

真实情景下的编程控制器教学体验

张中明，男，杭州职业技术学院数控技术专业教师，浙江省大学生数控机床装调维修竞赛指导教师，讲授《数控机床 PMC 程序编制与调试》、《数控机床故障检测与维修》以及《数控机床电气组装与调试》等专业核心课程。

一、课程和学习特点

课程名称：数控机床 PMC 程序编制与调试

课程类型：数控技术专业核心课程

课程学时：80 学时

课程特点：教师自制教学设备，学生在真实环境下体验编程控制器丰富多彩的符号演绎过程。

学情分析：

知识储备情况。本专业生源来自三校生，即职业高级中学、中等专业学校和技工学校，也有少量普通高中毕业生，学制为四年。在中学阶段主要是以机械制造、基本识图、数控加工、数控维修、基本电气组装等相关课程的学习为主，平时注重动手能力的培养，也系统学习了《自动控制原理》、《电工与电子学》及《电机与电气控制》等相关课程，基本满足本课程学习的需要。

学习行为分析。学生们对于单一理论讲授型课程比较抵触，但是，他们有很好的动手能力，通过动手实践，可以获得对于所学知识和技能的理解，甚至可以到达比较熟练的程度。学习的主观能动性较强，不但要求知其然，也要求知其所以然。

职业发展需求。学习该课程的学生属于四年制本科学生，他们具有比较好的学习和生活习惯，对于未来也有比较高的职业追求，他们大多希望在智能制造技术方面发挥自己的特长，例如高端数控机床数控精密加工、数控机床维修、职能产线维护与技术改造以及生产过程自动化的程序编制与调试等。他们具有强烈的愿望学习好编程控制器技术。

二、教学模式比较

	课前	课中	课后	资源
传统教学	阅读纸质教材	现场教学，师生一对一互动	提交纸质作业	纸质教材
网络教学	点播网络视频，疑点问题回播观看	师生一对多互动，互相观摩	提交网络作业	事先录制好的视频和文稿，便于移动端观看。

三、学习活动的组织

1. 自制教学设备简介



图 1 自制教学设备

图 1 所示是自制教学设备，它的核心是控制器，内部装载有控制器的可执行代码，信号开关和转换开关属于输入控制器信号源，信号指示灯和电动机属于输出信号，输入信号和输出信号之间呈现复杂的逻辑规律，制作这个设备的目的是使抽象的逻辑符号与外部特定的实物相联系，使同学在抽象思维和具象思维之间找到平衡点，更好地促进学生对控制器语言的认知。

2. 教学组织形式

图 2 所示是教学组织形式示意图。在本课程的网络教学组织形式中，以钉钉直播平台作为课程实施的主要环节，之所以选择直播，主要是考虑到该课程对于师生之间的互动具有重要的意义，而钉钉直播平台在这个方面具有优良的网络传输特性，例如低时延，很高的响应速度；另一方面，将学习通作为教学基本资料的上传，同时，学生提交的作业也可以存储在该平台上，这使得教学过程具有留痕性。教师端除了 PC 计算机之外，还连接了自制的教学设备，这个教学设备的使用可以让同学们的 PC 机端能够同步看见教学设备中主控制器中各个输入/输出变量变化的情况，通过 WORK2 软件的教学，使同学们编写好的程序代码可以通过钉钉网上传到教师机上，教师可以打开并执行学生上传的代码，与同学们一起分享由自己编写的代码的执行效果，这样可以达到互相借鉴，取长补短和互相促进的作用，这是在现场教学中师生一对一的教学中所无法达到的效果。

教学组织方案的风险排序。考虑到网络教学特性，这里以钉钉直播课堂作为第一选择，从实际教学过程来看其技术保证是可靠的，以学习通作为第二选择，主要是完成教学资料的留存，第三是自身技术

