

全新实用电子电路丛书

CMOS 数字电路应用 300例

肖景和 编著 ■



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

全新实用电子电路丛书

CMOS 数字电路应用 300例

肖景和 编著 ■



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是一本电子技术类科普读物,内容涉及 CMOS 数字集成电路的基本原理和应用实例。按照电路实例的用途分为:仪表检测与计数器电路、定时温控遥控与控制开关电路、逻辑控制与互锁电路、灯光与彩灯控制电路和综合应用电路五大部分。本书实例对数字电路的工作原理进行详细分析和介绍,使读者能够迅速从数字电路的入门到能够进行实际电路的原理分析,基本掌握 CMOS 数字电路的工作原理和应用。

本书选材广泛、内容丰富、实用性强。编写通俗易懂、电路分析详尽,适合于有一定电子基础知识的数字电路爱好者自学,也可供有关专业技术人员在数字电路设计中参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

CMOS 数字电路应用 300 例/肖景和编著. —北京:

中国电力出版社, 2005

(全新实用电子电路丛书)

ISBN 7-5083-2566-4

I. C… II. 肖… III. 数字电路 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 112460 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 B5 开本 22 印张 444 千字

印数 0001—4000 册 定价 35.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言



随着 21 世纪的到来, 我们进入了一个以数字化电子产品为特征的数字化电子时代。各种各样的数字化电子产品飞速进入我们生活中的各个领域, 包括电子计算机、数字化通信产品、数字化音响、数字化电视以及各种形形色色的其他数字电子产品。因此, 掌握数字电路的基础知识, 了解数字电路在各方面的应用, 对于电子技术的爱好者是十分必要的, 本书正是为适应这种需要而编写的。

本书主要介绍 CMOS 数字电路的应用, 从众多的应用实例中, 本书精选了 300 例。书中既包括了初学者需要了解的基本知识, 也包括了较为复杂的实用电路。本书虽然没有专列基础知识的章节, 但将各基础知识融于各个具体实例之中。各实例一方面相对独立, 但各例之间又相互联系, 前后照应。在本例中遇到的问题, 可以按照相关的实例找到详细的解答。

本书是一本电子技术类科普读本, 也是学习数字电路的入门读本, 但它的编排内容并不同于一般的初级读本, 所选电路内容不仅具有一定的实用性, 而且也具有相当的深度。为了能使读者读懂并掌握, 书中对每一个新出现的概念、新出现的集成电路都要尽量作出详尽而通俗的介绍。当这些内容再次出现时, 还要向读者提示本内容曾在前面某处首先出现, 以此加深读者的印象和巩固所学内容。

本书虽然只有 300 例, 但它的内容基本包含了 CMOS 数字集成电路应用的基础知识, 其中还包含了一般书中少见的珍贵资料。在选材上既考虑了它的全面性, 又照顾它的实用性和趣味性。在编写形式上尽可能对基本原理讲清楚, 又要通俗易懂。

本书适合于有一定电子技术基础知识的初学者使用, 又可作为提高技术知识水平的人员使用, 还可供相关专业技术人员作参考。由于作者水平所限, 书中难免有不足之处, 敬请读者提出批评指正。

编 者

目 录



前言

一、仪表检测与计数器电路 1

例 1. 电流方向演示器之一	1
例 2. 电流方向演示器之二	2
例 3. 电流方向演示器之三	4
例 4. 桥式整流演示电路	4
例 5. 电磁振荡演示器	6
例 6. 电磁感应演示器	8
例 7. 脉冲占空比演示电路	10
例 8. 简谐振动波演示电路	11
例 9. 电容充放电演示仪	14
例 10. 模拟电容测量仪	16
例 11. 电容鉴别仪	17
例 12. 三位半数显式电子计数器	18
例 13. 六位数显式电子计数器	21
例 14. 四位数字电容表	21
例 15. 三位数字电容表	24
例 16. NQ-5060 型场频识别仪	25
例 17. 数字式频率计	26
例 18. 自行车速度表	28
例 19. 数字式电子钟表校准仪	30
例 20. 快速心率测量仪	31
例 21. 电子式脉搏仪	33
例 22. 红外线脉搏仪	34
例 23. 陶瓷晶体检测仪	36
例 24. 十六通道数显式自动巡检 电路	38
例 25. 晶体管简易测试器	40
例 26. 晶体管在线检测仪	40
例 27. 计数式峰值保持电路	42
例 28. 数字式电平显示器	43

例 29. 音响电平 LED 与数码双显示

电路	43
例 30. 球赛计分显示屏	45
例 31. 电子校音仪	46
例 32. 一位随机数发生器	47
例 33. 单次脉冲发生电路	48
例 34. 1~9 个脉冲选取电路	49
例 35. 任意数脉冲选取电路之一	50
例 36. 任意数脉冲选取电路之二	52
例 37. 发声特殊的音频振荡器	53
例 38. 十挡频率信号发生器	54
例 39. 频率和脉宽可独立调整的脉冲 信号源	55
例 40. 数字显示式时钟信号源	56
例 41. 电能表远传数显电路	57
例 42. 煤气表户外显示器	58
例 43. 数字式光电计数器	60
例 44. 具有加减功能的绕线机电子 计数器	61
例 45. 数控式多级可调稳压电源	62
例 46. 用 CD4017 组成 1~17 进制计 数器之一	64
例 47. 用 CD4017 组成 1~17 进制计 数器之二	65
例 48. 用 CD4017 组成 20 进制计 数器	66
例 49. 用 CD4017 和选择开关组成多 进制计数器	67
例 50. 用 CD4017 组成任意进制输出 电路之一	68
例 51. 用 CD4017 组成任意进制输出 电路之二	68
例 52. 用 CD4017 组成多地控制开关	69

