

非标准设备设计手册

FEIBIAOZHUN SHEBEI SHEJISHOUCE

第四册

国防工业出版社

内 容 简 介

本手册分第一、二、三、四册出版。

第一册内容包括非标准设备设计概论，一般设计计算资料，常用零件等；第二册包括各种机械传动，各种轴承，导轨设计，润滑与润滑器等；第三册包括液压传动及其元件，气动及其元件，液体静压轴承与静压导轨，密封，电气器件等；第四册包括简易数控机床，机械手，送料机构，常用槽罐及其加热与冷却，泵与风机，仪表等。

手册中的标准资料，是以国标、部标为依据。有部分标准截至手册出版前，尚为草案，报批稿，待正式批准后，以正式标准为准。

本手册可供从事非标准设备设计和技术改造的广大工人、技术人员及干部使用和参考。

非 标 准 设 备 设 计 手 册

第 四 册

岑军健 赵菊初 张秉政 等 编

周玉璞 张妙杭

责任编辑 李永亨

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张32 插页2 747千字

1983年12月第一版 1983年12月第一次印刷 印数：00,001—31,000册

统一书号：15034·2289 定价：6.60元

前 言

在机械制造业中，无论是筹建新厂或对老厂进行技术改造，非标准设备的设计与制造都是一项必不可少的工作。而且这项工作直接关系到建厂的速度，以及工厂的生产效率和产品质量。非标准设备的范围很广，品种繁多，设计中所牵涉的知识和资料比较广泛。为了解决这方面资料的零乱、分散和不足的问题，我们搜集、整理了机械制造工厂中，非标准设备设计的常用资料，并总结了我们的制造非标准设备和技术改造中的实践经验，编写成这套《非标准设备设计手册》。

为了使手册更好地为广大工人、技术人员和干部服务，在选材和编写中，力争通俗易懂，使用方便，解决实际问题，尽量减少理论性的论述和公式的推算，多采用可直接用于设计的结论、表格、经验数据和简化计算等；同时收集了常用的标准产品和元件（如泵、阀、轴承、电气器件、电机和仪表等）；手册中还编入了“滚珠丝杠传动”、“液体静压轴承和静压导轨”、“机械手”、“简易数控机床”等章，以利于新技术的应用和推广。

参加本手册编写工作的有山西柴油机厂的部分工人、技术人员和该厂工人大学非标专业全体师生，以及五机部第六设计院有关人员。各章编者名单附于章末。在搜集资料、编写和审定书稿的整个过程中，得到了渭阳柴油机厂、内蒙一机厂、江麓机械厂、吉林柴油机厂、541、542工程指挥部、一机部机电研究所、广州机床研究所、内江机床电器研究所、一机部情报所、铁岭橡胶研究所、上海机电设计院、华东工程学院、吉林工业大学、天津大学等一百多个工厂、科研设计单位及高等院校的大力支援和协助，在此表示衷心感谢！

由于我们政治思想和技术业务水平所限，手册中可能存在不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

一九七八年四月

目 录

第二十九章 简易数控机床	
一 简易数控机床控制系统..... 2	
1 控制系统的基本逻辑单元..... 2	
2 控制系统逻辑部件..... 2	
3 直线、圆弧控制系统..... 22	
二 数控机床程序编制..... 44	
1 标准代码及其意义..... 44	
2 数控机床的机能指令..... 47	
3 数控机床的轴线标记和走向..... 49	
4 八单位编制程序格式..... 49	
5 编制程序时几点说明..... 49	
6 程序编制举例..... 53	
7 程序检查..... 57	
8 五单位程序编制说明..... 58	
三 半导体集成电路..... 63	
1 半导体集成电路型号命名〔按 ST11-73 标准〕..... 63	
2 半导体集成电路外形尺寸..... 67	
3 二进制逻辑电路图形符号 (见表 29-3-12~13)..... 71	
4 半导体集成电路典型推荐线路..... 74	
5 TTL 和 HTL 集成电路过渡门..... 94	
6 传输线 (长线) 的连接方式..... 95	
7 晶体管使用前筛选..... 95	
8 集成电路使用前的筛选和测定..... 96	
第三十章 简易工业机械手	
一 机械手的组成、分类和运动形式..... 98	
1 机械手的组成..... 98	
2 机械手的分类..... 98	
3 机械手的运动形式及运动符号..... 99	
二 抓取机构..... 101	
1 手爪式抓取机构..... 101	
2 真空吸盘式抓取机构..... 112	
3 电磁吸盘式抓取机构..... 118	
三 手腕机构..... 122	
1 手腕的作用与动作..... 122	
2 手腕的结构型式..... 122	
3 手腕驱动力的计算..... 128	
四 手臂的结构..... 128	
1 对手臂的要求..... 128	
2 设计手臂时常采取的措施..... 129	
3 手臂运动自由度的选取..... 129	
4 手臂伸缩运动的结构..... 129	
5 手臂回转运动的结构..... 138	
6 手臂俯仰运动的结构..... 140	
7 具有复合运动手臂的结构..... 141	
五 缓冲装置..... 143	
1 弹性元件缓冲..... 143	
2 油缸端部节流缓冲..... 144	
3 气动节流缓冲..... 148	
4 缓冲回路缓冲..... 150	
5 液压缓冲器..... 150	
6 机械缓冲器..... 154	
六 定位机构..... 154	
1 影响定位精度的主要因素..... 154	
2 常用的定位方法和机构..... 155	
七 机械手总体设计程序..... 163	
1 收集原始数据..... 163	
2 选择运动形式..... 163	
3 确定主要参数..... 165	
4 结构的总布置..... 166	
5 选择驱动方式..... 167	
6 几种常见的控制方式..... 171	
第三十一章 送料机构	
一 卷料送料机构..... 173	
1 送进机构..... 173	
2 校直机构..... 174	
二 棒料送料机构..... 175	
1 利用重力或滚轮送料机构..... 175	
2 用夹头送料..... 176	

