
加工中心机床圆盘式刀库 发那科系统 PMC 的编程技术

安庆长谷川数控机床有限公司 雷晓鹏
北京发那科机电有限公司 胡 年

自动换刀机构（ATC）是数控机床易发生故障的地方。本文介绍 PMC 的编程思路和方法，供大家讨论。此程序自 2004 年始已在数百台加工中心运用。

一、基本规则

1、刀具在 D0000 到 D0032 登录。D0000 登录主轴刀具号，D0001 到 D0032 登录刀套内刀具号，在此假定刀库容量为 32 把刀。

2、执行 T 码时，刀库中 T 码刀具旋转到换刀口位置，在刀库旋转过程中，程序自动加工运行不中断，称之为预选刀。

3、M6 执行换刀过程，执行前，Z 轴必须回第一参考点，即 G91 G28 Z0 或 M19 G91 G28 Z0。

4、允许的大径刀（如面铣刀）直径不容许超过普通刀具（以下简称：小径刀）最大直径的二倍，否则大径刀之间随机交换会撞刀。刀具重量不能超过刀库容许重量。

大径刀刀具号设定规则：大径刀的相临两侧刀套内必须为空，空刀套的刀具号自动设定为 99（也可设定其他数字，PMC 识别为空刀）。D100 内设定大径刀个数，小径刀刀具号必须大于大径刀个数乘 2 加 1。初始设定主轴刀具号 D0000 必须是小径刀刀具号。

5、大径刀具交换规则：小径刀可放进大径刀刀套内，大径刀不可放进小径刀刀套内。

主轴小径刀与刀库小径刀交换，一次性换刀；

主轴大径刀与刀库大径刀交换，一次性换刀；

主轴小径刀与刀库大径刀交换，一次性换刀，小径刀放进大径刀刀杯套内；

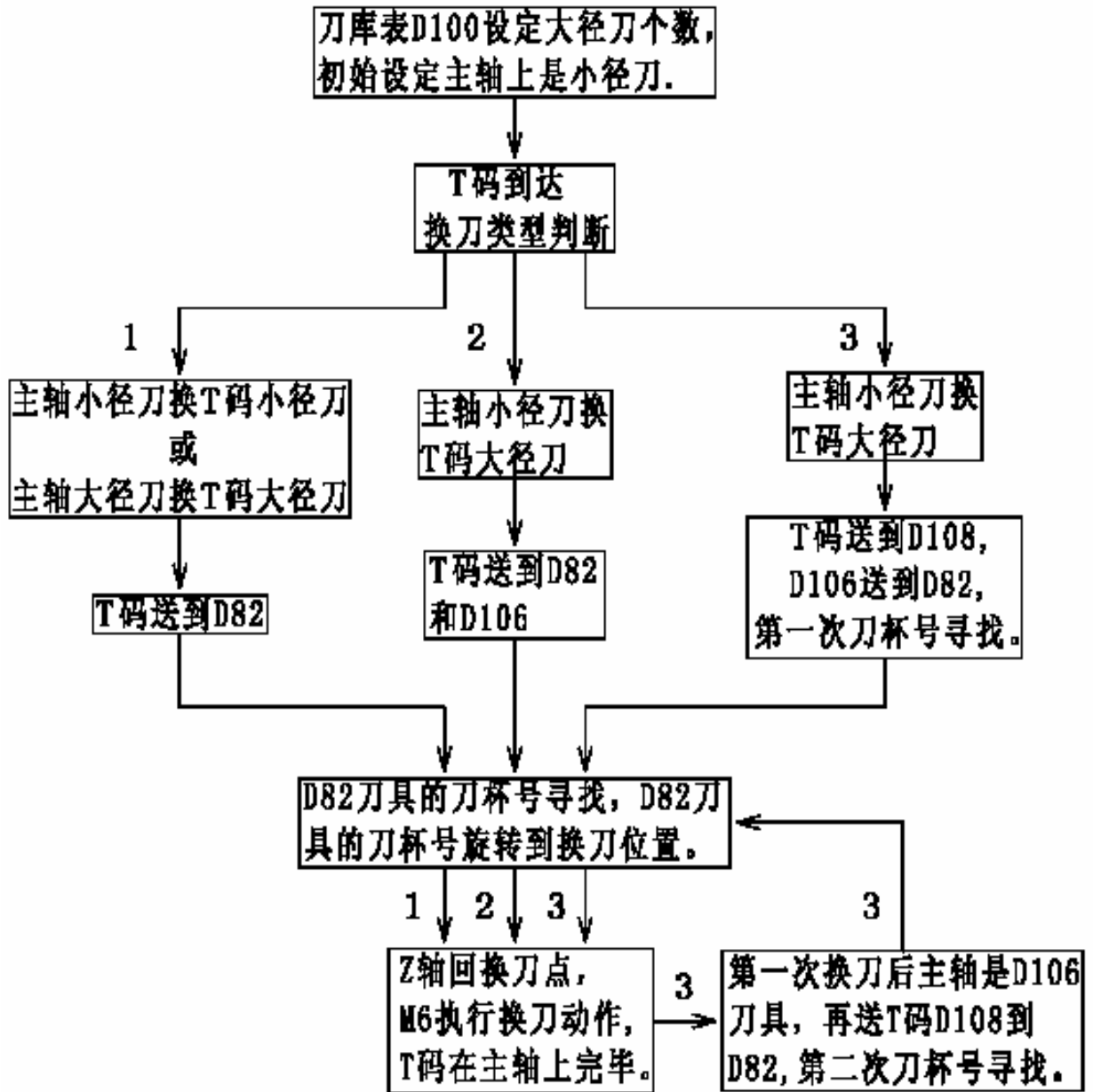
主轴大径刀与刀库小径刀交换，第一次将原大径刀刀套内的小径刀换到主轴上，第二次再进行小径刀之间的交换。

以上交换规则 PMC 自动识别换刀。

6、在刀库运行中发生停电等故障，具备中断点记忆和用按键操作恢复功能。有完善的电机保护和报警操作提示。

7、以上自动刀具交换（ATC）动作本文介绍的都用 PMC 完成，读者也可用宏程序和 PMC 结合编程实现。

二、 PMC 程序框图



三、详细介绍刀库盘旋转部分 PMC 程序和说明

1、准备工作

自动换刀部分反馈信号:

R30.0=1 主轴抓刀反馈;

R30.1=1 主轴松刀反馈, 延迟 0.2 秒是消除信号反馈传感器安装误差, 其它信号反馈延迟道理相同;

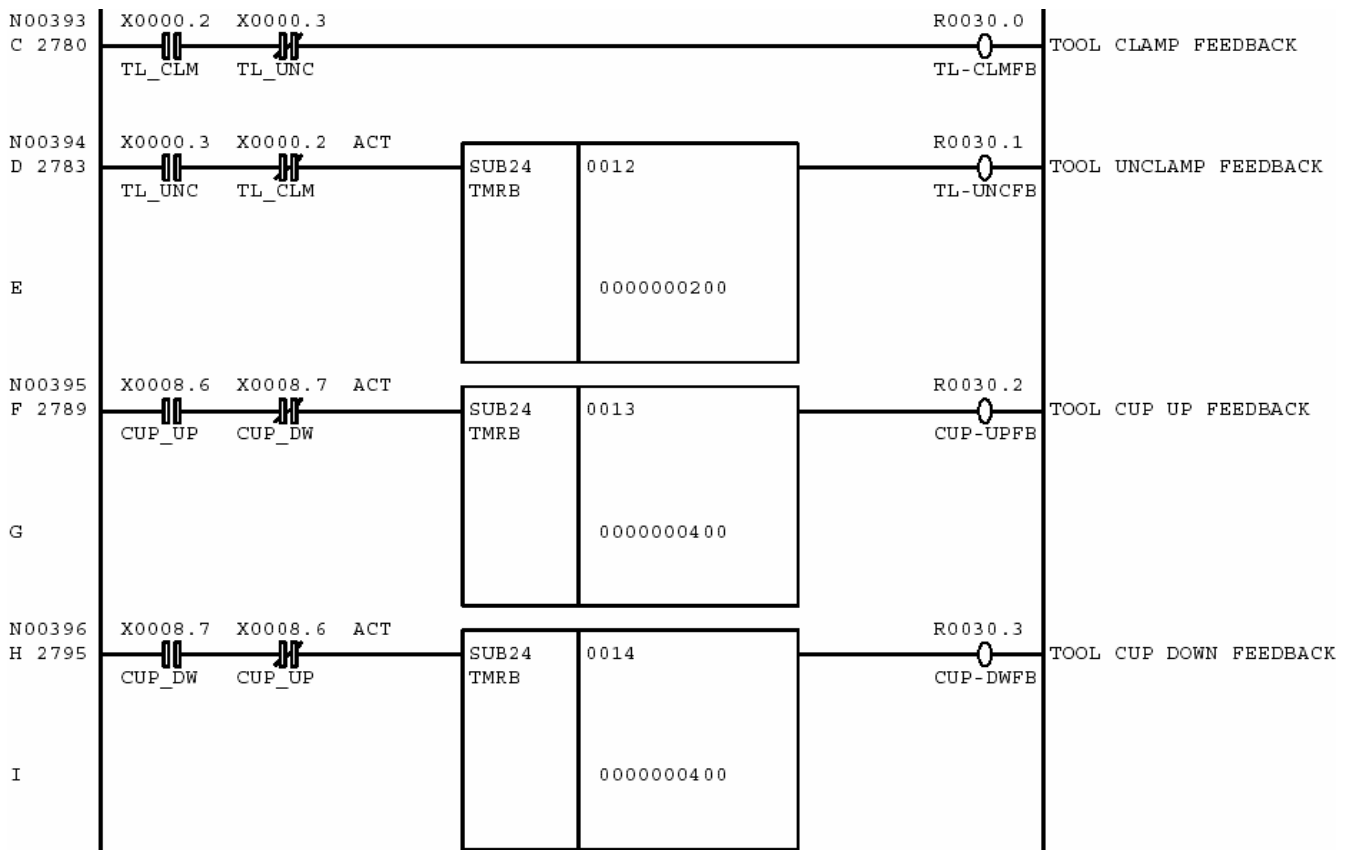
R30.2=1 刀杯上(水平位置)信号反馈;

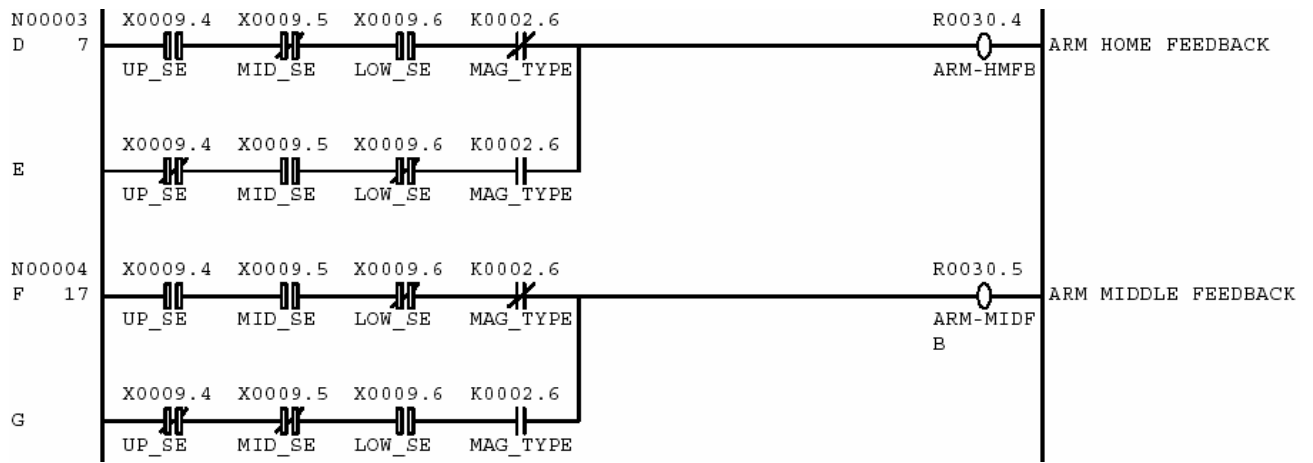
R30.3=1 刀杯下(刀具垂直向下位置)信号反馈。

R30.4=1 抓刀机械手在零点位置;

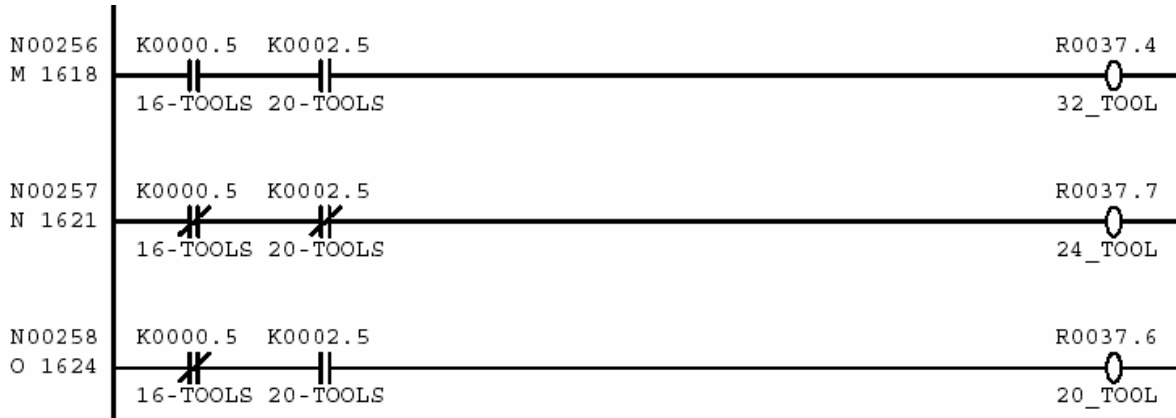
R30.5=1 抓刀机械手在抓刀位置;

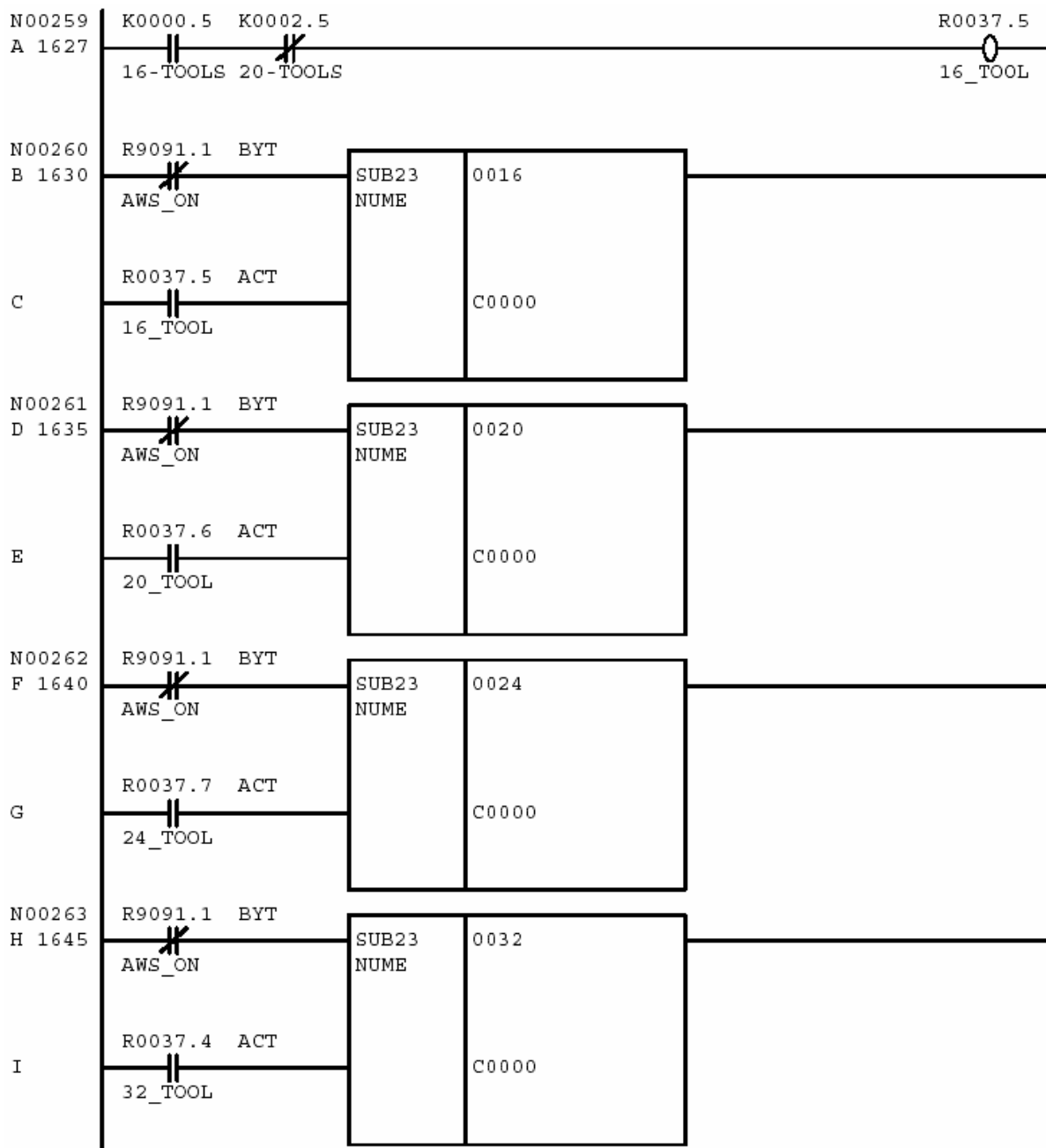
K2.6=0 德士换刀结构 1 型、K2.6=1 德士换刀结构 2 型;



