(一).....	50	133. 发报机头控制振荡驱动电路.....	75
91. 阶梯波发生器(二).....	50	134. 数字电位器.....	75
92. 可调相位的双阶梯波发生器.....	51	135. 过压保护电路.....	76
93. 可变间距的阶梯波发生器.....	51	136. 可控硅导通角的数字控制.....	77
94. 音频包络发生器.....	52	137. 倒相跳闸保护电路.....	77
95. 三角波、方波数控函数发生器.....	52	七、转换器.....	79
96. 合成波形发生器.....	53	138. 利用单稳态触发器的 F/V 转换器.....	79
五、开关和防抖线路.....	54	139. 宽范围高线性 F/V 转换器.....	79
97. 程序按键开关.....	54	140. 差频至电压转换器.....	80
98. 可锁定多路开关(一).....	54	141. 起始点不为零的 V/F 转换器.....	80
99. 可锁定多路开关(二).....	55	142. 一个简单的 V/F 转换器.....	81
100. 遥控转换开关.....	55	143. 用 CH7555 定时器的 V/F 转换器.....	82
101. 无触点接近开关.....	56	144. 用 CMOS 运算放大器的 V/F 转换器.....	82
102. 感应式触摸开关(一).....	56	145. 光电流/频率转换器.....	83
103. 感应式触摸开关(二).....	56	146. BCD 码 D/A 转换器.....	83
104. 电阻式触摸开关.....	57	147. 开关式 D/A 转换器.....	84
105. 电容式触摸开关(一).....	57	148. 脉宽调制式 D/A 转换器.....	84
106. 电容式触摸开关(二).....	58	149. 简易四位 A/D 转换器.....	85
107. 触摸式多路选择开关.....	58	150. 阶梯比较型 A/D 转换器.....	85
108. 触摸式调谐器.....	59	151. 逐次比较型 A/D 转换器.....	86
109. 触控电压发生器.....	59	152. 直接比较型 A/D 转换器.....	87
110. 机械开关防抖器.....	60	153. t/V 转换电路.....	88
111. 消除脉冲沿抖动的电路.....	60	154. $t-1/t$ 数字量变换.....	88
六、控制及自动调节.....	62	155. 直流变换器(一).....	89
112. 尖脉冲消除电路.....	62	156. 直流变换器(二).....	89
113. 正负噪声脉冲消除电路.....	62	157. 选通型倍压器.....	89
114. 双相数据的噪声消除电路.....	63	158. 提供双向电压的直流变换器.....	90
115. 自动关电源电路.....	63	159. 兼作电平扩展的电源变换器.....	91

八、触发器、计数器和移位寄存器.....92

- 160. 用门电路构成的一组 RS 触发器92
- 161. 改进型 RS 触发器(一)92
- 162. 改进型 RS 触发器(二)92
- 163. 逻辑门组成的斯密特触发器93
- 164. 由 CH7555 定时器组成的斯密特触发器94
- 165. 由运算放大器组成的斯密特触发器94
- 166. 可调回差斯密特触发器95
- 167. 简单的十分频同步计数器95
- 168. 约翰逊计数器的功能扩展96
- 169. 约翰逊计数器的错误状态的修正96
- 170. 三进制可逆计数器97
- 171. 前后沿触发的移位寄存器98
- 172. 可避开计数死区的延迟电路98
- 173. 消除双时钟计数器的错误计数电路99
- 174. 重合脉冲分离器100
- 175. 无溢出的加减计数器100
- 176. 带全零输出的十进制计数器101
- 177. 利用异或门组成可逆计数器102
- 178. 用八位计数器处理同时输入的脉冲103
- 179. 用或非门启动移位寄存器103

九、数码的变换、运算和接口.....105

- 180. $1\frac{1}{2}$ 位 BCD-二进制变换器105
- 181. BCD-二进制静态变换器(一)105
- 182. BCD-二进制静态变换器(二)106
- 183. BCD 和二进制之间的动态变换107
- 184. 二进制-BCD 动态变换器107
- 185. 四位二进制-BCD 变换电路108
- 186. 二进制-BCD 静态变换器109
- 187. 七段-十进制或 BCD 变换器109
- 188. 8421 的 BCD-2421 的 BCD 变换器110
- 189. 格雷码和二进制码之间的变换110
- 190. 并-串和串-并转换器111
- 191. 64 键 ASCII 码编码器111
- 192. 从四位键盘产生八位数112
- 193. 扫描式键盘编码器113
- 194. 用全加器计有效端的个数114
- 195. 十进制补码转换器114
- 196. 二进制补码转换器115
- 197. 三态控制115
- 198. 三态总线的偏置116
- 199. $F+2X+1 \rightarrow F$ 变换电路116
- 200. 按键式脉冲编码器117
- 201. 串行的脉宽调制信号-并行码转换器118
- 202. 拨盘开关与微型计算机接口118

- 203. 把数码变换为串行脉冲119
- 204. CMOS 电路的电流扩展120
- 205. 工业控制系统至 CMOS 的接口121
- 206. TTL-CMOS 接口121
- 207. 运算放大器-CMOS 接口122
- 208. CMOS-TTL 接口122
- 209. CMOS-HTL 接口123
- 210. CMOS-NMOS 接口123
- 211. CMOS-PMOS 接口123