三 单件送料机构	179
1 料仓式送料机构	179
2 料斗式送料机构	196
(1) 定位机构	198
(2) 料斗的几种典型结构	200

第三十二章 常用机构

一 具有转动和移动副的四构件机构	234
1 曲柄连杆机构	234
2 曲柄导杆机构	239
二 凸轮机构	241
1 凸轮机构的分类	241
2 凸轮机构设计的有关术语	243
3 凸轮机构中的作用力及压力角的选择	244
4 从动件运动规律的选择	247
5 凸轮最小尺寸的确定	250
6 凸轮轮廓设计	251
三 间歇运动机构	255
1 外啮合间歇运动机构	255
2 内啮合间歇运动机构	256
四 行星传动机构	257
1 行星传动机构的定义及特点	257
2 常用行星传动机构的计算	257
3 行星传动机构的装配条件	257
五 其它机构	264
1 摩擦无级变速机构	264
2 调速机构	265
3 小车转向机构	265

第三十三章 常用槽罐及其加热与冷却

一 常用槽罐	266
1 表面处理车间槽子	266
2 热处理车间槽子	333
3 内压圆筒形容器	346
4 内压圆筒形容器设计	351
二 加热	357
1 加热方法及其应用	357
2 基本计算	359
3 加热器结构	368
三 冷却	377
1 冷却的方法	377

2 冷却器的基本计算	378
3 冷却面积计算	379
4 冷却器	382

第三十四章 泵与风机

一 BA型离心水泵	403
1 BA型水泵的型号意义	403
2 性能说明	403
3 外形及安装尺寸	406
二 3DS型卧式三柱塞高压泵	408
1 用途	408
2 性能	408
3 外形及安装尺寸	408
4 供应范围及随机备件	410
三 手摇试压泵	410
1 400-1型手摇试压泵	410
2 S、SH型手摇泵	411
四 冷却(润滑)电泵	412
1 单、三相电泵	412
2 JCB电泵	414
五 FS型耐腐蚀塑料离心泵	415
1 用途及耐腐蚀性能	415
2 型号意义	415
3 结构特点	415
4 性能参数	416
5 外形及安装尺寸	416
六 PS型砂泵	420
1 用途及性能	420
2 型号意义	420
3 结构特点	421
4 外形及安装尺寸	421
七 PN型泥浆泵	422
1 用途及性能	422
2 型号意义	422
3 结构特点	423
4 外形及安装尺寸	423
八 风机	425
1 通风机的选择	425
2 4-72、B4-72型离心通风机	427
3 风扇头	431

第三十五章 管道阀门

一 阀门分类	432
二 阀门产品型号编制方法	432
三 常用阀门	435
1 闸阀	435
2 截止阀	440
3 止回阀	447
4 球阀	450
5 隔膜阀	451
6 旋塞阀	452
7 节流阀	460
8 安全阀	462
9 减压阀	468
10 浮球阀	470
11 水嘴	471

第三十六章 仪 表

一 温度仪表	473
1 膨胀式温度仪表	473
2 压力式温度计	479

3 电阻温度计	480
4 热电高温计	480
二 压力仪表	483
1 液柱式压力计	483
2 弹性式压力计	485
三 流量测量仪表	491
1 容积式流量计	492
2 恒压降式流量计——LZB 系列玻璃 转子流量计	494
3 LX1 系列液流信号器	496
四 液位测量仪表	497
1 UG-1 型玻璃管液位计	498
2 UX1 系列液位信号器	499
五 测转速仪表	500
1 LZ-804、806 型离心式固定转速表	500
2 CZ-10 型磁性式固定转速表	501
3 DZ-1 型电动转速表	501
六 显示仪表	502
七 其它仪表	504
1 水平仪泡	504
2 机械式计数器	504

第二十九章 简易数控机床

简易数控机床与复杂数控机床相比，具有费用少、技术要求简单、制造维修容易等优点。但同样具有精度高，效率高的特点，因此较适用于技术革新和技术改造。

所谓简易数控机床，就是它具备数字控制的基本功能，能自动完成主要加工任务；它的一些辅助机能不一定是自动完成的，可以在手工操作下完成。哪些机能用数字控制，哪些机能不用数字控制，可以从生产需要出发加以选择，因而不像复杂数控机床那样机能十分齐全。

简易数控机床能加工外形复杂、精度要求很高的零件，对于这类零件，用一般机床是无法达到的。此外还可以加工一般零件，使各项指标比一般机床大大提高。简易数控机床的应用，主要是针对这两种情况。

