

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TS. BÙI QUÝ LỰC

# Hệ thống **ĐIỀU KHIỂN SỐ**

## TRONG CÔNG NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

TS. BÙI QUÝ LỤC

# HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ TRONG CÔNG NGHIỆP

*(In lần thứ ba)*



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI

## Lời nói đầu

*Máy công cụ điều khiển số CNC ngày càng được sử dụng rộng rãi trong các xí nghiệp công nghiệp ở nước ta. Phát huy hiệu quả sử dụng, bảo dưỡng, vận hành máy CNC là vấn đề được đặc biệt quan tâm của chúng ta. Muốn phát huy được hiệu quả tối đa khả năng thiết bị cũng như cải tiến nó cho phù hợp với con người Việt Nam đòi hỏi phải có sự hiểu biết sâu sắc về máy CNC.*

*Máy công cụ điều khiển số CNC là thiết bị với hệ điều khiển phức tạp đòi hỏi người vận hành phải nắm vững cả ba lĩnh vực: Cơ khí, Điện tử và Tin học. Và đòi hỏi kiến thức sâu hơn đối với người bảo dưỡng và thiết kế máy CNC.*

*Trong nền kinh tế thị trường khắc nghiệt và đầy biến động vấn đề chủ động trong kinh doanh cũng như nâng cao chất lượng sản phẩm thì vấn đề làm chủ thiết bị sẽ tránh cho các doanh nghiệp bị động trong sản xuất. Một vấn đề khác đặt ra cho chúng ta cần đào tạo nguồn nhân lực có trình độ kỹ thuật cao, thiết bị thực hành không thể thiếu được. Vì vậy trước mắt chúng ta cần nghiên cứu và chế tạo các thiết bị phục vụ cho đào tạo và nghiên cứu khoa học trong các trường đại học cũng như trong các trường dạy nghề.*

*Cuốn sách này cung cấp cho bạn đọc những vấn đề cơ bản nhất của hệ điều khiển máy công cụ điều khiển số và các thiết bị dùng hệ điều khiển này. Cuốn sách trợ giúp một phần cho bạn đọc có ý tưởng thiết kế hệ điều khiển máy CNC dùng động cơ bước.*

*Đối tượng phục vụ của tài liệu là sinh viên ngành Cơ khí trong các trường đại học, cao đẳng. Ngoài ra nó còn là tài liệu tham khảo cho sinh viên đang theo học ngoài ngành cơ khí, các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật và những người ham muốn nghiên cứu chế tạo máy CNC và các thiết bị điều khiển số khác.*

*Chúng tôi hy vọng cuốn sách sẽ đáp ứng được phần nào nhu cầu của bạn đọc. Chắc chắn rằng trong quá trình biên soạn không tránh khỏi những thiếu sót mong được sự lượng thứ của bạn đọc.*

*Chúng tôi chân thành cảm ơn tới bạn bè, đồng nghiệp và các cán bộ chuyên trách của Nhà xuất bản đã giúp đỡ để cuốn sách sớm được phục vụ bạn đọc. Và mong nhận được sự góp ý của bạn đọc để lần tái bản sau cuốn sách sẽ được hoàn thiện hơn.*

*Mọi ý kiến xin gửi về: Bộ môn Máy và Ma sát học, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, số 1, Đại Cồ Việt, Hà Nội.*

**Tác giả**

# Mục lục

Trang

Lời nói đầu

## **Chương 1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN , HIỆU QUẢ KINH TẾ MÁY CÔNG CỤ CNC ĐÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP**

1.1. Lịch sử phát triển máy điều khiển số CNC.	9
1.2. Hiệu quả kinh tế của máy CNC	13
1.3. Máy CNC dùng trong công nghiệp	14
1.3.1. Máy khoan CNC	14
1.3.2. Máy phay CNC	16
1.3.3. Máy tiện CNC	17
1.3.4. Máy doa CNC	18
1.3.5. Máy mài CNC	19
1.3.6. Trung tâm gia công	20
1.3.7. Máy gia công EDM	22
1.3.8. Máy gia công bằng tia nước	23

## **Chương 2. NHỮNG ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ NC-CNC**

2.1 Định nghĩa trục và trục máy	25
2.1.1. Định nghĩa trục	25
2.1.2. Định nghĩa trục máy.	26
2.2. Cấu trúc hệ trục máy NC – CNC	27
2.2.1. Ba trục thẳng thứ nhất: X, Y và Z	27
2.2.2. Ba trục quay thứ nhất A,B và C	30
2.2.3. Ba trục thẳng thứ hai U, V và W	31
2.2.4. Ba trục thẳng thứ ba P, Q và R	32
2.2.5. Hai trục quay thứ hai D và E	33
2.3. Hệ tọa độ	34
2.3.1. Hệ tọa độ Decac	34

2.3.2. Hệ tọa độ cực	35
2.3.3. Tọa độ quy chiếu	36
2.4. Phân loại hệ thống điều khiển NC	40
2.4.1. Phân loại theo dạng điều khiển	40
2.4.2. Phân loại theo cấu trúc điều khiển	54
2.4.3. Phân loại theo kiểu điều khiển	57

### **Chương 3. PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ**

3.1. Thành phần cơ bản hệ thống CNC	64
3.2. Chức năng của cụm điều khiển	65
3.3. Phần cứng cụm điều khiển	65
3.3.1. Bộ xử lý trung tâm	66
3.3.2. Bộ nhớ	68
3.3.3. Truyền dẫn	69
3.3.4. Truyền dẫn secvo	71
3.3.5. Điều khiển tốc độ trực chính	72
3.3.6. Hệ điều khiển trình tự	73
3.3.7. Chương trình điều khiển máy	73
3.3.8. Mạch biến vào – ra	76
3.4. Phần mềm CNC	77
3.4.1. Phần mềm điều khiển	78
3.4.2. Phần mềm ghép nối	79
3.4.3. Postprocessor	80
3.4.4. Phần mềm ứng dụng	82
3.5. Điều khiển về gốc máy và hạn chế hành trình	95
3.5.1. Điều khiển về gốc máy	95
3.5.2. Hạn chế hành trình bàn máy	96
3.6. Mã hoá tốc độ chạy dao	97

### **Chương 4. HỆ DẪN ĐỘNG CHẠY DAO TRONG MÁY CNC**

4.1. Giới thiệu	100
4.2. Động cơ secvo thủy lực	101
4.2.1. Nguồn đầu áp lực	103

4.2.2. Van secvo	104
4.2.3. Động cơ thuỷ lực	108
4.2.4. Khuếch đại secvo	110
4.3. Điều khiển động cơ bước	116
4.3.1. Các kiểu động cơ bước	116
4.3.2. Một số thông số cơ bản của động cơ bước	132
4.3.3. Hệ điều khiển động cơ bước	137
4.4. Điều khiển động cơ secvo một chiều	147
4.4.1. Động cơ secvo một chiều chổi than	147
4.4.2. Động cơ secvo DC không chổi than	151
4.5. Động cơ AC secvo	159
4.6. Lựa chọn động cơ	160

### **Chương 5. BỘ TRUYỀN BIẾN ĐỔI CHUYỂN ĐỘNG QUAY THÀNH CHUYỂN ĐỘNG TỊNH TIẾN**

5.1. Tính ưu việt của bộ truyền vít me – lăn	163
5.2. Động học và động lực học cơ cấu vít me – lăn	164
5.3. Kết cấu bộ truyền vít me-bi	166
5.4. Tính toán thiết kế bộ truyền vít me – bi	171
5.4.1. Yêu cầu đối với bộ truyền được thiết kế	171
5.4.2. Tính toán thiết kế bộ truyền	172