十、调制和解调124

- 212. 宽波段 FM 解调器124
- 213. 用数字电路检测调频信号124
- 214. 用锁相环构成的 FM 解调电路125
- 215. 利用门控振荡器的 FSK 调制器125
- 216. 用门电路组成的 FSK 发生器125
- 217. NRZ 信号的变换和调制126
- 218. FSK 数据的解调和同步译码126
- 219. 高分辨率的 FSK 解调器128
- 220. 包络线检出电路128
- 221. 脉宽编码器128
- 222. 单片脉宽调制器129
- 223. 数控脉宽调制器129
- 224. 带有极性的压控脉宽调制器130
- 225. 模拟式脉宽调制器130
- 226. 脉冲式鉴频器131
- 227. 简单的脉冲分离器131

十一、鉴别和检测电路132

- 228. 脉宽鉴别器(一)132
- 229. 脉宽鉴别器(二)133
- 230. 脉宽鉴别器(三)133
- 231. 周期鉴别器134
- 232. 奇偶位发生器134
- 233. 奇偶校验电路135
- 234. 脉冲个数的奇偶校验135
- 235. 正交双向脉冲判别(一)136
- 236. 正交双向脉冲判别(二)136
- 237. 捕获并显示脉冲第一沿的方向137
- 238. 单向移动检测137
- 239. 移动方向检测138
- 240. 脉冲先后检测138
- 241. 电网频率检测139
- 242. 检测电网断电140
- 243. 直流电源低压检测140
- 244. 直流电压判别器141
- 245. 频移检测器141

246. 频率鉴别器	141	290. $3^{1/2}$ 位数字电压表(一)	169
247. 频率窗口检测	142	291. $3^{1/2}$ 位数字电压表(二)	171
248. 有滞后特性的频率检测器	143	十三、相位处理和检测	172
249. 第一响应鉴别器(一)	144	292. 三相脉冲发生器(一)	172
250. 第一响应鉴别器(二)	144	293. 三相脉冲发生器(二)	172
251. 第一响应鉴别器(三)	145	294. 三相脉冲发生器(三)	173
252. 简易锁相指示器	145	295. 三相脉冲发生器(四)	173
253. 锁相环的锁定显示	146	296. 多相位发生器	173
254. 零交脉冲检测电路	146	297. 精密相位参考	174
255. 可调阈值的 CMOS 门比较器	146	298. 数字移相器	175
256. 简易窗口电压比较器	147	299. 分辨率为 22.5° 的数控相移器	175
257. 时钟漏失检测电路	148	300. 简单的相位比较电路	176
258. 数据总线监测	148	301. 相移校准计	177
259. 峰值检测器	149	302. 锯齿波相位检测器	177
260. 多路循环检测	149	303. 用异或门构成完整的锁相环	178
261. 同轴电缆故障检查	150	304. 正交相位计	178
十二、测试线路	151	305. 三相指示	179
262. 不用电源开关的逻辑探头	151	306. 三相判别	180
263. 能显示五种状态的逻辑探头	151	307. 音频相位计	181
264. 字形显示逻辑探头	152	十四、定时线路	183
265. 能展宽脉冲的逻辑探头	153	308. 秒信号发生器	183
266. 4×2 门电路的逻辑功能测试仪	154	309. 从 50 Hz 产生分信号	183
267. 通断讯响器	154	310. 长时间定时器	184
268. 数字电路初测器	155	311. 线性定时器	184
269. 二极管音响测试仪	155	312. 报警定时器	185
270. 晶体管简易测试仪	156	313. 用数字比较器作定时控制器	185
271. 简单的运算放大器测试仪	156	314. 可编二进制定时器	186
272. 低频频率计	157	315. 继电器校验用计时器	186
273. 指示频率变化趋势	157	316. 利用 50 Hz 电网的延时继电器	187
274. 电网频率指示	158	317. 可调时间序列发生器	188
275. 脉宽测量	158	318. 可触发扫描时基	188
276. 脉宽差的直接测量	159	319. 能显示剩余时间的定时器	189
277. 简单可行的电容测试仪	160	十五、频率的处理及检测	191
278. 微分式电容计	161	320. 简单的可控分频器	191
279. 积分式电容计	162	321. 不用门复位的分频器	191
280. 数字式小电容测试仪	163	322. 可编分频器(一)	192
281. 中心指示式电容仪	164	323. 可编分频器(二)	192
282. 给数字万用表加装电容档	165	324. 可编分频器(三)	193
283. 继电器接触测试	165	325. 可编分频器(四)	193
284. 保险丝测试	166	326. 可编占空比的分频器	194
285. 电导计	166	327. 对称输出的可编 N 分频器	194
286. 用示波器比较不同的电压	167	328. 奇数和半数分频的构成	195
287. 锁相环瞬时响应测试	167	329. 对称脉冲至对称脉冲的奇数分频	196
288. 微电流表	168	330. 简单的非整数分频器	196
289. 变量程高阻电压表	169	331. 模拟式分频器(一)	197