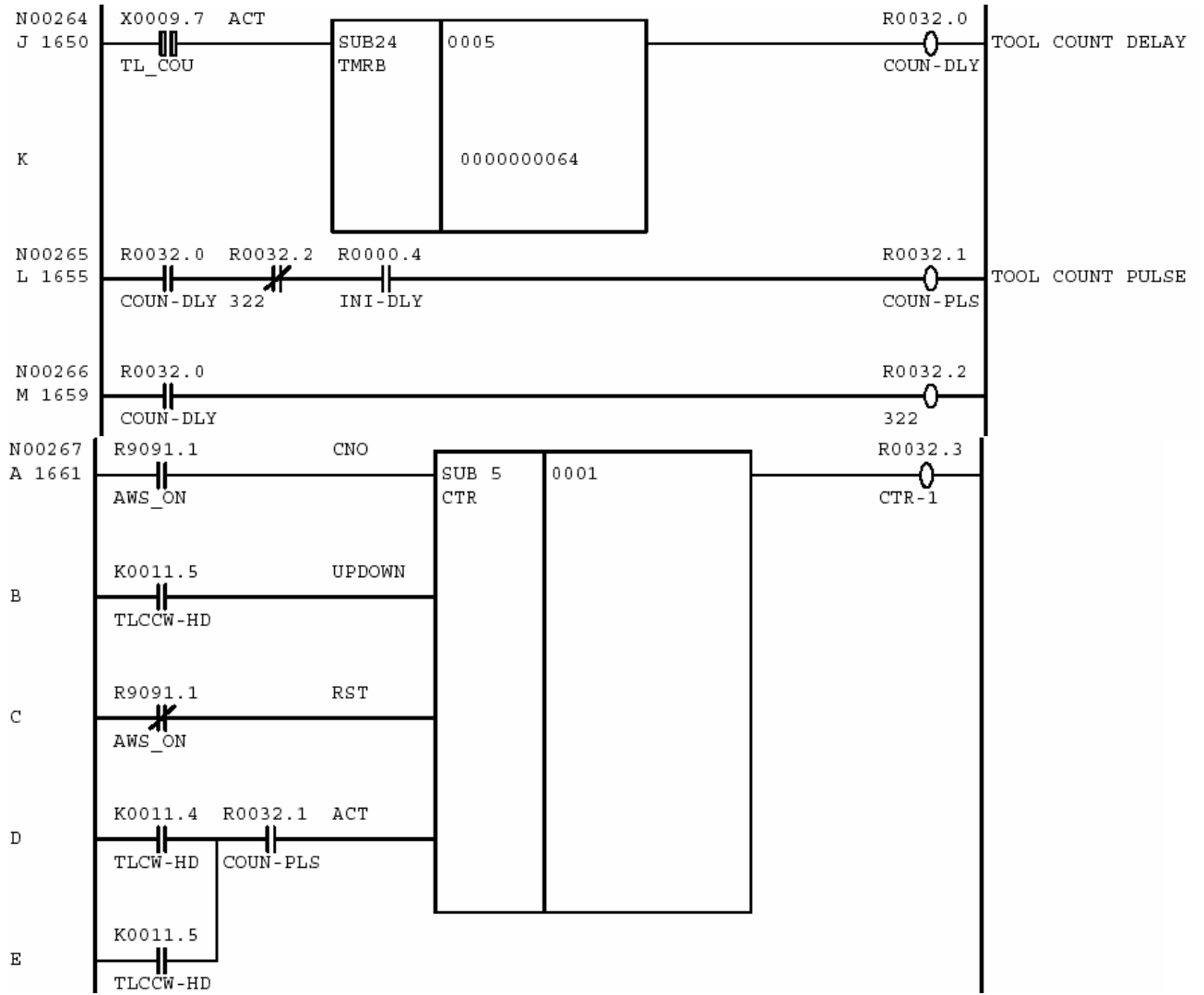


K0.5 和 K2.5 设定常用刀库容量, 刀杯计数器用 C0。

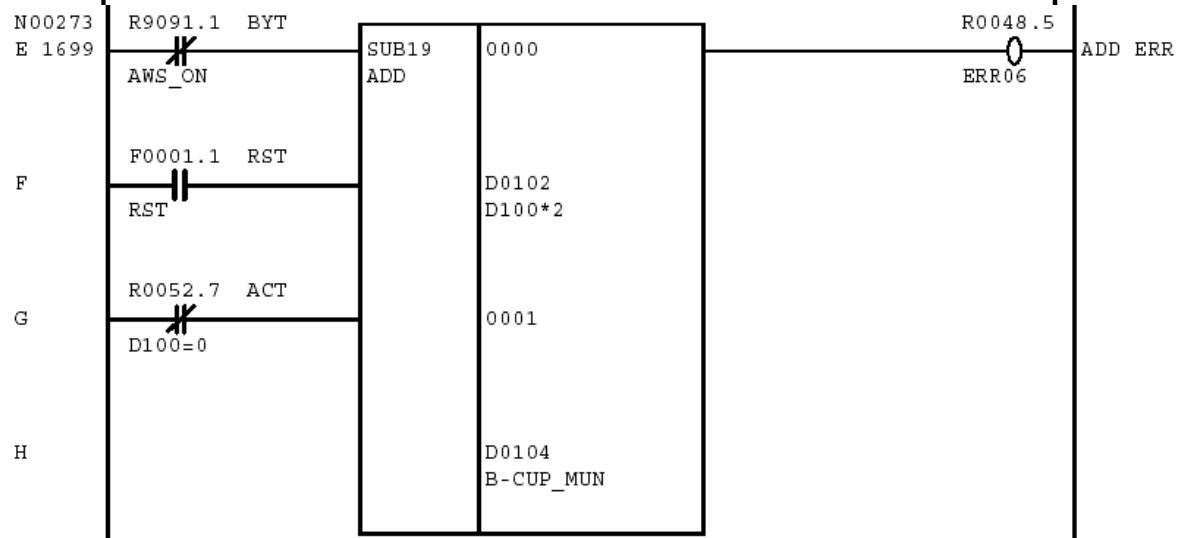
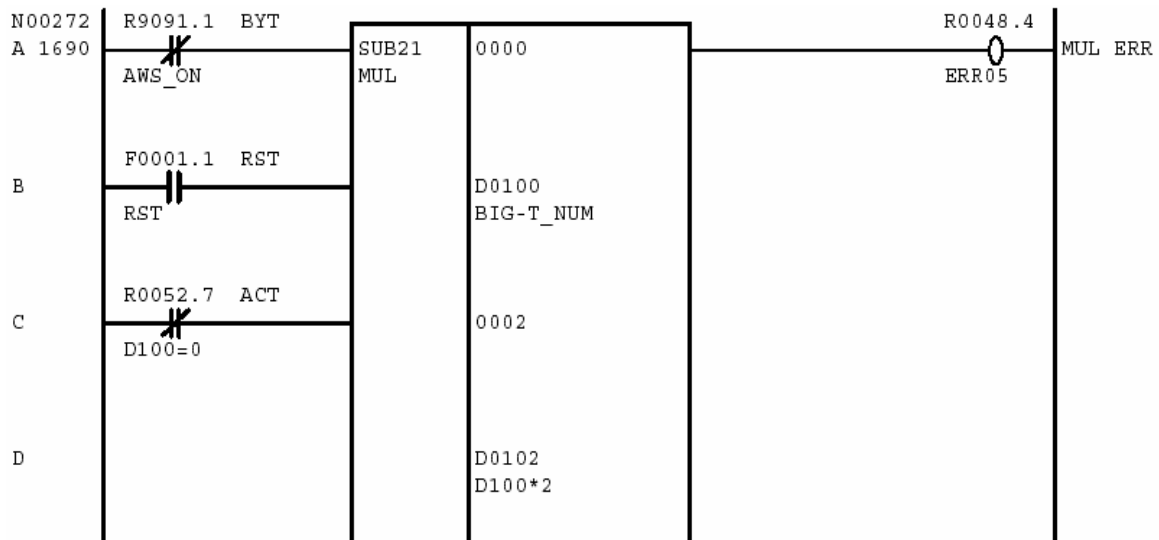




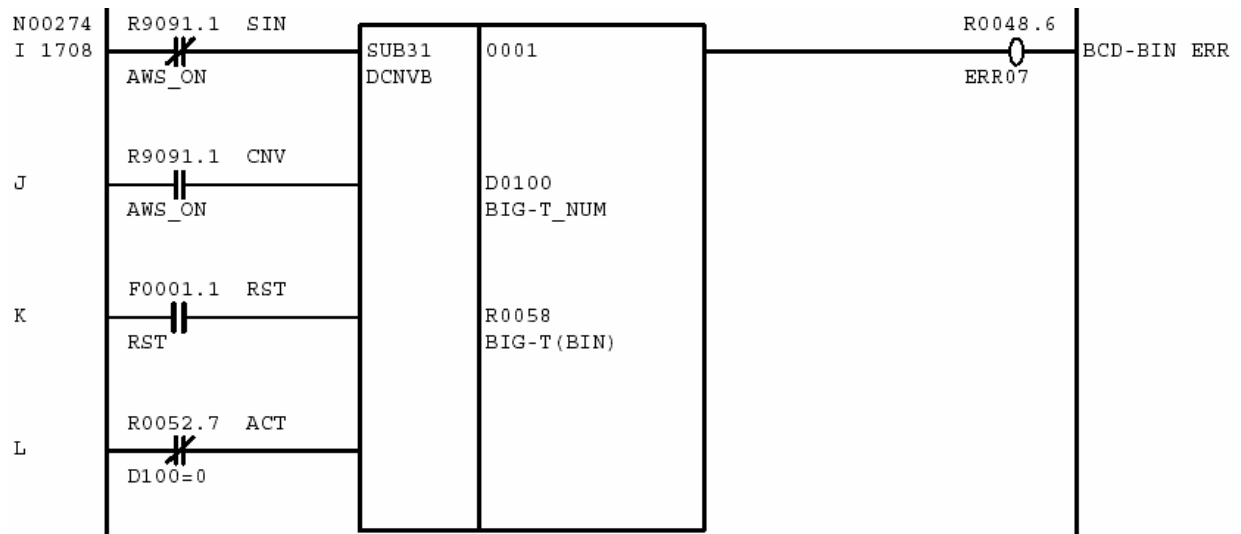
X9.7 是刀杯计数传感器，R32.1 为整形计数脉冲。R0.4 开机延迟 0.5 秒后等于 1，如没有，在 X9.7=1 的故障情况下开机，有一个 R32.1 脉冲，C0 (CTR) 会自动加 1 或减 1 计数，而产生刀杯位置错误。K11.4 和 K11.5 为刀库正反转保持信号。

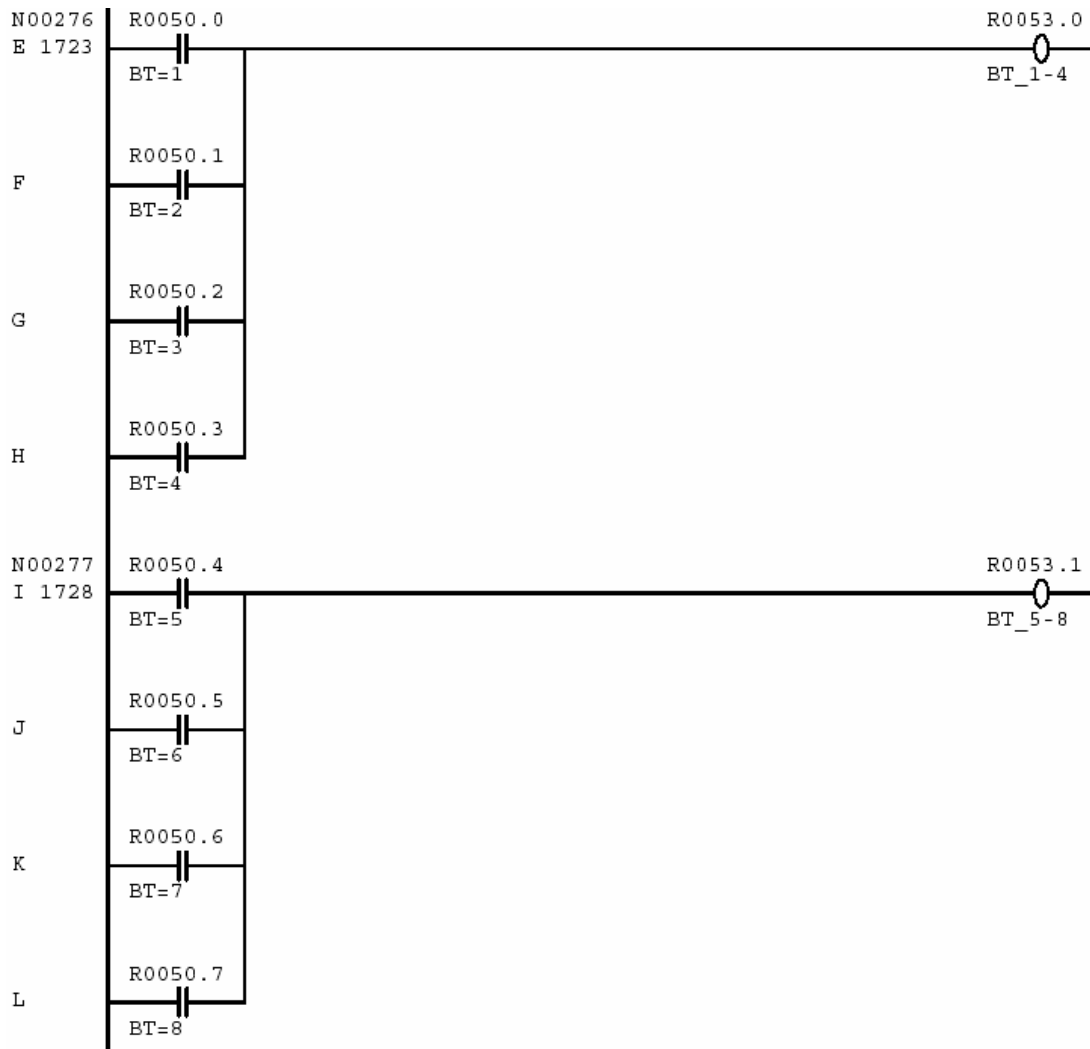
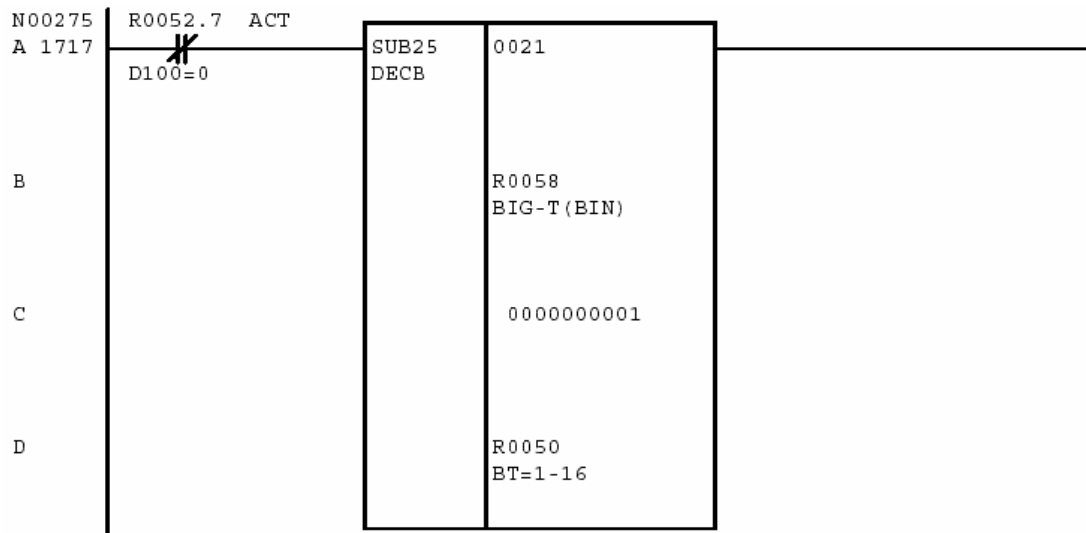