对简易数控机床，是依靠数控系统通过伺服机构——功率步进电机、电液脉冲马达等，来实现自动控制的。

简易数控系统的基本结构是由输入装置、控制器、运算器、输出装置四大部分组成的。其功能为：

输入装置将需要加工的零件工艺要求按一定的加工顺序编成控制程序，如各坐标的移动方向、距离、速度及刀具选择转位等，并送入控制机中，自动供给控制器及运算器工作。

运算器根据机床运动轨迹的要求进行各种运算，如插补运算、加减计数等。

控制器是控制输入的启停和运算器各种数学运算的进行；判断运算的结果以及发出各种指令，控制执行机构动作。

输出装置是把运算器及控制器工作的结果，通过执行机构，完成各坐标运动。

对于机床的切削加工，如车、镗、铣……等，都可以采用简易数控的方法。

车削加工轴盘类、阶台轴类等工件，可以采用两坐标分别传动的直线切削系统；带锥度的复杂形状工件，采用直线、圆弧插补两坐标联动的数字控制系统。

镗床加工箱体类的镗孔定位及镗孔深度定位的工件，可采用点位和直线切削结合的数控系统。

铣床加工一个平面内的直线循环切削及曲线轮廓切削时，可采用直线圆弧插补的数控系统。

机床种类繁多，加工性质差别很大，只要选择得当，都可以采用简易数控的方法。

对于具体的控制机，由于机床的加工性质不同，控制的要求也不同，所以每台控制机的具体结构有较大差别。就输入而言，有用光电机纸带输入的方法，也有用拨码开关手动输入的方法。从运控部分来看，有采用比较简单的计数方式来完成点位控制的运控结构，也有用数字乘法器的方法来完成直线插补的运控结构。还有用逐点比较法来完成直线、圆弧插补的运控结构。就输出而言，有采用电磁执行机构控制交流电机或直流电机传动系统，

也有用功率步进电机，电液脉冲马达等伺服系统。

一 简易数控机床控制系统

简易数控机床的控制系统，是由各种能完成一定功能的逻辑部件和逻辑单元，按照设计的要求组合而成的。

1 控制系统的基本逻辑单元

逻辑单元是控制系统的基本元件，目前采用的主要有两种类型：分立元件逻辑单元及集成电路逻辑单元。使用证明，集成电路的性能比分立元件好。从防干扰的角度来看，HTL具有很强的抗电噪声能力。TTL电路的噪声容限为0.5~1伏，为防止电噪声对系统的干扰，往往需要采取很多的屏蔽措施；而HTL电路的噪声容限为4~5伏，是TTL电路的5~8倍。在环境复杂干扰大的生产现场使用HTL电路能保证系统具有较高的稳定性和可靠性。

将集成单元的基本线路，列于表29-1-1中。

2 控制系统逻辑部件

(1) 逻辑部件设计注意事项 逻辑部件设计涉及的面较广，诸如控制方案的制定、元件的选择、逻辑计算及逻辑部件电路的形成、通用部件的选用、装配图的绘制等等。其中，控制方案是主要的。当控制方案确定之后，才能设计出经济合理、稳定可靠的逻辑部件。在设计逻辑部件时，应注意以下几个问题：

1) 在一个控制系统中只能按一种逻辑性质的电路设计，即正逻辑或负逻辑电路。

2) 在一个控制系统中，尽量采用同一型号的元件。若HTL和TTL在同一系统中混合使用，必须增加过渡门电路。

3) 以正逻辑集成元件或NPN晶体管组成的正逻辑触发器，一般采用负跳变(或负脉冲)触发。以负逻辑元件或PNP晶体管组成的负逻辑触发器，则采用正脉冲(或正跳变)触发。

4) 正、负逻辑在逻辑电路中，规定正脉冲或高电位为“1”，负脉冲或低电位为“0”者，称为正逻辑。反之，若规定正脉冲或高电位为“0”，负脉冲或低电位为“1”者，则称为负逻辑，见图29-1-1。

从图29-1-1可以看出，在正逻辑电路中，方波的前沿叫正跳变，由其产生的微分脉冲叫正脉冲。方波的后沿叫负跳变，由其产生的微分脉冲叫负脉冲。正跳变电位由0变1即由低电平到高电平，负跳变由1变0即由高电平到低电平。负逻辑与此相反。

(2) 逻辑部件设计的主要公式及方法

1) 逻辑代数的基本公式和常用公式，见表29-1-2。

2) 逻辑表达式的化简方法

① 合并项法 利用公式将两项合并成一项，合并时可以消去一个变量。例如： $A\bar{B}C + A\bar{B}\bar{C} = A\bar{B}(C + \bar{C}) = A\bar{B}$ 。

② 吸收法 利用公式消去多余的乘积项。例如： $\bar{B} + A\bar{B}D = \bar{B}$ 。

表29-1-1 集成电路单元

名称	RS 触发器	D 触发器	T 触发器	T' 触发器	JK 触发器
逻辑符号					
状态转换图					
状态方程	$\begin{cases} Q^{n+1} = S + \bar{R}Q^n \\ S \cdot R = 0 \end{cases}$	$Q^{n+1} = D$	$Q^{n+1} = T\bar{Q}^n + \bar{T}Q^n$	$Q^{n+1} = \bar{Q}^n$	$Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$
功能	具有置0、置1和保持功能。	具有置0、置1功能。	具有保持和翻转功能。	具有翻转功能。	具有置0、置1、保持和翻转功能。