332. 模拟式分频器(二)	197	356. 简单的压控衰减器	210
333. 简单的倍频器	198	357. 数控电压放大器(一)	210
334. 有正负输出的简单倍频器	198	358. 数控电压放大器(二)	211
335. 输出对称方波的倍频器	199	359. 精确的数控放大/衰减器	211
336. 平衡输出的倍频/分频器	199	360. 数控电压衰减器	212
337. 用单稳态电路的倍频/分频器	200	361. 采用门电路的稳压电源	212
338. 采用锁相环的高倍频器	200	362. 0~50 V 连续可调的稳压电源	213
339. 简单的频差显示电路	200	363. 门控电流源	213
340. 差频检测	201	364. 数控双向电流源	213
341. 频率比较器	201	365. 低速积分器	214
342. 脉冲频率限制器	202	366. 低速微分器	214
343. 低通脉冲滤波器	202	十七、显示	216
344. 高通/低通脉冲滤波器	203	367. 双踪显示接口	216
345. 带通脉冲滤波器(一)	203	368. 四路显示开关	216
346. 带通脉冲滤波器(二)	203	369. 八通道显示接口	217
347. 无 RC 网络的带阻脉冲滤波器	204	370. 示波器的扫描速率低频扩展	217
348. 开关式选频器	205	371. 用两个LED显示六种状态	218
349. 频率平均器	205	372. 双向LED显示盘	218
350. 频率峰值保持电路	206	373. 两个LED显示模拟量	219
351. 将 RC 振荡器与电网同步	206	374. 前零消除电路	219
十六、线性运用	208	375. 随机数字显示	220
352. 门电路作交流放大器	208	376. 图象的局部显示	221
353. 用单电源的绝对值放大器	208	377. 用异或门作液晶驱动器	221
354. 门电路组成的积分器	209	378. 电视信号同步分离器	222
355. 斩波稳零放大器	209		

一、脉冲振荡器

1. 用反相器组成的多谐振荡器

用反相器可以构成许多简单的振荡线路*, 这里仅举常用的数例:

(1) 环形振荡器 它由奇数个反相器环形连接而成(图 1(a))。由于每级门的相移, 反馈后产生自激振荡。设门的级数为 N , 每门平均延迟时间为 t_p , 则振荡频率为: $f_0 = \frac{1}{2Nt_p}$ 。本线路振荡频率较高, 常用于间接地测量延迟时间。

若需改变频率可以改变反相门的级数或插入 RC 延迟网络。

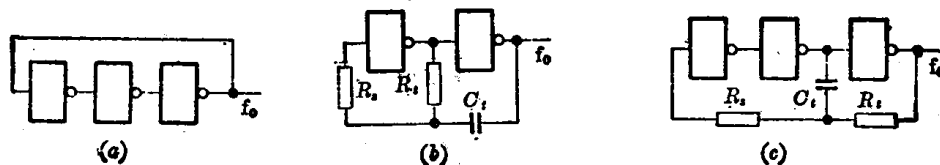


图 1

(2) 二门振荡器 由图 1(b) 中电容 C_i 的充放电造成反相器输入端电压的上下浮动而产生振荡。 R_s 应比 R_i 大数倍, 其作用是: 提供限流保护, 减小由于电源、温度的变化和器件的更换对振荡频率带来的影响。

本线路的输出频率 $f_0 \cong \frac{0.45}{R_i C_i}$ 。若门的阈值为电源的 $1/2$, 输出占空比应等于 50% 的方波。

(3) 三门振荡器 图 1(c) 所示线路的工作频率较高, 稳定性也较好。电阻 R_s 的作用与图 1(b) 相同。当 $R_s \gg R_i$ 时, $f_0 \cong \frac{0.45}{R_i C_i}$ 。

2. 晶体振荡器

图 1 示出的几个振荡器虽简单可靠, 但是稳定性不高。在一些精密定时线路中可采取

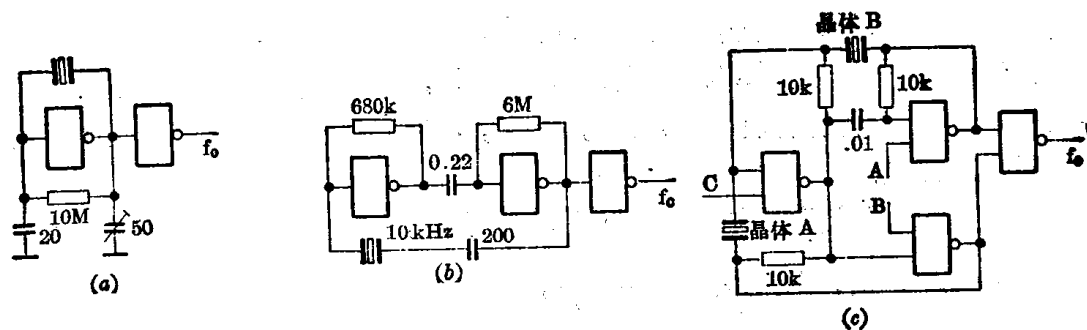


图 2

* 本书中线路与电路两名词通用。

* 图中① 电阻值用兆欧姆 ($1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$) 与千欧姆 ($1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$) 的简称 M 与 k 表示(下同);

② 电容值为微微法拉 ($1 \text{ pF} = 10^{-12}$ 法拉), 这里 pF 省略(下同)。

石英晶体和门电路组成的晶体振荡器。

图 2 所示的线路都是以反相器的放大作用为基础的。由于构成正反馈,在符合石英晶体谐振频率点上产生振荡,频率十分稳定。

图 2(a)采用 π 型网络,微调电容可略为改变频率。图 2(b)适用于频率较低(例如 10 kHz)的场合。图 2(c)的特点是可以进行数控,当 A 输入端为零时,电路振荡在晶体 A 的频率上;当 B 输入为零时,电路振荡在晶体 B 的频率上;当 C 输入为零时,线路停振。