### **Chương 6. THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN TRONG MÁY CÔNG CỤ CNC**

6.1. Encoder	185
6.1.1. Các dạng encoder và ứng dụng	185
6.1.2. Encoder tuyệt đối	187
6.1.3. Encoder gia số	190
6.2. Resolver	199
6.3. Inductosyn	206
6.4. Chuyển đổi số – tương tự (DAC)	208
6.4.1. Chuyển đổi DAC điện trở trọng số	209
6.4.2. Chuyển đổi DAC thang điện trở	211
6.5. Sensor hiệu ứng Hall	213

6.5.1. Hiệu ứng Hall	213
6.5.2. Sensor hiệu ứng Hall	215
6.6. Bộ đếm lùi	217
6.7. Sensor đo tốc độ	219

## **Chương 7. BỘ NỘI SUY TRONG MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ**

7.1. Tích phân số DDA	221
7.1.1. Vai trò bộ nội suy	221
7.1.2. Nguyên tắc thuật toán tích phân số	222
7.2. Nội suy thẳng dùng mạch tích phân DDA	230
7.3. Nội suy vòng dùng mạch tích phân DDA	238
7.4. Phần mềm nội suy	246



# 1

## LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN, HIỆU QUẢ KINH TẾ MÁY CÔNG CỤ CNC DÙNG TRONG CÔNG NGHIỆP

---

---

### 1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN MÁY ĐIỀU KHIỂN SỐ CNC

Máy điều khiển số (Computer Numerical Control - CNC) đã ra đời từ lâu. Người ta cho rằng sự kiện ra đời chiếc máy dệt dùng tấm thép trên đó có lỗ để tự động điều khiển đường chuyển động của kim dệt do Joseph M. Jacquard chế tạo năm 1808 là thời điểm ra đời của máy điều khiển số. Máy dệt được điều khiển trên cơ sở thông tin hai trạng thái, trạng thái thứ nhất là kim ở vị trí có lỗ, tương ứng với mức logic bằng "1" và trạng thái thứ hai là kim ở vị trí không có lỗ, tương ứng với mức logic bằng "0". Khi thay đổi quy luật vị trí lỗ trên tấm thép cho kiểu áo mới cần gia công và quy luật lỗ trên tấm thép chính là chương trình điều khiển máy.

Chương trình điều khiển máy mà thông tin điều khiển viết dưới dạng "1" và "0" được gọi là chương trình điều khiển số và máy được điều khiển theo chương trình trên gọi là máy điều khiển theo chương trình số. Tấm thép mang chương trình điều khiển tự động hoàn chỉnh trên được xem là vật lưu trữ chương trình điều khiển máy.

Khi nói đến sự hình thành và phát triển các dạng máy công cụ điều khiển số không thể không nói tới sự ra đời và phát triển của máy tính số. Phát minh ra máy tính là một bước ngoặt quan trọng của điều khiển số.

Máy tính cơ lần đầu tiên được Pascal chế tạo vào năm 1642. Máy tính cơ được hình thành trên cơ sở tổ hợp các bộ truyền bánh răng. Cho đến năm 1834 Babbage chế tạo máy tính như là một máy tính cơ với độ chính xác cao. Máy của Babbage không chỉ thực hiện được các phép tính số học mà còn hình thành được nhiều hàm toán học như máy tính ngày nay. Đặc biệt là máy tính có khả năng lưu trữ, nhớ, nhập và xuất dữ liệu. Do kết cấu máy quá phức tạp nên nó không còn cơ hội phát triển và đến năm 1940 Aiken người Mỹ và Zuse người Đức đã thiết kế máy tính trên cơ sở tổ hợp các role. Ba năm sau, Mauchly và Eckert thiết kế, chế tạo máy tính điện tử và đặt tên là ENIAC và đây là chữ viết tắt tiếng Anh (Electronic numerical integrator and computer). ENIAC đã sử dụng gần hai chục nghìn bóng điện tử, diện tích lắp đặt thiết bị lên tới hàng mét vuông, trọng lượng máy hai ba chục tấn và tiêu hao hàng trăm kW, chương trình điều khiển máy rất phức tạp. Máy tính điện tử ổn định làm việc kém và chỉ hoạt động trong vài phút.

Hệ điều khiển máy ENIAC thực hiện hàm logic trên cơ sở hàng nghìn chuyển mạch của role vì vậy độ tin cậy làm việc thấp. Máy gồm nhiều bóng điện tử làm việc cùng một lúc nên làm tăng nhanh nhiệt độ trong máy và nhiệt độ tăng theo thời gian làm việc

Bước ngoặt quan trọng làm cho công nghệ máy tính phát triển mạnh mẽ đó là phát minh ra đèn bán dẫn năm 1948. Đèn bán dẫn có nhiều ưu điểm như kích thước nhỏ, giá thành rẻ, độ tin cậy cao, tiêu thụ năng lượng ít và nhiệt sinh ra trong quá trình làm việc không đáng kể nên nhanh chóng thay thế bóng điện tử.

Trên cơ sở phát triển của kỹ thuật bán dẫn, năm 1949 một số kỹ sư người Mỹ tiến hành thiết kế thành công hệ thống điều khiển dùng linh kiện bán dẫn cho máy phay ba trục. Máy có khả năng thực hiện di chuyển dụng cụ đến một điểm đã được tính toán tự động từ trước.

Trong quá trình gia công cơ khí, nhiều chi tiết yêu cầu gia công đạt độ bóng, độ chính xác cao, thay đổi nhanh chóng dạng sản phẩm. Do vậy máy công cụ cần phải hoàn thiện về mặt thiết kế và điều khiển nhằm nâng cao độ chính xác gia công. Vì vậy điều khiển số đã nhanh chóng được ứng dụng vào hệ thống điều khiển máy công cụ, đồng thời máy tính còn được ứng dụng để tính toán, lưu trữ dữ liệu đường dẫn dụng cụ trên băng đục lỗ, băng từ hoặc các thiết bị khác. Cùng với bước phát triển ứng dụng điều khiển số trong máy công cụ một thành công có ý nghĩa to lớn của hệ thống máy công cụ điều khiển số của MIT (Masachusetts institute of technology - MIT) là thiết kế và chế tạo thành công hệ dẫn động động cơ servo dùng để điều khiển các trục máy công cụ. Và thành công này càng thúc đẩy ngành máy công cụ điều khiển số phát triển mạnh mẽ như ngày nay.

Năm 1959, mạch IC (integrated circuits) ra đời và nó nhanh chóng thay thế bóng bán dẫn. IC là một chip nhỏ, trên đó người ta lắp một số lớn các linh kiện (tới hàng triệu linh kiện) để thực hiện một quá trình điều khiển nào đó. IC có kích thước nhỏ, độ tin cậy cao, công suất tiêu hao nhỏ và là cơ sở để hình thành vi xử lý sau này. IC được đưa vào sử dụng nhiều trong sản xuất bắt đầu vào những năm 1965. Do IC có nhiều ưu điểm như đã nói ở trên nên nó nhanh chóng được ứng dụng vào công nghệ chế tạo máy tính điện tử. Trên cơ sở các mạch IC người ta thiết kế và chế tạo thành công bộ vi xử lý (microprocessor) cho các máy tính số.

Năm 1958 người ta sử dụng một số từ tiếng Anh làm ký tự để hình thành chương trình điều khiển máy. Hệ điều khiển máy gồm chương trình điều khiển, chương trình tính toán thống số hình học, tính toán lựa chọn chế độ gia công như tốc độ cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, bôi trơn làm mát. Tập hợp các ký tự hình thành chương trình dùng để điều khiển máy được gọi là ngôn ngữ APT (Automatically Programmed Tool). Ưu

điểm của ngôn ngữ APT là thuận lợi cho người viết chương trình, dễ dàng chuyển đổi thành một chương trình mà máy có thể hiểu được.