③ 消去法 利用公式消去多余的因子。例如： $\bar{A} + AB + DE = \bar{A} + B + DE$ 。

④ 配项法 利用公式将某项乘以 $(A + \bar{A})$ ，即乘以 1，然后将一项拆成两项，再与其它项合并化简。

3) 利用卡诺图按合并最小项规律化简逻辑表达式的方法

① 两个相邻小方块（包括处于一行或列的两端）可合并成一项，合并时可消去一个变量，见图29-1-2。

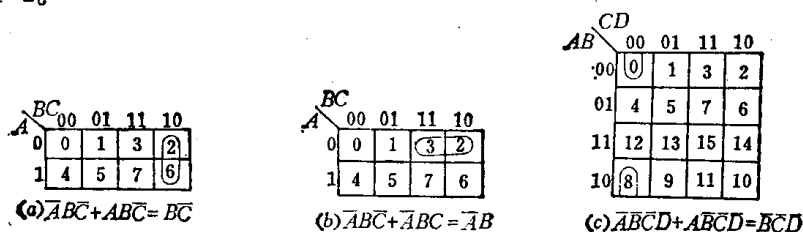


图29-1-2 两个最小项的合并

② 若四个相邻小方块组成一个大方块，或组成一行（列），或处于两行（列）的末端，或处于四角，则可合并成一项，合并时可以消去两个变量，见图29-1-3。

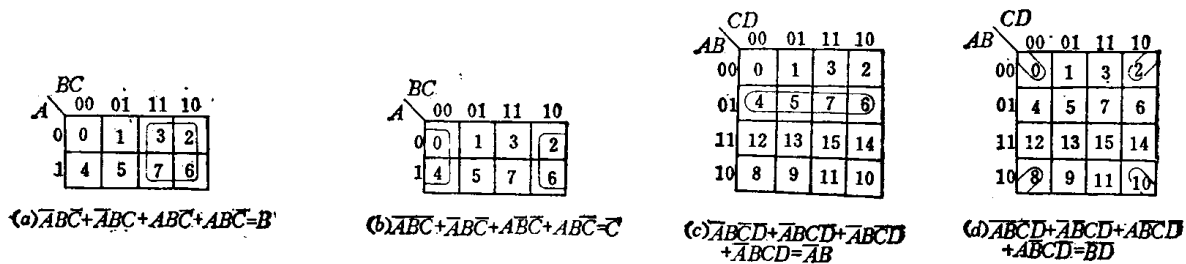


图29-1-3 四个最小项的合并

③ 若八个小方块组成两行（列），则可合并成一项，合并时可消去三个变量，见图29-1-4。

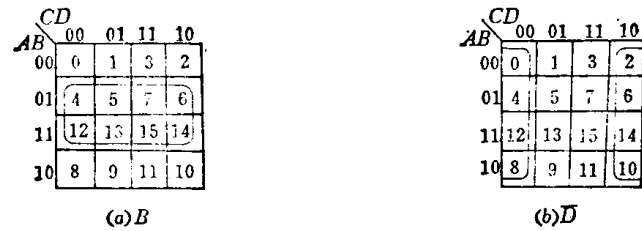


图29-1-4 八个最小项的合并

4) 编码器的设计

将一般的电信号变为二进制代码的电信号的过程叫编码。这种逻辑电路叫二进制编码器。其设计过程如下：

- ① 确定二进制代码的位数。
- ② 列出十进制数字和二进制代码所对应的编码表。
- ③ 从编码表列出二进制编码每一位的逻辑表达式。
- ④ 将得到的逻辑式化简，并画出编码器的逻辑电路图。

5) 译码器的设计

译码器的作用是将代码的原意“翻译”出来。这个被“翻译”的输出信号可以是电脉冲，也可以是电位。其设计过程如下：

- ① 分析设计要求列出真值表。
- ② 根据真值表写出输出函数表达式。
- ③ 根据输出函数表达式，画出译码器的逻辑图。

6) 时序逻辑电路的设计

在组合逻辑电路中，任一时刻的输出信号，仅取决于当时的输入信号。而在时序逻辑电路中，任一时刻的输出信号不仅取决于当时的输入信号，而且还取决于电路的原来状态。

时序逻辑电路在结构上有两个特点：一个时序逻辑电路包含组合和存储电路两部分；存储电路的状态必须反馈到输入端，与输入信号一起共同决定组合电路的输出。因此设计方法与组合电路的设计方法有区别。

- ① 同步时序逻辑电路的设计 同步时序逻辑电路的设计，按下列方法进行：

- a) 根据设计要求画出状态转换图；
- b) 状态化简；
- c) 状态分配；
- d) 选定触发器的类型，求出输出方程、状态（特性）方程和驱动方程；
- e) 根据方程式画逻辑图；
- f) 检查所得到的电路能否自启动，如不能自启动，则应采取措施加以解决。

② 异步时序逻辑电路的设计 由于异步时序逻辑电路中的触发器不是同时翻转，所以必须为每个触发器挑选一个合适的时钟脉冲信号。

异步时序逻辑电路的设计，按下列步骤进行：

- a) 根据设计要求画出状态转换图；
- b) 状态化简；

- c) 状态分配;
- d) 选定触发器类型, 画出一系列时钟信号作用下, 每个触发器输出状态变化的波形图 (或称为时序图), 选择各个触发器的时钟脉冲;
- e) 求出输出方程、状态方程和驱动方程;
- f) 根据方程式画出逻辑电路图;
- g) 检查所得到的电路能否自启动, 如不能自启动, 则应采取措施加以解决。

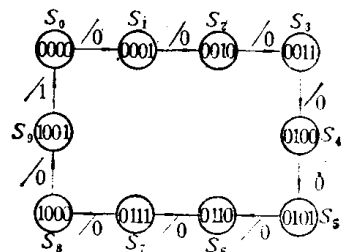


图29-1-5 状态转换图

例: 设计一个同步十进制加法计数器

[1] 根据要求画出电路的状态转换图, 见图29-1-5。

电路应有 $S_0 \sim S_9$ 十个状态, 没有输入变量, 输出 Z 就是计数器从 9 变为 0 时的进位信号, 因为十进制计数器必须有十个不同的状态不能减少, 所以不必进行状态化简。

[2] 进行状态分配

由十进制计数器 $N=10$, 则触发器的数目按下式决定: $2^n \geq N$ 。

若取 $n=4$, 则 $2^4=16$, 大于 10 可以满足要求。再按 8-4-2-1 编码顺序取 0000~1001 十个编码分别代表 $S_0 \sim S_9$ 的十个状态, 见表 29-1-3。

表 29-1-3 状态分配

状 态	状 态 编 码				十 进 制	状 态	状 态 编 码				十 进 制
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1			Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	
S_0	0	0	0	0	0	S_5	0	1	0	1	5
S_1	0	0	0	1	1	S_6	0	1	1	0	6
S_2	0	0	1	0	2	S_7	0	1	1	1	7
S_3	0	0	1	1	3	S_8	1	0	0	0	8
S_4	0	1	0	0	4	S_9	1	0	0	1	9