3. 用缓冲器组成的多谐振荡器

用 CMOS-TTL 缓冲器 CC4049 组成的多谐振荡器(图 3),在原理上与一般门电路的振荡线路没有什么不同,但是它有一个优点:门的输入电压可以高于电源正端 V_{DD} 。

图中 R_t 和 C_t 是定时电阻和电容。在不同电源下,振荡频率与 R_t 、 C_t 的关系如下:

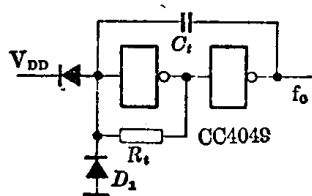


图 3

$$V_{DD}=5V: f_0 \cong \frac{1}{2.2R_t C_t}$$

$$V_{DD}=10V: f_0 \cong \frac{1}{1.8R_t C_t}$$

$$V_{DD}=15V: f_0 \cong \frac{1}{1.7R_t C_t}$$

D_1 是负向箝位保护二极管。虽然 CC4049 内部也有这样的二极管结构,但允许电流较小,一般外接更好。图中另一个二极管可在 $V_{DD} > 11.5V$ 时加上。

4. 可靠方便的异或门振荡器

由两个异或门、两个电阻和一个电容组成的门控振荡器可以很方便地进行控制,并且输出方波的上升和下降时间与频率无关。它可以代替图 1(b)的二门振荡器,后者在低电源电压、高频下工作,稳定性差。

在图 4 的线路中,电容 C 通过 R_1 交替充放电而产生振荡波形。 R_2 为门输入端的限流电阻。 R_1 和 R_2 取 $5k\Omega \sim 10M\Omega$ 的范围内, C 按振荡频率要求选取。在 $V_{DD}=18V$ 时,最高振荡频率 $f_{max}=5MHz$,最低振荡频率 $f_{min} \ll 1Hz$ 。

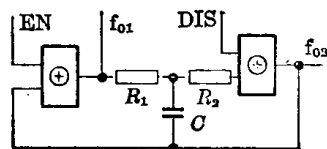


图 4

本线路有两个工作模式:(1) DIS 端固定为“0”(低电平)。

此时,若 EN 端为“1”(高电平),线路振荡,而 EN 端为“0”时停振,且输出保持 EN 下降沿时的电平。(2) EN 端固定为“1”。此时,若 DIS=“0”,线路振荡。而 DIS 端为“1”时停振,且输出保持 DIS 端上升沿瞬间相反的电平。因此,可以根据所要求的模式,用高电平或低电平来控制线路工作。

本线路工作的特点是: 占空比为 50%,控制灵活,有两个相位输出 f_{o1} 和 f_{o2} 。

当 $R_1=R_2=R$ 时,工作频率 $f_0 \cong \frac{0.56}{RC}$ 。

5. 用锁定器组成的多谐振荡器

图 5 是用 D 锁定器 CC4042 构成的多谐振荡器。当用 7.5V 电源和图示元件数值时,

振荡频率 $f_0 \approx 1\text{kHz}$ (频率由 R_2 决定)。 R_1 一方面起限流保护作用, 另一方面也可防止 Q 端因负载过重而输出波形劣化。

工作频率约为 $1/2R_2C$, 且与电源电压和阈值有关。

通过一个二极管可以控制振荡器的工作。当控制输入为高电平时, 二极管反偏, 线路正常工作; 当控制输入为低电平时, 锁定器的 D 端被强迫置于“0”, 输出恒为低电平。若二极管方向反接, 控制功能与上述相反。

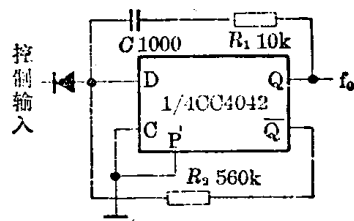


图 5

6. 用 D 触发器组成的多谐振荡器

用带有复位置位端的 D 触发器可以构成如图 6 所示的多谐振荡器, 其不仅占空比可调, 而且能按预定的相位启动。

暂且不考虑触发器 D 端和 C 端的作用, CC4013 将以 RS 触发器的形式工作。因 Q 端和 $\bar{Q}$ 端分别通过 R_2D_2 和 R_1D_4 对 C_2 和 C_1 充放电, 使触发器自动交替复位置位, 产生振荡脉冲波形。 D_2 、 D_4 的作用是给 C_1 和 C_2 提供快速放电通道。输出维持高电平和低电平的时间分别由 R_2 和 R_1 调节。

触发器的 C 端加上控制电平可对多谐振荡器进行启动控制。当控制电平为“1”时, D_1 、 D_3 不起作用, 线路按上述过程振荡; 当控制电平为“0”时, S 和 R 端均被箝位在低电平上, 线路停振。

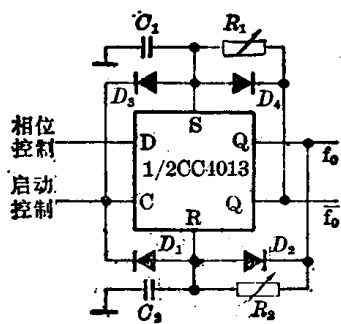


图 6

在 D 端加上控制电平可对多谐振荡器进行相位控制。在振荡器启动的瞬间, 若 D 端为高电平, 则 Q 端输出“1”, 振荡将从高电平开始。反之, D 端为“0”时启动, 振荡将从低电平开始。