Trên cơ sở của APT người ta phát triển ra nhiều dạng chương trình điều khiển khác: ADAPT và AUTOSPOT của IBM; CINTURN của Cincinnati Milacron; EXAPT I, EXAPT II, EXAPT III của Đức; GENTURN của General Electric; MILTURN của Metaalinstytut ở Netherland, NEL 2PL, NEL 2C, NEL 2CL của Ferranti ...

Năm 1976, những máy điều khiển hoàn toàn tự động theo chương trình mà các thông tin viết dưới dạng số gọi là máy điều khiển số NC (Numerical Control). Cũng vào năm 1976 người ta đưa máy tính nhỏ vào hệ thống điều khiển máy NC nhằm mở rộng đặc tính điều khiển và mở rộng bộ nhớ của máy so với các máy NC, các máy này được gọi là máy CNC (Computer Numerical Control). Và sau đó các chức năng trợ giúp cho quá trình gia công ngày càng phát triển và năm 1965 hệ thống thay dao tự động được đưa vào sử dụng, năm 1979 hệ thống CAD- CAM- CNC ra đời. Và năm 1984 đồ họa máy tính phát triển, được ứng dụng để mô phỏng quá trình gia công trên máy công cụ.

Năm 1994 hệ NURBS ( Not uniforme rational B-Splines) giao diện phần mềm CAD cho phép mô phỏng được các bề mặt nội suy phức tạp trên màn hình, đồng thời nó cho phép tính toán và đưa ra các phương trình toán học mô phỏng các bề mặt phức tạp, từ đó tính toán chính xác đường nội suy với độ mịn, độ sắc nét cao.

Công nghệ nano đang được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khoa học trong đó có ngành chế tạo máy công cụ. Năm 2001 Fanuc đã chế tạo hệ điều khiển nano cho máy công cụ CNC.

## 1.2 HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA MÁY CNC

Hiệu quả kinh tế do máy CNC đem lại có thể chỉ ra ở các khía cạnh dưới đây:

1- Khi chi tiết có độ phức tạp cao, lựa chọn phương pháp gia công phù hợp nhất là gia công trên máy CNC. Bởi vì gia công trên máy CNC rút ngắn thời gian gia công, đạt độ chính xác yêu cầu và giá thành rẻ hơn so với khi gia công trên máy công cụ vạn năng và máy tự động cứng.

2- Khả năng thay đổi dạng sản phẩm chế tạo nhanh vì chỉ cần thay đổi chương trình điều khiển mà không cần thay đổi cấu trúc máy hoặc thêm các đồ gá chuyên dùng. Máy điều khiển số đáp ứng được tính linh hoạt của sản xuất.

3- Chi phí cho sản xuất dụng cụ cắt nhỏ hơn vì máy có khả năng đánh giá được lượng mòn dụng cụ ngay trong quá trình gia công và tự động điều chỉnh máy để bù lượng mòn dụng cụ.

4- Máy CNC có tính năng tự động kiểm tra chất lượng ngay trong quá trình gia công. Các máy thông thường không có khả năng này. Do không có chức năng này, các máy vạn năng không giám sát được quá trình gia công nên tốn phí cho kiểm tra chất lượng cao hơn so với máy CNC.

5- Thời gian gia công chi tiết ở trên máy CNC nhỏ hơn so với máy vạn năng vì tập trung nguyên công cao, gia công nhiều nguyên công trong cùng một lúc.

6- Máy CNC không cần dùng các đồ gá chuyên dùng để gá kẹp phôi.

## 1.3 MÁY CNC DỪNG TRONG CÔNG NGHIỆP

Cùng với sự phát triển không ngừng của máy tính, hệ thống điều khiển số được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau trong đó có máy công cụ. Dưới đây trình bày một số dạng máy công cụ CNC thường gặp trên thị trường.

### 1.3.1 Máy khoan CNC ( Drilling machines)

Đặc điểm chính của máy khoan là hệ tọa độ máy hình thành trên cơ sở hệ tọa độ Decac theo nguyên tắc bàn tay phải với ba trục vuông góc với nhau. Hệ thống điều khiển là hệ thống điều khiển theo vị trí (point to point). Vì vậy hệ điều khiển này không cần cụm nội suy thẳng và cong. Hệ điều khiển máy khoan CNC được thiết kế với khả năng điều khiển tương thích với hai cách viết chương trình: hệ tuyệt đối và hệ gia số. Hình 1-1 chỉ ra trung tâm khoan RDC 400V12 của hãng EXCEL



Hình 1-1 Trung tâm khoan RDC 400V12 của hãng EXCEL.

Yêu cầu chính đối với hệ thống điều khiển máy khoan CNC là tính toán nhanh và dừng chính xác vị trí.

Thông thường cấu trúc cơ bản của máy khoan vạn năng cũng như máy khoan CNC là trục chính bố trí thẳng đứng trùng với trục Z của hệ tọa độ Decac. Bàn máy bố trí trong mặt phẳng nằm ngang trùng với mặt

phẳng XOY của hệ tọa độ Decac và vuông góc với trục chính. Các trục chuyển động được bố trí như sau:

Trục thẳng thứ nhất của máy khoan (chuyển động chạy dao thẳng đứng) được bố trí trùng với trục Z của hệ tọa độ máy. Ngoài ra trục chính còn được bố trí chuyển động quay tạo ra tốc độ cắt gọt cần thiết. Thông thường trên máy khoan chi tiết được đặt trên bàn máy.

Chuyển động thẳng thứ hai và thứ ba được bố trí cho bàn máy. Trục thẳng thứ nhất song song với trục X của hệ tọa độ máy (tương ứng chuyển động dọc của bàn máy).

Trục thẳng thứ nhất song song với trục Y của hệ tọa độ máy (chuyển động chạy dao ngang).

Vị trí tất cả các điểm trên chi tiết được xác định bởi hai tọa độ X và Y vuông góc với nhau.

Điểm gốc máy (reference point) thường bố trí ở điểm thuận lợi nào đó trên bàn máy.

Hệ điều khiển máy khoan cho phép thực hiện các dạng chu trình khoan tự động. Máy được tự động hóa các chức năng thay dụng cụ, bôi trơn, làm mát, tự động lựa chọn tốc độ cắt, tốc độ chạy dao, chiều sâu cắt và có khả năng tự động hiệu chỉnh đường kính và chiều dài dụng cụ.

Máy khoan NC được thiết kế theo modun. Vì vậy để nâng cao năng suất máy người ta thể ghép thêm vào nó một vài cụm trục chính. Điều này không làm tăng số trục của máy. Để nâng cao khả năng công nghệ của máy người ta lắp thêm các modun nhằm tăng số trục máy, ví dụ cần có chuyển động quay của trục chính người ta lắp thêm cho máy modun quay hoặc để bàn máy có chuyển động quay người ta lắp thêm modun quay trên bàn máy. Nhờ khả năng mở rộng số trục, máy khoan có khả năng gia công trên cả năm mặt của phôi có dạng hình vuông.