设备的保证，即采用最新版的电脑硬件和支撑软件，以使直播教学活得更流畅的效果。

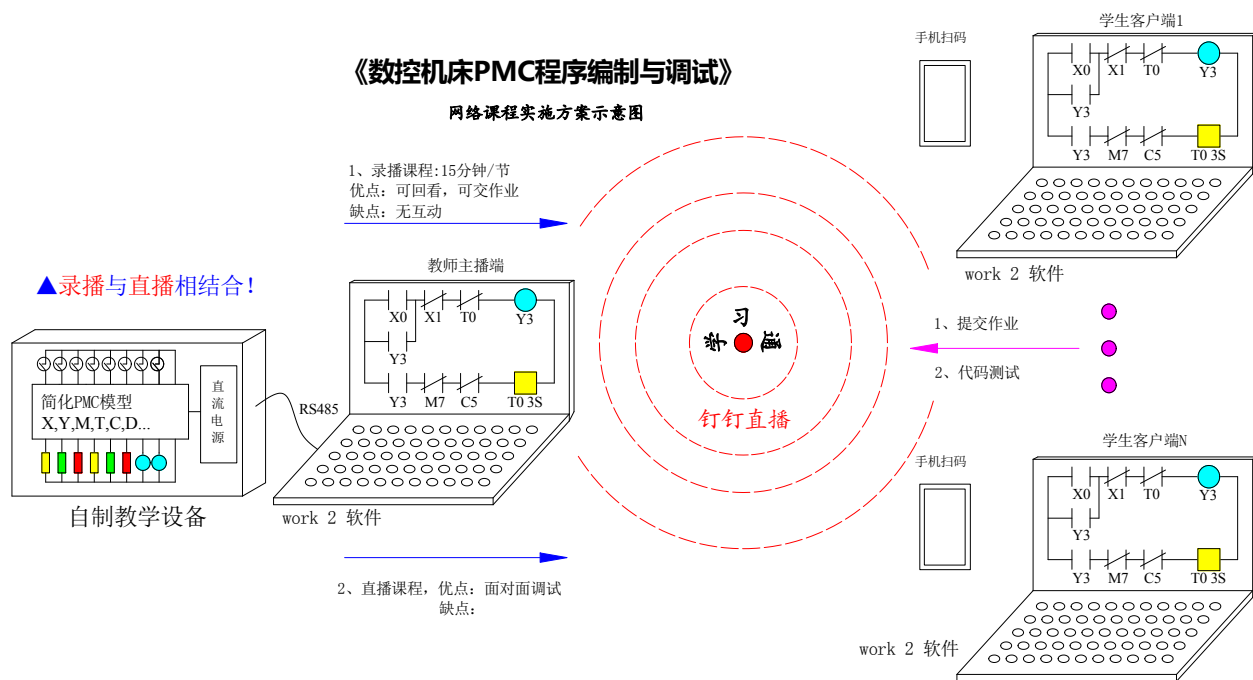


图 2 教学组织形式

四、教学项目设计

数控 1762 班级教学安排表

序号	周次(日期)	学时	单元标题	任务(项目)序号	覆盖目标
1	二(2020.02.24)	4	编辑与调试,基本逻辑	T1-1	O1
2	二(2020.02.25)	4	真值表, 编码与译码	T1-3	O1
3	三(2020.03.02)	4	互锁, 过程切换	T1-5	O1
4	三(2020.03.03)	4	设备指示灯, 楼道灯	T1-7	O1
5	四(2020.03.09)	4	特殊继电器, 单定时器	T1-9	O1
6	四(2020.03.10)	4	小车移动, 多定时器	T2-2	O1, O2
7	五(2020.03.16)	4	流水线控制, 周期控制	T2-4	O1, O2
8	五(2020.03.17)	4	窄脉冲控制, 计数器	T2-6	O1, O2
9	六(2020.03.23)	4	数据存储, 混合控制	T2-8	O1, O2
10	六(2020.03.24)	4	数据与比较, 测试设备	T2-10	O1, O2
11	七(2020.03.30)	4	流水线, 复杂时间规律	T2-12	O1, O2
12	七(2020.03.31)	4	时钟与检测, 清洁流程	T2-14	O1, O2
13	八(2020.04.06)	4	实验与比较, 一字节	T2-16	O1, O2
14	八(2020.04.07)	4	四字节, 密码锁	T2-18	O1, O2
15	九(2020.04.13)	4	随机密码, 顺序控制	T2-20	O1, O2
16	九(2020.04.14)	4	改进的顺序控制	T3-1	O1, O2, O3
17	九(2020.04.14)	4	简单重复, 复杂重复	T3-2	O1, O2, O3
18	十(2020.04.20)	4	选择控制, 复杂条件	T3-4	O1, O2, O3

19	十（2020.04.21）	4	并行控制，交通灯	T3-6	O1, O2, O3
20	十一（2020.04.27）	4	状态转换，机器人扫地	T3-8	O1, O2, O3

本课程共设计了 20 个项目，每个项目都针对工业现场出现的各种典型案例进行进一步的抽象和浓缩的结果。每个项目的教学时间为 4 个课时。每个项目分为两个小节，第一个小节偏向微技能，第二小节偏向来自现场的应用，这样可以提高案例的质量，同时兼顾案例的理论深度和解决现实问题的针对性。

