

SHUANGSE TUJIE DIANZI DIANLU
QUANZHANGWO

双色图解 电子电路 **全掌握**

门宏 主编

第2版
The Second Edition



化学工业出版社

双色图解 电子电路全掌握

门宏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

双色图解电子电路全掌握 / 门宏主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2018.6
ISBN 978-7-122-32034-6

I. ①双… II. ①门… III. ①电子电路-图解
IV. ①TN710-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 081026 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 三河市航远印刷有限公司
装 订: 三河市瞰发装订厂
787mm × 1092mm 1/16 印张 22¹/₄ 字数 588 千字 2018 年 7 月北京第 2 版第 1 次印刷

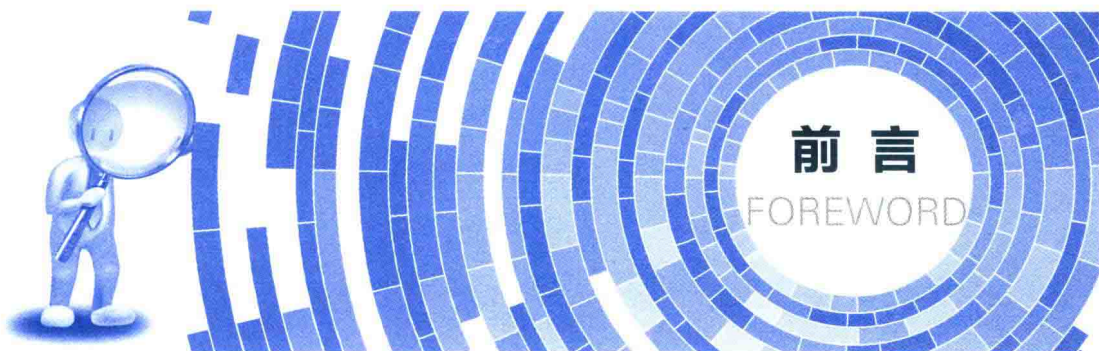
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 89.00 元

版权所有 违者必究



本书是在第1版《双色图解电子电路全掌握》的基础上，增加实用电子小制作等电路识读案例，删除汽车电路等不适合个人电子爱好者学习的电路后精心编写而成的。

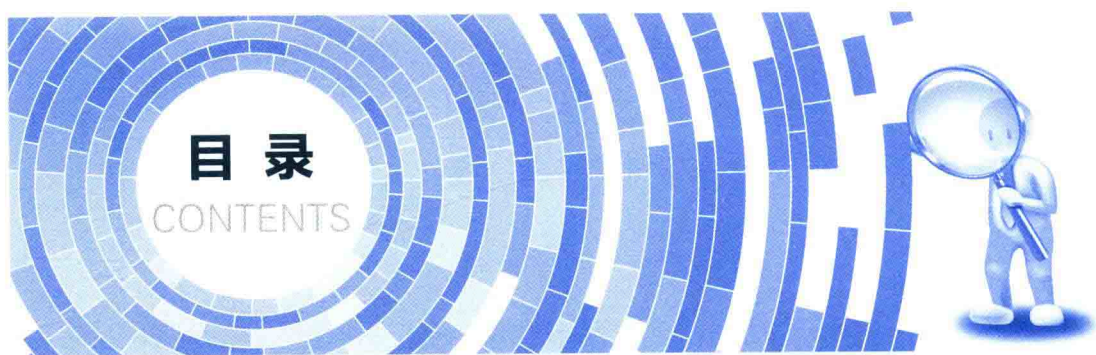
全书精选了数百个经典电路，内容涵盖了控制电路、放大振荡电路、数字电路、电源电路、报警与保护电路等，配有数十个“知识链接”，以拓展知识面。采用双色图解的形式和通俗易懂的语言，详细解读每一个电路，使读者真正看一个、学一个、懂一个、会一个，而且能够举一反三不断提高，达到电子电路全掌握的目的。

本书共分10章。第1章解读各种延时与定时电路，第2章解读照明、调光、LED照明与智能节电控制电路，第3章解读光控、声控、自动控制与遥控电路，第4章解读各种放大电路与音响电路，第5章解读各种振荡电路与门铃电路，第6章解读有源滤波电路，第7章解读数字电路，第8章解读电源与充电电路，第9章解读报警与保护电路，第10章解读各种实用电子制作电路。

