



职业技术·职业资格培训教材

制冷工

ZHILENGGONG

(高级)

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心 组织编写



中国劳动社会保障出版社



职业技术·职业资格培训教材

制冷工

ZHILENGGONG

(高级)

主 编	陈维刚	谢 晶		
编 者	傅秀丽	高增权	王开元	
	袁 进	彭智学	杨国宝	
主 审	陈邓曼	徐世琼		



中国劳动社会保障出版社

林慧附部部资业照 木姓业照

图书在版编目(CIP)数据

制冷工：高级/陈维刚，谢晶主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2007
职业技术·职业资格培训教材
ISBN 978-7-5045-5864-0

I. 制… II. ①陈… ②谢… III. 制冷工程-职业技能鉴定-自学参考资料 IV. TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 118326 号

ZHILENGGONG

(制冷工)

晶 楠 咽集利 能 主
元开王 对曾高 丽衣制 答 能
定国融 学管凌 批 京

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 19.5印张 393千字

2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

定价：32.00元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1+X 职业技能鉴定考核细目——制冷工（国家职业资格三级）组织编写。本教材从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识与操作技术，对于提高从业人员基本素质，掌握高级制冷工的核心知识与技能有直接的帮助和指导作用。

本教材在编写中根据本职业的工作特点，以能力培养为根本出发点，采用模块化的编写方式。全书分为四个单元，主要包括：制冷电气、制冷设备、制冷系统和制冷工基础知识等。

为便于读者掌握本教材的重点内容，教材在每单元后附有单元测试题及答案，全书最后附有知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷及答案，用于检验、巩固所学知识 with 技能。

本教材为制冷工（国家职业资格三级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供全国中、高等职业技术院校相关专业师生，以及相关从业人员进行岗位培训、就业培训使用。

前言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。每个模块单元所附单元测试题和答



案用于检验学习效果，教材后附本级别的知识考核模拟试卷和技能考核模拟试卷，使受培训者巩固提高所学知识 with 技能。

本教材结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室

上海市职业培训指导中心

目 录

第1单元 制冷电气

第一节 电子电工学基础	3
第二节 制冷电气控制基础	31
单元测试题	63
单元测试题答案	67

第2单元 制冷设备

第一节 制冷压缩机	71
第二节 制冷热交换器和辅助设备	132
第三节 制冷剂节流与流量控制装置	144
单元测试题	149
单元测试题答案	155

第3单元 制冷系统

第一节 常见制冷系统	159
第二节 制冷设施的隔热防潮	168
第三节 制冷系统的维护和管理	176
第四节 食品冷冻工艺	194
单元测试题	209
单元测试题答案	214