此外, 一旦启动控制电平变低, 振荡输出将维持此时的电平。

7. 利用单稳态触发器的门控振荡器

图 7(a) 所示的门控振荡器, 当控制信号(in)为“1”时, 将与非门打开, 并允许单稳态触发器 M_1 工作。每当 M_1 的单稳期结束, 其 $\bar{Q}$ 输出上升时, 立即重新触发 M_1 , 开始第二个周期, 如此循环。振荡周期取决于 R_1C_1 , 其 Q 端负脉冲的宽度极窄, 仅等于 M_1 的延迟时间。第二级单稳态触发器 M_2 用作展宽脉冲。

本线路既可作门控振荡器, 又可作同步型振荡器, 其波形图示于图 7(b)。

二级单稳态触发器环形连接可组成占空比可调的多谐振荡器, 见图 7(c)。\$M_1\$ 的单稳期结束, 触发 \$M_2\$, 而 \$M_2\$ 单稳期结束时又触发 \$M_1\$, 如此循环。

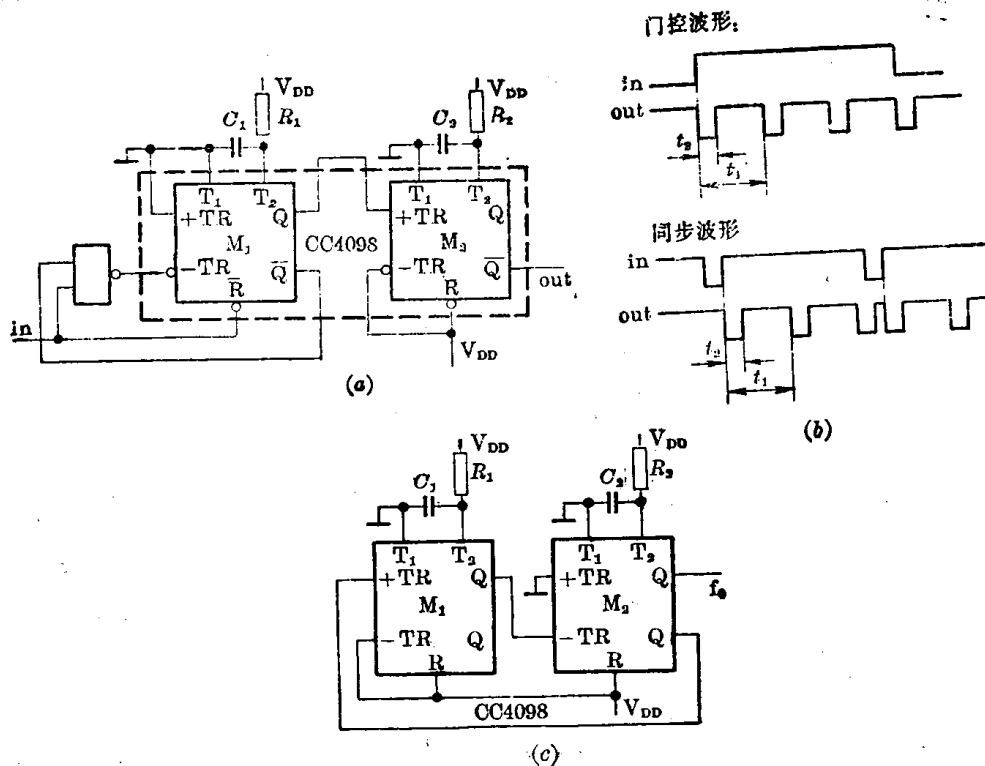


图 7

8. 可变占空比斯密特振荡器

用斯密特反相器可构成最简单的多谐振荡器, 见图 8(a)。因为斯密特触发器有高低两个阈值 \$V_{TH}\$ 和 \$V_{TL}\$, 输出端的电平通过 \$R\$ 使 \$C\$ 充放电, 电位始终在 \$V_{TL}\$ 和 \$V_{TH}\$ 之间摆动, 在输出端产生振荡脉冲, 其振荡频率 \$f_0 \approx 1.4/RC\$。

若将 \$R\$ 用两个电阻和两个反相的二极管来代替, 使这个振荡器充放电有不同的通道, 改变 \$R_1\$ 和 \$R_2\$ 就可任意选择 \$t_1\$ 和 \$t_2\$, 产生占空比不同的脉冲, 见图 8(b)。

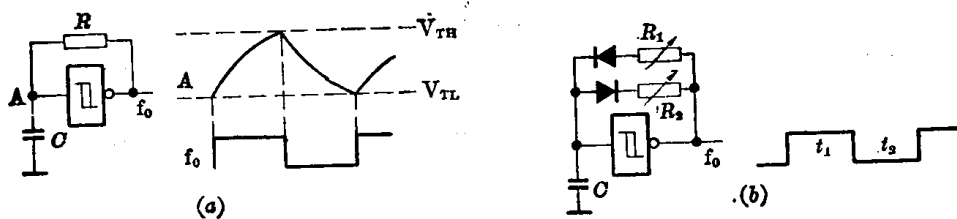


图 8

9. 用 CH7555 的多谐振荡器

图 9 是用 CMOS 定时器 CH7555 组成的多谐振荡器线路。电源接通, 通过 \$R_1\$、\$R_2\$ 对电容 \$C\$ 充电, 同时输出为高电平。当电容上电压达到电源电压 \$V_{DD} 2/3\$ 时, 输出翻转为 0, DIS 端对地接通, 电容通过 \$R_2\$ 和 DIS 端放电, 直至电压下降到电源电压 \$V_{DD} 1/3\$ 时, 输出重新翻转为 1, 如此周而复始, 产生振荡。