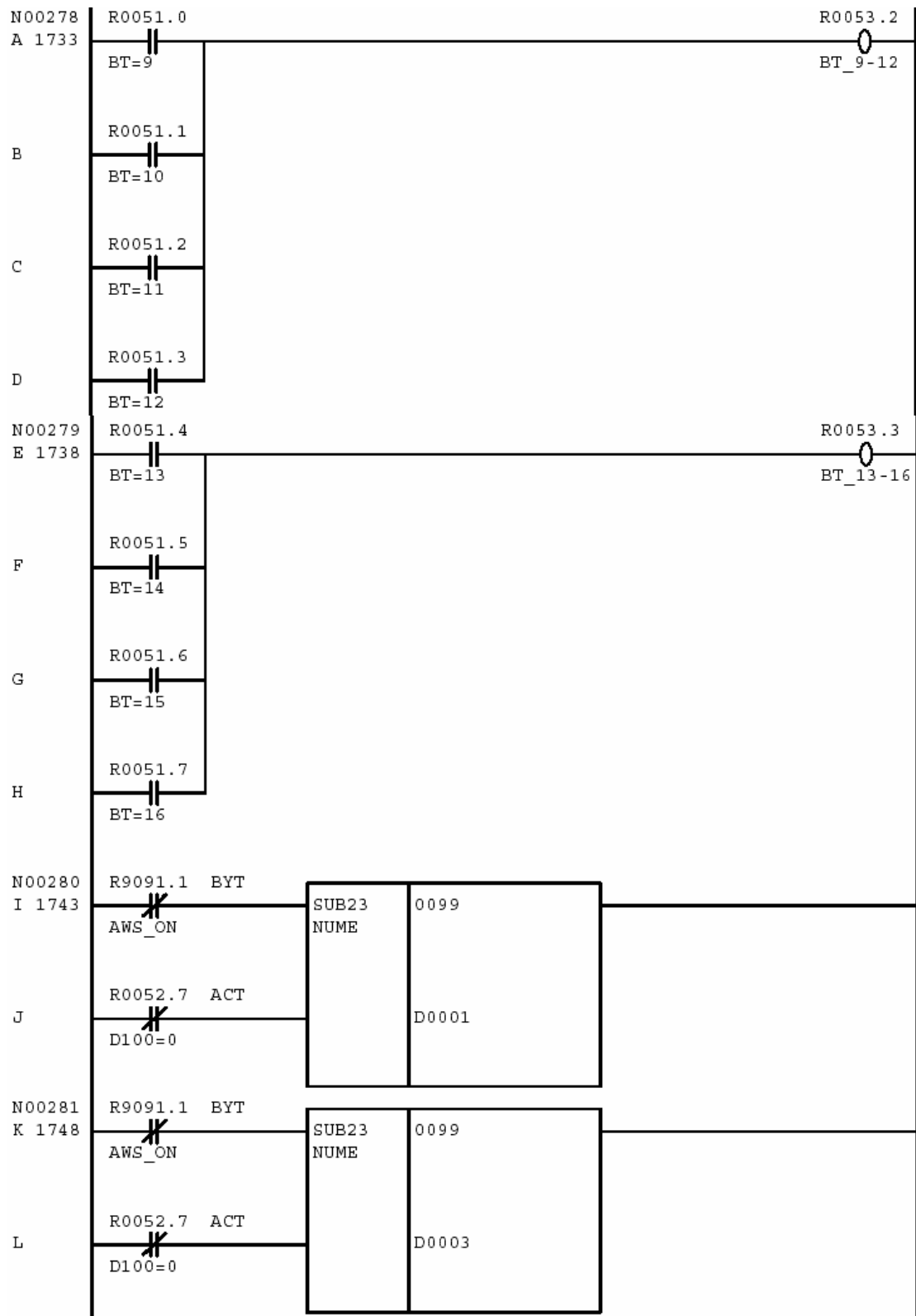
在 D100 中设定要使用的大径刀具个数, $D104 = D100 * 2 + 1$ 是最后一个空刀杯, 大于 D104 的刀具号为小径刀具号, 小于等于 D104 的刀具号为大径刀具号。
如不用大径刀, 设定 $D0100 = 0$ 。

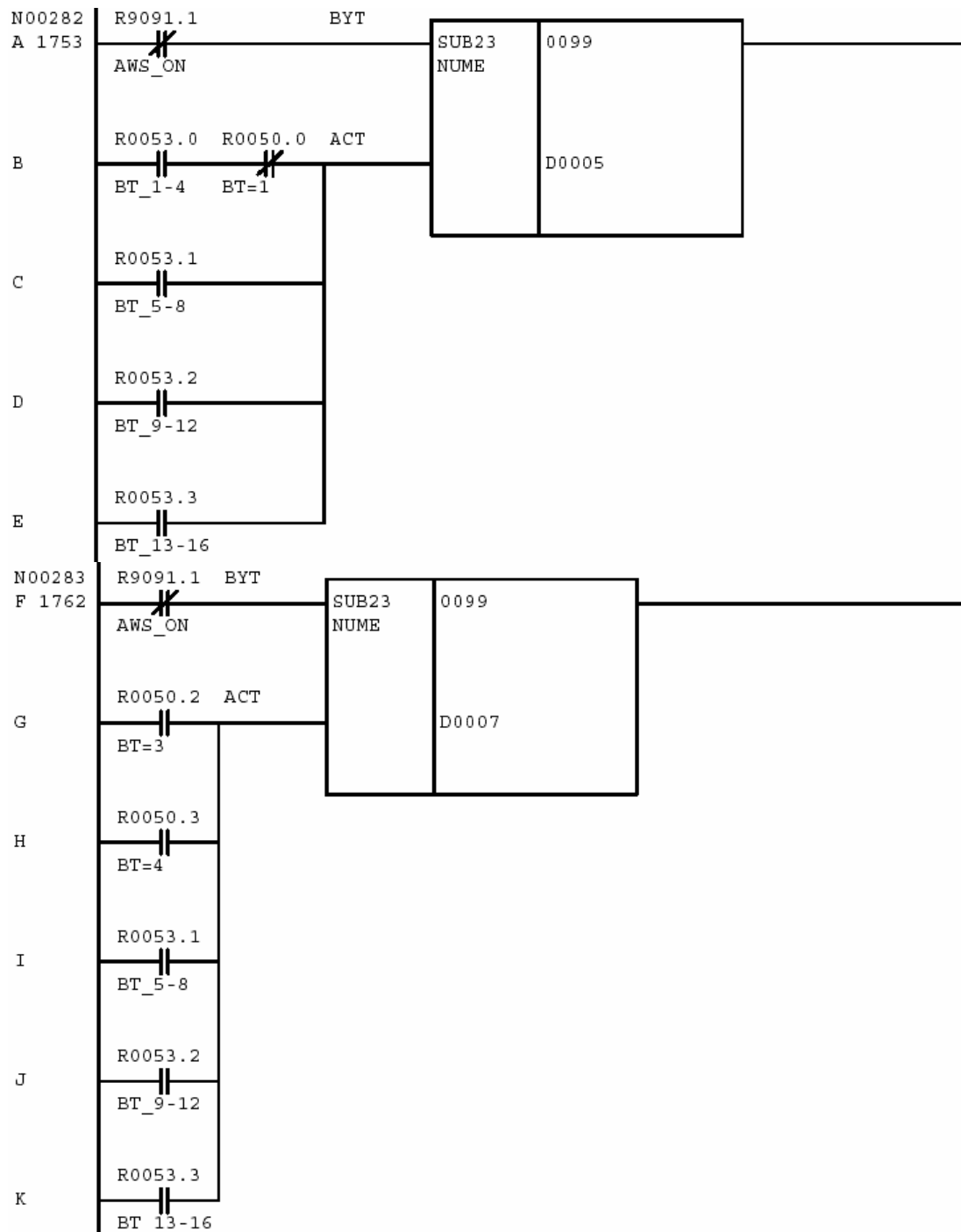


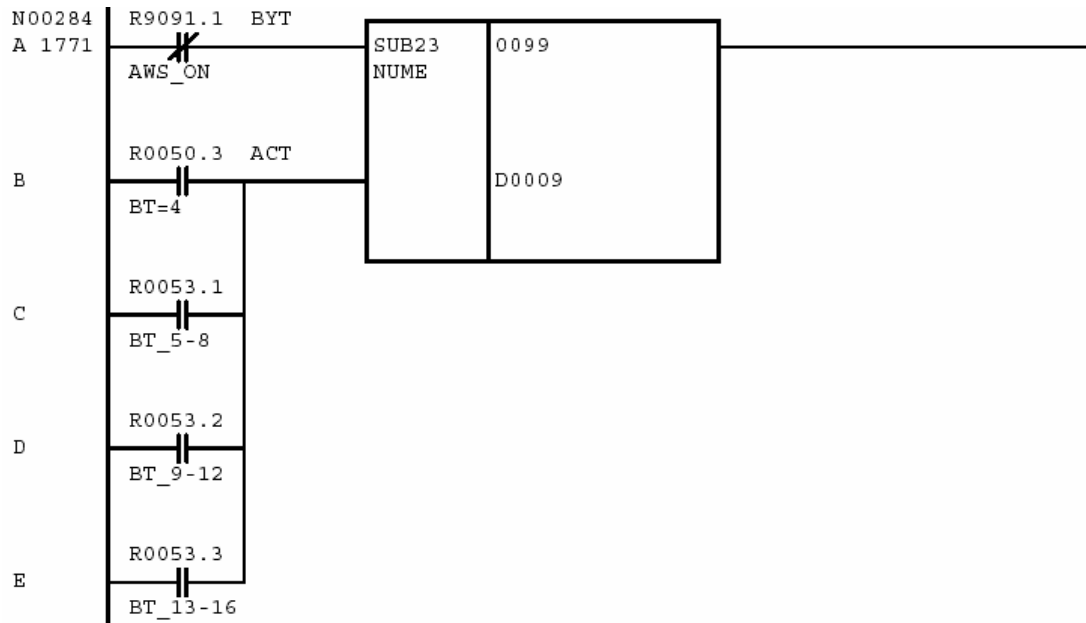
以下是根据 D100 所设定的大径刀数量,自动将 99 送到大径刀杯相邻的空刀杯中去。刀具号 99 表示空刀杯,空刀杯号 1、3、5 ……。



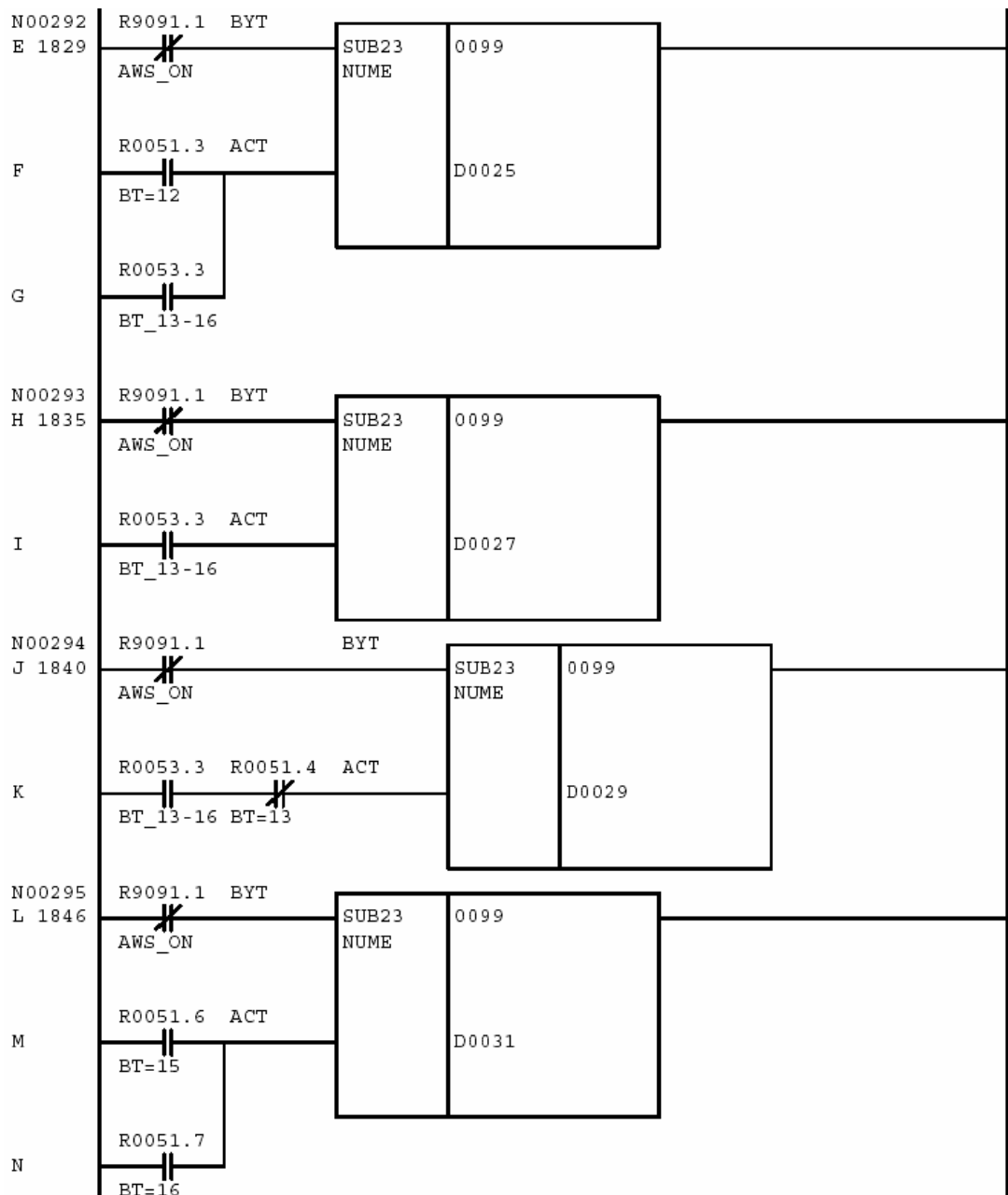






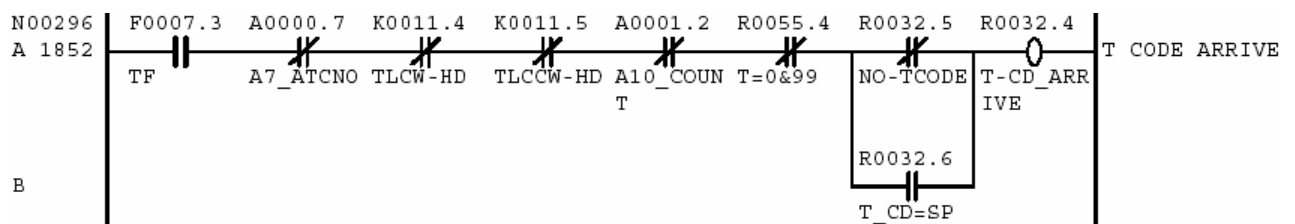


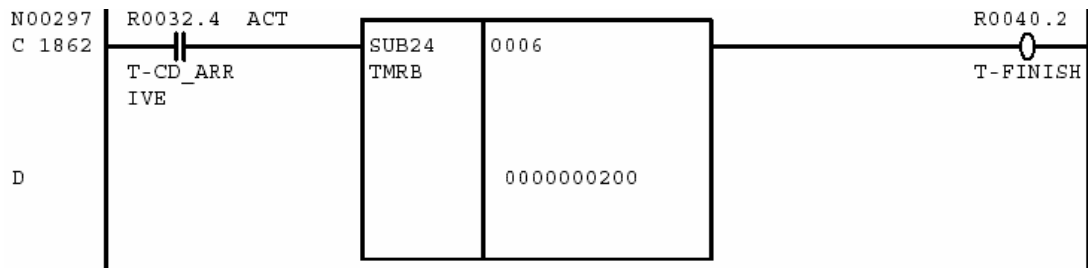
.....
.....
.....