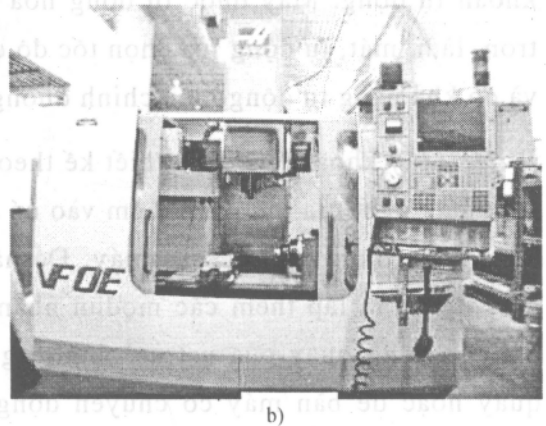
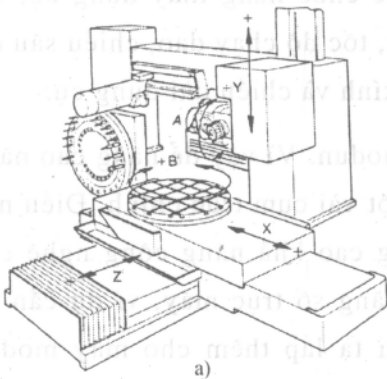
### 1.3.2 Máy phay CNC (Milling machines)

Cấu trúc của máy phay cũng được thiết kế trên cơ sở hệ tọa độ Đecac theo nguyên tắc bàn tay phải với ba trục tọa độ vuông góc với nhau như trong máy khoan.

Máy phay có thể có nhiều trục máy (trục chuyển động), số trục ít nhất của máy phay là  $2\frac{1}{2}D$ . Máy phay CNC được trang bị hệ thống lưu trữ dụng cụ, thiết bị thay dụng cụ, cơ cấu kẹp, tháo phôi và thay phôi tự động.

Máy phay CNC có cấu trúc trục chính bố trí thẳng đứng được gọi là máy phay đứng. Máy phay CNC có trục chính bố trí nằm ngang gọi là máy phay nằm ngang.

Máy phay CNC được trang bị hệ thống điều khiển mạnh để tính toán quỹ đạo chuyển động của dụng cụ, nội suy thẳng, nội suy vòng và các đường cong phức tạp (Spline). Để gia công các đường cong và các bề mặt phức tạp, máy phay CNC cần phải có số trục máy ít nhất là ba. Máy phay CNC trục chính nằm ngang năm-trục (hình 1-2a) và máy phay đứng ba-trục chỉ ra trên hình 1-2b.



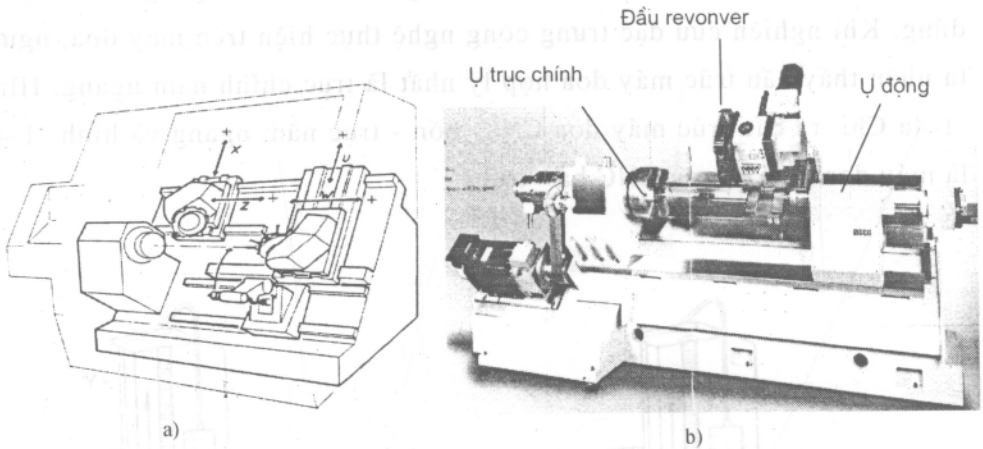
Hình 1-2 a) Máy phay nằm ngang năm - trục CNC;  
b) Máy phay đứng ba - trục CNC .



### 1.3.3 Máy tiện CNC (Turning machines)

Cấu trúc cơ bản của máy tiện CNC là trục chính thường bố trí nằm ngang hoặc thẳng đứng, bàn máy có thể bố trí trên mặt phẳng nằm ngang hoặc trên mặt phẳng nghiêng. Phôi được kẹp bằng mâm cặp hoặc được đặt trên hai đầu chống tâm và đầu chống tâm có khía nhám để truyền momen xoắn.

Máy tiện có thể có nhiều trục chính, một hoặc nhiều bàn xe dao và đầu Revolver. Hình 1-3a chỉ ra máy tiện CNC bốn – trục và hình 1-3b là máy tiện hai trục CNC. Máy tiện CNC có khả năng công nghệ rộng như: tiện trơn, tiện ren, khoan, khoét, doa, khoan tâm, cắt đứt, tiện mặt đầu, phay.vv



Hình 1- 3 a) Máy tiện CNC trục chính nằm ngang bốn - trục.  
b) Máy tiện CNC trục chính nằm ngang hai - trục.  
Lịch sử phát triển, hiệu quả kinh tế và máy CNC công nghiệp.

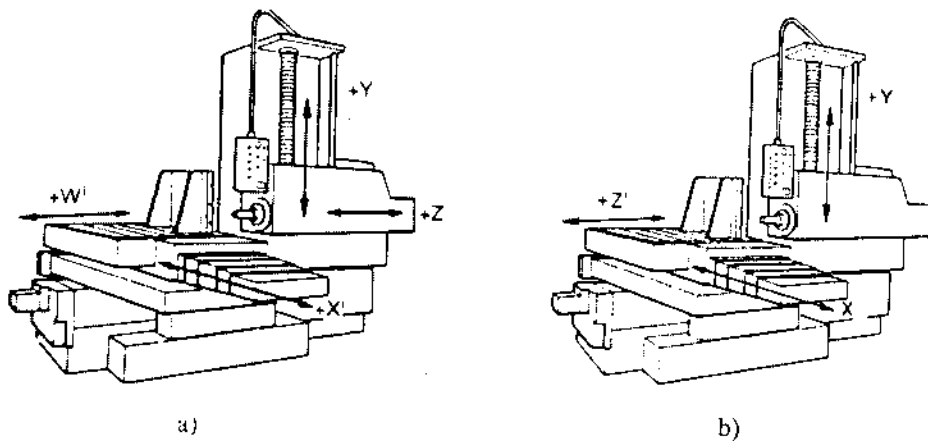
1- Ụ trước mang trục chính, làm nhiệm vụ tạo tốc độ cắt gọt. Trục chính thường được dẫn động bởi động cơ một chiều điều khiển secvo hoặc động cơ xoay chiều điều khiển tần số nhằm tạo khả năng điều khiển vô cấp tốc độ. Tốc độ động cơ thực hiện theo chương trình NC của máy.

2- Ụ sau bố trí đối diện với ụ trước. Chuyển động ụ sau thực hiện theo chương trình điều khiển NC. Khi thay dụng cụ, đầu revolver chuyển động lùi về điểm thay dụng cụ mà điểm này đã được xác định trước để thực hiện quá trình này.

3- Thiết bị thay dụng cụ có kết cấu khá đa dạng nhưng phải đảm bảo thay dụng cụ dễ dàng và nhanh chóng. Khi thay dụng cụ, thiết bị thay dụng cụ chuyển động đến vị trí xác định để thực hiện quá trình này. Tùy theo mức độ tự động hóa mà máy bố trí thêm hệ thống lưu trữ dụng cụ và hệ thống thay phối tự động.

#### 1.3.4 Máy doa CNC (Boring machines)

Trục chính máy doa CNC thường bố trí nằm ngang hoặc thẳng đứng. Khi nghiên cứu đặc trưng công nghệ thực hiện trên máy doa, người ta nhận thấy cấu trúc máy doa hợp lý nhất là trục chính nằm ngang. Hình 1-4a Chỉ ra cấu trúc máy doa CNC bốn - trục nằm ngang và hình 1-4b là máy doa nằm ngang CNC ba - trục.