本书由门宏主编，参加本书编写的还有门雁菊、施鹏、张元景、吴敏、张元萍、李扣全、吴卫星、张乐。本书适合广大电子技术爱好者、电子技术人员、家电维修人员和相关行业人员阅读学习，并可作为职业技术学校 and 务工人员上岗培训的基础教材，也是一本电子电路的资料性工具书。

书中如有不当之处，欢迎读者朋友批评指正。

编者



第1章	延时与定时电路	1
1.1	延时开关电路	1
1.1.1	延时接通电路	1
	知识链接1 晶体闸流管	4
1.1.2	开机静噪电路	6
	知识链接2 电容器	7
1.1.3	延时切断电路	9
	知识链接3 晶体二极管	10
1.1.4	自动延时关灯电路	12
1.1.5	数字延时开关	13
1.1.6	触摸式延时开关	13
	知识链接4 电路图的概念与要素	14
1.1.7	多路控制延时开关	16
1.1.8	双向延时开关电路	17
1.1.9	超长延时电路	18
1.1.10	分段可调延时电路	19
	知识链接5 电位器	20
1.1.11	时间继电器电路	22
	知识链接6 继电器	24
1.2	定时器电路	25
1.2.1	简单定时电路	25
	知识链接7 电磁讯响器	26
1.2.2	单稳型定时电路	27
1.2.3	声光提示定时器	28
1.2.4	时间可变的定时器	29
	知识链接8 单稳态触发器	30
1.3	数显倒计时定时器	31
1.3.1	电路工作原理	31

1.3.2	门电路多谐振荡器	32
1.3.3	60分频器	33
1.3.4	减计数器	33
1.3.5	译码显示电路	34
	知识链接9 LED数码管	34

第2章 照明与调光电路 37

2.1	照明灯开关电路	37
2.1.1	轻触台灯开关	37
2.1.2	触摸开关电路	38
2.1.3	门控电灯开关	39
2.1.4	轻触延时节能开关	39
2.1.5	多路控制楼道灯	41
	知识链接10 D触发器	42
2.1.6	自动路灯控制器	43
2.2	调光电路	44
2.2.1	单向晶闸管调光电路	44
2.2.2	双向晶闸管调光电路	45
2.2.3	低压石英灯调光电路	45
2.2.4	红外遥控调光开关	46
2.2.5	自动调光电路	47
	知识链接11 光敏二极管	48
2.3	节能小夜灯电路	50
2.3.1	简易小夜灯	50
2.3.2	自动变色小夜灯	51
2.3.3	闪光小夜灯	51
	知识链接12 发光二极管	52
2.4	白光LED照明电路	53
2.4.1	LED台灯电路	53
	知识链接13 场效应管	55
2.4.2	LED路灯电路	57
2.4.3	LED手电筒电路	58
	知识链接14 电感器	58
2.4.4	太阳能LED手电筒电路	60
2.4.5	LED应急灯	61
2.5	智能节电楼道灯	62
2.5.1	声控电路	62
2.5.2	延时电路	63

2.5.3	光控电路	63
2.5.4	逻辑控制电路	63
	知识链接 15 门电路	64
2.6	电子节能灯	66
2.6.1	电路原理	67
2.6.2	市电直接整流电路	67
2.6.3	高压高频振荡器	68
2.6.4	谐振启辉电路	69

第3章 自动控制与遥控电路 70

3.1	光控电路	70
3.1.1	光控路灯控制器	70
	知识链接 16 太阳能电池	71
3.1.2	光控变色龙	73
3.1.3	报晓公鸡	74
3.2	声控电路	75
3.2.1	声控照明灯	75
	知识链接 17 传声器	76
3.2.2	声控电源插座	78
3.2.3	声控精灵鼠	80
3.3	自动控制电路	81
3.3.1	感应式自动照明灯	82
3.3.2	恒温控制电路	83
	知识链接 18 敏感电阻器	84
3.3.3	电风扇自动开关电路	85
3.3.4	电风扇阵风控制器	85
	知识链接 19 光耦合器	86
3.3.5	双向电风扇电路	88
3.4	遥控电路	89
3.4.1	红外遥控开关	89
3.4.2	照明灯多路红外遥控电路	91
3.4.3	红外控制波斯猫	92
3.4.4	无线电遥控分组开关	93
3.4.5	无线万用遥控器	94
3.5	无线电遥控车模	96
3.5.1	电路控制原理	97
3.5.2	发射电路	98
3.5.3	接收控制电路	99