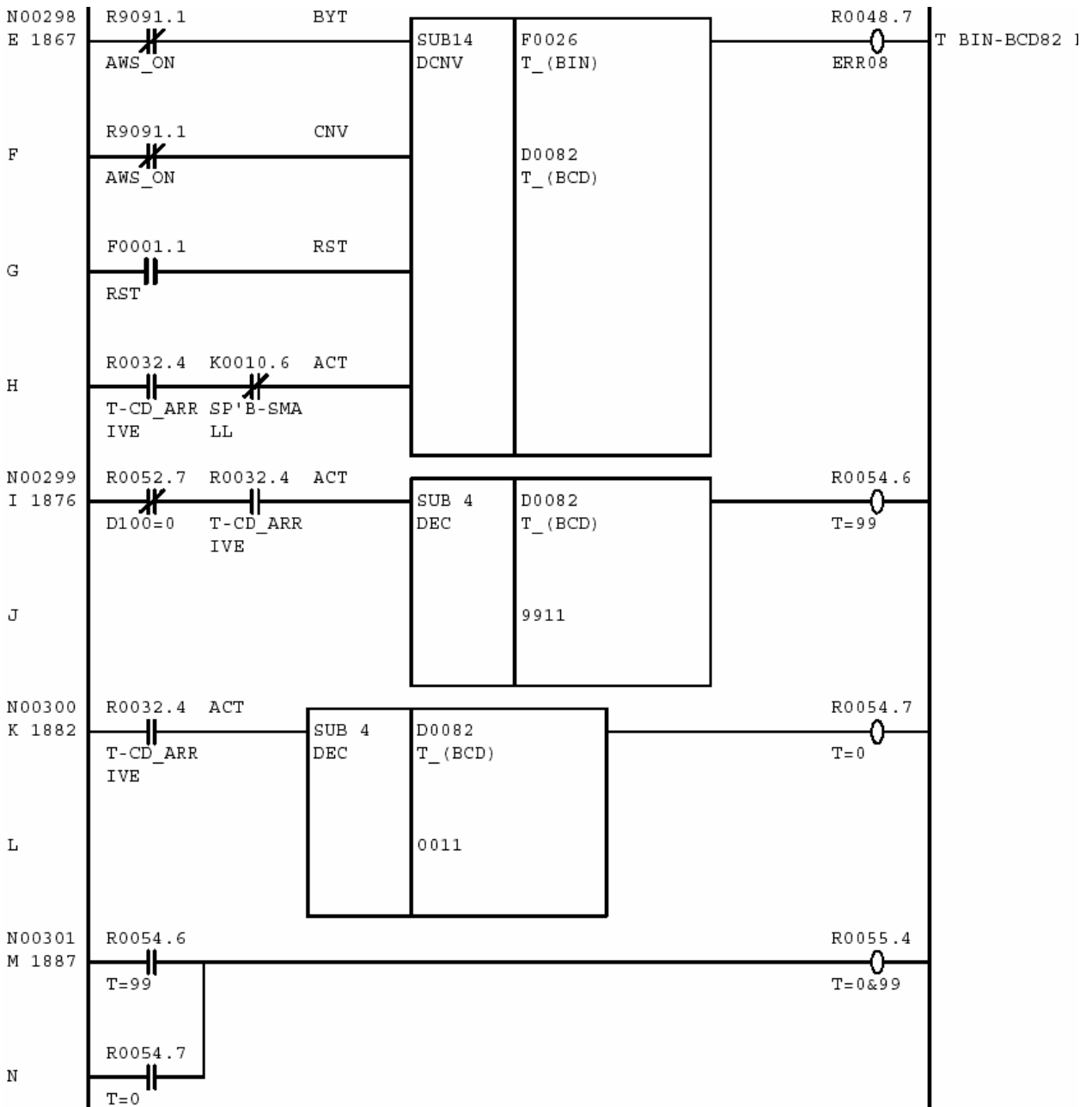
2、T 码到达准备

A0.7 和 A1.2 为换刀机械手和计数器报警;R55.4 为 T 码等于 0 或 99 报警;R32.5 是刀具表中没有此 T 码报警;R32.6 是 T 码刀具在主轴上.延迟 0.2 秒给 PMC 判断时间, 条件满足后 T 码完毕。

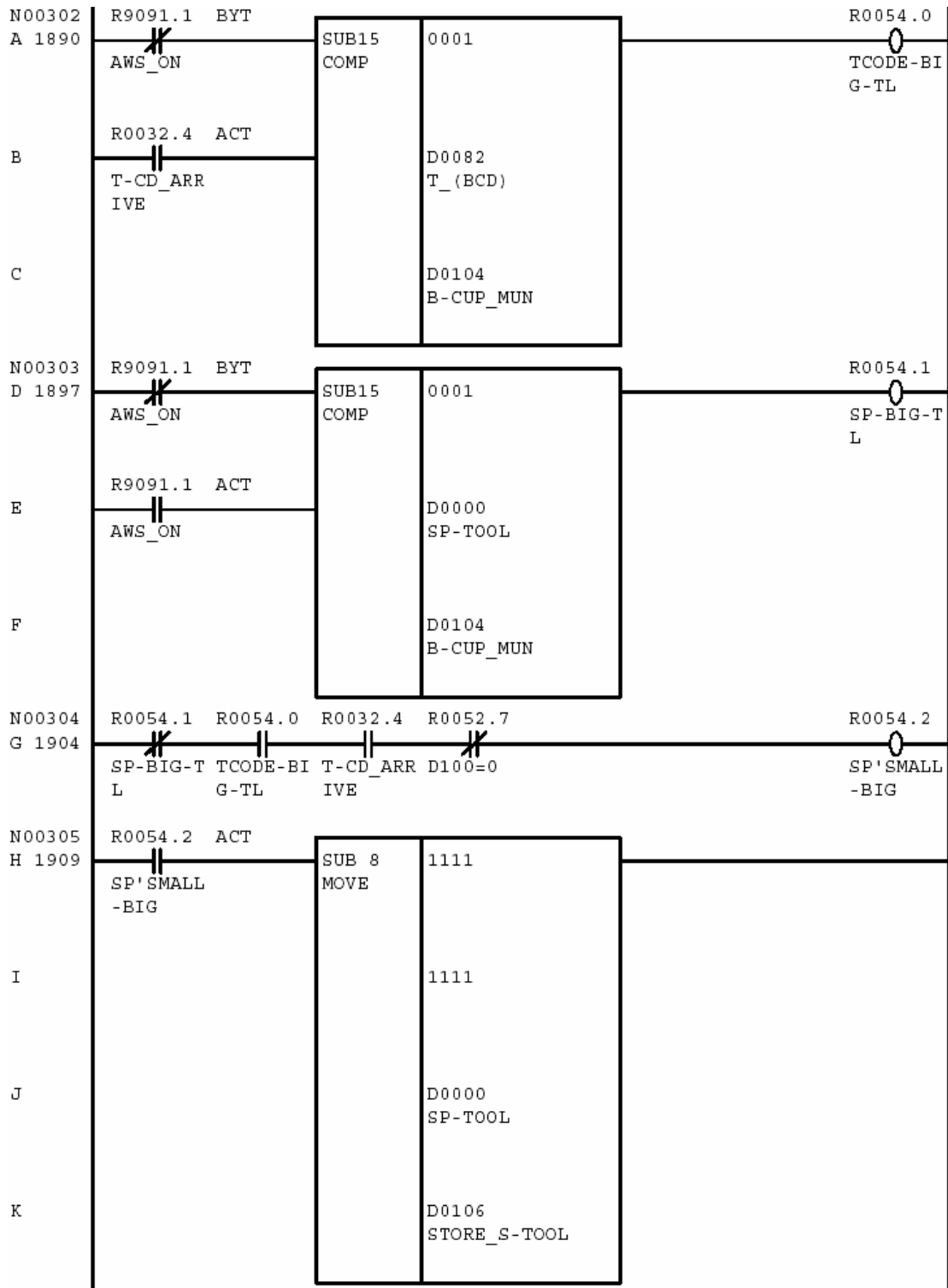




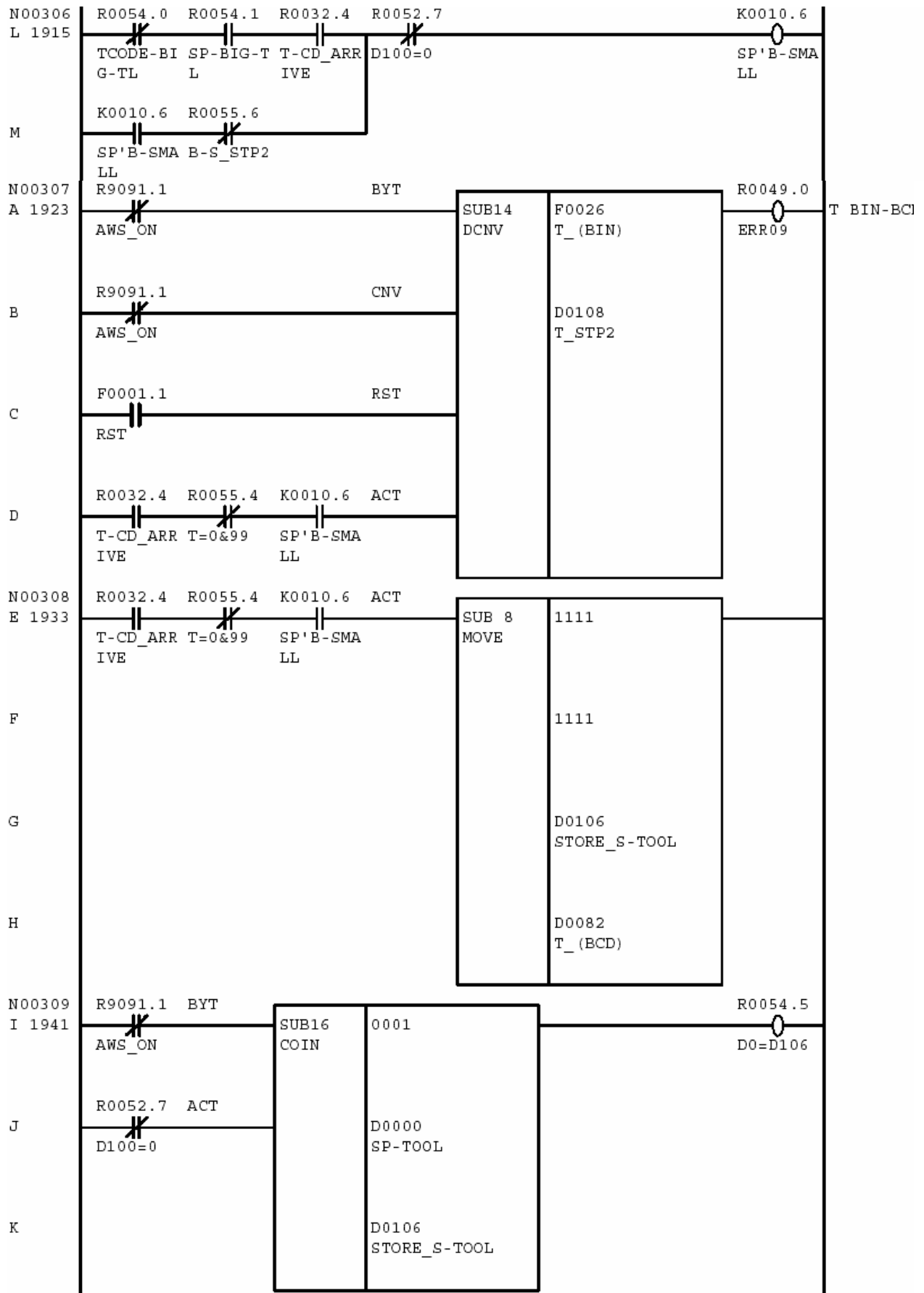
在不是主轴大径刀同 T 码小径刀交换 (K10.6 ≠ 1) 的情况下, T 码放到 D82 (BCD)。并做一些判断, T 码等于 0 或 99 时报警。



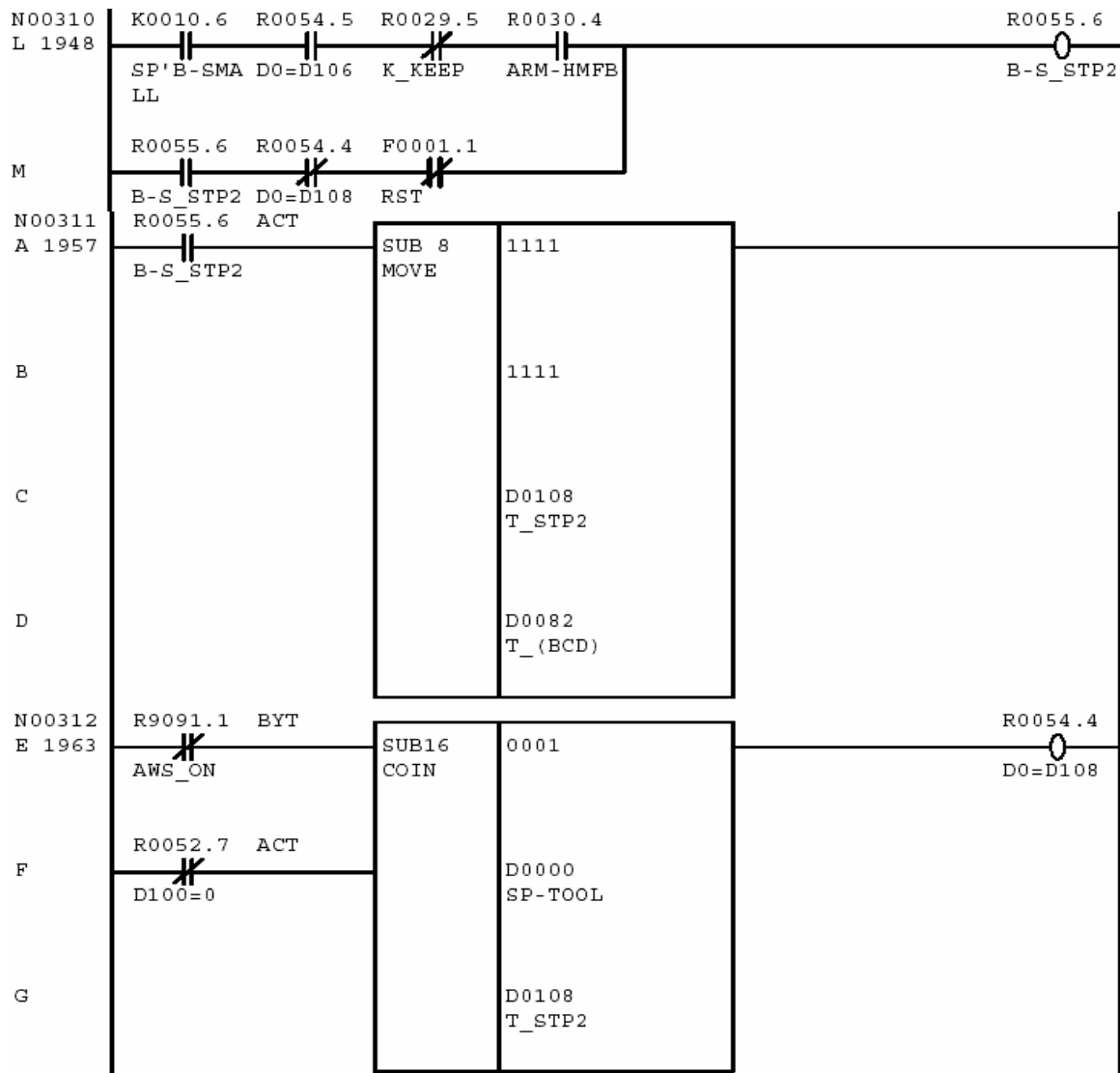
R54.2=1，主轴小径刀同刀库大径刀交换的判断，此时将主轴小径刀号存到 D106 中，为以后主轴大径刀同 T 码小径刀交换做准备。



K10.6=1 是主轴大径刀同刀库小径刀交换，T 码放到 D108，把原来放到大径刀杯的小径刀 D106 送到 D82，进行第一次交换，换刀后，主轴刀具是小径刀 (D0=D106)。