第4单元 制冷工基础知识

第一节 建筑工程图	217
第二节 管道施工图	223
第三节 电气工程图	233
第四节 典型工程图实例	259
第五节 通用工具的使用方法	266



目 录

第六节 噪声控制与消声原理	273
第七节 半导体制冷	278
单元测试题	286
单元测试题答案	287
制冷工（国家职业资格三级）考试简介	288
知识考核模拟试卷	289
知识考核模拟试卷答案	296
技能考核模拟试卷	297
123	298
124	299
125	300
126	301
127	302
128	303
129	304
130	305
131	306
132	307
133	308
134	309
135	310
136	311
137	312
138	313
139	314
140	315
141	316
142	317
143	318
144	319
145	320
146	321
147	322
148	323
149	324
150	325
151	326
152	327
153	328
154	329
155	330
156	331
157	332
158	333
159	334
160	335
161	336
162	337
163	338
164	339
165	340
166	341
167	342
168	343
169	344
170	345
171	346
172	347
173	348
174	349
175	350
176	351
177	352
178	353
179	354
180	355
181	356
182	357
183	358
184	359
185	360
186	361
187	362
188	363
189	364
190	365
191	366
192	367
193	368
194	369
195	370
196	371
197	372
198	373
199	374
200	375
201	376
202	377
203	378
204	379
205	380
206	381
207	382
208	383
209	384
210	385
211	386
212	387
213	388
214	389
215	390
216	391
217	392
218	393
219	394
220	395
221	396
222	397
223	398
224	399
225	400
226	401
227	402
228	403
229	404
230	405
231	406
232	407
233	408
234	409
235	410
236	411
237	412
238	413
239	414
240	415
241	416
242	417
243	418
244	419
245	420
246	421
247	422
248	423
249	424
250	425
251	426
252	427
253	428
254	429
255	430
256	431
257	432
258	433
259	434
260	435
261	436
262	437
263	438
264	439
265	440
266	441
267	442
268	443
269	444
270	445
271	446
272	447
273	448
274	449
275	450
276	451
277	452
278	453
279	454
280	455
281	456
282	457
283	458
284	459
285	460
286	461
287	462
288	463
289	464
290	465
291	466
292	467
293	468
294	469
295	470
296	471
297	472
298	473
299	474
300	475
301	476
302	477
303	478
304	479
305	480
306	481
307	482
308	483
309	484
310	485
311	486
312	487
313	488
314	489
315	490
316	491
317	492
318	493
319	494
320	495
321	496
322	497
323	498
324	499
325	500
326	501
327	502
328	503
329	504
330	505
331	506
332	507
333	508
334	509
335	510
336	511
337	512
338	513
339	514
340	515
341	516
342	517
343	518
344	519
345	520
346	521
347	522
348	523
349	524
350	525
351	526
352	527
353	528
354	529
355	530
356	531
357	532
358	533
359	534
360	535
361	536
362	537
363	538
364	539
365	540
366	541
367	542
368	543
369	544
370	545
371	546
372	547
373	548
374	549
375	550
376	551
377	552
378	553
379	554
380	555
381	556
382	557
383	558
384	559
385	560
386	561
387	562
388	563
389	564
390	565
391	566
392	567
393	568
394	569
395	570
396	571
397	572
398	573
399	574
400	575
401	576
402	577
403	578
404	579
405	580
406	581
407	582
408	583
409	584
410	585
411	586
412	587
413	588
414	589
415	590
416	591
417	592
418	593
419	594
420	595
421	596
422	597
423	598
424	599
425	600
426	601
427	602
428	603
429	604
430	605
431	606
432	607
433	608
434	609
435	610
436	611
437	612
438	613
439	614
440	615
441	616
442	617
443	618
444	619
445	620
446	621
447	622
448	623
449	624
450	625
451	626
452	627
453	628
454	629
455	630
456	631
457	632
458	633
459	634
460	635
461	636
462	637
463	638
464	639
465	640
466	641
467	642
468	643
469	644
470	645
471	646
472	647
473	648
474	649
475	650
476	651
477	652
478	653
479	654
480	655
481	656
482	657
483	658
484	659
485	660
486	661
487	662
488	663
489	664
490	665
491	666
492	667
493	668
494	669
495	670
496	671
497	672
498	673
499	674
500	675
501	676
502	677
503	678
504	679
505	680
506	681
507	682
508	683
509	684
510	685
511	686
512	687
513	688
514	689
515	690
516	691
517	692
518	693
519	694
520	695
521	696
522	697
523	698
524	699
525	700
526	701
527	702
528	703
529	704
530	705
531	706
532	707
533	708
534	709
535	710
536	711
537	712
538	713
539	714
540	715
541	716
542	717
543	718
544	719
545	720
546	721
547	722
548	723
549	724
550	725
551	726
552	727
553	728
554	729
555	730
556	731
557	732
558	733
559	734
560	735
561	736
562	737
563	738
564	739
565	740
566	741
567	742
568	743
569	744
570	745
571	746
572	747
573	748
574	749
575	750
576	751
577	752
578	753
579	754
580	755
581	756
582	757
583	758
584	759
585	760
586	761
587	762
588	763
589	764
590	765
591	766
592	767
593	768
594	769
595	770
596	771
597	772
598	773
599	774
600	775
601	776
602	777
603	778
604	779
605	780
606	781
607	782
608	783
609	784
610	785
611	786
612	787
613	788
614	789
615	790
616	791
617	792
618	793
619	794
620	795
621	796
622	797
623	798
624	799
625	800
626	801
627	802
628	803
629	804
630	805
631	806
632	807
633	808
634	809
635	810
636	811
637	812
638	813
639	814
640	815
641	816
642	817
643	818
644	819
645	820
646	821
647	822
648	823
649	824
650	825
651	826
652	827
653	828
654	829
655	830
656	831
657	832
658	833
659	834
660	835
661	836
662	837
663	838
664	839
665	840
666	841
667	842
668	843
669	844
670	845
671	846
672	847
673	848
6	