[3] 选定触发器类型, 求出输出方程及驱动方程

选用 JK 触发器。为求得输出方程, 可由状态转换图画出输出方程 Z 的卡诺图, 见图 29-1-6。

因为没有输入逻辑变量, 所以 Z 仅仅是状态 ($Q_4^n, Q_3^n, Q_2^n, Q_1^n$) 的函数。在卡诺图中 1010~1111 六个无效状态作为任意项来处理。由此可得 $Z = Q_4^n Q_1^n$ 。

其次, 再由状态转换图画出电路次态 ($Q_4^{n+1}, Q_3^{n+1}, Q_2^{n+1}, Q_1^{n+1}$) 的卡诺图, 见图 29-1-7。

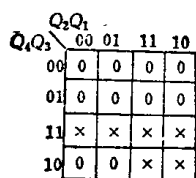


图29-1-6 输出函数的卡诺图

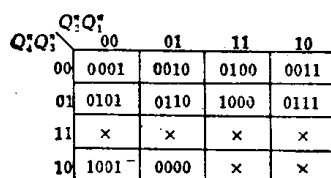


图29-1-7 电路次态卡诺图

由卡诺图写出状态方程:

$$\begin{cases} Q_4^{n+1} = Q_1^n Q_2^n Q_3^n + \overline{Q_1^n} Q_4^n \\ Q_3^{n+1} = \overline{Q_2^n} Q_3^n + \overline{Q_1^n} Q_3^n + Q_1^n \\ Q_2^{n+1} = \overline{Q_1^n} Q_2^n + Q_1^n \overline{Q_2^n} \overline{Q_4^n} \\ Q_1^{n+1} = \overline{Q_1^n} \end{cases}$$

将上式再化为 JK 触发器特性方程的标准形式:

$$\begin{cases} Q_4^{n+1} = (Q_1^n Q_2^n Q_3^n) \overline{Q_4^n} + \overline{Q_1^n} Q_4^n \\ Q_3^{n+1} = (Q_1^n Q_2^n) \overline{Q_3^n} + (\overline{Q_1^n} \overline{Q_2^n}) Q_3^n \\ Q_2^{n+1} = (Q_1^n \overline{Q_4^n}) \overline{Q_2^n} + \overline{Q_1^n} Q_2^n \\ Q_1^{n+1} = 1 \cdot \overline{Q_1^n} + 0 \cdot Q_1^n \end{cases}$$

于是, 可以得到驱动方程:

$$\begin{cases} J_4 = Q_1^n Q_2^n Q_3^n, & K_4 = Q_1^n \\ J_3 = K_3 = Q_1^n Q_2^n \\ J_2 = Q_1^n \overline{Q_4^n}, & K_2 = Q_1^n \\ J_1 = K_1 = 1 \end{cases}$$

〔4〕 根据输出、驱动方程画出逻辑图 见图29-1-8。

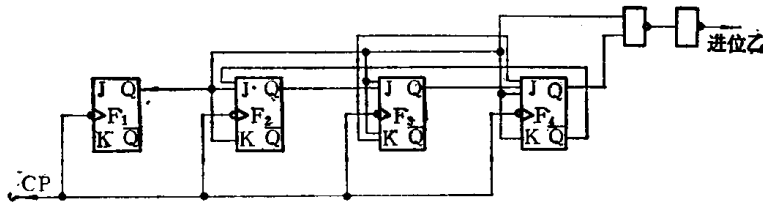


图29-1-8 十进制加法计数器逻辑图

〔5〕 画出电路的状态转换图

由图29-1-9可以看出, 此计数器可以自启动, 达到了设计的要求。

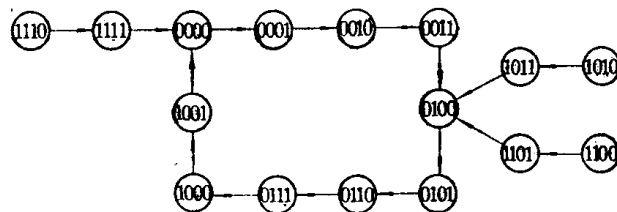


图29-1-9 同步十进制加法计数器状态转换图

7) 不同类型触发器的转换

在设计过程中, 往往会碰到触发器的产品不齐全, 需要互换。下面介绍几种互换电路。

① 从D型触发器转换成RS、JK、T、T' 触发器

a) 从D型到RS型的转换 由于D型的特性方程为 $Q^{n+1} = D$, 则RS型的特性方程为 $Q^{n+1} = S + \overline{R}Q^n$ 。因而 $D = S + \overline{R}Q^n$; 可以根据转换特性方程画出转换逻辑图, 见图29-1-10。

b) 从D型到JK型的转换 因为JK型触发器的特性方程为 $Q^{n+1} = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$, 所以得转换方程为 $D = J\overline{Q}^n + \overline{K}Q^n$, 根据转换方程可以画出转换电路图, 见图29-1-11。

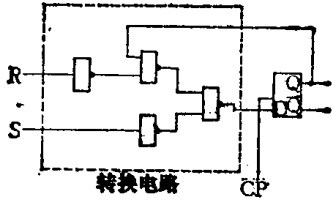


图29-1-10 D触发器转换成RS触发器的电路图

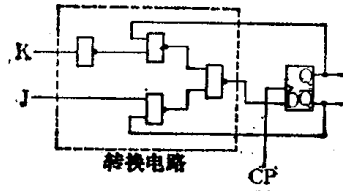


图29-1-11 D型转换成JK型的电路图

c) 从D型到T、T'型的转换 因为T型特性方程为 $Q^{n+1} = T\bar{Q}^n + \bar{T}Q^n$, 所以 $D = T\bar{Q}^n + \bar{T}Q^n$, 其逻辑图见图29-1-12。