五、授课方案浅析

授课方案以启发式教学为主线，老师先进行一个基本的案例示范，同学们则根据老师的要求上传自己的作品供老师和同学们一起观摩，在互相学习和讨论中理解各种技能的实现方法。图 3 所示是老师在连锁控制单元中以单电机控制时序为例编写得第一段梯形图程序，这里不写出程序代码本身，只写出控制时序图，以表明难度的梯度变化。

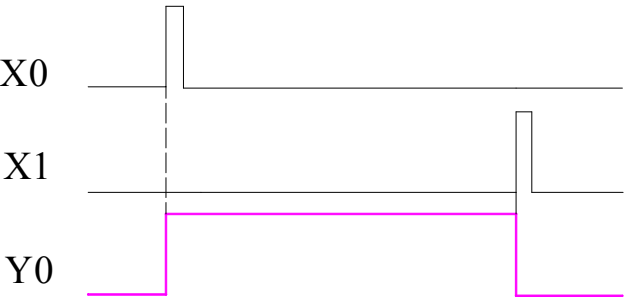


图 3 老师引出问题的单电机控制时序图

图 4 是同学们完成的三电机无序控制的时序图，与前一个时序图相比，它增加了两个，这是一个量变的过程，主要是让学生掌握基本编程技巧，并对连锁规律做进一步的体会和理解。

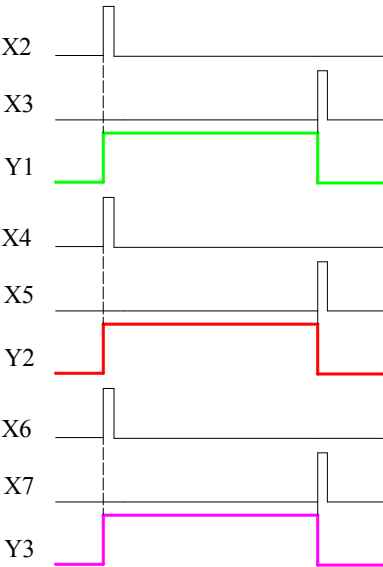


图 4 学生完成的三电机无序电机启停控制

图 5 是老师作为样例向同学们介绍的三台电动机顺序启动-逆序停止的时序，并在这个时序图的条件约束下编写程序，与前一个时序图相比，顺序启动-逆序停止控制要求电动机之间呈现复杂的连锁关系，

前一台电机的运行状况将影响到后一台电机的运行状况，各个电动机按照时序图规定的次序严格执行，不能超前和滞后，该种控制方式在企业生产中具有广泛的应用场景。

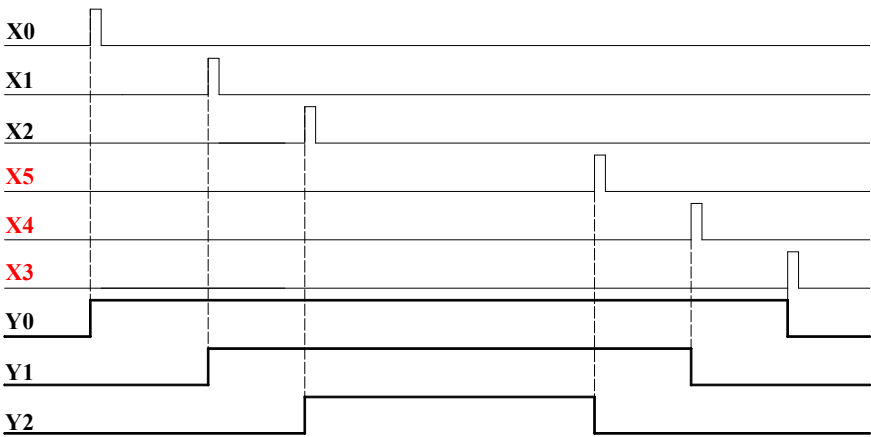


图 5 教师作为示范的三电机顺起-逆停时序图

图 6 是由学生完成的四台电动机的顺序启动-逆序停止的控制时序，与前者相比增加了一台电动机，同学们在理解了老师讲解的三台电机的控制案例之后，学生们可以在这个工作任务中获得一个动手实践的机会，通过学生上传的代码来看，绝大多数同学能够很好地理解和完成这个工作任务，这个过程增强了学生解决问题得信心和兴趣。