1

第 1 单元

制 冷 电 气

第一节	电子电工学基础	/3
第二节	制冷电气控制基础	/31

第一节 电子电工学基础

一、电子器件基础

1. 晶体管稳压电路

(1) 硅稳压管稳压电路。简单的硅稳压管稳压电路如图 1—1 所示。其工作原理如下：

当电网电压波动引起输出电压 U_{fz} 增高时，流过稳压管 VD 的工作电流将增加，于是限流电阻 R 上的压降增加，从而保持 U_{fz} 基本不变。当输入电压降低时， I_V 减小，R 上的压降减小， U_{fz} 从而保持基本不变。若负载电流在一定范围内变化，可由稳压管的电流来补偿，使通过限流电阻 R 的电流基本不变，从而使输出电压基本不变。

(2) 串联型稳压电路。最简单的串联型稳压电路如图 1—2 所示。图中，由电阻 R 和稳压管 VD 组成的稳压电路为三极管提供一个基本稳定的直流电压，该电压称为基准电压，其稳压过程如下：

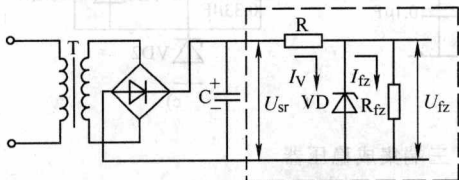


图 1—1 简单的硅稳压管稳压电路

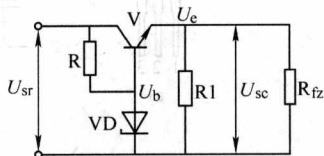


图 1—2 最简单的串联型稳压电路

1) 当负载 R_{fz} 不变，输入电压 U_{sr} 增加时，有使输出电压 U_{sc} 增加的趋势，但由于 V 发射极正向电压 U_{be} 减小，从而使它的基极电流 I_b 减小，于是 V 趋于截止，管压降 U_{ce} 增大，使 U_{sc} 基本保持不变。上述稳压过程可表示如下：

$$U_{sr} \uparrow \rightarrow U_{sc} \uparrow \rightarrow U_{be} \downarrow \rightarrow I_b \downarrow \rightarrow U_{ce} \uparrow \rightarrow U_{sc} \downarrow$$

当输入电压减小时，稳压过程与上述过程相反。

2) 当输入电压 U_{sr} 不变，负载 R_{fz} 减小而引起输出电压 U_{sc} 有下降趋势时，则电路将产生下列调整过程：

$$R_{fz} \downarrow \rightarrow U_{sc} \downarrow \rightarrow U_{be} \uparrow \rightarrow I_b \uparrow \rightarrow U_{ce} \downarrow \rightarrow U_{sc} \uparrow$$

当负载 R_{fz} 增大时，稳压过程与上述过程相反。

由以上讨论可以看出，V 能起调压作用的关键在于用输出电压的变动量返回去控制 V 的基极电流。在这个过程中，晶体三极管 V 相当于一个可变电阻，起调整电压高低的作用。