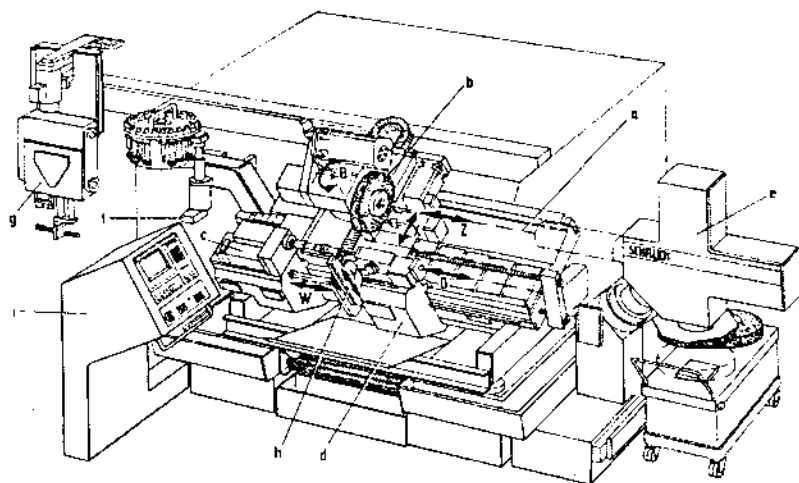
Hình 1-4 a) Máy doa nằm ngang bốn - trục CNC.  
b) Máy doa nằm ngang ba - trục CNC.

Đặc điểm của công nghệ doa đòi hỏi máy doa phải có độ chính xác vị trí. Vì vậy máy thường được trang bị hệ thống điều khiển với mức độ tự động hóa cao và được trang bị hệ thống thay phôi, dụng cụ tự động. Máy doa có số trục điều khiển lớn nhất là 8.

Hệ điều khiển máy được thiết kế nhằm đảm bảo máy có khả năng tự động lựa chọn chế độ gia công cho phù hợp với vật liệu dụng cụ cắt và vật liệu phôi. Máy có tính năng xác định lượng mòn của dụng cụ và thực hiện hiệu chỉnh lượng mòn ngay trong quá trình gia công. Đồng thời máy còn được trang bị phần mềm đồ họa đủ mạnh để mô phỏng quá trình gia công chi tiết trên máy

### 1.3.5 Máy mài CNC (Grinding machines)

Dựa trên cơ sở công nghệ, máy mài CNC được phân ra thành các loại khác nhau. Máy mài có các loại: máy mài phẳng, mài tròn ngoài, mài răng, mài định hình và các dạng khác. Máy mài có số trục máy từ 2 đến 9 trục.



Hình 1-5 Máy mài tròn ngoài CNC.

Cấu trúc của máy mài CNC gồm các thành phần cơ bản chỉ ra trên hình 1-5.

Công nghệ mài đòi hỏi độ chính xác, độ bóng bề mặt cao. Vì vậy, độ chính xác của máy mài CNC cao hơn so với các máy CNC khác.

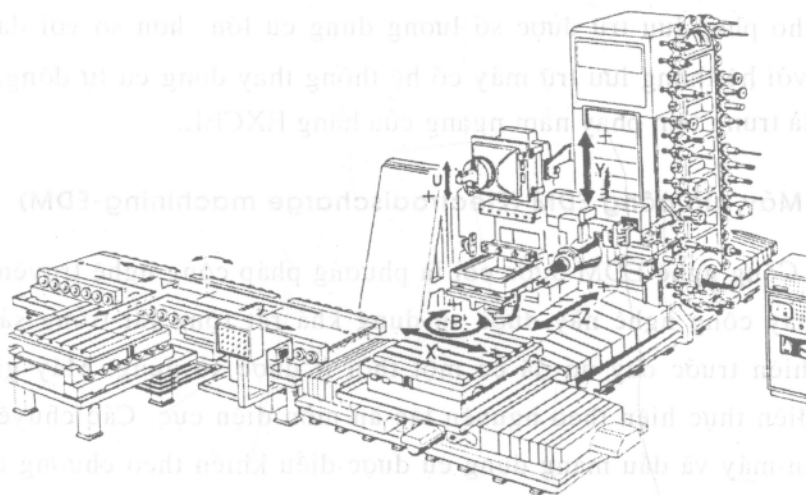
Để đảm bảo điều kiện gia công, hệ thống điều khiển của nó phải đảm bảo dịch chuyển bàn máy êm, lượng dịch chuyển nhỏ và chính xác hơn nhiều so với các máy khác. Để đạt được độ bóng cao tốc độ cắt của máy mài cao khoảng vài chục nghìn vòng/ph và lượng tiến dao vào cắt của ụ đá thông thường vào khoảng 0,002 mm/ph đến 6 mm/ph.

Thành phần cơ bản của máy mài chỉ ra trên (hình 1-5) gồm: (a) băng máy, (b) đá mài mài, (c) ụ động chi tiết, (d) ụ động, (e) hệ thống tự động thay đá, (f) hệ thống tự động sửa đá, (g) hệ thống cấp phôi tự động, (h) hệ thống đo, (i) bàn điều khiển.

Trong quá trình gia công, đá mài mòn nhanh nên máy có hệ thống sửa đá tự động. Thiết bị đo xác định kích thước đá mài, tính toán giá trị tốc độ cần thiết với kích thước đá tương ứng phù hợp với chế độ cắt yêu cầu. Máy cũng được trang bị hệ thống đồ họa mạnh nhằm đáp ứng cho máy có thể mài được các chi tiết có hình dạng phức tạp nhưng vẫn đạt được độ bóng và độ chính xác cao.

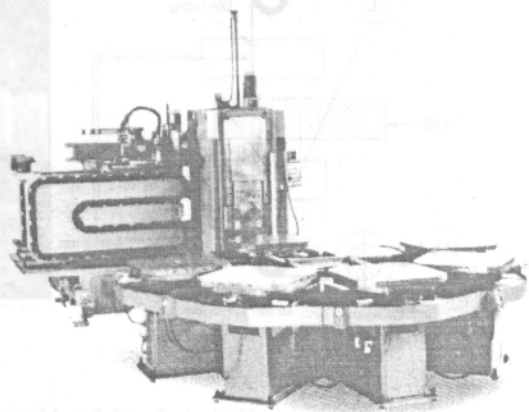
### **1.3.6 Trung tâm gia công (Machining center)**

Trung tâm gia công là máy CNC đứng hoặc nằm ngang nhưng được trang bị hệ thống thay dao tự động gọi là trung tâm gia công. Trung tâm gia công là tế bào trong dây truyền sản xuất. Số trục điều khiển của trung tâm gia công ít nhất là 3. Để mở rộng hơn nữa khả năng công nghệ của trung tâm gia công và phù hợp với thương mại, ngay trong quá trình thiết kế người ta đã thiết kế nó dưới dạng các modul độc lập, hệ thống điều khiển là hệ thống mở.



Hình 1- 6 Trung tâm gia công nằm ngang năm - trục CNC.

Khi cần mở rộng trục chuyển động nào đó người ta chỉ cần lắp thêm modul tương ứng vào trung tâm gia công và như vậy số trục điều khiển máy tăng lên, ví dụ trung tâm phay cần tăng thêm trục chuyển động quay đầu trục chính để máy có khả năng gia công lỗ trên mặt nghiêng. Trung tâm gia công năm trục với bốn trục tịnh tiến và một trục quay. Và được trang bị hệ thống thay dụng cụ, dây chuyền cấp phôi tự động chỉ ra trên hình 1-6.