3.5.4 驱动电路	99
3.5.5 逻辑互锁控制电路	99
知识链接 20 组合逻辑电路看图技巧	100

第4章 放大与音响电路 103

4.1 电压放大电路	103
4.1.1 单管电压放大电路	103
知识链接 21 晶体三极管	105
4.1.2 双管电压放大电路	107
知识链接 22 电阻器	108
4.1.3 信号寻迹器	109
4.1.4 阻容耦合电压放大电路	110
4.1.5 助听器	112
4.1.6 集成运放电压放大电路	113
知识链接 23 集成运算放大器	114
4.2 负反馈电压放大电路	116
4.2.1 串联电流负反馈放大电路	117
4.2.2 并联电压负反馈放大电路	117
4.2.3 射极跟随器电路	118
4.2.4 多级负反馈放大电路	118
4.2.5 集成运放电压跟随器	119
知识链接 24 单元电路看图技巧	119
4.3 专用电压放大器	123
4.3.1 话筒放大器	123
4.3.2 磁头放大器	124
知识链接 25 磁头	124
4.3.3 桥式电压放大器	125
4.3.4 前置放大器	126
4.3.5 音调控制电路	126
4.3.6 测量放大器	126
4.4 功率放大电路	127
4.4.1 单管功率放大器	127
4.4.2 推挽功率放大器	128
4.4.3 有源小音箱	131
4.4.4 OTL 功率放大器	131
4.4.5 OCL 功率放大器	134
4.4.6 集成功率放大器	134
4.4.7 BTL 功率放大器	135

知识链接 26 扬声器	137
4.5 双声道功率放大器	139
4.5.1 电路结构与特点	140
4.5.2 电路工作原理	140
4.5.3 平衡调节电路	140
4.5.4 前置电压放大器	141
4.5.5 音调调节电路	141
4.5.6 功率放大器	141
4.5.7 扬声器保护电路	141
知识链接 27 看懂电路图的基本方法	143
4.6 选频放大电路	144
4.6.1 谐振回路	144
4.6.2 中频放大电路	145
4.6.3 高频放大电路	146
4.7 自动选台调频收音机	147
4.7.1 整机电路分析	147
4.7.2 调频接收放大与鉴频电路	148
4.7.3 立体声解码电路	148
4.7.4 音频功率放大器	149
知识链接 28 集成电路看图技巧	149

第5章

振荡与门铃电路 157

5.1 正弦波振荡器	157
5.1.1 变压器耦合振荡器	157
5.1.2 音频信号发生器	158
5.1.3 三点式振荡器	159
5.1.4 高频信号发生器	161
5.1.5 晶体振荡器	163
知识链接 29 晶体	164
5.1.6 RC移相振荡器	166
5.1.7 RC桥式振荡器	167
5.1.8 信号注入器	168
5.1.9 集成运放桥式振荡器	169
5.1.10 集成运放正交振荡器	170
5.2 多谐振荡器	170
5.2.1 晶体管多谐振荡器	170
5.2.2 调皮的考拉	172
5.2.3 门电路构成的多谐振荡器	172

5.2.4	单结晶体管构成的多谐振荡器	174
5.2.5	施密特触发器构成的多谐振荡器	174
5.2.6	时基电路构成的多谐振荡器	175
	知识链接 30 时基集成电路	176
5.2.7	完全对称的多谐振荡器	178
5.2.8	门控多谐振荡器	178
5.2.9	窄脉冲发生器	179
5.2.10	压控振荡器	179
5.2.11	占空比可调的脉冲振荡器	179
5.2.12	锯齿波发生器	180
5.2.13	三角波发生器	181
5.3	门铃电路	181
5.3.1	单音门铃	181
5.3.2	间歇音门铃	182
5.3.3	电子门铃	182
5.3.4	音乐门铃	183
	知识链接 31 音乐集成电路	183
5.3.5	声光门铃	185
5.3.6	感应式叮咚门铃	186
5.3.7	对讲门铃	187
5.3.8	数字门铃	188
5.4	集成运放音频信号发生器	189
5.4.1	电路结构原理	189
5.4.2	RC桥式振荡器	190
5.4.3	电压跟随器	190

第6章

有源滤波电路 191

6.1	低通有源滤波器	191
6.1.1	一阶低通滤波器	191
6.1.2	二阶低通滤波器	192
6.1.3	三阶低通滤波器	193
6.2	高通有源滤波器	193
6.2.1	一阶高通滤波器	194
6.2.2	二阶高通滤波器	194
6.2.3	三阶高通滤波器	195
6.3	带通有源滤波器	195
6.3.1	压控源带通滤波器	195
6.3.2	多路反馈带通滤波器	196