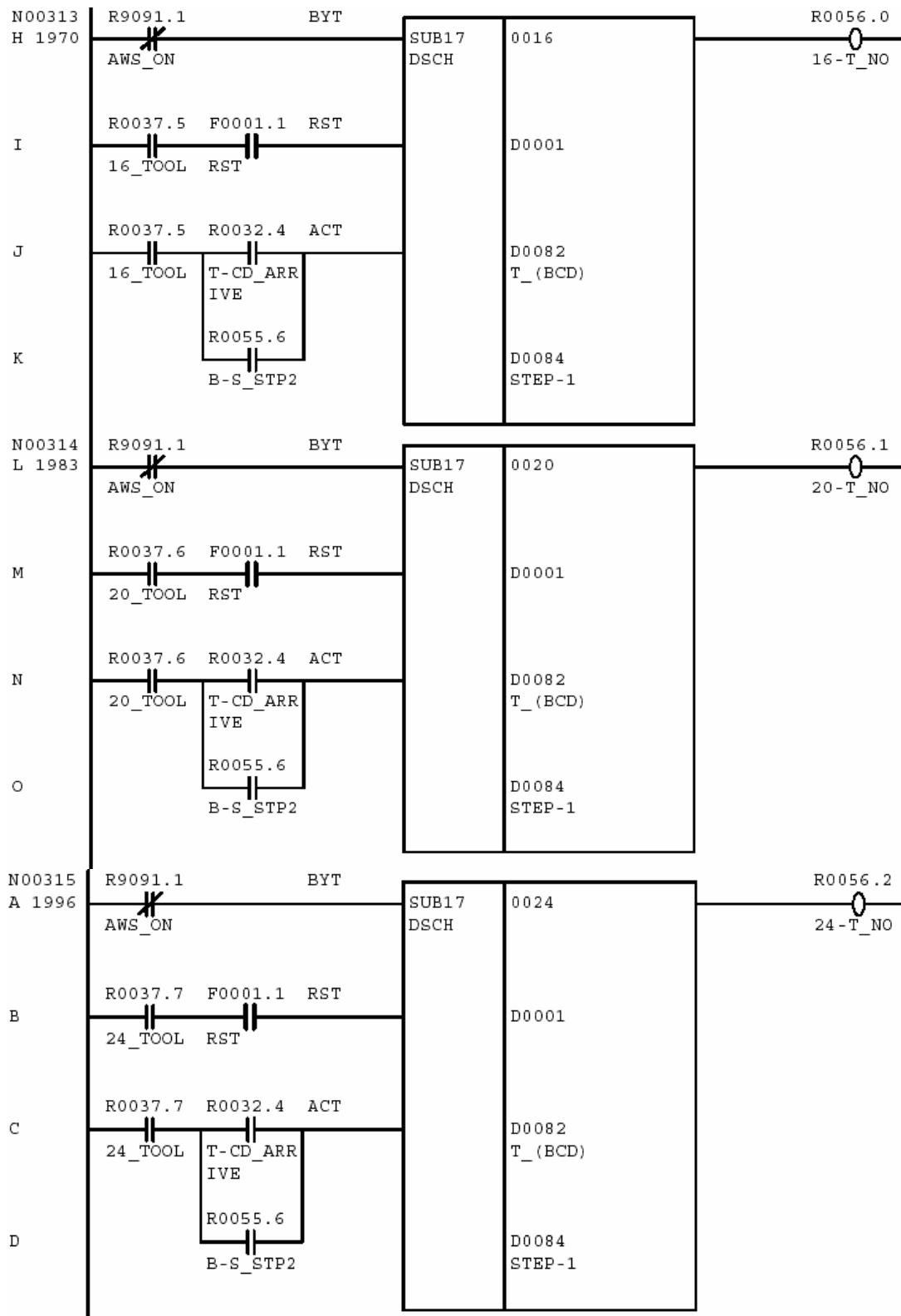
第一次交换完毕后 (R55.6=1)，再开始主轴小径刀同 T 码 D108 小径刀进行第二次交换，此时把 D108 放到 D82 中，进行二次换刀。二次换刀结束后 D0=D108，T 码在主轴上。

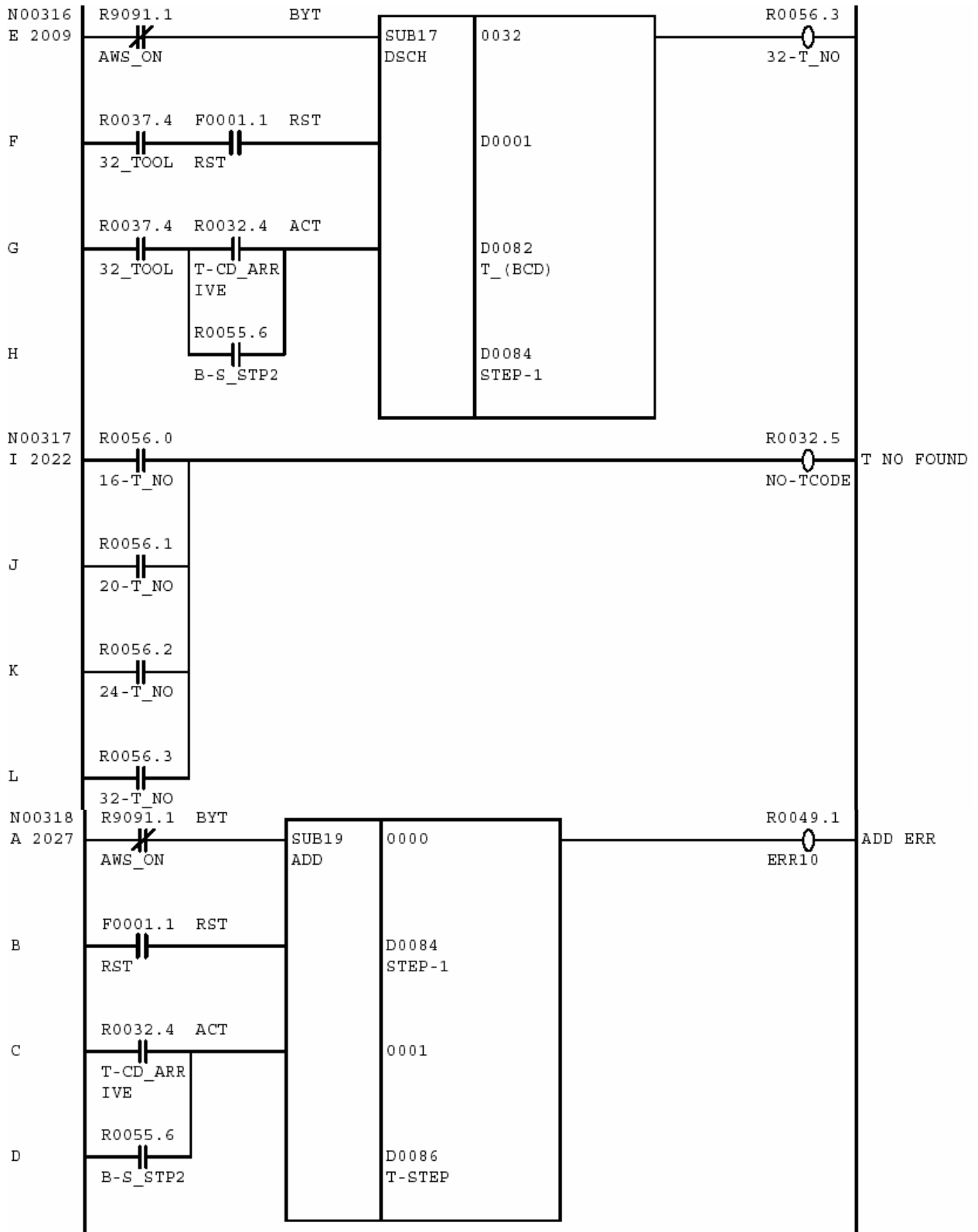


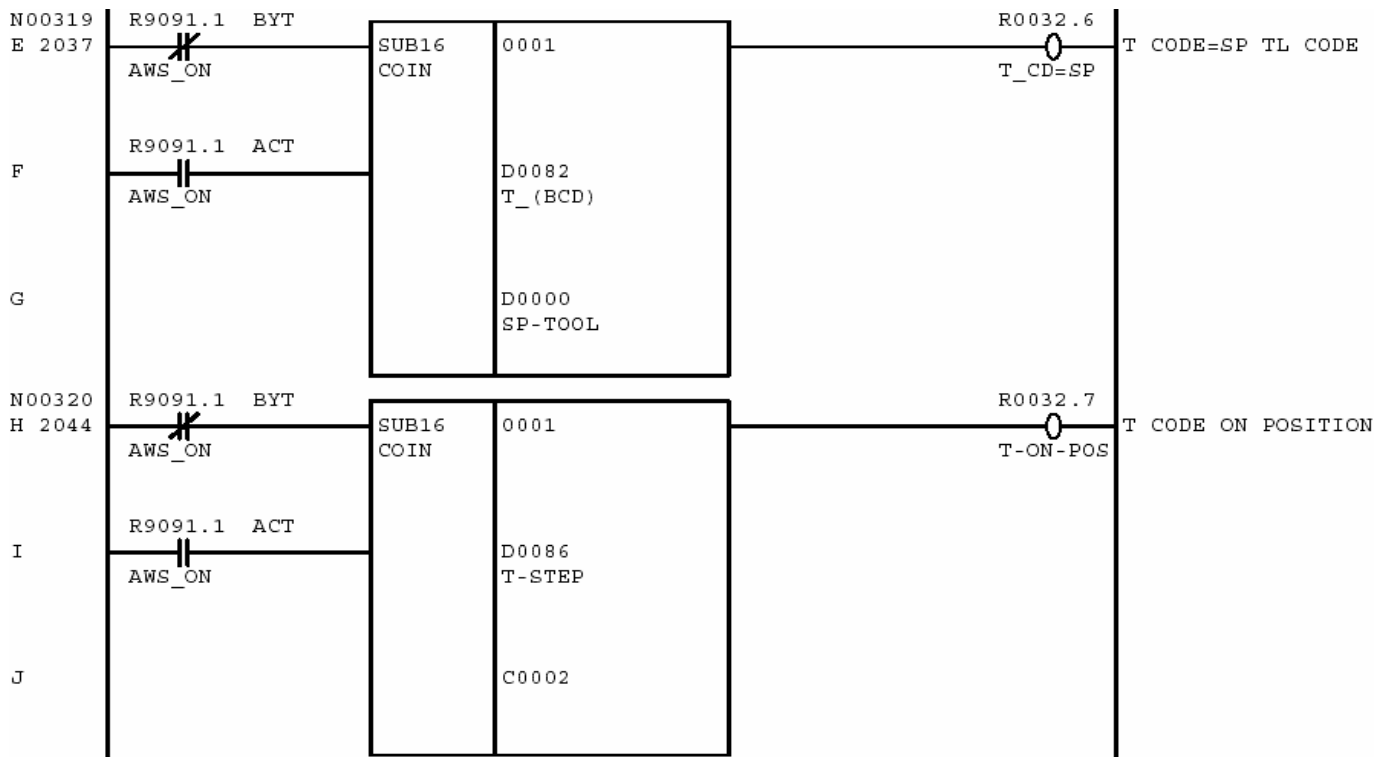
3、刀库盘旋转

刀杯号寻找：经过以上 T 码到达后的准备工作，在各种情况下寻找的刀具号都放在 D82 中，刀具 D82 的刀杯号在 D86 中。当 D86 的刀杯号等于换刀口位置计数器 C0 时 (R32.7=1)，刀库盘旋转位置到达。