(3) 三端集成稳压器。集成稳压器一般是指把经过整流电路的不稳定的输出电压变为稳定的输出电压的集成电路。理想的直流稳压器必须具备以下条件：

- 1) 当输入电压变动时，输出电压保持不变。
- 2) 当负载变动时，输出电压保持不变。

- 3) 对输入电压的交流部分具有抑制能力。
- 4) 输出电压不随温度而变。
- 5) 具有各种保护措施。

目前，国内生产的三端集成稳压器基本上可分为普通稳压型和精密稳压型两类，每一类又可分为固定式和可调式两种形式。

普通稳压型是指将稳压电源的恒流源、放大环节和调整管等集中在一块芯片上，使用中只要输入电压与输出电压的压差大于 3 V 以上就可获得稳定的输出电压。

精密稳压型则是在普通稳压型的基础上加入恒流、恒温和复合调整等特殊电路而成，具有稳定性好、精度高、噪声低、温度漂移小等特点。

普通型三端集成稳压器外部有三个端子，即：输入端、输出端和公共地端。其外形、管脚功能和电路原理如图 1—3 所示。

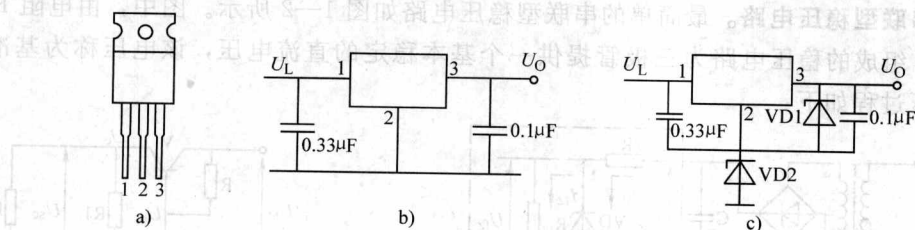


图 1—3 三端集成稳压器

a) 外形 b) 应用原理图 c) 使用稳压管垫高输出电压

1—输入端 2—公共地端 3—输出端

固定正输出集成稳压器按输出电流可以分为 100 mA, 500 mA 和 1.5 A 三类；按输出电压分类，可以组成 5 V, 6 V, 8 V, 9 V, 12 V, 15 V, 18 V, 24 V 产品系列。在使用时不需外接元件就能获得固定的稳定输出电压。

2. 固态继电器

固态继电器是一种国外引进的无触点开关器件，又称固态开关，它的文字符号为 SSR。

(1) 固态继电器的工作原理。固态继电器根据内部结构不同，可分为交流型和直流型两大类。其开关（触点）电流从几安到几十安不等。下面介绍一种国内市场已有供应且价格不太高的 SP1110 型继电器。其原理如图 1—4a 所示。SP1110 型继电器是一只由发光二极管及两个

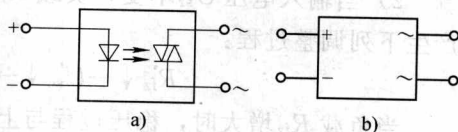


图 1—4 固态继电器

a) 原理图 b) 图形符号

单向反接光电晶闸管组成的四端器件，其图形符号如图 1—4b 所示，性能参数见表 1—1。

从表 1—1 可以看出，这种继电器输入端输入的电压在 2 V 以上，电流在 6 mA 以上时，其输出端即可导通。由于它的体积小，负载控制电流大，因此，可以用来控制 3 A/

220 V 以内的交流负载, 且应用极为方便。

表 1—1

SP1110 型固态继电器

参数名称	数 值
通态输出电流	3 A (有效值)
浪涌电流	15 A (不重复)
峰值电压	600 V
隔离电压	1 800 V
输入电流	10~50 mA
输入信号电平	2~6 V
输出最大漏电流	小于 1 mA

(2) 参数固态继电器。参数固态继电器是在固态继电器基础上由国内自行研制的一种新型继电器, 文字符号为 PSSR, 引脚功能如图 1—5 所示。

这种新型固态继电器由于能够接受多种电参量的控制, 因此, 可以用于微型计算机以及热敏、湿敏、磁敏、光敏等各种敏感元件构成的自动控制系统。

(3) 固态继电器的主要特点与使用注意事项

1) 固态继电器的主要特点

①输入功率小。由于其输入端采用光电耦合器, 驱动电流仅需几毫安便能可靠地控制, 所以可以直接用 TTL, HTL, CMOS 等集成驱动电路控制。

②可靠性高。由于其结构上无可动接触部件, 且采用全塑密闭式封装, 所以用固态继电器作为开关时无抖动和回跳现象, 无机械噪声, 同时能耐潮、耐振、耐腐蚀。由于无触点火花, 可用在有易燃易爆介质的场合。

③电磁噪声低。交流型固态继电器在采用了过零触发技术后, 电路具有零电压开启、零电流关断的特性, 可使对外界和本系统的射频干扰降到最低程度。

④能承受的浪涌电流大。其数值可为固态继电器额定值的 6~10 倍。

⑤对电源电压适应能力强。交流型固态继电器的电源电压可以在 30~220 V 范围内任选。

⑥抗干扰能力强。由于输入与输出之间采用了光电隔离, 切断了两者之间的电气联系, 避免了输出功率负载电路对输入电路的影响。此外, 又在输出端附加了干扰抑制网络, 有效地抑制了线路中 dU/di 和 di/dt 的影响。