6.3.3	带通数字滤波器	196
6.4	其他有源滤波器	197
6.4.1	带阻有源滤波器	197
6.4.2	通用可变滤波器	198
6.4.3	前级有源二分频电路	198
6.5	超重低音有源音箱	198
6.5.1	低通有源滤波器	199
6.5.2	缓冲放大器	199
6.5.3	功率放大器	199
6.5.4	音箱选择与改造	200

第7章 数字电路 201

7.1	双稳态触发器	201
7.1.1	晶体管双稳态触发器	201
7.1.2	门电路构成的双稳态触发器	203
7.1.3	D触发器构成的双稳态触发器	204
7.1.4	时基电路构成的双稳态触发器	205
7.1.5	实用声波遥控器	205
	知识链接32 数字集成电路	206
7.2	单稳态触发器	207
7.2.1	晶体管单稳态触发器	207
7.2.2	门电路构成的单稳态触发器	209
7.2.3	D触发器构成的单稳态触发器	210
7.2.4	时基电路构成的单稳态触发器	210
7.2.5	声控坦克	211
7.3	施密特触发器	212
7.3.1	晶体管施密特触发器	212
7.3.2	非门电路构成的施密特触发器	214
7.3.3	光控自动窗帘	215
	知识链接33 光敏晶体管	216
7.4	逻辑控制电路	217
7.4.1	数控增益放大器	217
7.4.2	数控频率振荡器	218
7.4.3	双通道音源选择电路	219
7.5	模拟放大电路	220
7.5.1	模拟电压放大器	220
7.5.2	实用电压放大器	220
7.5.3	简易CMOS收音机	221

7.6	数字抢答器	222
7.6.1	电路结构与原理	222
7.6.2	信号鉴别电路	224
7.6.3	指示电路	224
7.6.4	复位电路	225
	知识链接34 数字电路看图技巧	225

第8章

电源与充电电路 232

8.1	整流滤波电路	232
8.1.1	整流电路	232
	知识链接35 整流桥堆	235
8.1.2	负压整流电路	236
8.1.3	滤波电路	238
8.1.4	倍压整流电路	240
8.1.5	可控整流电路	242
8.1.6	实用整流电源	243
	知识链接36 变压器	244
8.2	稳压电路	246
8.2.1	简单稳压电路	246
	知识链接37 稳压二极管	246
8.2.2	简单LED稳压电路	248
8.2.3	串联型稳压电路	249
8.2.4	串联型LED稳压电路	250
8.2.5	采用集成稳压器的稳压电路	251
	知识链接38 集成稳压器	253
8.2.6	分挡式LED稳压电源	254
8.3	晶体管稳压电源	255
8.3.1	电路结构原理	255
8.3.2	整流滤波电路	256
8.3.3	稳压电路	257
8.3.4	指示电路	259
8.4	调压与逆变电路	259
8.4.1	交流调压电路	259
8.4.2	自动交流调压电路	260
8.4.3	直流逆变电路	260
8.5	电源变换电路	262
8.5.1	直流倍压电路	262
8.5.2	直流升压电路	262

8.5.3	万用表电子高压电池	263
8.5.4	电源极性变换电路	263
8.5.5	双电源产生电路	264
8.6	充电电路	264
8.6.1	手机智能充电器	265
8.6.2	太阳能充电器	266
8.6.3	电动车充电器	268
8.6.4	多用途充电器	269
8.6.5	恒流充电器	270
8.7	开关稳压电源	271
8.7.1	电路工作原理	271
8.7.2	三端开关电源集成电路	272
8.7.3	脉宽调制电路	273
8.7.4	高频整流滤波电路	274
	知识链接 39 开关稳压器	274