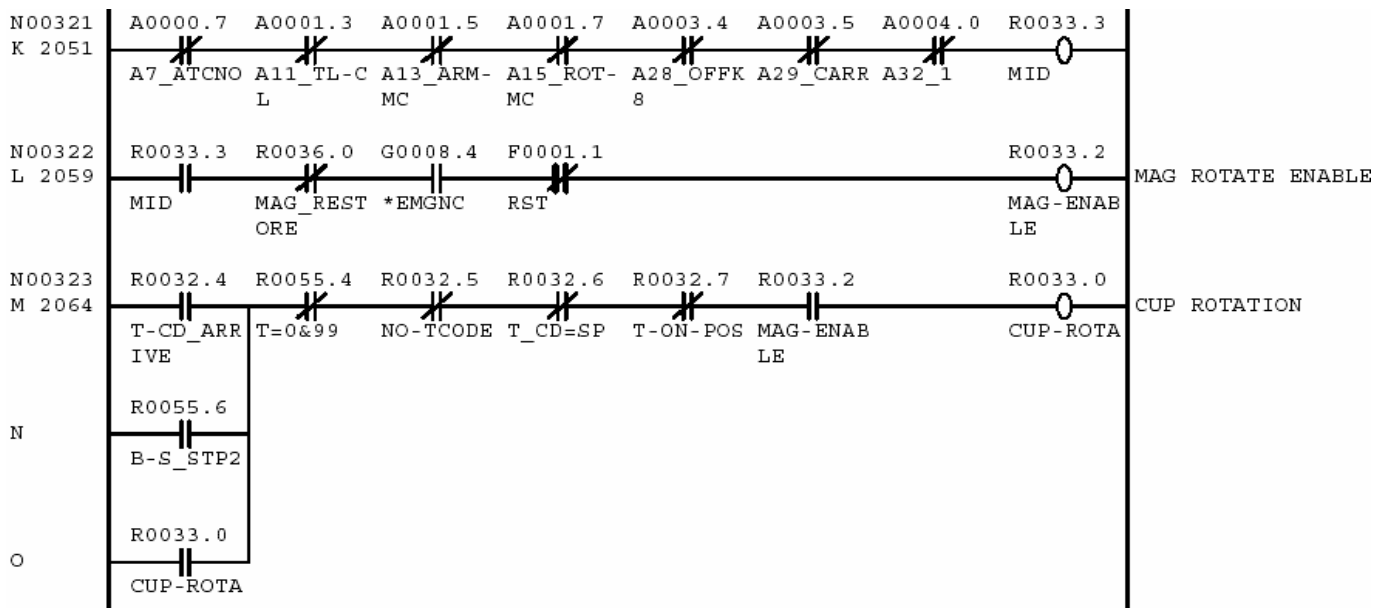
R32.5 是 T 码在刀具表中未找到报警。R32.6 是刀具以在主轴上。







R33.0 是刀库旋转的条件，当寻找的刀具在主轴上 (R32.6=1) 或到达换刀位置 (R32.7=1)，刀库旋转停止 (R33.0=0)。

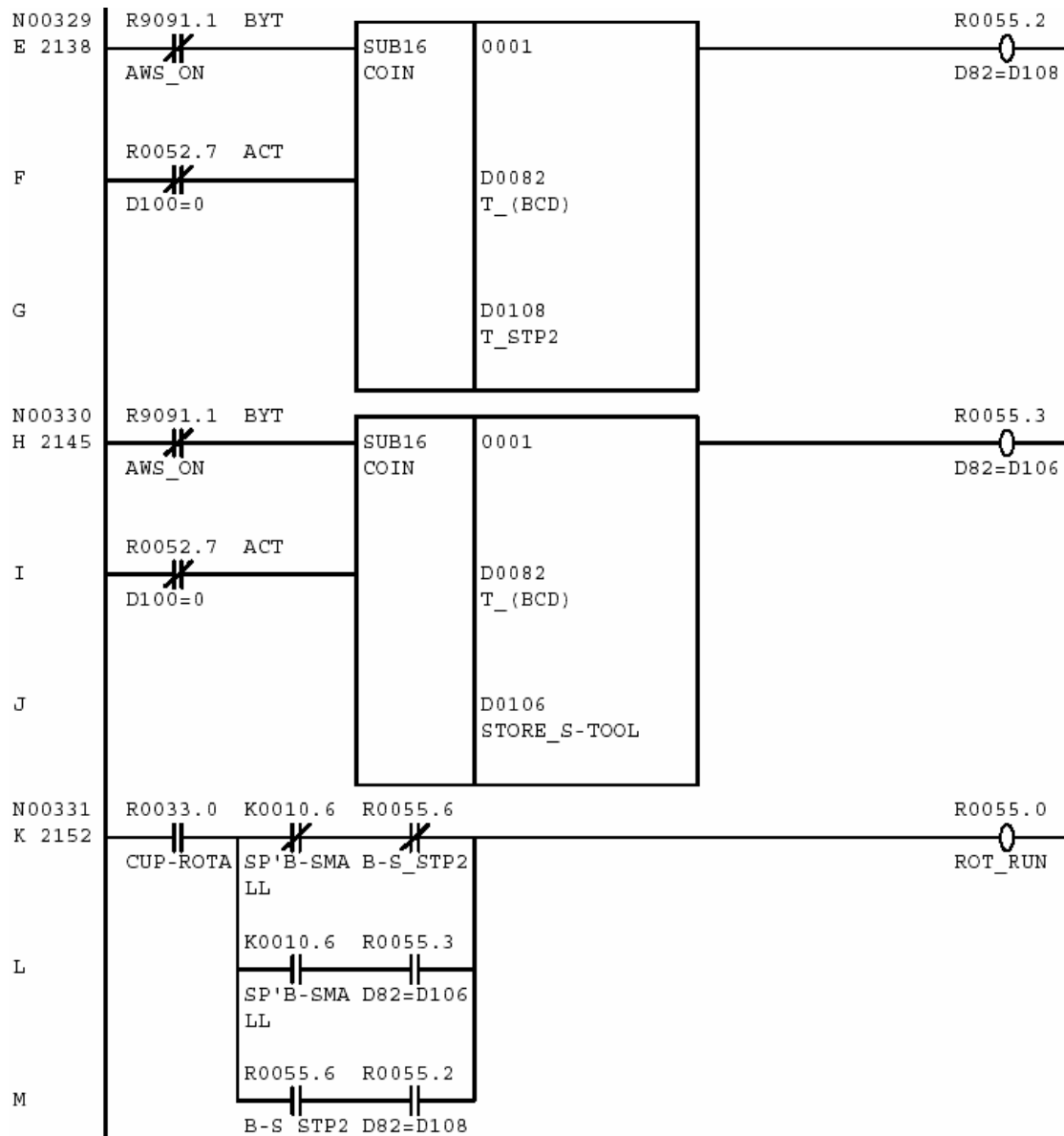


刀库旋转分两种情况：

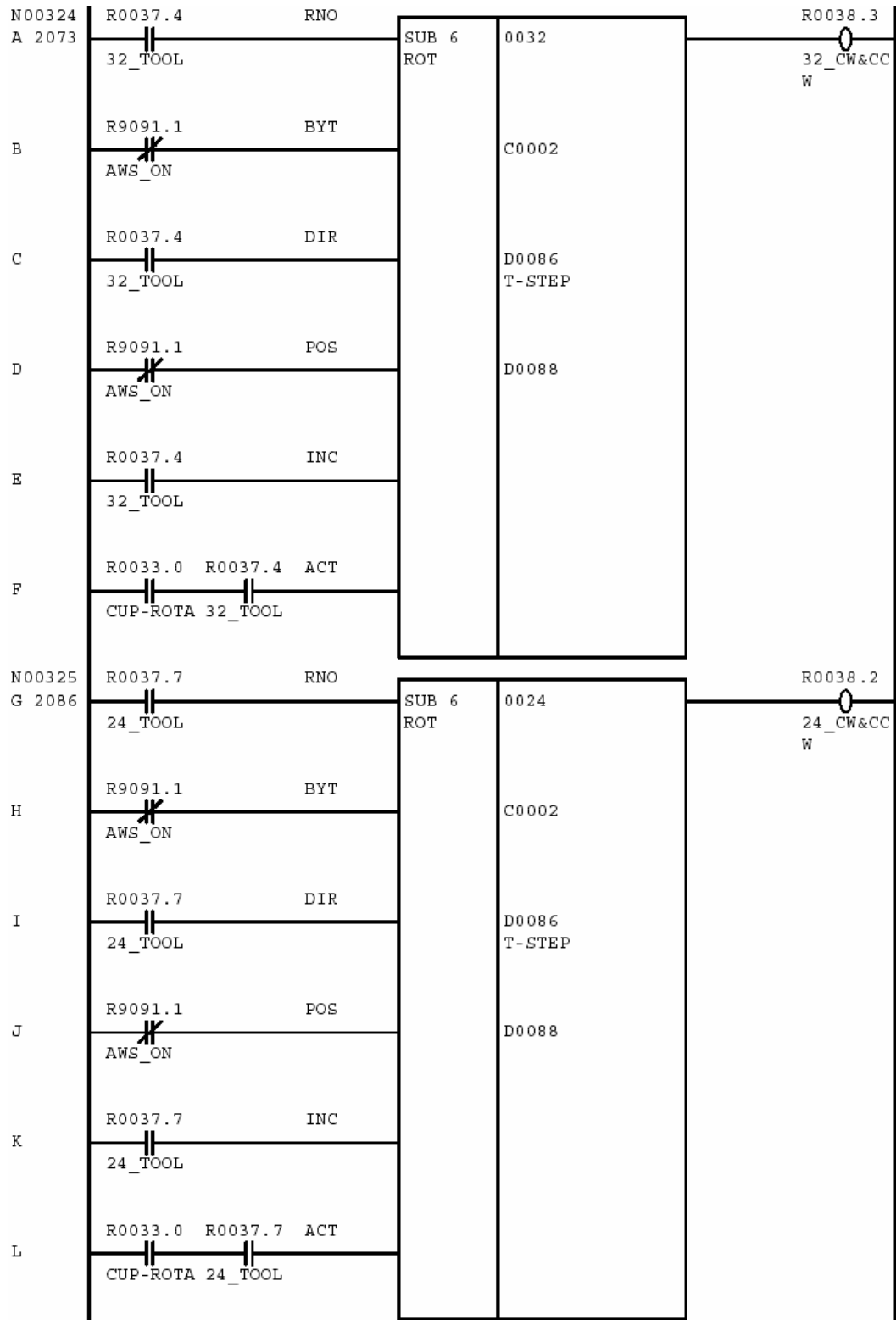
- a) K10.6=0 和 R55.6=0；不是主轴大径刀换小径刀。
- b) K10.6=1 和 R55.3=1；主轴大径刀换小径刀，第一次旋转到大径刀杯内的小径刀的位置换刀。

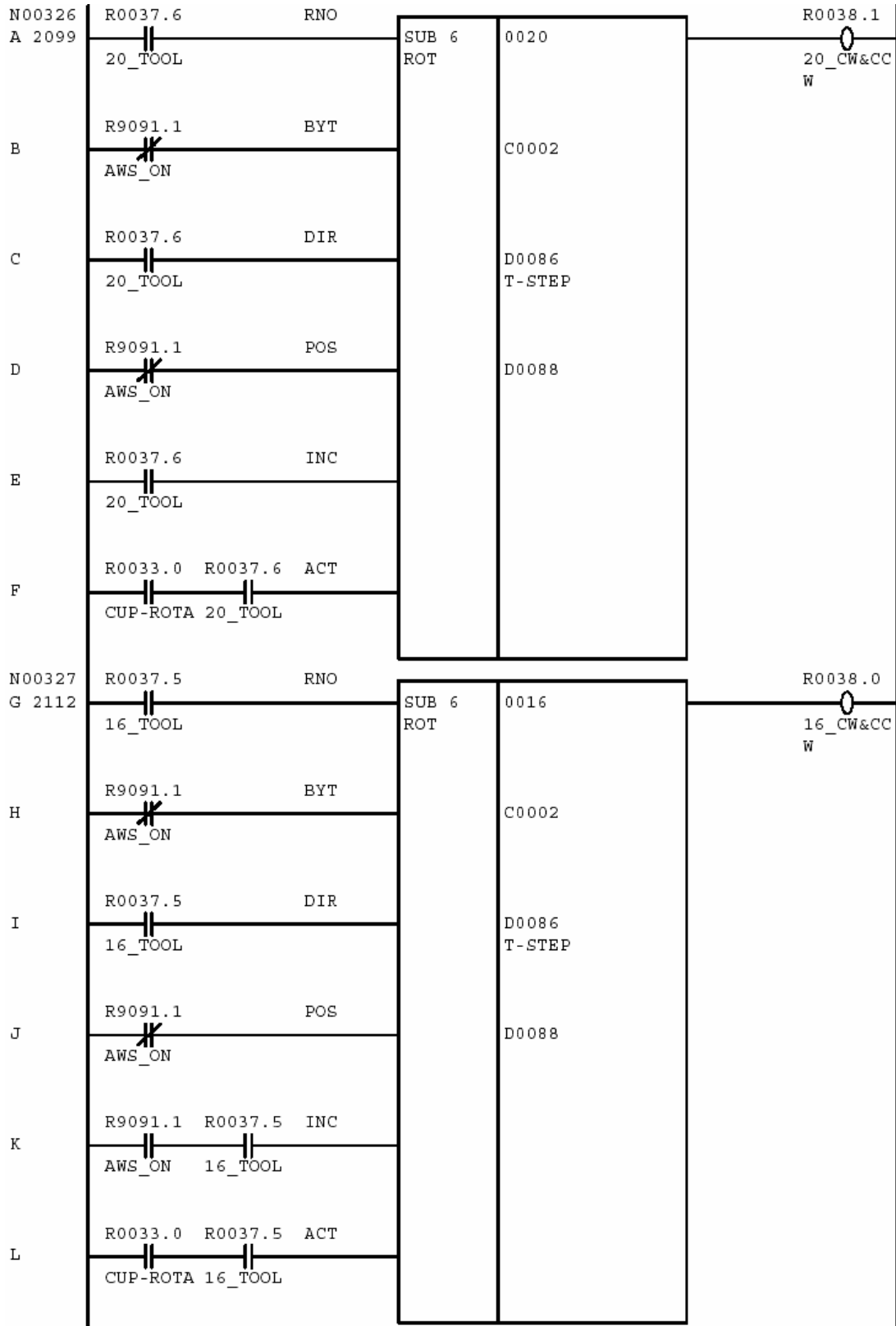
R55.6=1 和 R55.2=1；第一次换刀后结束主轴已是小径刀，再旋转到

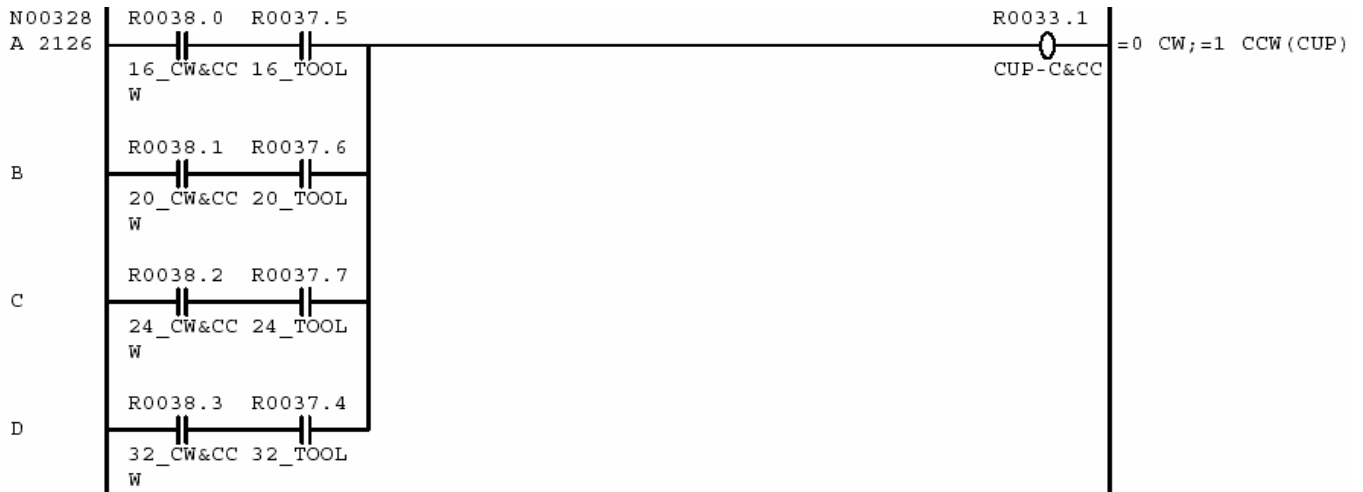
T 码小径刀具的位置。



刀库就近旋转方向判断



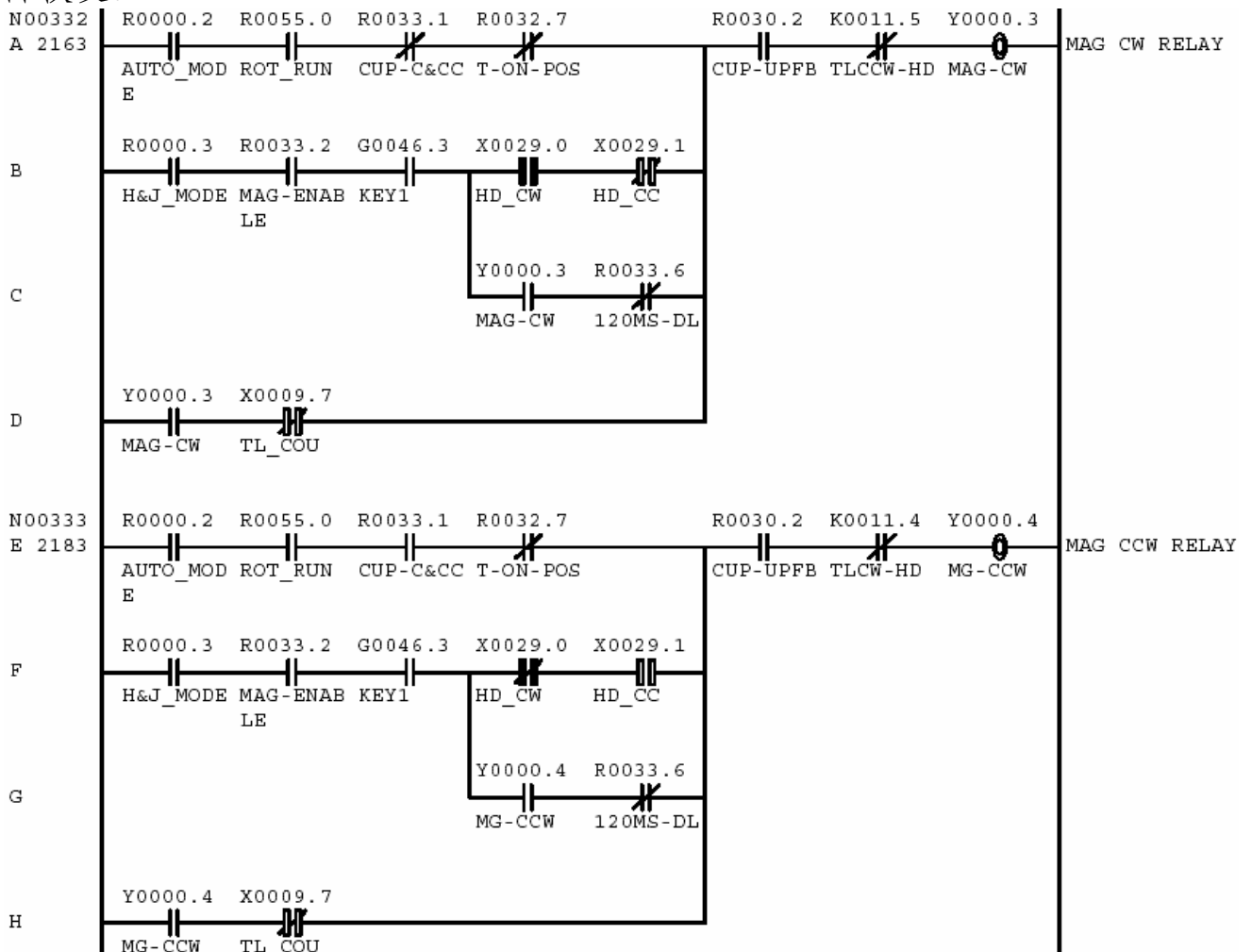


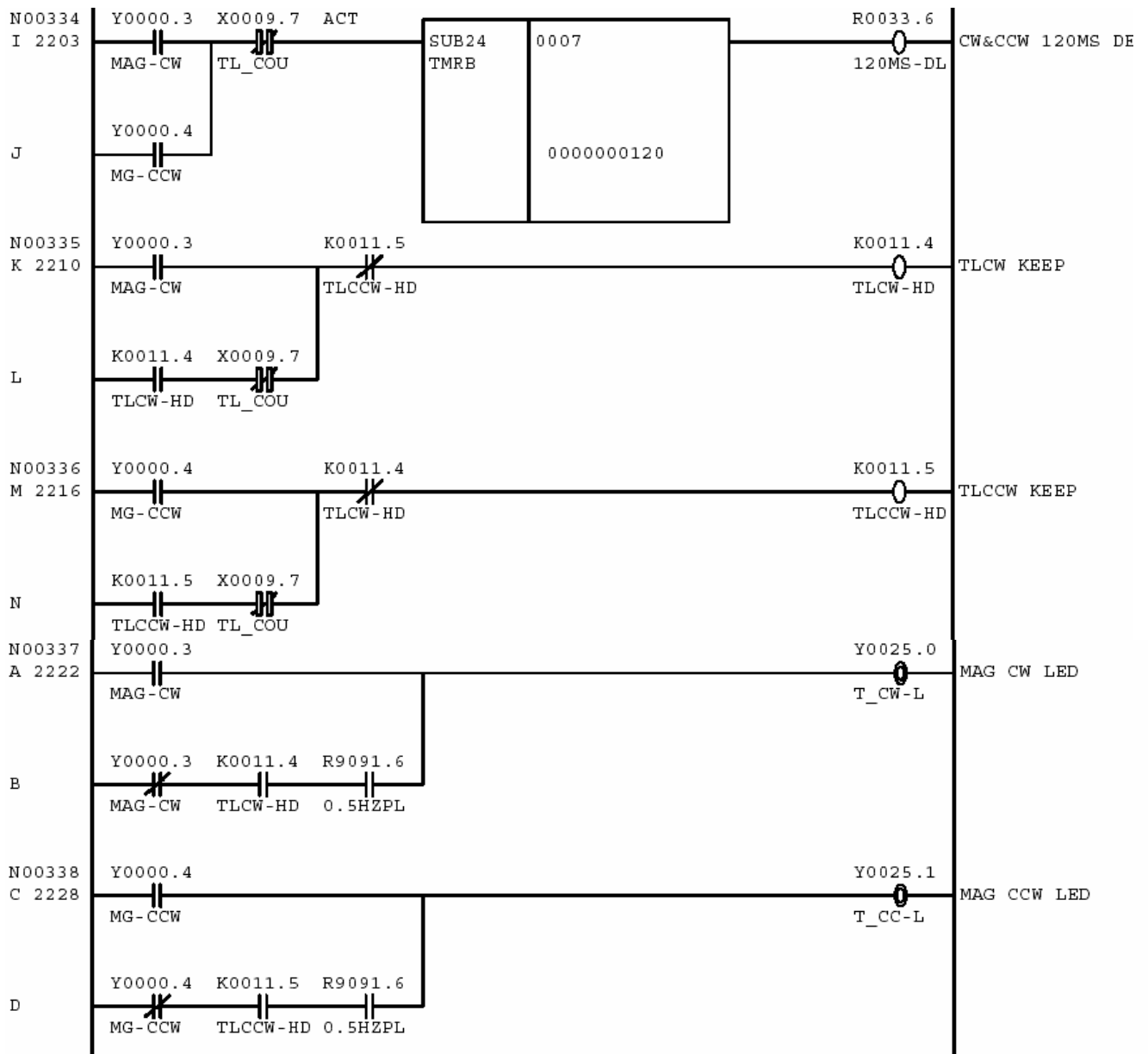


自动模式下，R32.7=1 时，寻找的刀具到位，旋转停止。

手动模式下，按一次键（X29.0 或 X29.1），刀库旋转一个刀杯位置停止。

K11.4 和 K11.5 是在旋转未到位的情况下信号保持。如果旋转未到位时发生停电等故障再重开机后，此信号保持并给予报警，同时指示灯（Y25.0 或 Y25.1）闪烁。按相应键（X29.0 或 X29.1）使刀库旋转到位（X9.7=1），故障恢复。