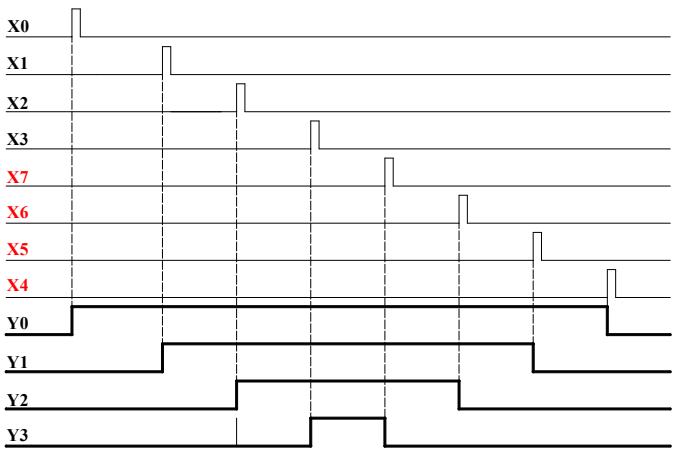


图 6 学生完成的四电机顺起-逆停时序图

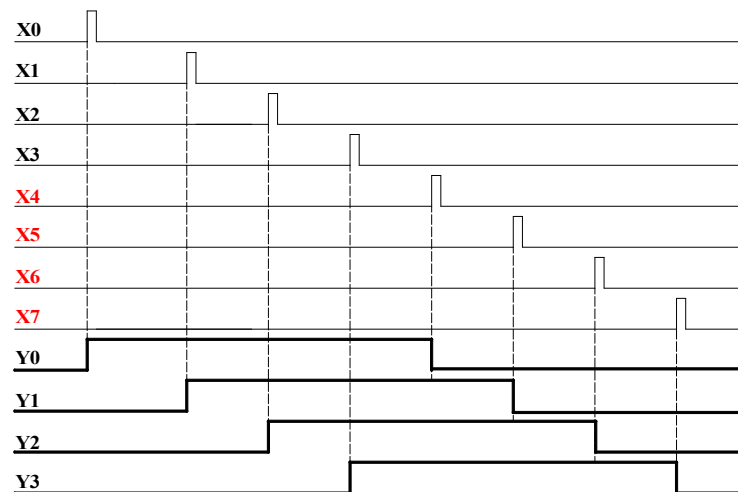


图 7 学生完成的四电动机顺起-顺停时序图

图 7 是学生们在老师的启发下完成的顺序起动-顺序停止控制时序，与前一个图相比，该图在电机的动作顺序上又产生了新的变化，这个变化需要同学们在准确理解的基础上，自己正确地处理有关的细节问题。