第9章 报警与保护电路 278

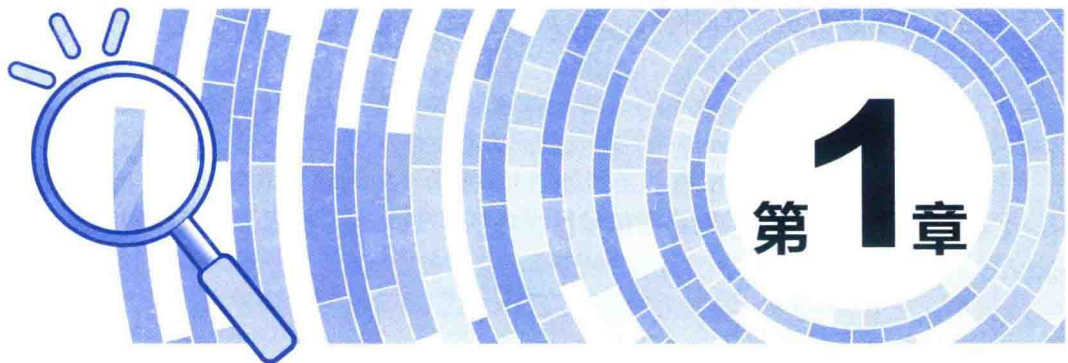
9.1	报警探测电路	278
9.1.1	短路式报警探测电路	278
9.1.2	断线式报警探测电路	279
9.1.3	温度报警探测电路	279
9.1.4	光照不足报警探测电路	280
9.2	报警音源电路	280
9.2.1	连续音报警音源电路	281
9.2.2	断续音报警音源电路	281
9.2.3	声光报警源电路	282
9.2.4	强音强光报警源电路	282
9.2.5	警笛声报警音源电路	283
9.2.6	音乐声光报警源电路	283
9.3	报警器	284
9.3.1	振动报警器	284
	知识链接 40 压电蜂鸣器	285
9.3.2	风雨报警器	285
9.3.3	冰箱关门提醒器	287
9.3.4	光线暗提醒器	288
9.3.5	市电过欠压报警器	289
9.3.6	高温报警器	290
9.3.7	低温报警器	290

9.3.8	太阳能警示灯	291
9.4	保护电路	292
9.4.1	扬声器保护电路	292
9.4.2	漏电保护器	293
	知识链接41 电流互感器	295
9.4.3	电冰箱保护器	296

第10章 实用电子制作电路 298

10.1	趣味玩具电路	298
10.1.1	闪光陀螺	298
10.1.2	音乐闪光外星人	299
10.1.3	磁控婚礼娃娃	301
10.1.4	电子萤火虫	302
10.1.5	饶舌的鹦鹉	304
10.2	智力游戏电路	305
10.2.1	反应测试器	305
10.2.2	智取明珠电子棋	307
10.2.3	电子硬币	310
10.3	节日装饰电路	311
10.3.1	闪光胸饰	311
10.3.2	幻影镜框	312
10.3.3	声光圣诞树	314
10.3.4	录音贺卡	315
10.4	彩灯控制器	318
10.4.1	电路结构原理	318
10.4.2	双向移位寄存器	320
10.4.3	控制电路	321
10.4.4	交流固态继电器驱动电路	321
	知识链接42 时序逻辑电路看图技巧	322
10.5	电子沙漏	324
10.5.1	电路特点与工作原理	325
10.5.2	15位移位寄存器	326
10.5.3	输入数据控制电路	327
10.5.4	输出状态控制电路	327
10.5.5	位置控制电路	327
10.5.6	速度控制电路	328
10.6	家庭实用电器电路	328
10.6.1	红外无线耳机	328

10.6.2 调频无线话筒	330
10.6.3 电子催眠器	331
知识链接43 单结晶体管	331
10.6.4 充电式催眠器	334
10.6.5 雷电测距器	334
10.6.6 超声波探测器	336
知识链接44 超声波换能器	337
10.6.7 数字显示温度计	339
10.6.8 半导体小冰箱	340



延时与定时电路

延时与定时电路是常用的自动控制电路，延时电路的特点是能够将指令自动延迟一定时间后执行，定时电路的特点是能够在指定的时间执行指定的任务。延时与定时电路在生产生活、教育卫生、科技国防等各领域广泛应用。

1.1 延时开关电路

延时开关电路包括延时接通电路、延时切断电路、双向延时电路等。延时开关电路应用广泛，例如延时关灯、扬声器延时保护、电风扇延时控制、空调和电冰箱延时启动等。

1.1.1 延时接通电路

延时接通电路的功能是：打开电源开关后，负载电源并不立即接通，而是延迟一段时间才接通。切断电源开关后，负载电源立即关断。

(1) 直流延时接通开关电路

图 1-1 所示为直流延时接通开关电路，采用单向晶闸管控制，直流电源供电，包括延时电路、整形电路、控制电路和负载等组成部分，图 1-2 所示为直流延时接通开关原理方框图。