例 53. 用 CD4017 组成多路多态控制 开关	70
例 54. 用 CD4017 组成模拟钟摆电路 ...	71
例 55. 用 CD4017 组成超声驱虫电路 ...	72
例 56. 用 CD4017 组成反应能力 测试仪	73
例 57. 音量渐增式关门提醒器	74
例 58. 电话铃声渐响电路	76
例 59. 用 CD4017 组成分频系数为 18 的分频器	77
例 60. 用 CD4017 组成分频系数为 34 的分频器	78
例 61. CD4017 自身质量检测仪	79
例 62. 用 CD4017 组成单稳态触发器 ...	80
例 63. 用 CD4017 组成双稳态触发器 ...	81
例 64. 用 CD4017 组成多谐振荡器	82
例 65. 用 CD4013 组成的应用电路	82
例 66. 用 CD4013 组成的防抖动开关 ...	83
例 67. 用 CD4013 组成的多谐振荡器 ...	84
例 68. 用 CD4013 组成的触摸式电源 开关	85
例 69. 交流电源过、欠电压检测电路	86
例 70. 用 CD4013 组成的脉冲延迟 电路	87
例 71. 用 CD4013 组成的脉冲二倍频 电路	88
例 72. 用 CD4013 组成的双相脉冲发生 电路	89
例 73. 用 CD4013 组成的运动方向判别 电路	90
例 74. 用 CD4013 组成的 3-1 脉冲分频 电路	91
例 75. 用 CD4013 组成的触摸式 床头灯	92
例 76. 用 CD4013 组成的电源频率检 测器	93
例 77. 锁相环电路 CD4046 及其应用 ...	93

例 78. 用 CD4046 组成的宽频段压控 振荡器	95
例 79. 用 CD4046 组成的限定频段振 荡器	96
例 80. 用 CD4046 组成的有限频率范 围振荡器	96
例 81. 用 CD4046 产生相位相反的对 称方波	97
例 82. 用 CD4046 输出定量脉冲	97
例 83. 用 CD4046 组成的倍频电路	97
例 84. 用 CD4046 组成的频率合成器 ...	98
例 85. 用 CD4046 组成的高精度频率 合成器	99
例 86. 用 CD4046 组成的频率信号跟踪 电路	101
例 87. 用 CD4046 组成的频率锁定指 示器	102
例 88. 用 CD4046 组成的频率校准仪	102
例 89. 用 CD4046 组成的温度—频率 变换器	103
例 90. 用 CD4046 组成的相位检测仪	104
例 91. 用 CD4046 组成的比较式电容检 测仪	106
例 92. 用 CD4046 组成的报警声 发生器	107
例 93. 用 CD4046 组成的相移式报警声 发生器	108
例 94. 用 CD4046 组成的鸟鸣声 发生器	109
例 95. 用 CD4046 组成的方波信号发 生器	110
例 96. 用 CD4046 组成的调频信号发 生器	110
例 97. 用 CD4046 组成的宽带方波信号 发生器	111
例 98. 用 CD4046 组成的遥控接收通道	

选择器	111
例 99. 用 CD4046 组成的斜波发生器	113
例 100. 用 CD4046 组成的三角波发生器	114
例 101. 用 CD4046 组成的多波形发生器	115
例 102. 用 CD4046 组成的扫频信号发生器	116
例 103. 用门电路组成的单稳态触发器	116
例 104. 用门电路组成的脉冲解调器	117
例 105. 用门电路组成的脉冲倍频器	118
例 106. 用门电路组成的脉冲展宽电路	119
例 107. 用门电路组成的脉冲延迟电路	119
例 108. 脉冲延迟电路	120
例 109. 用门电路组成的防抖动开关	121
例 110. 用门电路组成的数控振荡器	122
例 111. 用门电路组成 LED 电压表	123
例 112. 用门电路组成的倍压升压电路	125
例 113. 用门电路组成的随机变色闪光电路	126
例 114. 用门电路组成警笛声发生器	127
例 115. 用门电路组成的门控振荡器	128
例 116. 用门电路组成的脉冲整形电路	129
例 117. 用门电路组成的石英晶体振荡器	129
例 118. 用门电路组成的运动方向传	

感器	130
例 119. 用门电路组成的发光型逻辑笔	131
例 120. 用门电路组成的发声型逻辑笔	132
例 121. 用门电路组成的数码显示型逻辑笔	133
例 122. 用门电路组成的文字显示型逻辑笔之一	134
例 123. 用门电路组成的文字显示型逻辑笔之二	135
例 124. 用门电路组成的文字显示型逻辑笔之三	135
例 125. 用门电路组成的文字显示型逻辑笔之四	136
例 126. 能够显示开路状态的逻辑笔之一	137
例 127. 能够显示开路状态的逻辑笔之二	138
例 128. 用 NE555 电路组成的发光显示型逻辑笔	138
例 129. 用 NE555 电路组成的声光型逻辑笔	139