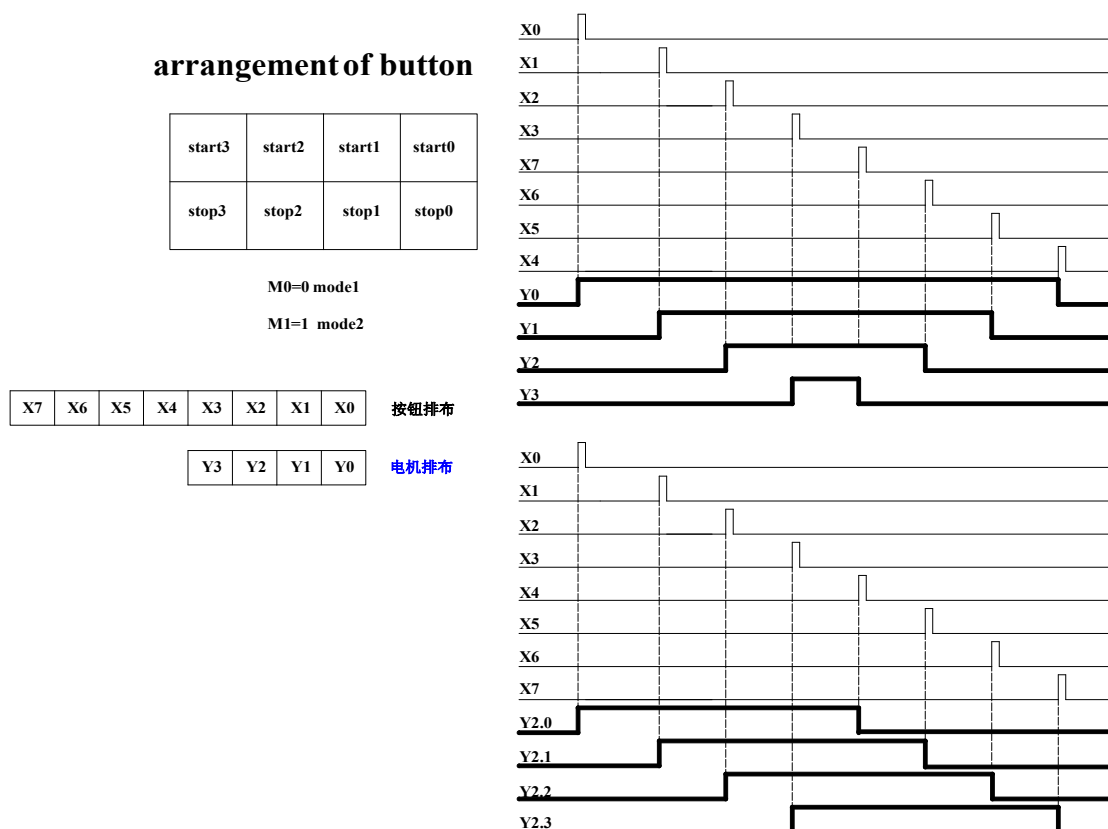


图 8 学生们完成的符合控制时序图

图 8 是在老师的启发和指导下编写复合控制方式（两种控制方式的混合），由于在一个控制程序中要完成两个方向的控制流程，其连锁关系更为复杂。这个时序控制可以训练学生获得更为复杂的顺序连锁控制的技能。

表 1 控制时序的四种形式

序号	输入信号		输出信号								控制方案
	X1	X0	M3	M2	M1	M0	Y3	Y2	Y1	Y0	
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	顺起、逆停
2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	顺起、顺停
3	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	逆起、顺停
4	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	逆起、逆停

表 1 为 4 台电机，两个方向电机控制规律的进一步归纳：第一种为顺序启动、逆序停止；第二种为顺序启动、顺序停止；第三种为逆序启动、顺序停止；第四种为逆序启动、逆序停止。显然，这四种方案完全涵盖了这类电机控制顺序的规律，同学们编写出了 2-4 译码器，通过细节编程，可以完整地根据调度要求实现所要求的控制时序。

综上所述，本案例教学体现了教师在教学过程的启发性，学生在学习过程中由基本理解、动手体验、逐渐深入并获得更为复杂的控制程序的编写和调试能力，体现了本课程学习的“学做合一”的特点，符合学生对于未知事物由浅入深、由表及里以及透过表象看实质能力的培养规律。同学们在学习过程中的顽强学习、孜孜以求和精益求精的精神也展露无遗，例如，有些同学在代码上传后，发现在控制器上的运行不够完美，或者有一些缺陷，许多同学都会在各自己的机器上再次修改并上传，直到获得满意的控制效果，师生之间的互动也是自然与流畅的，体现了师生之间在教学过程中的角色定位是真诚的、友好的与平等的。

六、学习评价设计

(1) 教学评价要实现终结性评价与过程性评价、定性评价与定量评价、教师评估与学生自我评估的有机结合；

(2) 本课程采用终结性评价与过程性评价相结合的评价方法。终结性评价采取笔试形式考核学生对理论知识掌握情况及使用专业术语的书面表达能力，占总成绩的 50%；过程性评价分四个阶段，占总成绩的 50%，包括阶段性的技能目标考核（现场上传代码得实践操作，其难度递进增长）、课堂提问、课堂任务完成等情况，提倡让学生描述设计思路，以引起学生对专业术语规范使用的重视。

(3) 教师应多鼓励实际操作能力较弱的同学，多采用正面的评价用语，避免挫伤他们的自尊心，减退学习兴趣。

(4) 职业素养融入到专业教学过程中，职业素养按课程的 20% 计分。评价要求由专门的规范，其中第 1 条款和第 2 条款为否决项。若任其中任何一项未达到 12 分，则职业素养考核为不得分。

七、课程资源

(1) 教材资源。张中明，吴晓苏. FANUC 数控机床 PMC 梯形图设计方法研究[M]. 杭州：浙江科学技术出版社，2015.

（2）注重课程资源和现代化教学资源的开发和利用，这些资源有利于创设形象生动、直观具体的工作情境，激发学生的学习兴趣，促进学生对知识的理解。以下是本课程的网络资源地址。

<https://mooc1-l.chaoxing.com/course/205974016.html>

（3）产学合作开发实训课程资源，充分利用校中厂、实训基地，实现工学结合，满足学生的实习、实训，为就业创造机会；

（4）建立本专业开放式实训室，使之具备现场教学、实训、数控机床装调维修高级工技能证书的考证功能，实现教学做合一，满足学生综合职业能力培养的要求。