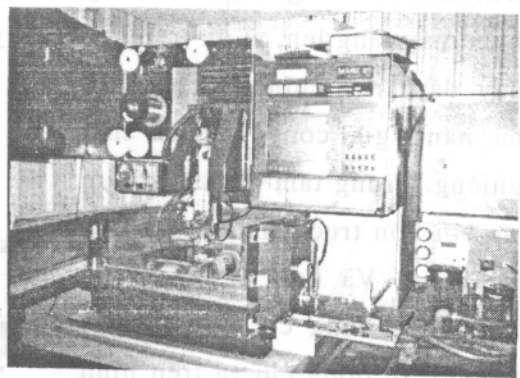
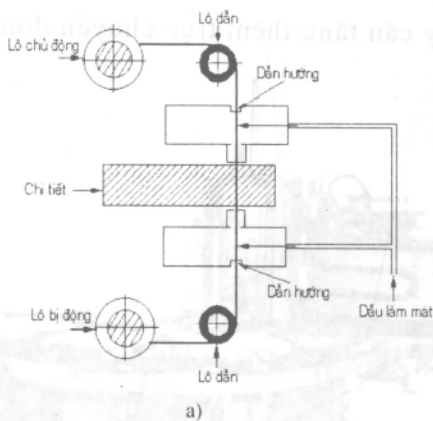
Hình 1- 7 Trung tâm gia công nằm ngang của hãng EXCEL.

Trung tâm gia công được trang bị thiết bị lưu trữ dụng cụ. Thiết bị lưu trữ dụng cụ có dạng

mâm, dạng xích một tầng hoặc nhiều tầng. Lưu trữ dụng cụ theo dạng xích cho phép lưu trữ được số lượng dụng cụ lớn hơn so với dạng đĩa. Cùng với hệ thống lưu trữ máy có hệ thống thay dụng cụ tự động. Hình 1 – 7 là trung tâm phay nằm ngang của hãng EXCEL.

### 1.3.7 Máy gia công EDM (Electrodischarge machining-EDM)

Công nghệ EDM được coi là phương pháp công nghệ truyền thống. Hiện nay công nghệ này được sử dụng khá rất rộng rãi trong sản xuất. Tuy nhiên trước đây nó đã có một thời ít được sử dụng. Máy gia công xung điện thực hiện theo nguyên tắc ăn mòn điện cực. Các chuyển động của bàn máy và đầu mang dụng cụ được điều khiển theo chương trình số nên nó cũng là máy điều khiển số. Nhưng EDM có điểm khác với máy công cụ điều khiển số thông thường là ở chỗ dụng cụ cắt (điện cực) là sợi dây được cấp điện dưới dạng xung điện.



Hình 1- 8 a) Sơ đồ nguyên tắc máy EDM.  
b) Máy EDM hai lò cuộn MAX - 21 .

Máy EDM có hai dạng: dạng thứ nhất là máy có hai lò cuộn dây độc lập, một lò đóng vai trò chủ động và lò kia đóng vai trò bị động. Dây đóng vai trò dụng cụ cắt, trong trường hợp này lò chỉ quay một chiều (cắt một lần). Dạng thứ hai của máy EDM là máy chỉ có một lò vừa làm nhiệm

vụ nhà và cuốn nhờ quá trình đảo chiều quay của trục cuốn. Sơ đồ nguyên lý của máy EDM chỉ ra trên hình 1- 8a và máy EDM kiểu MAX –21 hai lô cuốn được chỉ ra trên hình 1-8b.

Quá trình gia công trên máy EDM là quá trình phóng điện giữa dụng cụ (dây) được cấp xung điện và chi tiết, vì vậy độ chính xác gia công tùy thuộc vào độ chính xác của dây. Trong trường hợp máy EDM có hai lô cuốn độc lập loại trừ được sai số gia công do mòn dây gây ra. Trường hợp máy có một lô cuốn dây, sai số do mòn dây (sai số thông số dụng cụ cắt) thường xuất hiện trong gia công. Vật liệu dụng cụ cắt (dây) trong gia công EDM thường làm bằng vật liệu đồng, molipden hoặc vonfram có đường kính từ 0,5 *mm* đến 3,2 *mm*. Quá trình gia công vùng cắt luôn được tưới dung dịch dầu bôi trơn cách điện.

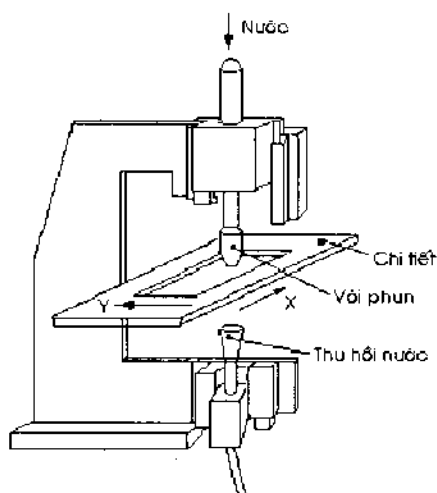
### **1.3.8 Máy cắt bằng tia nước (Water- jet cutting)**

Máy cắt mà dụng cụ cắt là tia nước có áp lực cao được gọi là máy cắt bằng tia nước. Công nghệ cắt bằng tia nước cũng mới xuất hiện nhưng nó đã nhanh chóng được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất.

Các trục chuyển động của máy cắt bằng tia nước được thực hiện nhờ hệ thống điều khiển số nên máy được gọi là máy cắt bằng tia nước CNC. Phương pháp gia công này là một hướng phát triển công nghệ gia công nhằm nâng cao năng suất và chất lượng. Sơ đồ nguyên lý máy cắt bằng tia nước chỉ ra trên hình 1-8.

Đặc điểm của máy là có thiết bị tạo áp suất cao cho nước và vòi phun. Máy cắt bằng tia nước có thể gia công các chi tiết dạng tấm. Vật liệu gia công là tấm plastic, giấy, thép và các vật liệu tấm khác. Chiều dày nhỏ nhất của tấm tới 1,2 *mm*. Tốc độ cắt từ 76 *mm/ph* đến 1000 *mm/ph*, áp suất nước từ 4000 *bar* đến 9000 *bar* và đường kính tia nước có thể đạt 0,1*mm*. Gia công bằng tia nước có vết cắt mịn, trong quá trình gia công không cần làm mát và đặc biệt là không xuất hiện mòn dụng cụ cắt.

Vì vậy trong hệ thống điều khiển không cần tính năng hiệu chỉnh lượng mòn của dụng cụ cắt. Chiều dày chi tiết lớn nhất có thể gia công được gần  $80mm$ . Chiều rộng mạch cắt khoảng từ  $0,1mm$  đến  $0,3mm$  tùy thuộc vào kích thước lỗ phun.



Hình 1 -7 Sơ đồ máy CNC dùng tia nước áp lực cao.

Nhược điểm là thiết bị công kênh và yêu cầu độ chính xác cao, đường kính vòi phun từ  $0,1mm$  đến  $0,3mm$ . Tốc độ dòng nước từ  $800m/s$  đến  $900m/s$ . Để nâng cao hiệu quả gia công người ta có thể trộn vào trong nước các bột mịn. Cắt bằng tia nước có các ưu điểm sau:

1- Loại trừ được sản phẩm không có ích (phoi) do quá trình gia công sinh ra có thể ảnh hưởng tới quá trình cắt.

2- Không có lực chạy dao đặt vào chi tiết

3- Phương pháp gia công này không cho dòng điện chạy qua chi tiết trong quá trình gia công. Điều này rất quan trọng trong một số trường hợp gia công đặc biệt như khi làm bản mạch in điện tử.