振荡周期 $T = t_1 + t_2$, 其中 $t_1 = 0.693(R_1 + R_2)C$, $t_2 = 0.693 R_2 C$ 。

这个振荡器具有如下特点:

- (1) 占空比不等于 50%, t_2 总是小于 t_1 。
- (2) 振荡稳定, 且与计算值接近。
- (3) 频率与电源大小几乎无关。

此外, 如果利用控制端外加电压可以调节振荡频率。但控制电压 V_c 对 t_2 不产生影响, 仅使 t_1 改变, 即 $t_1 = -(R_1 + R_2)C \ln \left(1 - \frac{V_c}{2V_{DD} - V_c} \right)$

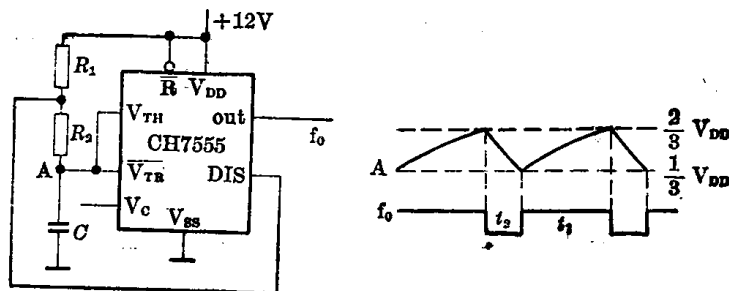


图 9

10. 采用 CMOS 运算放大器的多谐振荡器

用 CMOS 运算放大器组成的多谐振荡器可使用单电源, 其输出幅度大, 稳定性好。由于 CMOS 运算放大器的输入阻抗极高, 可采用很大的定时电阻, 因此, 频率调节范围大。图 10 的线路是由接成反相式斯密特触发器的 OH3130 和 RC 网络构成的。电源用 15V, 触发器的高低两个阈值为 5V 和 10V, 振荡频率 $f_0 = 1/1.4 RC$ 。

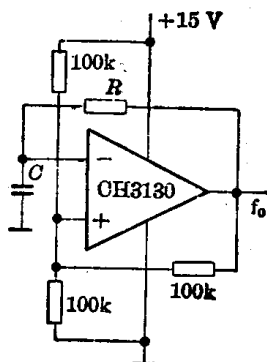


图 10

11. 断续音频振荡器

图 11 电路能产生断续的音频信号, 它的起振原理和图 1(b) 的双门振荡器相同, 但是还利用了 CMOS 电路动态工作时功耗明显增加的特点。在电源线中串入较大的电阻 R 。当多谐振荡器起振后, 电流增大, 在 R 两端产生较大的压降, 从而使电路的供电电源不足, 输出幅度降低直至停振, 但停振后, R 上的压降减小, 电路供电电压上升, 重新起振, 随后不断循环以上过程。这种断续音频振荡器得到的音频信号, 具有双音调和多音调的特点, 可以广

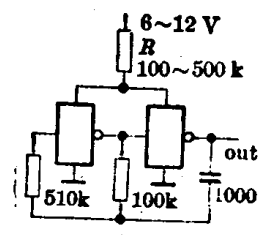


图 11

泛使用在报警器和电子门铃中作为振荡信号源。线路的特点是功耗小。实验表明,用一只充满 6 V 电压的 1000 pF 电容作为电源的话,能维持线路连续工作 5 min 以上。如果输出端接上高阻耳塞机,可听到清晰的、有强弱变化和音调变化的断续声音。此电路稍作改进(降低频率,加接驱动),还可用于电子催眠器。

12. 扫频多谐振荡器(一)

采用两块电路可以构成一个简单的小功率扫频器。其中两个反相器组成一个振荡器,而它的振荡频率与场效应管的实际内阻有关,并由栅极电压所控制。控制电压是利用 CH7555 时基电路接成多谐振荡器的电容上的斜坡电压。调节 W_1 可得到大约 0.1~10 Hz 的扫频速率。如果用恒流源取代 R_1 ,可得更好的扫描线性。

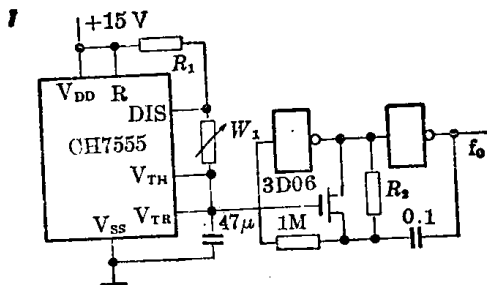


图 12

13. 扫频多谐振荡器(二)

图 13 只用一块电路 CC4069(6 反相器)以及几个电阻电容所构成。它具有简单、可靠、省电和带负载能力较强等特点。

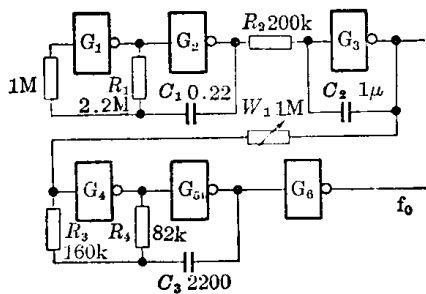


图 13

图中, G_1 和 G_2 组成低频调制脉冲振荡器。 G_2 输出的矩形脉冲经由 G_3 、 R_2 、 C_2 构成的积分器,在 G_3 输出一锯齿波,再经 W_1 衰减后,加到 G_4 的输入端。由于 CC4069 的转移特性有一段线性区,因此 G_4 输入电平的变化将引起输出电平反相线性变化,从而使 G_4 、 G_5 组成的主频振荡器的振荡频率在一定范围内随 G_4 输入端变化的锯齿波而连续改变,这样在 G_6 的输出端就得到扫频的脉冲波。