二、定时、温控、遥控及控制开关

.....	141
例 130. 1Hz 时钟信号源	141
例 131. 自动循环定时器	142
例 132. 高精度 50Hz 时基信号源	143
例 133. 高精度可调式数字定时器	144
例 134. 高精度长延时定时控制器	145
例 135. 长延时定时控制器	146
例 136. 高精度可调定时器	147
例 137. 具有定时开、关和自动循环功能的定时器	150
例 138. 多功能可调式通用时间继电器	151
例 139. 具有开、停预置功能的循环定	

时器	153
例 140. 一位数显式定时器	155
例 141. 两位数显秒计时器	156
例 142. 可调式多功能定时控制器	157
例 143. 可调式可循环定时控制器	158
例 144. 利用 50Hz 电源分频后作时基的 数显定时器	160
例 145. 延时熄灯电路	162
例 146. 用 CD4541 组成的长延时定时 电路	164
例 147. 循环式定时提醒器电路	164
例 148. 电扇模拟自然风控制电路	165
例 149. 定时服药提醒器	166
例 150. 有开、停选择功能的定时器	168
例 151. 能调光和延时关灯的床头灯	170
例 152. 定时循环排气扇控制器	172
例 153. 电话通话计时提醒器	174
例 154. 倒计时数显定时器	176
例 155. 三位数显式电子计时器	177
例 156. 数显式四位高精度通用 定时器	179
例 157. 可预置定时的倒计时定时器	182
例 158. 新颖的数字式电子钟	184
例 159. 星期历数显电路	188
例 160. 声控延时节电开关	189
例 161. 长延时声控照明灯开关	191
例 162. 盲人探路器之一	192
例 163. 盲人探路器之二	194
例 164. 亚超声遥控开关	194
例 165. 红外线控制自动干手器	196
例 166. 红外线遥控音量电位器	197
例 167. 红外线控制自动水龙头	199
例 168. 双通道红外线遥控开关	200
例 169. 红外线遥控延时节电开关	202
例 170. 五通道音响设备红外	

遥控器	203
例 171. DTMF 编译码多路红外线遥控 开关	205
例 172. 由 LM567 作译码器的 DTMF 红外线遥控器	208
例 173. DTMF 编译码六通道红外遥 控器	210
例 174. 由电话遥控的八路遥控器	211
例 175. 高低温双限控制器	213
例 176. 温频转换式温控器	214
例 177. 超温监测警示电路	215
例 178. 超温监测自动控制电路	216
例 179. 自动调功式温控器	217
例 180. 多级定时程序控制电路	218
例 181. 键控式音量控制器	220
例 182. 触摸式台灯开关	221
例 183. 卫生间门控照明排气开关	222
例 184. 家电待机节电控制器	223
例 185. 触摸式卫生间排气扇延时 开关	224
例 186. 碰触式电灯开关	225
例 187. 静态低功耗触摸式电灯开关	226
例 188. 工业用触摸式电子开关	227
例 189. 触摸式多通道电子开关	228
 三、逻辑控制与互锁电路	230
例 190. 与非门组成的抢答器	230
例 191. 八路电子抢答器电路	231
例 192. 四路互锁开关控制器	232
例 193. 四路互锁开关之一	233
例 194. 四路互锁开关之二	234
例 195. 楼梯灯控制开关	234
例 196. 四路电子切换开关	235
例 197. 触摸式三路音源切换开关	236
例 198. 双五挡电子开关控制器	237
例 199. 触摸式十挡互锁开关控制器	

.....	239
例 200. 十挡互锁开关控制器	240
例 201. 带声光指示的十挡互锁开关	241
例 202. 家庭影院系统电源控制开关	242
例 203. 单负载多地点开关控制电路	243
例 204. 琴键式电子开关电路	244
例 205. 多路电压巡回检测电路	245
例 206. 四路声源输入切换电路	246
例 207. 四通道 A/V 转换电路	248
例 208. 四路输入/输出音频切换开关	248
例 209. 数字式密码锁电路	250
例 210. 九位按键密码锁电路	251
例 211. 时控式密码锁	252
例 212. 九位按键密码锁	252
例 213. 安全可靠的密码锁	253
例 214. 超级密码锁电路	254
例 215. 只用一个按键的密码锁	255
例 216. 九位数字密码控制器	256
例 217. 十位数字密码开关	257
例 218. 十位按键密码开关	259
例 219. 能识别伪码的密码锁	260
例 220. 有报警功能的密码锁	261
例 221. 有报警功能的密码开关	263
例 222. 频率式电子密码锁	264
例 223. 会喊“抓贼呀”的密码锁	265

四、灯光与彩灯控制电路

例 224. 用门电路组成的触摸式开关	267
例 225. 触摸数控式调光灯	267
例 226. 自动步进调光台灯	268
例 227. 光控自动调光灯	269
例 228. 触摸开灯、延时熄灭式音乐	

台灯	270
例 229. 按键式手控调光调速电路	271
例 230. 十六级调光台灯	272
例 231. 多功能调光台灯	273
例 232. 多功能视力保护器	274
例 233. 床头延时灯	275
例 234. LED 闪光灯电路	276
例 235. 电子闪光胸花电路两例	277
例 236. LED 运动方向显示器	277
例 237. LED 加、减速运动显示器	278
例 238. 多路显示器电路	279
例 239. 滚环运动显示电路	280
例 240. 双闪、三闪信号灯电路	280
例 241. LED 动感闪烁灯	281
例 242. 交替发光式 LED 闪烁灯	282
例 243. 双色花样流动灯	283
例 244. 乐控变色 LED 彩灯	284
例 245. 自动双色变色灯电路	285
例 246. 节日字灯显示电路	286
例 247. 家用闪烁壁灯	287
例 248. 十位流动彩灯控制器	288
例 249. 新颖的彩灯闪烁控制器	289
例 250. 夜间安全指示闪光灯	290
例 251. 路障自动警示灯	291
例 252. 鸡舍自动补光灯	292
例 253. 流水式广告灯	292
例 254. 光控定时语音广告灯箱	294
例 255. 三十位流水灯数控电路	295