# 2

## NHỮNG ĐỊNH NGHĨA CƠ BẢN VÀ PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ NC-CNC

---

---

### 2.1 ĐỊNH NGHĨA TRỤC VÀ TRỤC MÁY

#### 2.1.1 Định nghĩa trục

Gia công trên máy CNC là quá trình chuyển động dụng cụ dọc theo đường hình học trên bề mặt cần gia công. Đường hình học được tạo ra trên chi tiết là đường bao của dụng cụ cắt trong quá trình gia công. Thông thường, trong quá trình gia công, chi tiết kẹp chặt trên bàn máy và dụng cụ lắp trên trục chính. Để điều khiển chuyển động dụng cụ cắt dọc theo đường hình học trên bề mặt chi tiết, cần tìm mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết.

Mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết có thể thiết lập thông qua việc đặt chúng trong cùng một hệ tọa độ. Hệ tọa độ Decac được chọn sử dụng làm hệ tọa độ trong máy công cụ điều khiển số. Hệ tọa độ này dùng để biểu diễn mối quan hệ vị trí giữa dụng cụ và chi tiết và nó được gọi là hệ tọa độ máy. Hệ tọa độ Decac có hai nguyên tắc thiết lập: hệ tọa độ tuân theo nguyên tắc bàn tay phải và tuân theo nguyên tắc bàn tay trái. Không gian giới hạn bởi ba kích thước của hệ tọa độ Decac gắn với máy mà hệ điều khiển máy có thể nhận biết được gọi là vùng gia công.

Đoạn thẳng dùng để định hướng một không gian hoặc một đối tượng hình học gọi là trục. Ba trục bố trí vuông góc với nhau hình thành

hệ tọa độ Decac. Trục được xem như là đường chuẩn dùng để xác định đối tượng nào đó trong không gian theo kích thước dài và kích thước góc.

### 2.1.2 Định nghĩa trục máy

Phân tích các chuyển động cơ học cho thấy mọi chuyển động đều tổ hợp từ hai chuyển động cơ bản thành phần: chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay tròn. Vì vậy chuyển động dụng cụ của máy cũng được đặc trưng bởi hai chuyển động cơ bản trên. Chuyển động thẳng của dụng cụ song song với trục hệ tọa độ gắn với máy, gọi là trục chuyển động thẳng gọi tắt là trục thẳng. Chuyển động của dụng cụ quay xung quanh trục hệ tọa độ gắn với máy gọi là trục chuyển động quay, gọi tắt là trục quay. Chuyển động quay của dụng cụ xung quanh trục nào đó của hệ tọa độ gắn với máy hoặc chuyển động dụng cụ tịnh tiến song song với trục hệ tọa độ gắn với máy chuyển động đó được gọi là trục. Số trục thể hiện khả năng công nghệ của máy, nên người ta thường lấy số trục kèm với tên máy ví dụ máy phay CNC ba - trục, máy phay CNC bốn - trục để gọi tên của máy.

Để mô tả máy CNC từ đơn giản đến phức tạp, các nước khác nhau đặt ra tiêu chuẩn khác nhau về số trục chuyển động cần thiết. Tài liệu này trình bày tiêu chuẩn của tập đoàn công nghiệp điện tử EIA (Electronic industries association). EIA đưa ra tiêu chuẩn EIA-267-B. Tiêu chuẩn này cho rằng chỉ cần tối đa mười bốn trục (trục chuyển động) là có thể mô tả tất cả các máy NC và CNC từ đơn giản đến phức tạp. Mười bốn trục chuyển động được chia thành hai kiểu: trục quay và trục thẳng. Trong mười bốn trục có chín trục thẳng và năm trục quay. Chín trục thẳng lại được chia thành ba trục thẳng thứ nhất, ba trục thẳng thứ hai và ba trục thẳng thứ ba. Trong số năm trục quay được chia thành ba trục quay thứ nhất và hai trục quay thứ hai.

## 2.2 CẤU TRÚC HỆ TRỤC MÁY NC -CNC

### 2.2.1 Ba trục thẳng thứ nhất: X,Y và Z

Hệ tọa độ Decac tuân theo nguyên tắc bàn tay phải được biểu diễn thông qua ba ngón tay, ngón cái, ngón trỏ và ngón giữa. Ba ngón tay bố trí hình thành hệ trục tọa độ. Ngón cái tương ứng với trục X, ngón trỏ tương ứng với trục Y và ngón giữa tương ứng với trục Z. Hệ trục tọa độ Decac được gắn với máy gọi là hệ tọa độ máy. Gắn hệ tọa độ Decac vào máy quy định như thế nào? Gắn hệ trục tọa độ vào máy tùy thuộc vào cấu trúc máy. Cấu trúc máy thường có hai kiểu bố trí cơ bản đó là trục chính thẳng đứng và trục nằm ngang.

Hệ tọa độ Decac gắn vào máy công cụ điều khiển số được quy định bắt đầu từ trục Z. Và trục Z bố trí trùng với trục chính còn các trục khác xác định theo nguyên tắc bàn tay phải hoặc bàn tay trái. Hệ trục máy bố trí theo nguyên tắc bàn tay phải với máy có trục chính bố trí nằm ngang chỉ ra trên hình 2-1a và hệ trục máy có trục chính bố trí thẳng đứng chỉ ra trên hình 2-1b. Ba trục thẳng thứ nhất là ba chuyển động thẳng của dụng cụ song song với các trục hệ tọa độ máy và được ký hiệu bằng các chữ cái X,Y và Z (Ký hiệu trùng với ký hiệu hệ trục máy).

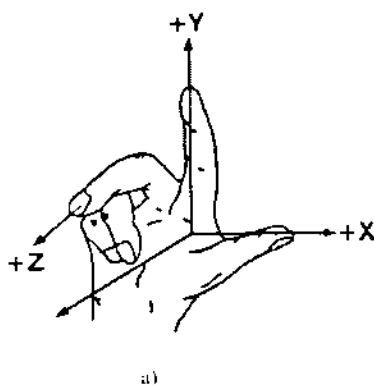
Hai trục thẳng thứ nhất X và Y tương ứng với hai chuyển động của bàn máy trong mặt phẳng tạo bởi hai trục tọa độ X và Y.

Trục thẳng thứ nhất X và trục thẳng thứ nhất Y được bố trí như thế nào trong máy công cụ điều khiển số? Hệ EIA quy định chuyển động nào của bàn máy có hành trình lớn hơn trong hai chuyển động thẳng thứ nhất X và thứ nhất Y, chuyển đó được xác định là chuyển động thẳng thứ nhất X và chuyển động còn lại là trục thẳng thứ nhất Y.

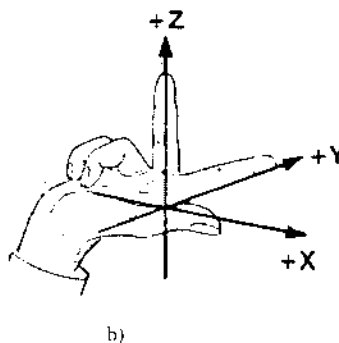
Chuyển động của máy có hai chiều (trục máy có hai chiều), EAI quy ước chiều dương của chuyển động được ký hiệu (+) và chiều âm của chuyển động được ký hiệu (-).

Chiều của ba trục thẳng thứ nhất được xác định như sau: Chiều dương trục thẳng thứ nhất Z (ký hiệu +Z) quy ước là chiều tăng dần khoảng cách từ chi tiết đến dụng cụ. Ngược với chiều dương của trục thẳng thứ nhất Z là chiều âm của trục thẳng Z (ký hiệu -Z).

Chiều dương của trục thẳng thứ nhất X (ký hiệu +X) độc lập với chiều chuyển động của trục thẳng thứ nhất Z và có mối quan hệ vị trí với chi tiết hoặc trụ máy. Chiều dương trục thẳng +X được quy định với hai trường hợp: máy có trục chính bố trí thẳng đứng và máy có trục chính bố trí nằm ngang.