由于 G_4 的转移特性中线性区较窄,因此锯齿波幅度不可太大,否则将使 G_4 在一个扫频周期的大部分时间内处于开关状态,导致 G_6 输出间歇振荡。

用图示元件可得 1 Hz 左右的调制频率,即扫频周期为 1 s。中心频率为 2200 Hz 左右,扫频范围为 1800~2600 Hz。其计算公式如下:

$$\text{调制频率 } f_1 = \frac{1}{K R_1 C_1};$$

$$\text{中心频率 } f_2 = \frac{1}{K R_4 C_3}。$$

图中 $R_2 C_2$ 取 $\frac{0.1 \sim 0.5}{f_1}$ 。其中 K 是系数,当 V_{DD} 取 5~15 V 时, K 可取 2~2.5。

此外,在 G_1 的输入端串一个较大的电阻,可使 G_2 输出占空比为 50% 左右的近似方波。而适当加大 R_2C_2 ,可改善 G_3 输出锯齿波的线性。但用这种扫频电路作一般用途时,这些指标可不必严格要求。

14. 占空比为 50% 的振荡器

由 CMOS 门电路组成的多谐振荡器有一个主要缺点,即各门的阈值变化会引起占空比的变化。在一个基本的二门振荡器基础上再外加一个反相器和三个电阻,即可构成图 14 的电路。它可以抵消阈值变化的影响,得到理想的方波。

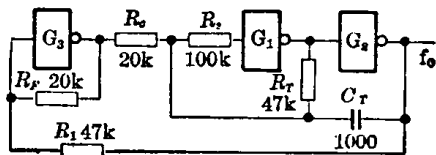


图 14

反相器 G_3 对 G_1 形成第二条负反馈道路,并以低闭环增益工作,类似于线性工作的运算放大器。若 $R_F/R_1 = R_C/R_T$,且所用三个反相器是同一封装,则它们的阈值接近,使 G_1 和 G_3 之间的阈值误差完全抵消。为使 G_3 的增益调整得不致于输出幅度饱和,故选择 $R_1/R_F = 2.33$,同时当 $R_C R_1 = R_F R_T$ 时,调整 G_3 到合适增益。在忽略分布参数的情况下, $f_0 = \frac{1}{R_T C_T}$,占空比为 50%。

由于 G_3 的加入,在使用相同的 R_T 和 C_T 值时,输出频率为图 1(b) 的两倍。

15. 用电阻分压器调节振荡频率

一般的门振荡器不大容易独立地高精度地设定最高、最低频率。但是,若在图 1(c) 多谐振荡器的基础上,加接一个电阻分压器,一次性微调就可精确地设定最高、最低频率,并且振荡频率上限与下限之比接近实际分压器的电阻比。

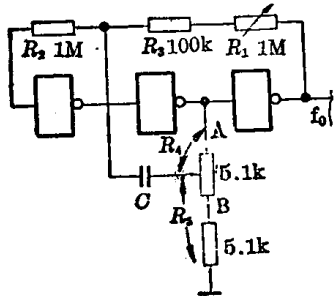


图 15

图 1(c) 的线路,一般来说,用可变电容是不经济的。虽可用电位器代替 R_i ,但因电路参数的不同将使调节的最高、最低频率也发生变化。

图 15 利用了分压器 R_4, R_5 。这样电容 C 不再以固定的电压充放电,而是从分压器接出充电电压。因此,用 R_1 改变电路的时间常数时,不会影响加到电容上的电压。

振荡频率的上限下限由 R_4 至 R_5 的交点位置即 R_4 和 R_5 的大小所决定。当交点在 A 时,电路将以 $f_0 = 1/2.2 R_1 C$ 的频率振荡,当交点位于 B 时,振荡频率将是 $f_0 = 1/1.39 R_1 C$ 。因此频率之比为 $2.2/1.39 = 1.58$ 。

由于电路中接入 R_4 和 R_5 ,使功耗电流有所增加。

16. 用异或门控制振荡频率

图 16 的上半部也与图 1(c) 相同,下半部加接一个异或门控制电路。当控制端 V_0 为高电平时,异或门 G_1 等效为一个反相器。这时因 A 点始终与 B 点相位相反而降低了电容的充放电速度,这时线路输出频率较低。若控制端 V_0 为低电平时, A、B 两点同相,使 R_1 和 R_2 ($R_2 \geq 3 R_1$) 始终并联,加快电容充放电速度,这时输出频率较高。