五、综合应用电路

例 256. 敲击式门铃	297
例 257. 能表明来客身份的门铃	298
例 258. 能识别来客和家人的门铃	299
例 259. 触摸式双音调门铃	300
例 260. 多乐曲音乐门铃	301
例 261. 密码式电子门铃	302
例 262. 模拟钟声门铃	303

例 263. 多功能音乐门铃	304
例 264. 触摸式闪光蜂鸣器	305
例 265. 独特的声效发生电路	306
例 266. 多音调蜂鸣器	307
例 267. 洒水车音响效果模拟电路	308
例 268. 音阶信号发生器	309
例 269. 逻辑脉冲发生器	310
例 270. 脉冲和脉冲串发生器	311
例 271. 八声连续太空枪电路	311
例 272. 十六声音响发声电路	312
例 273. 电子装饰孔雀开屏	314
例 274. 电子百鸟朝凤	315
例 275. 电子八音盒	316
例 276. 声光控触摸一体化延时节电 开关	317
例 277. 轻触光控延时节电开关	318
例 278. 触摸声控电灯开关	319
例 279. 电子生日蜡烛	320
例 280. 电源过欠电压检测与延时保护 电路	321
例 281. 可变门限的过电流、过电压保 护器	322

例 282. 单片式过、欠电压保护电路	323
例 283. 停电、来电自动告知器	324
例 284. 无源型停电报信器	325
例 285. 渐亮、渐灭式灯光控制器	326
例 286. 触摸式电子调光器	327
例 287. 轻触式延时开关	328
例 288. 门控延时照明灯	329
例 289. 卫生间自动照明开关	330
例 290. 新颖的延时灯控制器	330
例 291. 能模拟自然风和能定时关机的 电风扇控制器	331
例 292. 触摸式电压调节器	333
例 293. 线路电流限定器	334
例 294. 单按钮控制的双路开关	335
例 295. 无线遥控照明开关	336
例 296. 红外反射式自动报时钟	337
例 297. 门电路组成的床头延时灯	337
例 298. 电子式倍压升压电路	338
例 299. 家用穴位电疗仪	339
例 300. 变频式家用电疗仪	340

一、仪表检测与计数器电路

例 1. 电流方向演示器之一

在物理学中电学的教学中, 电流的流动、磁场的变化、电容器的充放电等, 都是一些抽象而不易直观的物理现象。下面我们通过一些用 CMOS 数字电路制作的小仪器进行模拟演示, 使这些抽象的现象变得直观, 而且十分有趣。

采用十进制计数/脉冲分配器 CD4017, 配以红、绿两色发光二极管, 可以组成一个模拟电流流动方向的“电流方向演示器”, 其电路组成如图 1 所示。

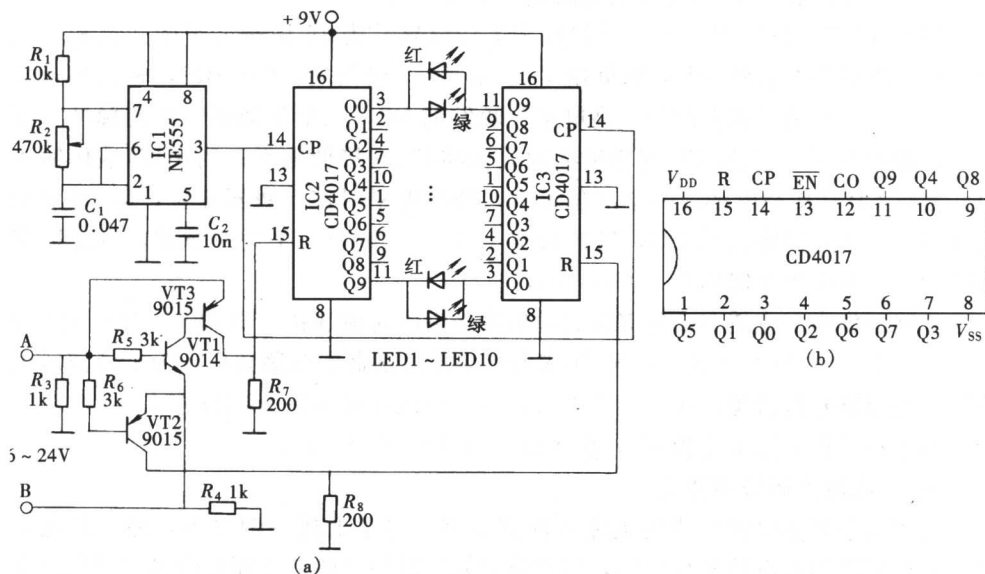


图 1 电流方向演示器

(a) 原理图; (b) CD4017 引脚排列图

工作原理: IC2 和 IC3 组成发光二极管驱动电路, 用来显示电流的“流动”方向。IC1 与 R_1 、 R_2 及 C_1 组成多谐振荡器, 向 IC2 与 IC3 提供时钟脉冲。VT1~VT3 组成输入电流方向控制电路, 用来决定演示“电流”的流动方向。