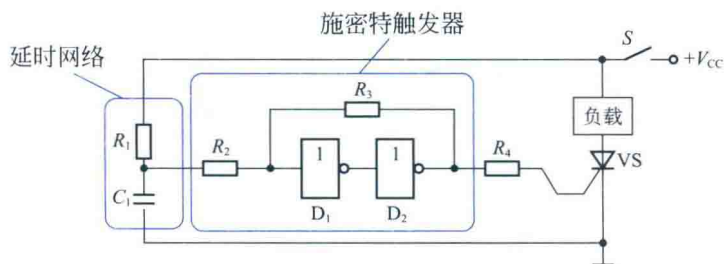


图 1-1 直流延时接通开关电路图

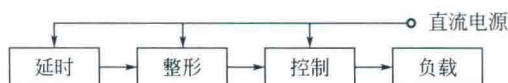


图 1-2 直流延时接通开关原理方框图

电阻 R_1 与电容 C_1 构成延时网络， R_1 与 C_1 的大小决定延时的时间长短，改变 R_1 或 C_1 即可改变延时时间。

非门 D_1 、 D_2 以及电阻 R_2 、 R_3 构成施密特触发器，对 C_1 上电压进行整形处理，使其成为边沿陡峭的触发电压，以保证晶闸管触发的可靠性。

利用两个非门构成的施密特触发器如图1-3所示， R_2 为输入电阻， R_3 为反馈电阻。非门 D_1 、 D_2 直接连接， R_3 将 D_2 的输出端信号反馈至 D_1 的输入端，构成了正反馈回路。

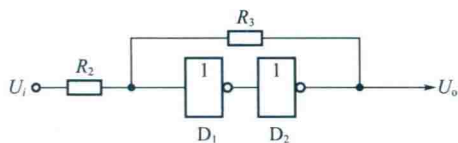


图1-3 非门构成的施密特触发器

施密特触发器具有两个稳定状态，即输出信号 U_o 要么为“1”，要么为“0”，这两个稳定状态在一定条件下能够互相转换。

无输入信号时，非门 D_1 输入端为“0”，所以触发器处于第一稳定状态，各非门输出端状态为： $D_1=1$ 、 $D_2=0$ 。这时， R_2 、 R_3 对输入信号形成对地的分压电路，如图1-4所示。

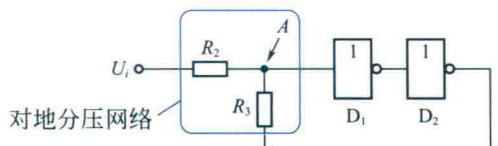


图1-4 第一稳定状态

当接入输入信号 U_i 时，由于 R_2 、 R_3 的分压作用，非门 D_1 的输入端 A 点的实际电压是 U_i 的 $\frac{R_3}{R_2+R_3}$ 倍，即 $U_A = \frac{R_3}{R_2+R_3} U_i$ 。设非门的阈值电压为 $\frac{1}{2} V_{DD}$ ，只有当输入信号上升到

$U_i \geq \frac{R_2+R_3}{R_3} \times \frac{1}{2} V_{DD}$ 时，触发器才发生翻转。 $\frac{R_2+R_3}{R_3} \times \frac{1}{2} V_{DD}$ 称为施密特触发器的正向阈值电压

U_{T+} ，即 $U_{T+} = \frac{R_2+R_3}{2R_3} V_{DD}$ 。

由于 R_3 的正反馈作用，翻转过程是非常迅速和彻底的，触发器进入第二稳定状态， $D_1=0$ 、 $D_2=1$ 。这时， R_2 、 R_3 对输入信号形成对正电源 V_{DD} 的分压电路，如图1-5所示。

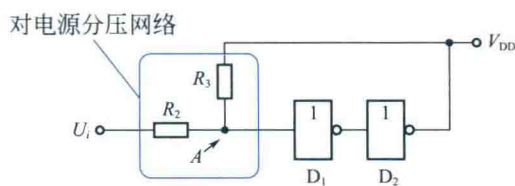


图1-5 第二稳定状态

当输入信号 U_i 经过峰值后下降至 U_{T+} 时，触发器并不翻转。这是因为 V_{DD} 经 R_3 、 R_2 在 A 点有一分压，叠加于 U_i 之上，使得 A 点的实际电压为： $U_A = U_i + \frac{R_3}{R_2+R_3} (V_{DD} - U_i)$ 。只有当 U_i 继续下降至 $U_A \leq \frac{1}{2} V_{DD}$ 时，触发器才再次发生翻转回到第一稳定状态。施密特触发器的负向