T'触发器的特性方程为 $Q^{n+1} = \bar{Q}^n$, 所以 $D = \bar{Q}^n$ 。只要把D触发器的 \bar{Q} 端接回到D输入端, 就可以得到T'触发器, 见图29-1-13。

② 从JK触发器转换成RS、D、T、T'触发器

a) 从JK型到RS型的转换 先将RS触发器的特性方程稍加变换:

$$Q^{n+1} = S + \bar{R}Q^n = S(Q^n + \bar{Q}^n) + \bar{R}Q^n = S\bar{Q}^n + (S + \bar{R})Q^n = S\bar{Q}^n + \bar{S}RQ^n$$

将上式代入JK型特性方程, 得 $J = S, K = \bar{S}R$, 所得的转换电路见图29-1-14。

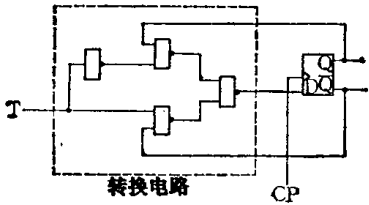


图29-1-12 D型转换成T型的电路图

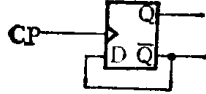


图29-1-13 D型转换成T'型的电路图

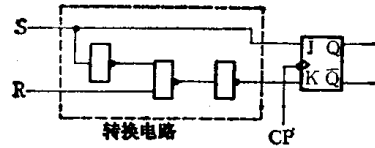


图29-1-14 JK型转换成RS型的电路图

b) 从JK型到D型的转换 先对D触发器的特性方程稍作变换:

$$Q^{n+1} = D = D(Q^n + \bar{Q}^n) = DQ^n + \bar{Q}^n D$$

将此式与JK特性方程比较得 $J = D, K = \bar{D}$, 则转换电路见图29-1-15。

c) 从JK型到T、T'型的转换 将T触发器的特性方程 $Q^{n+1} = T\bar{Q}^n + \bar{T}Q^n$ 与JK型特性方程 $Q^{n+1} = J\bar{Q}^n + \bar{K}Q^n$ 比较后, 可知 $J = K = T$, 于是得T型触发器, 见图29-1-16。