接通电源后, 多谐振荡器开始振荡并输出低频振荡脉冲, 振荡脉冲从 IC1 的③脚输出, 分别加至 IC2 和 IC3 的计数脉冲输入端⑭脚。而 IC2 和 IC3 究竟哪一只输出驱动脉冲, 将由 VT3 和 VT2 的输出状态来决定。当输入端 A 端为正, B 端为负时, VT1、



VT3 导通, VT3 集电极输出的高电平加至 IC2 的复位端 R, 使 IC2 的输出端除 Q0 为高电平外, Q1~Q9 均输出低电平; 而这时, VT2 因输入端为高电平而截止, 它的输出端为低电平, 这一低电平加至 IC3 的复位端 R, 使 IC3 的输出端 Q0~Q9 依次输出驱动脉冲, 红色发光二极管依次发光, 形成一组红色流动的光带, 我们假定这一组光带表示为电流的正向流动。当输入端 A 为负 B 端为正时, VT2 导通, B 端的高电平经 VT2 加至 IC3 的复位端 R, 使 IC3 的输出端除 Q0 为高电平外, Q1~Q9 均变为低电平。而这时, 由于 A 端的低电平加至 VT1 的基极而使 VT1、VT3 同时截止, 它的集电极输出的低电平加至 IC2 的复位端 R, 使 IC2 的输出端 Q0~Q9 依次输出驱动脉冲, 绿色发光二极管依次发光, 形成一组绿色流动的光带, 表示电流在反方向“流动”。

电路元器件选择与制作: 电路所用元器件如图中所标, IC1~IC3 均采用 CMOS 集成电路, IC1 为时基电路 NE555, IC2、IC3 为十进制计数器/脉冲分配器 CD4017。发光二极管 LED1~LED10 可采用双色发光二极管, 也可采用红、绿两种单色发光二极管。R₂ 采用可调电阻或小型电位器。

CD4017 是一种应用十分广泛的数字集成电路, 为 16 引脚扁平塑封结构。它有一个电源正端 V_{DD} 和一个电源负端 V_{SS} 。有 10 个输出端: Q0~Q9, 输出高电平有效。一个上升沿 (正向脉冲、高电平) 触发端 CP, 一个下降沿 (负向脉冲、低电平) 触发端 $\overline{EN}$ 。当用 CP 端作输入时, 需将 $\overline{EN}$ 端接低电平; 当用 $\overline{EN}$ 端作输入时, 需将 CP 端接高电平。一个复位端 R, 加高电平时使计数器复位, Q0 端输出高电平。一个进位输出端 CO, 当计数至 10 时, 它输出一个进位脉冲, 供计数器级联时用。其引脚功能如图 1 (b) 所示。

电路制作中, 应使 IC2 与 IC3 的输出端作反向对应连接, 即 Q0 与 Q9, Q1 与 Q8, ..., Q9 与 Q0 相对连接。R₂ 用来调节多谐振荡器的振荡频率, 为了使演示电流的流动能够看得清楚, 振荡频率不易过高, 应使其保持在 100Hz 左右。

本电路工作电源电压为 9V, 输入端电压以 6~24V 为宜。

例 2. 电流方向演示器之二

采用数字集成电路组成的电流方向演示器, 除了上述一例之外, 还有其他方式, 它们所使用的电路不尽相同, 但其演示效果是相同的。下面介绍第 2 例电流方向演示器, 它的电路组成如图 2 (a) 所示。

图 2 和图 1 电路组成的不同之处有三: 其一是本电路采用一只四一二输入端与非门电路 CD4011 中的两个门组成时钟脉冲发生器 (即 D1 与 D2), 并用 D3 作脉冲发生器的启动电路。其二是仅用一块 CD4017 作发光二极管的驱动电路, 用控制发光二极管负极电压高低的方法来控制两组发光二极管中的哪一组来作发光显示。其三是采用一组电阻网络和一组电压比较器 (IC2A 和 IC2B) 作输入电流极性鉴别电路。

工作原理: 当输入端 A、B 没有输入电流时, 电阻网络将工作电源分压后, 使电压比较器 IC2a 同相输入端的电压高于反向输入端, 由电压比较器的工作原理可知, 这时 IC2a 的输出端为高电平。同时, IC2B 同相输入端的输入电压也高于反相输