2) 固态继电器使用注意事项

①电子开关器件的通病是存在通态压降和断态漏电流。固态继电器的通态压降一般小



图 1—5 参数固态继电器

于2 V, 断态漏电流通常为5~10 mA。因此, 使用中要考虑这两项参数, 否则在控制大功率执行器时容易产生误动作。

②固态继电器的电流容量负载能力随温度升高而下降, 其使用的温度范围不太宽($-40\sim+80^{\circ}\text{C}$), 所以当使用温度较高时, 选用的固态继电器的电流容量负载能力必须留有一定的余量。

③固态继电器电压过载能力差, 当负载为感性时, 在固态继电器的输出端必须加接RV压敏电阻, 其电压的选择可以取电源电压有效值的1.6~1.9倍。

④输出端负载短路会造成固态继电器损坏, 应特别注意避免。对白炽灯、电炉等电阻类负载, 要考虑其“冷阻”特性会造成接通瞬间的浪涌电流有可能超过额定工作值, 所以选择电流容量时要留有余地。为防止故障引起过流, 最简单的方法是采用快速熔断器, 要求熔断器的额定电压不低于线路工作电压, 其标称电流值(有效值)与固态继电器的额定电流值一致。

3. 运算放大器

(1) 基本逻辑门电路。电子技术中需要处理的电信号分为两大类: 一类称为模拟信号, 指在时间和数值上都连续变化的信号; 另一类称为数字信号, 指在时间和数值上都不连续变化的脉冲信号。相应地, 处理模拟信号的电路称为模拟电路; 处理数字信号的电路称为数字电路。

数字电路所讨论的对象有以下几个主要特点:

第一, 数字电路中处理的信号是脉冲信号, 一般只有高、低电平两种状态, 往往用数字“1”和“0”表示这些高、低电平, 所以称为数字电路。

第二, 数字电路所研究的是电路输入、输出之间的逻辑关系。它实质上是一个逻辑控制电路, 故也常称数字电路为逻辑电路。

1) 脉冲信号。数字信号通常以脉冲的形式出现, 脉冲是间断的、突然变化的电压或电流。从广义上讲, 凡是非正弦的、不连续的电压或电流都称为脉冲。脉冲波形的种类很多, 形状各异。在数字电子技术中, 矩形波和尖顶波使用得比较多。脉冲的主要参数有:

①脉冲幅度 U_m : 脉冲信号电压变化的最大值。

②脉冲宽度 t_w : 一个脉冲持续的时间。

③脉冲周期 T : 脉冲前后两次出现的时间间隔。

④脉冲频率 f : 每秒内出现的脉冲次数。

数字信号是脉冲信号的一种, 它可以方便地用二进制数字表示, 也可以方便地表示二进制数字。在电路中容易实现电平的高低, 可以用来表示数学“1”和“0”。

2) 基本逻辑关系。所谓逻辑, 就是指一定的规律性。逻辑电路就是按一定的规律性控制和传送多种信号的电路, 它实际上就是用电来控制的开关。当满足某些条件时, 开关接通, 信号就能通过; 否则开关断开, 信号不能通过, 好像门一样。所以, 逻辑电路又叫开关电路或门电路。

在逻辑电路中,输入信号为两个状态,即电位的“高”、“低”或脉冲的“有”、“无”。输出也是两个状态,这两个状态可以用数字“1”和“0”表示。

逻辑电路多种多样,它是构成数字电路的基本单元。每一个逻辑电路的输出与输入之间都有一定的逻辑关系。最基本的逻辑关系为“与”“或”和“非”三种,相应的电路为“与”门、“或”门和“非”门。

3) 分立元件门电路。由电阻、电容、二极管和三极管等构成的各种逻辑门电路称作分立元件门电路。

① 二极管“与”门电路。二极管“与”门电路如图 1—6a 所示。当三个输入端都是高电平 ($A=B=C=1$) 时,设三者电位都是 3 V,则电源 U 向这三个输入端流入电流,三只二极管均正向导通,输出端 F 的电位比输入端高一个正向导通压降,对锗管(此电路一般采用锗管)为 0.2 V,输出电压为 3.2 V,仍属于“3 V 左右”,所以 $F=1$ 。