对于T'型触发器, 它的特性方程可以改写为 $Q^{n+1} = \bar{Q}^n = 1 \cdot \bar{Q}^n + \bar{1}Q^n$ 。

将此式与JK型特性方程比较可得 $J = K = 1$, 转换逻辑电路见图29-1-17。

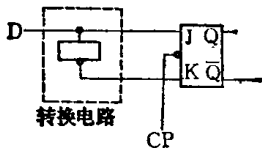


图29-1-15 JK型转换成D型的电路图

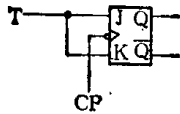


图29-1-16 JK型转换成T型的电路图

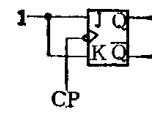


图29-1-17 JK型转换成T'型的电路图

(3) 计数器

1) 二进制计数器 二进制, 就是逢二进位, 因此二进制中只能有二种数码0与1。十进制0~9对应二进制数的对照见表29-1-4。

具有计数性能的双稳态触发器是二进制计数器的基本元件。每一个触发器只能表示一

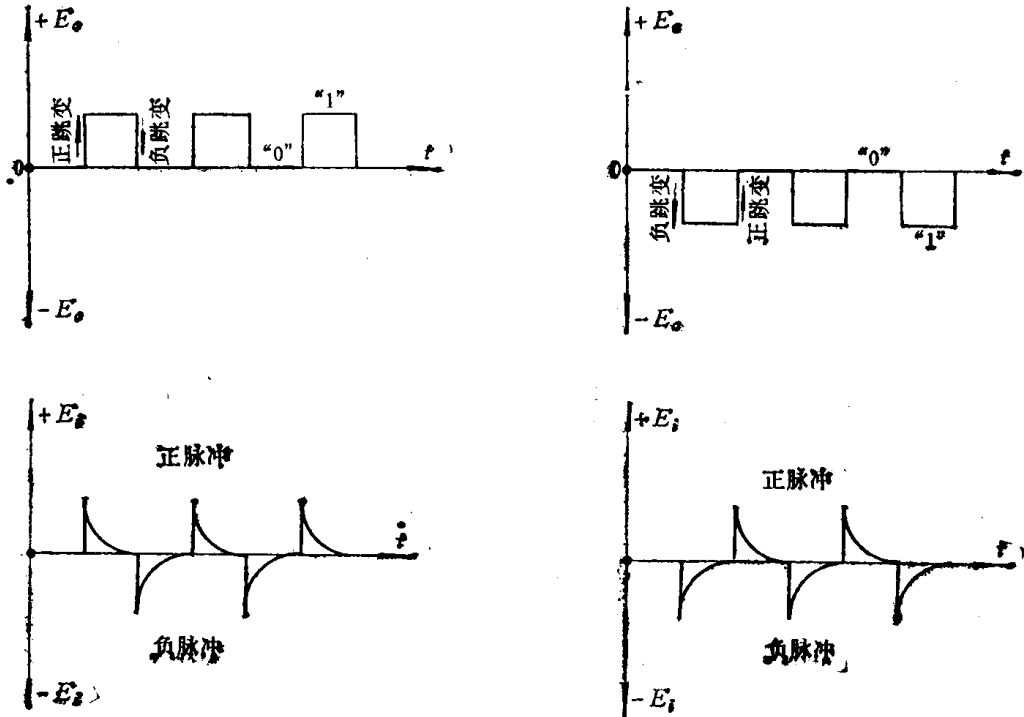


图29-1-1 波形名称对照

表29-1-2 逻辑代数运算基本定律

名称	恒等式	名称	恒等式
基本定律	$A + 1 = 1$ $A + 0 = A$ $A \cdot 0 = 0$ $A \cdot 1 = A$ $A + A = A$ $A \cdot A = A$ $A + \bar{A} = 1$ $A \cdot \bar{A} = 0$ $\bar{\bar{A}} = A$	结合律	$(A + B) + C = A + (B + C)$ $(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
		交换律	$A + B = B + A$ $A \cdot B = B \cdot A$
		分配律	$A(B + C) = A \cdot B + A \cdot C$ $A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$
		反值律	$\overline{(A + B)} = \bar{A} \cdot \bar{B}$ $\overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$

表29-1-4 十进制与二进制对照

十进制数	二进制数	十进制数	二进制数
0 = 0	0	5 = 4 + 1 = 2 ² + 2 ⁰	101
1 = 2 ⁰	1	6 = 4 + 2 = 2 ² + 2 ¹	110
2 = 2 ¹	10	7 = 4 + 2 + 1 = 2 ² + 2 ¹ + 2 ⁰	111
3 = 2 + 1 = 2 ¹ + 2 ⁰	11	8 = 2 ³	1000
4 = 2 ²	100	9 = 8 + 1 = 2 ³ + 2 ⁰	1001

位二进制数，二进制的位数越长所需要的触发器就越多。

① 二进制加法计数器 二进制加法法则是：0 + 1 = 1, 1 + 1 = 0、向高位进1。根据这个法则，可以设计出不同位数的二进制计数器。

例：某输入装置设15个程序，每完成一个程序需计数一次，并向译码器输送一个脉

冲，控制下一个程序进行。此计数器应如何设计？

第一步将十进制数转换成二进制，十进制 15 相当于二进制数：“1111”共四位。用四个触发器组成一个加法计数器，就能满足上列的要求（见图 29-1-18）。

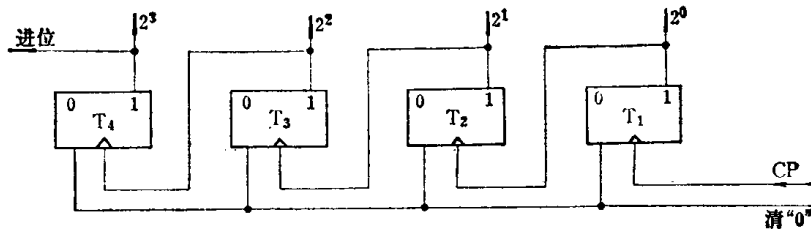


图29-1-18 四位二进制加法计数器

计数器的加法过程见表29-1-5。

表29-1-5 计数器的加法过程

二进制数	触发器状态	T_4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
		T_3	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T_2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0		
T_1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0		
计数脉冲			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

此电路按正逻辑设计，取数为 Q 端，同时也是向高位的进位端。则工作过程如下：先将各触发器置“0”（就是将各触发器的取数端即 Q 端变为“0”状态准备计数）。第一个计数脉冲输入 T_1 翻转由0变1，计数器状态从“0000”变成“0001”，同时向译码器送出一个电位脉冲；当第二个计数脉冲输入时， T_1 又翻转由1变0， Q_1 向 T_2 输送一个负跳变脉冲，使 T_2 翻转由0变1，这时计数器状态变为“0010”，向译码器输出第二个电位脉冲；依此类推。当第15个计数脉冲输入时，计数器状态变成“1111”，表示计满。当第16个脉冲输入时触发器变成“0000”状态， T_4 虽然向高位发送进位脉冲，由于该计数器只有四位，所以第五位1被“丢掉”，这叫计满归零。二进制计数器一般都具有计满归零的特点。

② 二进制减法计数器 二进制减法法则： $1-1=0$ ， $0-1=1$ ，向高位借1。根据减法运算这个法则，要求触发器先把被减数存入，每计数一次最低位翻转一次，从计数器中减去一个数。低位由0变1时向高位输出一个负跳变，使相邻高位触发器翻转，由1变0，实现对高位减1。这叫借位或错位信号。将低位触发器的 \bar{Q} 端与相邻高位触发器的输入端相连接，就可以满足借位的要求，构成多位减法计数器。

图 29-1-19 为四位二进制减法计数器， YF 为置数控制门。把被减数存入计数器的过程叫置数。其置数过程如下：首先清零，然后在置数输入端，加入被减数如1001，则置数控制门 YF_1 、 YF_4 打开， YF_2 、 YF_3 封闭。当置数脉冲输入时，则触发器 T_1 、 T_4 翻成1状态， T_2 、 T_3 状态不变。计数触发器被置成1001状态，置数完毕。其计数过程与加法计数器类似，不再叙述。