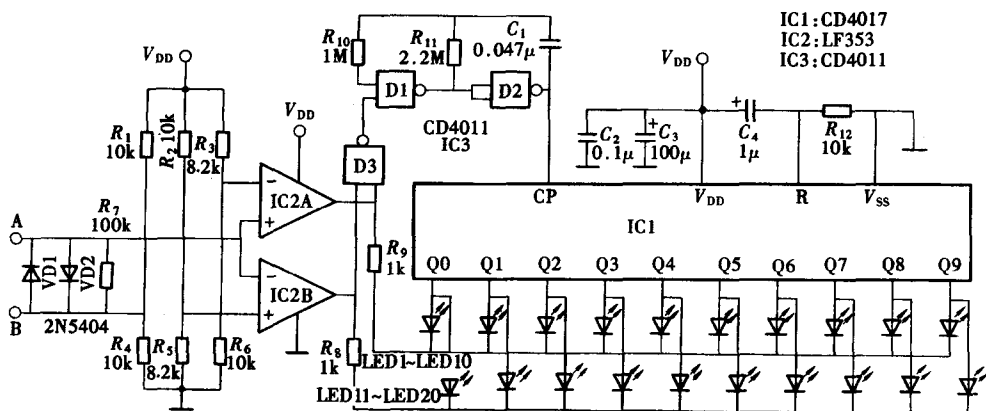


图2 电流方向演示器之二

入端,它的输出端也为高电平。这样,与非门 D3 的两个输入端均为高电平,它的输出端为低电平。时钟脉冲发生器停振,发光二极管驱动电路 IC1 无时钟脉冲输入,它的输出端无除 $\overline{Q_0}$ 外输出,发光二极管无显示。当输入端 A、B 中 A 端为正 B 端为负时,通过电阻网络的分压,使 IC2A 同相输入端的输入电压低于反相输入端,它的输出端输出低电平;而 IC2B 同相输入端的输入电平高于反相输入端,它的输出端输出高电平。这样,与非门 D3 的两个输入端,一个为高电平,一个为低电平,它的输出端为高电平。这时,脉冲发生器起振输出脉冲,IC1 因有时钟脉冲的输入,它的输出端 $Q_0 \sim Q_9$ 依次输出驱动脉冲。这时,由于 IC2A 的输出端为低电平,而 IC2B 的输出端为高电平。所以,只有 LED1~LED10 发光来显示电流的正向流动。当输入端 A、B 中 A 端为负 B 端为正时,通过电阻网络的分压,使 IC2A 同相输入端电压高于反相输入端,它的输出端输出高电平;而 IC2B 同相输入端的输入电平低于反相输入端,它的输出端输出低电平。同样,与非门 D3 的两个输入端一个为高电平,一个为低电平,它的输出端为高电平,脉冲发生器起振输出脉冲。由于这时是 IC2B 的输出端为低电平,故只有 LED11~LED20 发光显示,来显示电流的反向流动。

元器件选择与制作: 本电路中, IC1 为 CD4017, IC2 为运算放大器 LF353, IC3 为四—二输入端与非门 CD4011, 该电路在一块电路中包含四个独立的二输入端与非门。LED1~LED10 为红色发光二极管, LED11~LED20 为绿色发光二极管。需要注意的是,红、绿两组发光二极管在面板上的安装方向应对应相反, LED1 与 LED20 对应, LED10 与 LED11 对应。

本电路工作电源电压为 6V, 若需改变工作电压, 需重新计算电阻网络中的电阻值, 确保 R_6 上端电压为 0.5V 并小于 VD2 的电压降; R_5 上端电压为 0.5V 并小于 VD1 的电压降。本电路在使用中应串接在使用回路中, 不允许直接并接在电源两端; 若在被测电路中有高频电压时, VD1 与 VD2 应选用高频二极管。

例 3. 电流方向演示器之三

下面要介绍的是又一种电流方向演示器，与上述两种电路不同的是，该电路采用了一只晶体管 VT 作输入信号放大器并驱动一只继电器 K，通过继电器的触点改变驱动脉冲输出电路 IC1、IC2 的复位端 R 的复位状态，从而改变双色发光二极管的发光状态，来显示电流的不同流动方向。电路组成如图 3 (a) 所示。

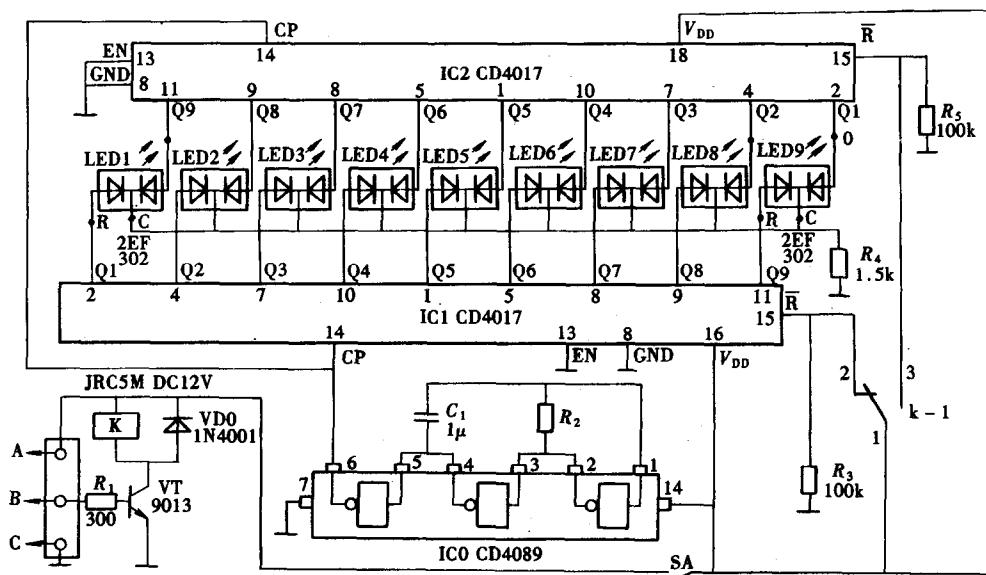


图 3 电流方向演示器之三

工作原理:可参考上列两电路进行分析。电路中:当输入端 A 为正,C 为负时,继电器 K 不吸合,常闭触点 K-1 与触点 2 闭合,IC1 的复位端 R 接低电平,它的输出端输出驱动脉冲,红色发光二极管发光,表示电流的正向流动;当输入端 B 为正,C 为负时,VT 导通,继电器 K 通电吸合,触点 K-1 与触点 3 闭合,IC2 的复位端 R 接低电平,它的输出端输出驱动脉冲,绿色发光管发光,表示电流的反向流动。