本线路也可用作 FSK 信号发生器。

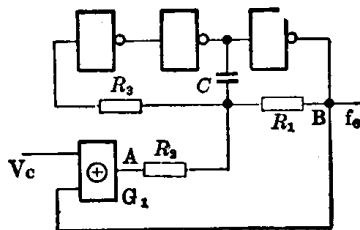


图 16

17. 可调脉宽和周期的振荡器

利用电压比较器和双稳态触发器组合, 所得的振荡波形无论周期长短均有良好的特性。

它可以产生宽度很窄、周期很长的脉冲, 同时保持很高的稳定性。周期可在 ms~s 的范围内调节。

在 RS 触发器(即双稳态触发器)的输入端用两个电压比较器隔离, 而两个比较器的参考电压 V_{RA} 和 V_{RB} 可以任意调节。

工作时, 模拟开关 TG_1 和 TG_2 的控制电压始终反相, 因此其中之一导通(设 TG_1), 另一关断(设 TG_2)。开始 $V_A=0$, $V_B < V_{RB}$, 比较器 A_1 、 A_2 输出均为“1”。随着 C_2 的充电, V_B 电位上升, 一旦超过 V_{RB} , A_2 输出立刻变为“0”, 从而 $\bar{f}_0$ 变为“1”, f_0 变为“0”, 使 TG_1 关断, TG_2 导通。以后电容 C_1 重复刚才 C_2 的充电过程, 如此周而复始产生振荡。振荡的两段时间分别由 R_1 、 C_1 、 V_{RA} 和 R_3 、 C_2 、 V_{RB} 设定, 即

$$t_1 = -R_1 C_1 \ln \left(1 - \frac{V_{RA}}{V_{DD}} \right)$$

$$t_2 = -R_3 C_2 \ln \left(1 - \frac{V_{RB}}{V_{DD}} \right)$$

上述两式成立条件是: R_1 和 R_3 必须远大于 500Ω 。 V_{RA} 和 V_{RB} 均在电压比较器容许的共模范围内。

18. 用一块模拟开关电路的可编振荡器

图 18 只用一块电路 CC4066—四双向模拟开关。其中 TG_1 和 TG_2 接成反相器形式, 它们的控制端等效为反相器的输入端, 右侧信号端相当反相输出。这两个反相器与电容 C 和电阻 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_6 , TG_3 , TG_4 共同组成类似图 1(b) 的双门振荡器。AB 两端可编成四种状态以控制 TG_3 、 TG_4 的通断, 调节 C 、 R_3 、 R_4 、 R_5 的组合情况, 可改变振荡器的时间常数和频率范围。用图示元件数值, 输出频率可得 2、4、6、8 kHz 四档。如果控制端加的是变化的数字信号, 可实行数控调频。此外, 增加模拟开关和电阻还可扩展其功能。

这种线路可用于多音调报警和数字系统的可变频率时钟等许多场合。

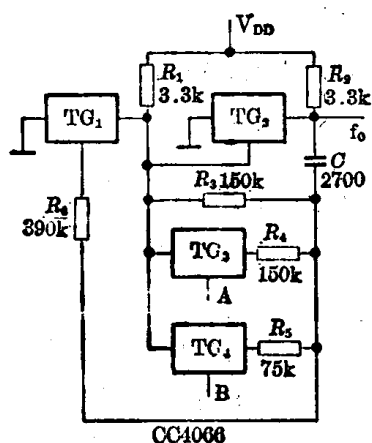


图 18

19. 程序控制振荡器

图 19 是用 CC7555 通用定时器和模拟开关构成可控的振荡器。图中定时器接成多谐振荡器形式。它的定时电阻、电容分别通过 CC14529 (双四通道或单八通道多路开关) 的控制, 可按不同的程控地址接通不同数值的电阻电容, 从而改变输出频率和占空比。

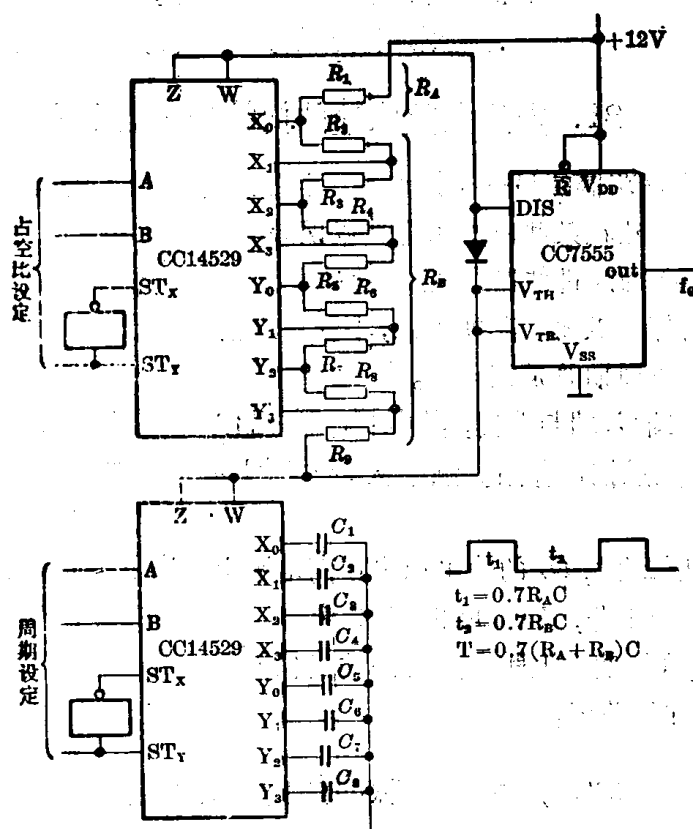


图 19

本线路设计的巧妙之处在于程控电阻可分为 R_A 和 R_B 两部分。不同的编码只影响 R_A 和 R_B 的比值而不影响两者的总和, 这样可达到调节占空比而不影响频率的效果。改变频率用另一组编码选择适当的电容来实现。