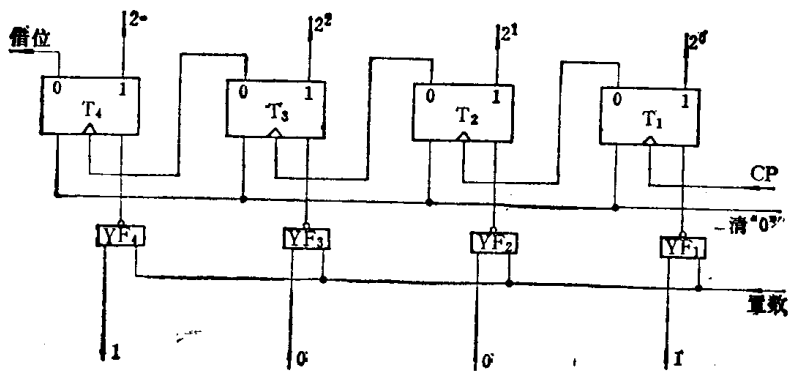


图29-1-19 四位二进制减法计数器

③ 二进制可逆计数器 具有能加减综合运算的计数器叫可逆计数器(见图29-1-20)。

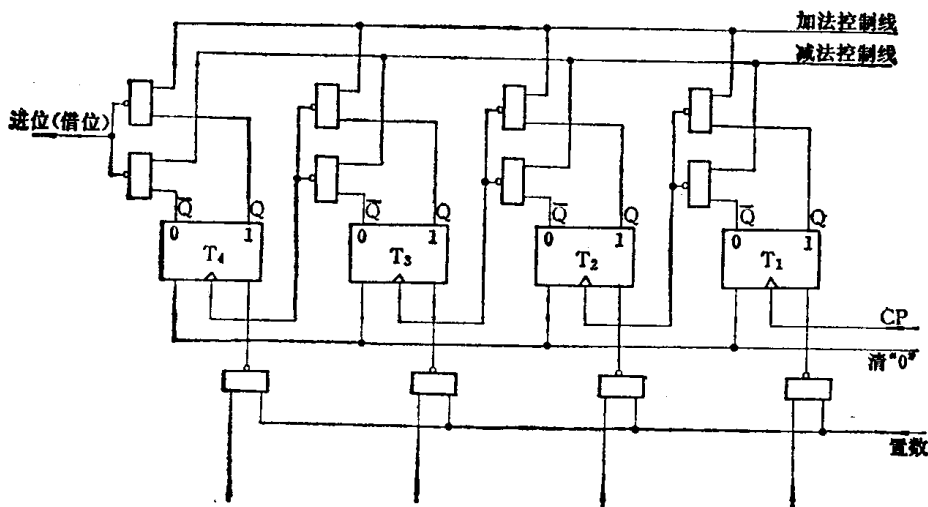


图29-1-20 二进制可逆计数器

在设计这种电路时，应满足这样的条件：当进行加法运算时将减法门封锁，反之，进行减法运算时将加法门封锁。为了实现这种要求，在每个触发器的输出端 Q 及 \bar{Q} 各加一个控制门，就可以对这两种运算进行控制。若在加法控制线上加高电位，减法控制线上加低电位，则加法门导通，减法门封锁，这时计数器进行加法运算。反之，计数器进行减法计数。

2) 二-十进制计数器

① 二-十进制代码 二-十进制代码就是将十进制的数码 $0 \sim 9$ 与四位二进制数码 $0000 \sim 1111$ ，对应任选10种，即组成二-十进制代码。常用代码列于表29-1-6~表29-1-8。

“8421”代码(即权码)的特点是计满十进制 $0 \sim 9$ 后不能归零，需增加自动归零控制门。从十进制数的7到8四个状态同时变化。

二-十进制换算：将二进制的位值与对应权码乘积的和，即为十进制数值。

例：二进制数1001换算成十进制数。

表29-1-6 “8421” 代码

二进制码	8	2^3	0 0 0 0 0 0 0 0 1 1	1 1 1 1 1 1 1
	4	2^2	0 0 0 0 1 1 1 1 0 0	0 0 1 1 1 1 1
	2	2^1	0 0 1 1 0 0 1 1 0 0	1 1 0 0 1 1 1
	1	2^0	0 1 0 1 0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 0 1 1
十进制码			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	

表29-1-7 余3的“8421” 代码

二进制码	8	2^3	0 0 0	0 0 0 0 0 1 1 1 1 1	1 1 1
	4	2^2	0 0 0	0 1 1 1 1 0 0 0 0 1	1 1 1
	2	2^1	0 0 1	1 0 0 1 1 0 0 1 1 0	0 1 1
	1	2^0	0 1 0	1 0 1 0 1 0 1 0 1 0	1 0 1
十进制码			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		

表29-1-8 “2421” 代码

二进制码	2	2^1	0 0	0 0 0	0 0 0	1 1 1	1 1 1	1 1	
	4	2^2	0 0	0 0 1	1 1 1	0 0 0	0 1 1	1 1	
	2	2^1	0 0	1 1 0	0 1 1	0 0 1	1 0 0	1 1	
	1	2^0	0 1	0 1 0	1 0 1	0 1 0	1 0 1	0 1	
十进制码			0 1	2 3 4		5 6 7	8 9	A	
其它二种选码形式			0 1	2 3 4	5 6 7		8 9	B	
			0 1			2 3 4	5 6 7	8 9	C

$$1001 = 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \times 1 = 9$$

余3的“8421”代码简称余3代码。其特点是一种无权码。将该数码每位的1变0，0变1后就能使该码对应的十进制数码中的0与9互变，1与8互变，2与7互变，3与6互变，4与5互变。

余3代码的换算：

例：1100换算成十进制数

$$1100 = (1 \times 8 + 4 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1) - 3 = 9$$

“2421”代码有三种选码方式，使用时可以任选一种。不管选哪一种都具有自动计满归零的特点。将每位的代码从1变0和从0变1，就能得到十进制数9的补码。例如：A行中的1011（十进数5）变为0100（十进数4），刚好是以十进制数9为模的补码，即 $9 - 5 = 4$ 。B和C行同样可以得9的补码。

除以上三种代码外，还有“5221”、“4221”、“84-2-1”、“7421”等代码。选代码方式同上，不再一一列表。

② 二-十进制加法计数器

(a) “8421”代码加法计数器 在设计“8421”代码加法计数器时，应能满足如下几