本电路采用一只六反相器 CD4069 作脉冲振荡器,其工作原理与采用 CD4011 组成的电路相同,只是本电路无控制端。CD4069 是一只六反相器(也称六非门)集成电路,它的内部包含六个独立的反相器。

例 4. 桥式整流演示电路

桥式整流电路是电子电路中最常用的一种交一直流电源变换电路,下面一例“桥式整流演示电路”向我们揭示了在桥式整流电路中,两组整流二极管是如何轮流交替工作的。该电路如图 4 所示,它由脉冲发生电路、电流方向控制电路、演示电路和电源组成。

时基电路 NE555 (IC1) 组成脉冲发生电路,产生工作脉冲。它是一个直接反

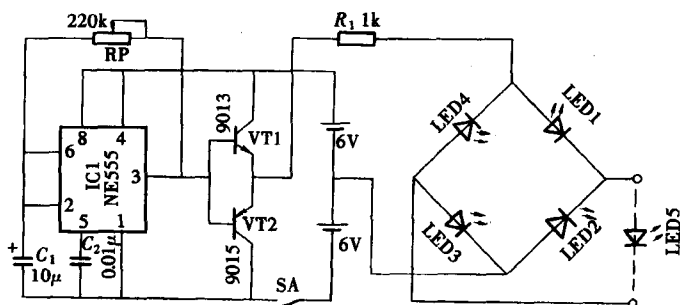


图4 桥式整流演示电路

馈式多谐振荡器，用RP来调节反馈强度，以改变电路的振荡频率。VT1、VT2组成电流方向的控制电路，实际上它相当于一个单刀双掷的电子开关。该电子开关受脉冲发生器输出脉冲的控制，时而掷向上方，时而掷向下方，为桥式整流演示电路提供所需回路。演示电路由四只发光二极管LED1~LED4组成，分别代表四只整流二极管。电源电路由两组6V干电池串联组成，它们的连接点与桥式整流演示电路的一个输入端相连。

工作原理：合上电源开关SA后，脉冲发生器开始工作并产生工作脉冲由③脚输出，在脉冲的上升阶段，晶体管VT1导通，上边一组电源通过VT1、 R_1 →LED1→负载电路(LED5)→LED3→回到电源负极。通过LED1和LED3的发光显示，演示了交流电源的正半周是如何流过桥式整流电路的。在脉冲的下降阶段，晶体管VT2导通，下边一组电源通过LED2→负载电路(LED5)→LED4→ R_1 →VT2→开关SA→回到电源负极。通过LED2和LED4的发光显示，演示了交流电源的负半周是如何流过桥式整流电路的。通过上述过程的演示，就可以清楚地理解桥式整流电路的工作过程。

元器件的选择与制作：电路使用元器件较少，IC使用时基电路NE555，VT1为NPN型晶体管9013，VT2为PNP型晶体管9015，LED1、LED3采用红色发光二极管，LED2、LED4采用绿色发光二极管，以便于区别交流电流的正、负半周。两组电源分别各采用一只6V叠层电池。电位器RP用来调节脉冲发生器的工作频率，使人们能够清楚地看到电流在整流管间交替变换的过程。

NE555称为“时基电路”，它是一只极其有用的集成电路，在各种应用电子电路中，几乎都能见到它的身影。它在电子电路中应用之广，是当初设计制造者未曾料到的。该电路集模拟、数字电路于一身，一块电路具有多种功能。用该电路可组成多种单元电路，如单稳态触发器、双稳态触发器、R—S触发器、多谐振荡器、施密特触发器、电压比较器……

NE555为八引脚扁平塑封结构，各引脚除了编号外，还有自己的名称：①脚为电源负端，③脚为电源正端，②脚称为触发端($\overline{TR}$)，④脚为输出端(V_o)，⑤



脚为强复位端 ($\overline{MR}$), ⑤脚为控制端 (V_c), ⑥脚为阈值端 (TH), ⑦脚为放电端 (DIS)。各引脚功能我们将在今后的电路中结合实际具体介绍。

例 5. 电磁振荡演示器

在电磁振荡教学中, 通常只是采用一只电流计来显示其电流的变化和强弱, 而语言的描述又难以讲清其实质。下面介绍一例采用数字电路制作的仪器—电磁振荡演示器, 它通过发光二极管的流动方式显示, 可以直观而形象地显示在电磁振荡中, 电流、磁场和电场在电磁振荡过程中的变化情况, 其电路组成如图 5 所示。它由线圈电流显示电路、磁场变化显示电路、电场变化显示电路、脉冲驱动电路和工作电源组成。

工作原理: 线圈电流显示电路由 IC3、VD11~VD16、VT9~VT13、LED1~LED5 等组成。在脉冲驱动电路提供的脉冲的驱动下、IC3 的输出端 Q0~Q8 依次输出脉冲, 通过对隔离二极管 VD11~VD16 与放大驱动晶体管 VT9~VT13 的合理配置, 使发光二极管 LED1~LED5 时而由 LED1~LED5 的正向流动, 时而由 LED5 向 LED1 的反向流动, 显示了电流在线圈导线中的正、反向流动。