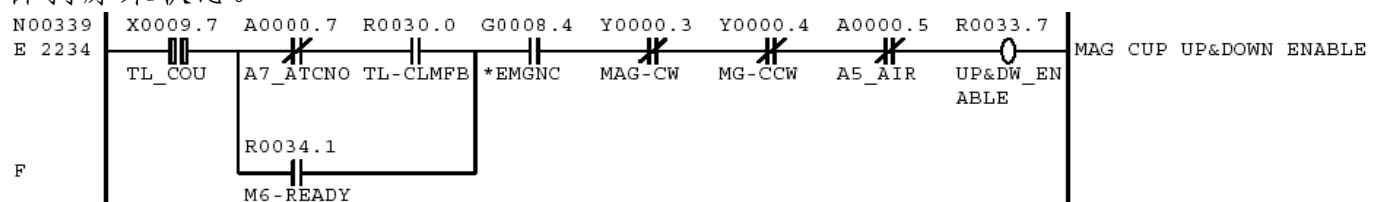
刀杯上动作：

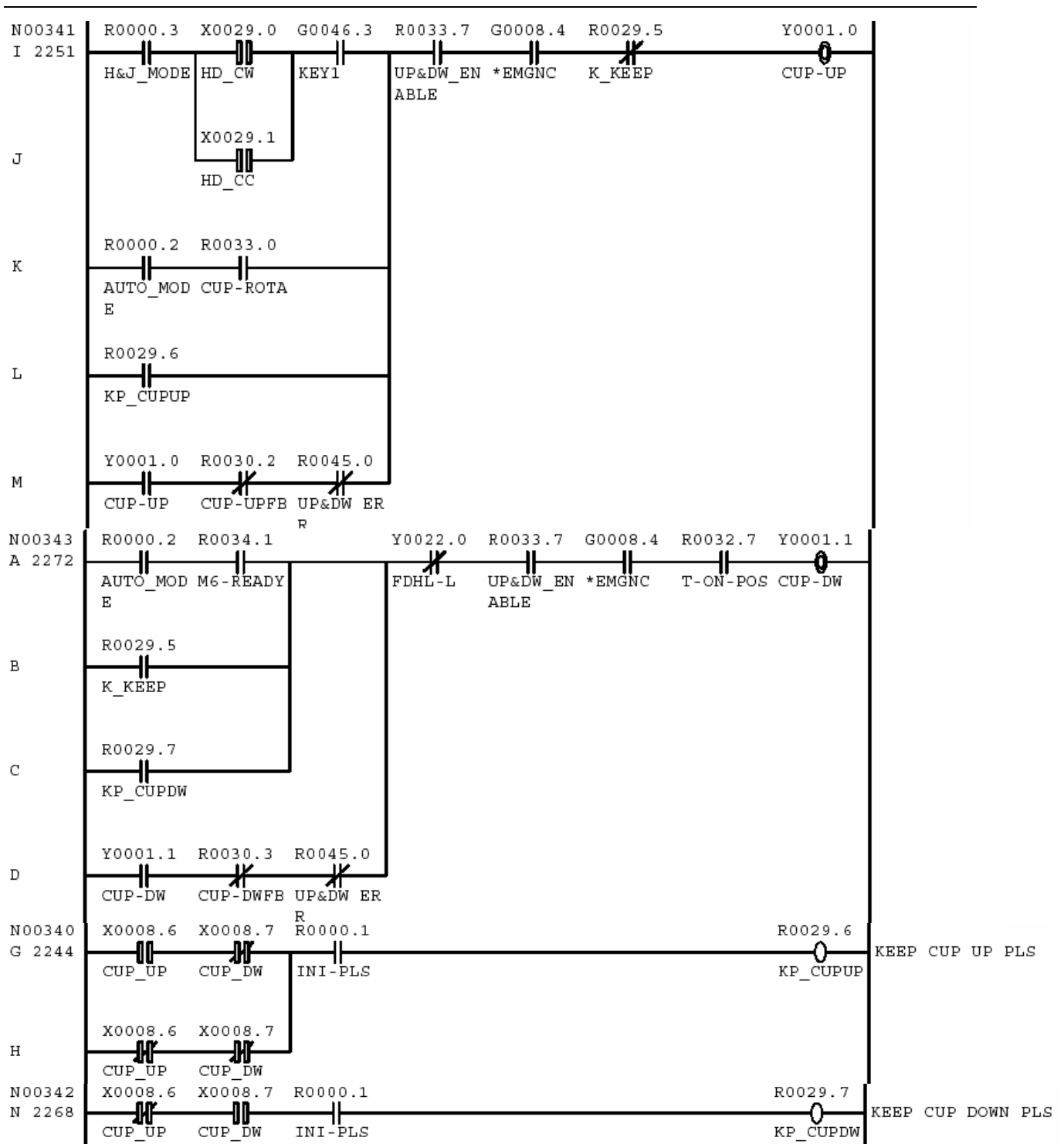
手动模式下，按一次键（X29.0 或 X29.1），刀杯上后刀库再旋转。

自动模式下，有刀库旋转信号 R33.0=1 时刀杯上。

刀杯下动作：自动模式下，M6 换刀指令到达和换刀过程中（R29.5=1）刀杯下并保持。

机床停电不用时，刀杯有可能停在中间位置，此时给一个开机脉冲（R0.1）使刀杯向上（R29.6）。如果已在上下位置，也顺便给一个脉冲（R29.6 或 R27.7）保持原来状态。





四、简要介绍 M6 指令到达机械手换刀部分和故障恢复的 PMC 程序

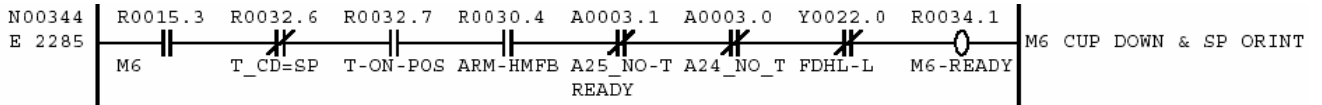
1、换刀前准备

Z 轴已回换刀点，如未完成，产生操作异警 Z AXIS NO HOME, 程序中中断。需更正程序，在 M6 前加 G91 G28 Z0。

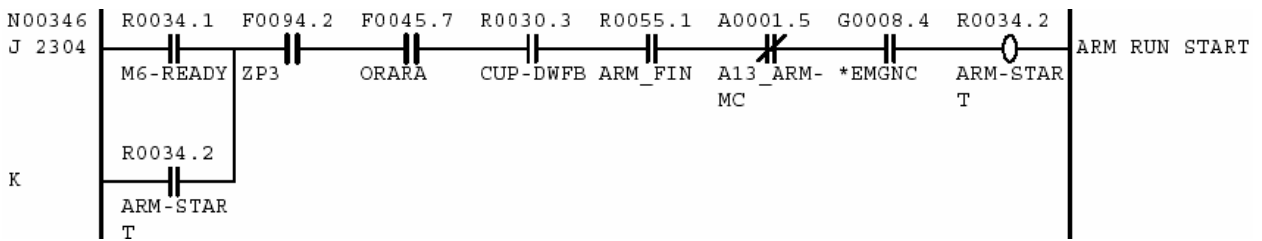
刀具在换刀位置，如未完成 M06 等待刀库盘旋转到位。

在执行 M06 换刀步骤过程中，Z 轴自动锁定。M06 执行结束，Z 轴锁定自动取消。

M06 到达 R15.3=1，用 R34.1=1 去执行刀杯向下和主轴定位。



当 R34.2=1 时，自动换刀前准备完毕。

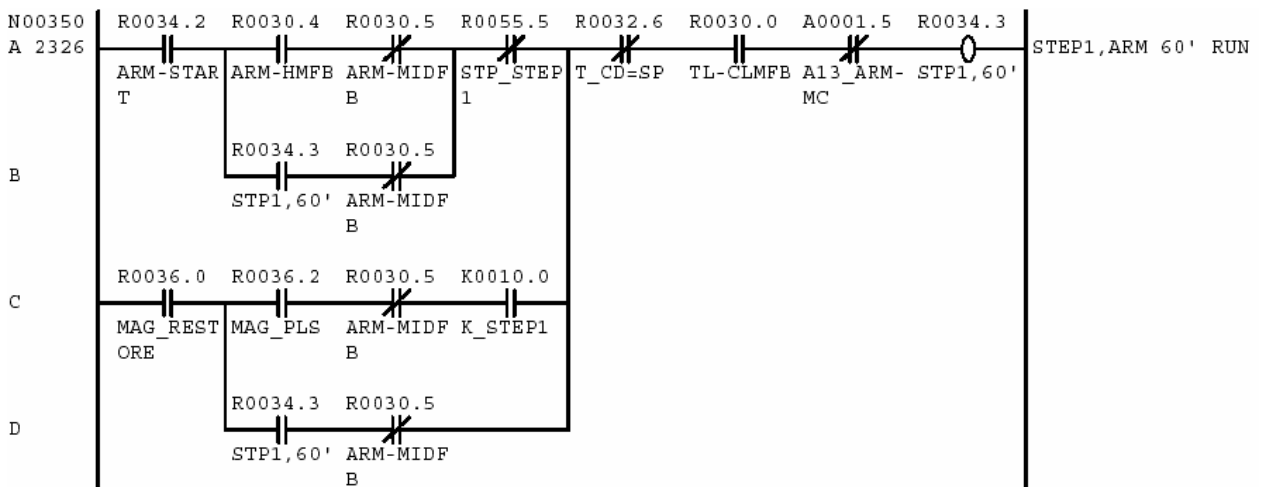


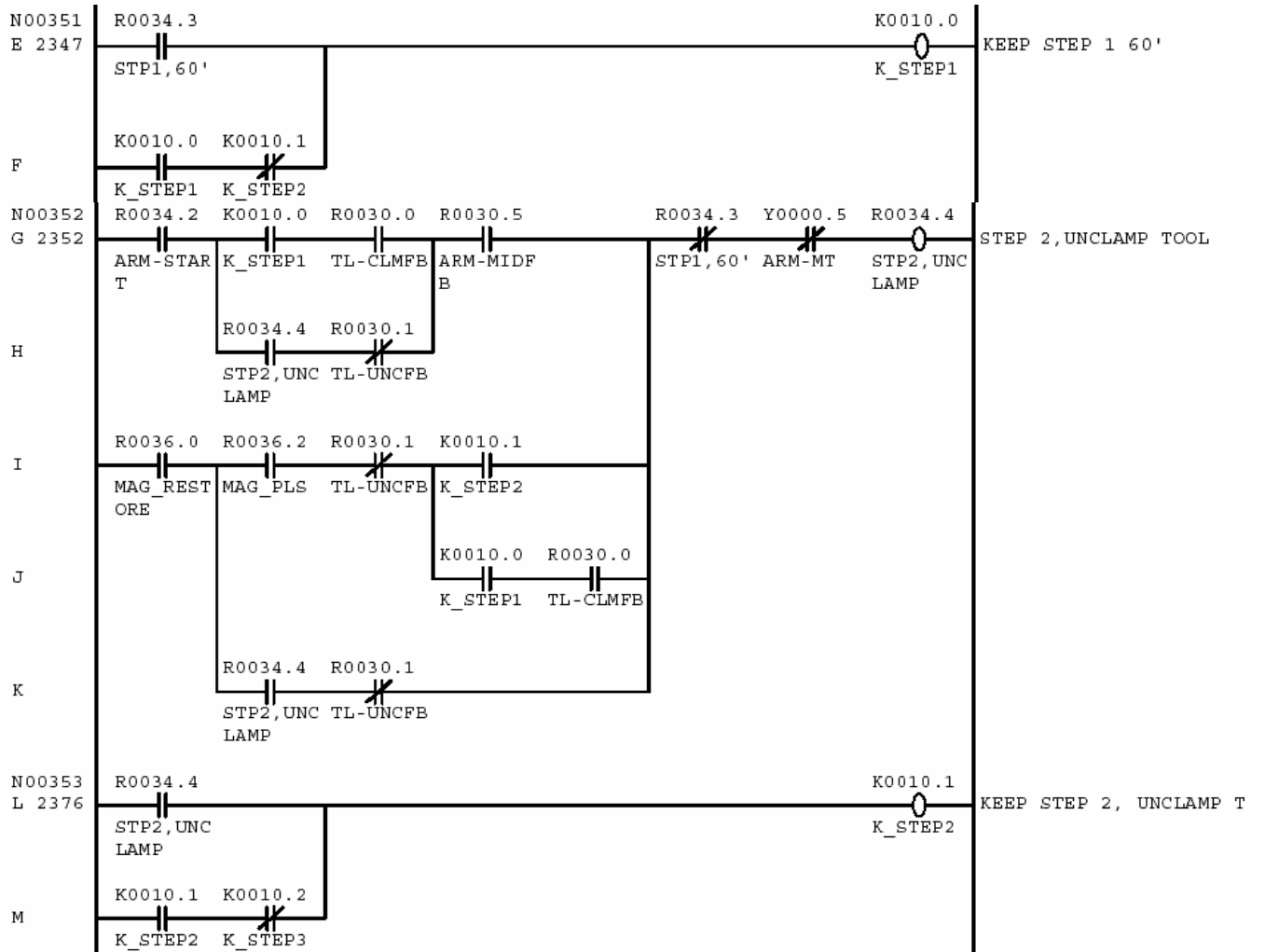
2、换刀步骤

采用步进式编程，分为六步：

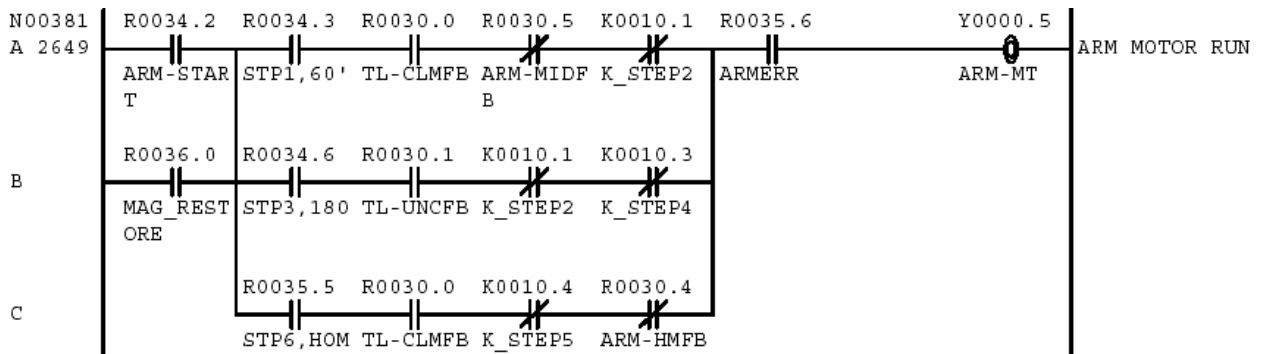
- 1) 刀臂旋转，抓将要交换的两把刀具；K10.0=1
- 2) 主轴松刀和吹气；K10.1=1，K10.0=0
- 3) 刀臂旋转 180 度，两把刀具交换；K10.2=1，K10.1=0
- 4) 主轴停止抓刀和吹气；K10.3=1，K10.2=0
- 5) 数据交换；K10.4=1，K10.3=0
- 6) 刀臂旋转，回初始位置。K10.5=1，K10.4=0；当 K10.5=0 时，换刀结束。