三个输入端中有一个或两个是低电平时,设 $A=0$ V,其余是高电平,由二极管的导通特性可知,二极管正端并联时,负端电平最低的二极管导通 (V_A 导通),其他二极管 (V_B 和 V_C) 截止,输出端电位比 A 端电位高一个正向导通压降, $F=0.2$ V,属于“0 V 左右”,所以, $F=0$ 。输入端和输出端的逻辑关系和“与”逻辑关系相符,故称作“与”门电路。

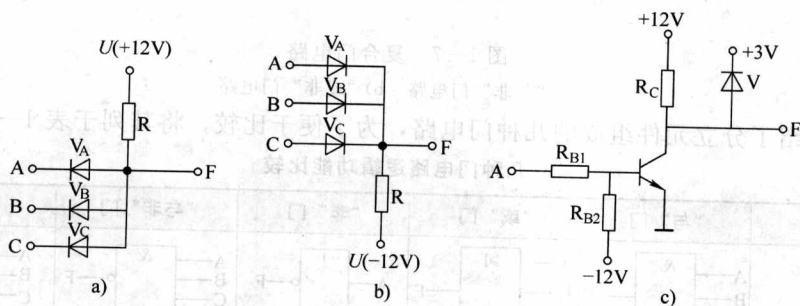


图 1—6 “与”“或”“非”门电路

a) 二极管“与”门电路 b) 二极管“或”门电路 c) 三极管“非”门电路

② 二极管“或”门电路。二极管“或”门电路如图 1—6b 所示。这里采用了负电源,且二极管采用负极并联,经电阻 R 接到负电源 U 。

当三个输入端中只要有一个是高电平(设 $A=1$, $U_A=3$ V)时,则电流从 A 经 V_A 和 R 流向 U , V_A 正向导通,其他两只二极管截止,输出端 F 的电位比输入端 A 低一个正向导通压降,对锗管(此电路一般采用锗管)为 0.2 V,输出电压为 2.8 V,仍属于“3 V 左右”,所以 $F=1$ 。

当三个输入端的输入全为低电平 ($A=B=C=0$) 时,设三者电位都是 0 V,则电流从三个输入端经三只二极管和 R 流向 U ,三只二极管均正向导通,输出端 F 的电位比输入端低一个正向导通压降,输出电压为 -0.2 V,仍属于“0 V 左右”,所以 $F=0$ 。

③三极管“非”门电路。三极管“非”门电路如图 1—6c 所示。三极管此时工作在开关状态，当输入端 A 为高电平，即 $U_A = 3\text{ V}$ 时，适当选择 R_{B1} 的大小，可使三极管饱和导通，输出饱和压降 $U = 0.3\text{ V}$ ， $F = 0$ ；当输入端 A 为低电平时，三极管截止，输出高电位，这时钳位二极管 V 导通，将 F 端电压控制在 3.2 V ，所以 $F = 1$ 。