磁场变化显示电路由 IC2、VT1~VT8、VD1~VD8、LED21~LED26 等组成。在驱动脉冲的作用下, IC2 的输出端 Q1~Q7 依次输出驱动脉冲, 通过对 VT1~VT7 与 VD1~VD7 的合理配置, 使发光二极管按照磁场变化的规律依次发光显示, 显示出在线圈电流的变化下磁场的变化规律。

电场变化显示电路中的显示驱动电路, 除了增加了一只 VT8 外, 其余部分与磁场变化显示电路共用。它的电场显示部分由发光二极管 LED6~LED20 和二极管 VD10 等组成。在驱动脉冲和显示驱动电路输出的驱动脉冲的作用下, 显示出在磁场的变化下电场的变化规律。

脉冲驱动电路是由 NE555、可调电阻 RP 和电容器 C 组成的多谐振荡器, 用 RP 来调节振荡频率, 使人们能够看清其演示过程。

工作原理: 接通电源后, 脉冲驱动电路开始振荡发出驱动脉冲, 并同时加至 IC2 和 IC3 的 CP 端。加至 IC3 的脉冲使它的输出端依③、②、④、⑦、⑩、①、⑤、⑥、⑨脚的顺序输出驱动脉冲。在③、④、⑦、⑩脚输出期间, 电流显示发光二极管按 LED1~LED5 的顺序依次发光, 表示电流的正向流动; 在⑩、①、⑤、⑥脚输出期间, 发光二极管按 LED5~LED1 的顺序依次发光, 表示电流的反向流动。当⑨脚输出脉冲时, 这一脉冲加至 IC3 的复位端⑮脚, 使电路复位, 然后重新进入下一个循环显示过程。当驱动脉冲加至 IC2 时, 它的输出端依③、②、④、⑦、⑩、①、⑤、⑥、⑨脚的顺序输出驱动脉冲。由于电场显示器和磁场显示器受同一个驱动器驱动, 只是根据显示的需要, 安排其显示顺序的先后。在这里, 电路的输出首先使电场显示器进行显示, 紧接着使磁场显示器进行显示。由于在振荡电路中, 电场和磁场总是交替形成而出现的, 因此, 在电路的安排上也需遵循这一规律。

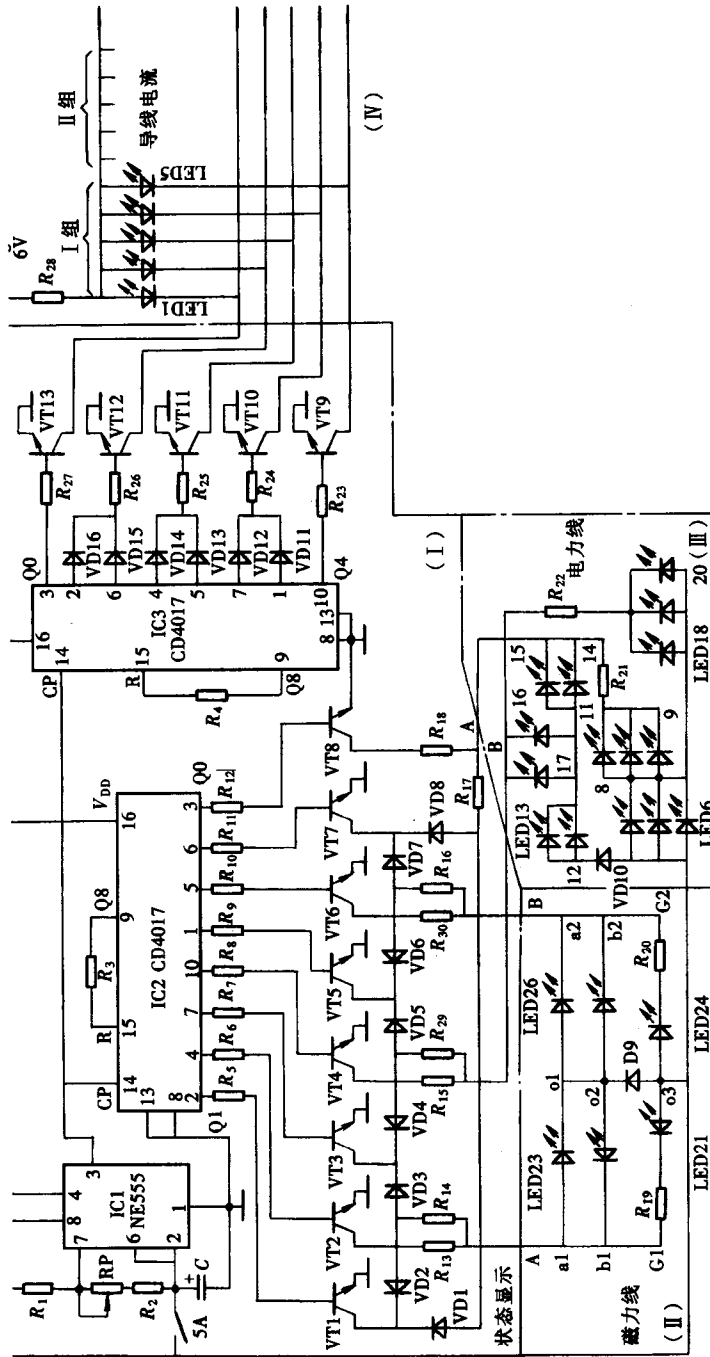


图5 电磁振荡演示器