下面介绍第一、第二步，其余读者可自行分析编程

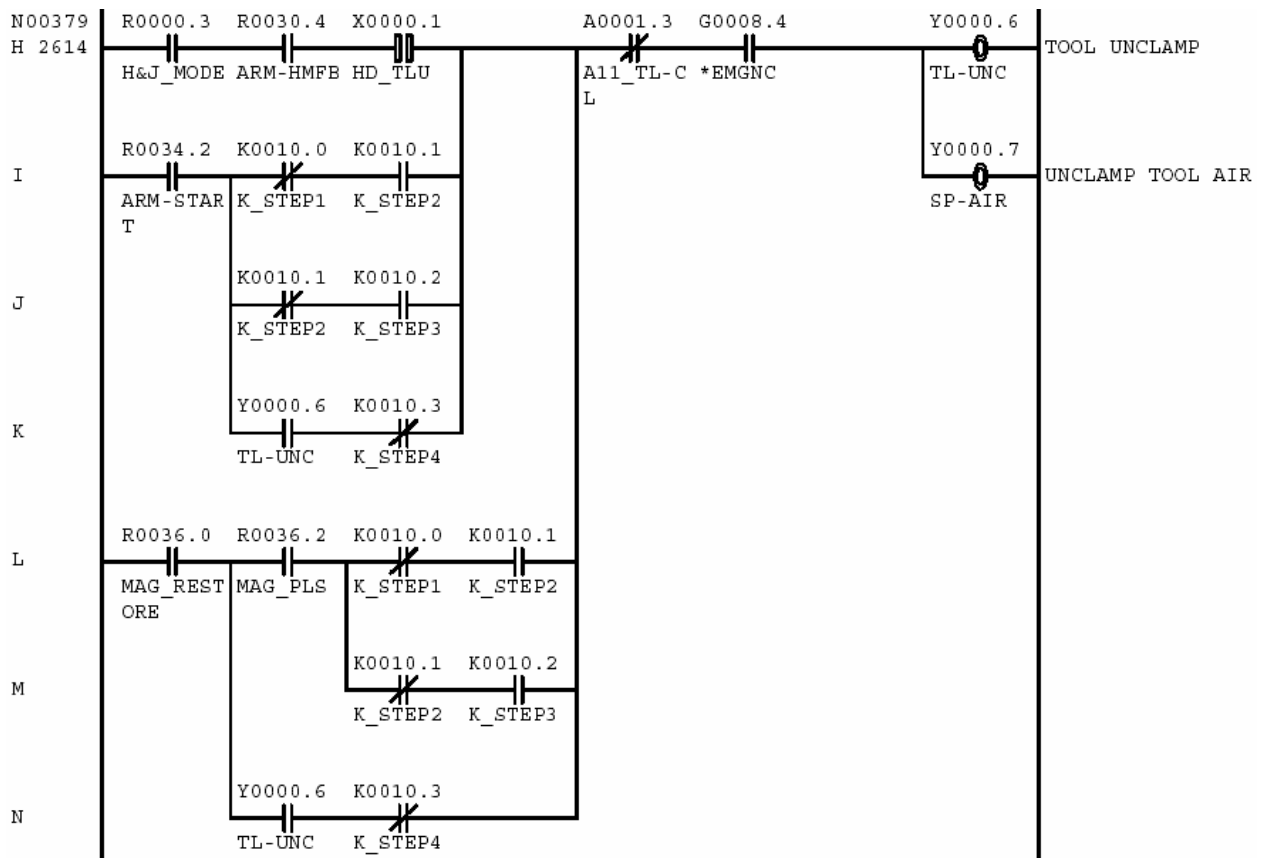




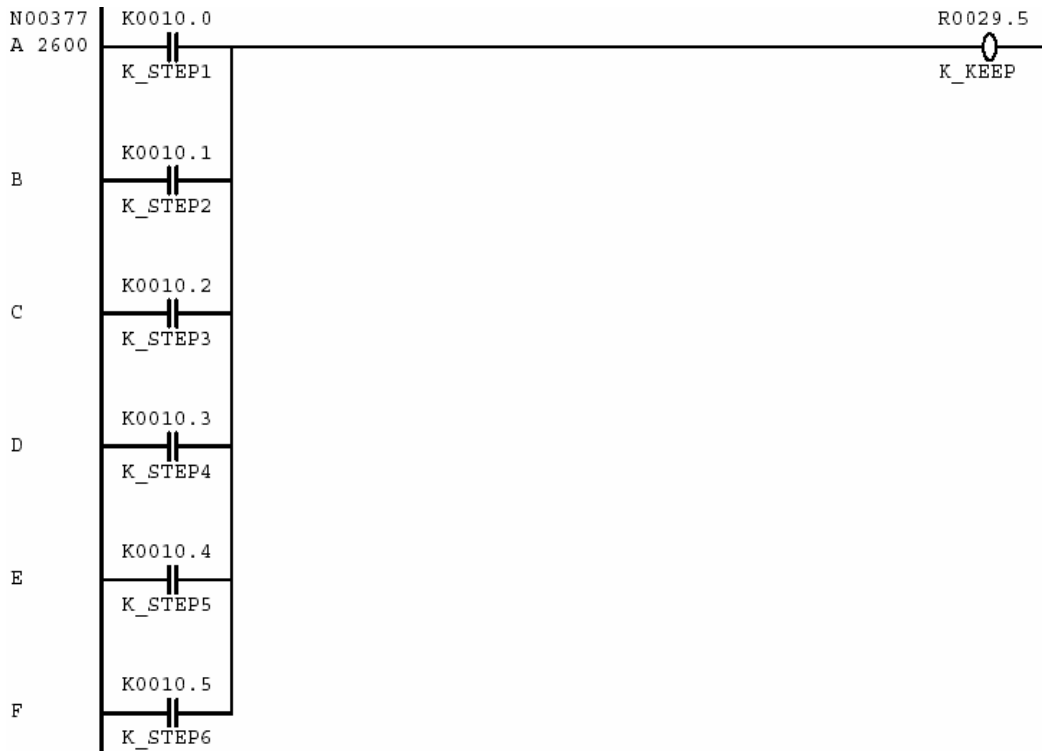
机械手驱动



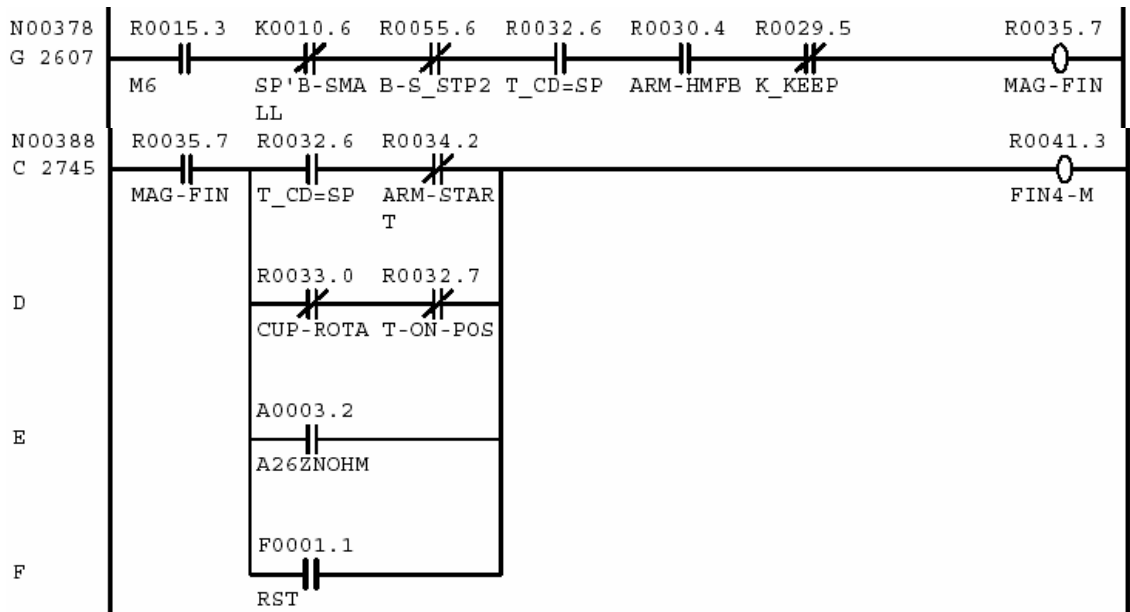
松刀驱动



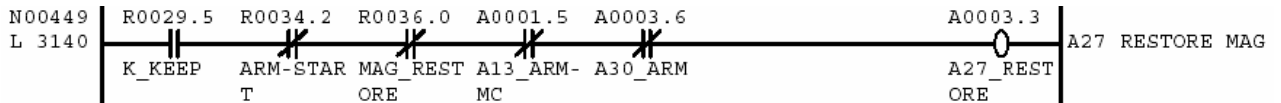
R29.5=1 是换刀过程中，用此信号进行 Z 轴自动锁定。



R41.3=1, M6 换刀结束信号。



3、换刀过程中,如果出现紧急停止,总电源故障等问题,换刀过程中断的处理。
重新开机和释放紧急停止按钮。开机后会显示信息: RESTORE MAG, STEP BY STEP, BE CAREFUL!

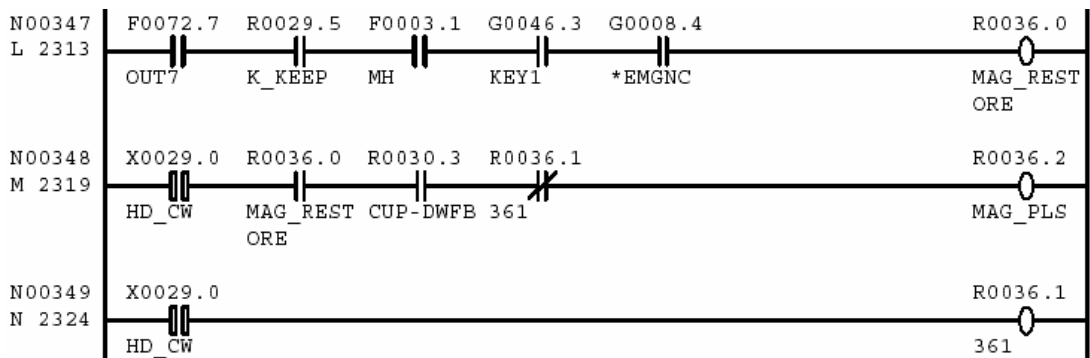


同时 Z 轴已自动锁定,在各种模式下都不可移动。主轴未定位,主轴刀具处于夹紧状态,机械刀臂处于中断停止位置。

R36.0 是恢复换刀中断的条件: 打开 PMC 软开关 (RST MAG ON)、选择手动位置、打开操作面板程序编辑钥匙开关。

如果刀臂不在卡住刀具位置,按下主轴定位按钮,执行主轴定位。

点动刀库盘正转键 (X29.0),产生脉冲 R36.2 从中断的 K 码保持的位置起,一个脉冲执行一步,从中断处一步一步地向下执行换刀动作,直至完成。具体原理可参考本节: 2、换刀步骤,第一、第二步程序自行分析。

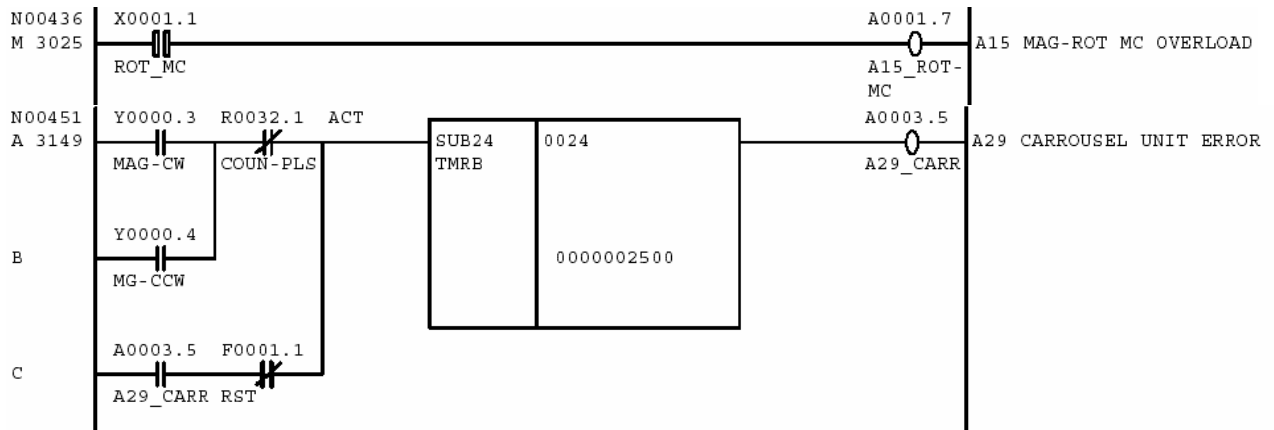


五、刀库部分的电机保护 PMC 程序和说明

A1.7 是刀库盘旋转马达的过电流继电器 (X1.1) 保护动作。

A3.5 刀库盘旋转时, 相邻刀杯在 2.5 秒内未到位 (没有记数脉冲) 出现此异警。

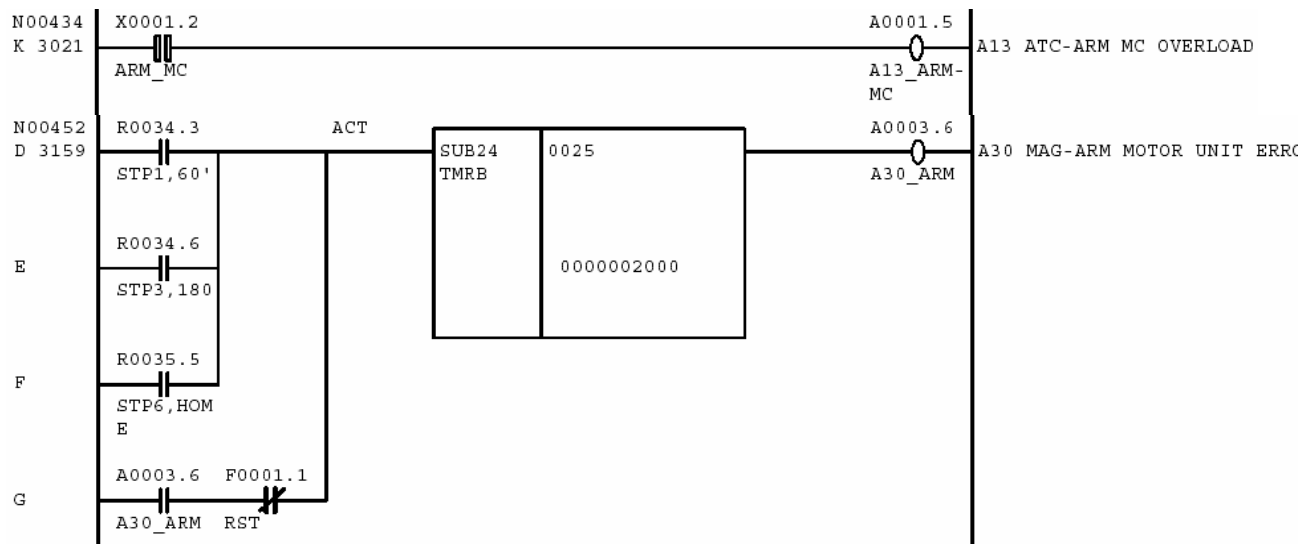
出现此异警时同时切断旋转马达输出点 (Y0.4=0 & Y0.5=0), 既马达停止供电。



A1.5 是刀臂旋转马达的过电流继电器 (X1.2) 保护动作。

A3.6 是换刀过程中当换刀臂旋转时, 任何一步刀臂动作在 2 秒内未到位时出现此异警。

出现此异警时切断刀臂旋转马达输出点 (Y0.6 =0), 既马达停止供电。



通过以上保护, 几年来数百台机床运行以来, 刀库部分电机无一烧毁。其余部分保护, 只要可找到反馈信号, 都可以参照编写。