在实际应用中，可能需要将这些基本逻辑门电路组合起来，构成复合门电路，以实现各种逻辑功能。

图 1—7 所示为“与”门、“或”门、“非”门电路结合组成的“与非”门电路和“或非”门电路。

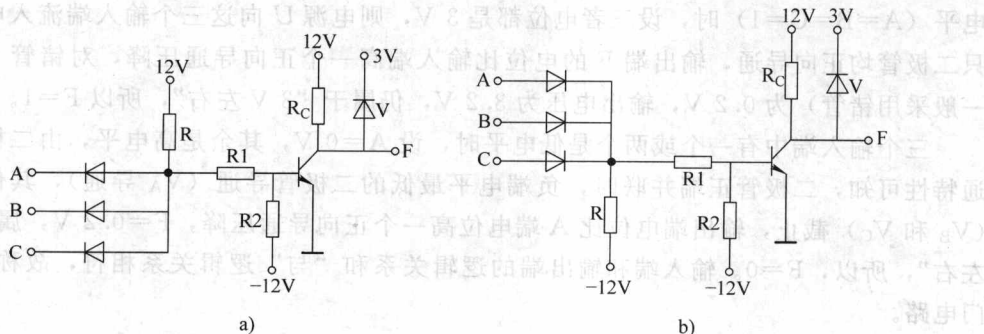


图 1—7 复合门电路

a) “与非”门电路 b) “或非”门电路

上面介绍了分立元件组成的几种门电路，为了便于比较，将其列于表 1—2 中。

表 1—2 几种门电路逻辑功能比较

类型	“与”门	“或”门	“非”门	“与非”门	“或非”门
逻辑符号					
逻辑表达式	$F = A \cdot B \cdot C$	$F = A + B + C$	$F = \bar{A}$	$F = \overline{A \cdot B \cdot C}$	$F = \overline{A + B + C}$
真值表					
A	B	C	F	F	F
0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0

分立元件构成的逻辑门电路由于体积大、可靠性差,难以满足生产和技术发展的需要;而集成门电路则体积小、工作稳定可靠,得到了广泛应用。

有了基本门电路后,在实际应用中可以将这些基本门电路组合起来,构成组合逻辑电路,以实现各种逻辑要求。

(2) 触发器和寄存器。在逻辑电路中,除了组合逻辑电路外,还有一类电路叫时序电路。时序电路的特点是具有记忆作用。电路的输出信号不仅取决于该时刻的输入信号,而且和电路原来的状态有关。

例如,在计数器电路中,若计数器原状态为“0”,输入一个计数脉冲后,新状态为“1”;若计数器的原状态为“5”,输入一个计数脉冲后,新状态将变为“6”。可见,同样输入一个脉冲,由于计数器原状态不同,则出现的新状态也不同。这说明计数器具有记忆作用,它的新状态与脉冲输入前的原状态有关。

1) 双稳态触发器。双稳态触发器是具有记忆作用的基本单元电路。它是由逻辑门电路按照特定的逻辑结构组合而成,种类繁多,是数字逻辑电路的基本记忆单元。

① 双稳态触发器的特点。双稳态触发器(简称触发器)能够存放二进制信息,它具有以下两个特点:

a. 有“0”和“1”两种稳态。电路总是处于这两种稳态中的一种,只要没有外部触发信号,就始终保持这种稳态不变。这一特点是触发器能记忆信息的基础。

b. 触发转换。在外部触发信号的作用下,电路能从一种稳态迅速翻转到另一种稳态。这一特点使触发器能接收外部输入信号。

利用这两个特点,触发器可用于记忆工作命令、保存运算结果或累计输入脉冲等。

图1—8所示为用触发器作为记忆元件的电动机起停控制原理图。A是外部触发信号,B是触发器输出信号,经功率放大后驱动电动机工作。设触发器原状态为 $B=0$,电动机停转。A端输入“起动脉冲”后,触发器迅速翻转为 $B=1$,电动机转动,一直持续到A端再输入“停止脉冲”,触发器又翻转为 $B=0$,电动机停转。

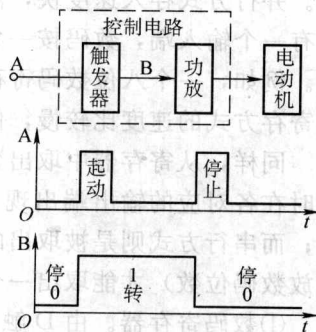


图1—8 电动机起停控制电路

② 触发器的分类。触发器的种类很多,用分立元件或集成门电路均能够组成双稳态触发器。根据触发器的逻辑功能,主要将它们分为三类:

a. 基本RS触发器。它是触发器的基本形式,具有两个输入端——置“0”端(R端)和置“1”端(S端),两个输出端——Q端和 $\bar{Q}$ 端。Q端的状态代表触发器的状态。Q端和 $\bar{Q}$ 端输出状态相反,即: $Q=0$ 时, $\bar{Q}=1$; $Q=1$ 时, $\bar{Q}=0$ 。

当外部触发脉冲从R端输入时,触发器的状态将变为 $Q=0$ 。当外部触发脉冲从S端输入时,触发器的状态将变为 $Q=1$ 。

b. 同步RS触发器。它和基本RS触发器的区别在于R端和S端的输入信号不能直接