Hình 2-1a Hệ trục máy có trục chính bố trí nằm ngang.



Hình 2-1b Hệ trục máy có trục chính bố trí thẳng đứng.

Trường hợp máy có trục chính bố trí thẳng đứng, người quan sát đứng đối diện với trụ máy qua bàn máy và nhìn từ chi tiết đến trụ máy, chiều dương trục thẳng thứ nhất (+X) có chiều hướng từ trái sang phải. Chiều ngược lại là chiều âm của trục (-X).

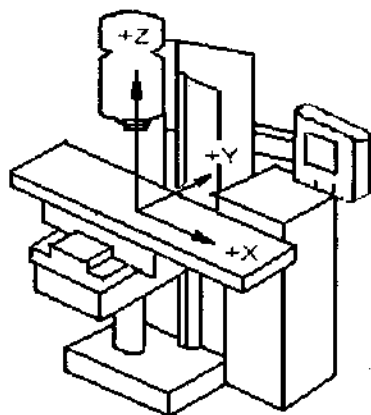
Trường hợp máy có trục chính nằm ngang, người quan sát đứng cùng phía với trụ máy, nhìn từ trụ máy đến chi tiết, chiều dương trục thẳng thứ nhất (+X) có chiều hướng từ trái sang phải (chiều ngược với chiều khi

trục chính bố trí thẳng đứng. Chiều ngược lại với chiều dương là chiều âm (-X).

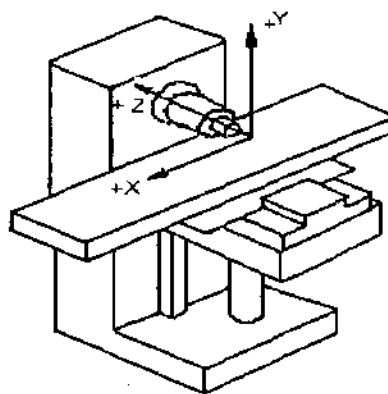
Ký hiệu chiều dương của trục thẳng thứ nhất Y là (+Y), chiều dương (+Y) được xác định dựa trên cơ sở chiều dương (+Z) và chiều dương (+X) đã biết theo nguyên tắc bàn tay phải.

Cách xác định chiều dương (+Y) như sau: Đưa ngón cái theo chiều dương (+X), đưa ngón giữa theo chiều dương (+Z), ngón trỏ cùng với hai ngón giữa và ngón cái làm thành hệ tọa độ Đecac, chiều đi từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay ngón trỏ là chiều dương của trục (+Y) và chiều ngược lại là chiều âm của trục Y (ký hiệu - Y).

Với quy định nêu trên của EIA, ba trục thẳng thứ nhất máy phay CNC với trục chính bố trí thẳng đứng chỉ ra trên hình 2-2a. Hình 2-2b chỉ rõ bố trí ba trục thẳng thứ nhất trong trường hợp máy phay CNC có trục chính bố trí nằm ngang.



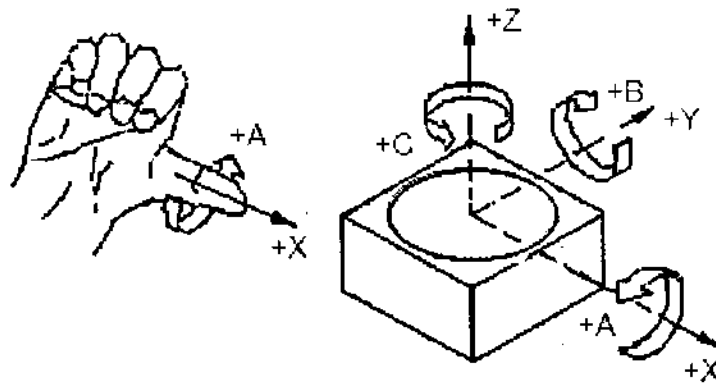
Hình 2-2a Máy phay đứng CNC ba trục thẳng.



Hình 2-2b Máy phay ngang CNC ba trục thẳng.

### 2.2.2 Ba trục quay thứ nhất: A, B và C

Ba trục quay thứ nhất ký hiệu bằng ba chữ cái A, B và C. Chuyển động quay xung quanh trục thẳng thứ nhất X là trục quay thứ nhất ký hiệu bằng chữ A. Chuyển động quay quanh trục thẳng thứ nhất Y là trục quay thứ nhất ký hiệu bằng chữ B và chuyển động quay quanh trục thẳng thứ nhất Z là trục quay thứ nhất được ký hiệu bằng chữ C. Các trục quay có hai chiều chuyển động: chiều âm và chiều dương.

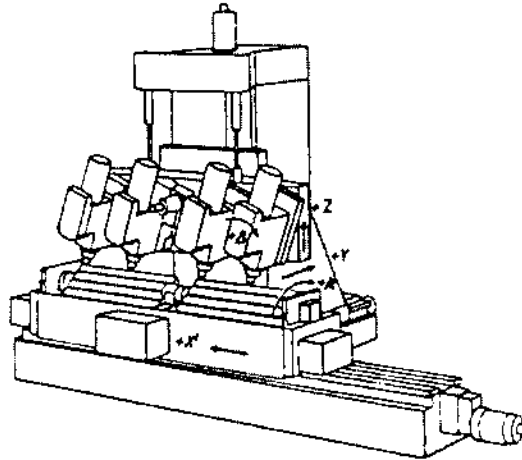


Hình 2-3 Nguyên tắc ngón tay bàn tay phải xác định chiều quay trục quay thứ nhất.

Chiều dương chuyển động trục quay A được ký hiệu (+A), chiều quay ngược lại với chuyển động quay (+A) là chiều quay âm được ký hiệu (-A) và chiều quay dương trục quay thứ nhất B được ký hiệu (+B), chiều quay ngược với chiều quay dương là chiều quay (-B). Chiều chuyển động dương C được ký hiệu (+C) và chiều quay âm được ký hiệu (-C).

Chiều của ba trục quay thứ nhất được xác định theo nguyên tắc ngón tay của bàn tay phải. Đưa ngón tay cái theo chiều từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay trùng với chiều dương của trục thẳng X, nắm các ngón tay còn lại, chiều chuyển động của các ngón tay còn lại trùng với

chiều quay dương của trục quay A. Tương tự như vậy, chiều quay dương của các trục quay B và C chỉ rõ trên hình 2-3.

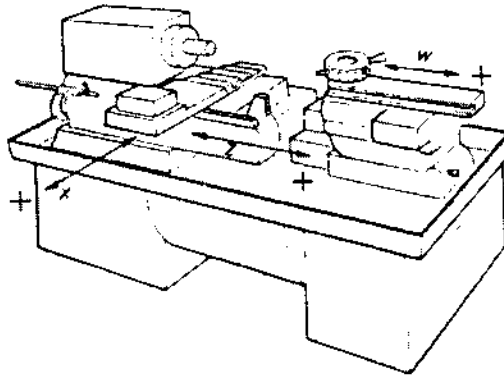


Hình 2-4 Máy phay CNC năm - trục.

Hình 2-4 chỉ ra các trục của máy phay năm-trục CNC. Trên máy bố trí hai trục thẳng thứ nhất X,Y tương ứng với hai chuyển động chạy dao dọc và chạy dao ngang của bàn máy. Trục thẳng thứ nhất Z tương ứng với chuyển động chạy dao đứng. Trục quay thứ nhất A tương ứng với chuyển động quay của giá mang phôi và trục quay thứ nhất B là chuyển động quay của đầu mang dụng cụ.

### 2.2.3 Ba trục thẳng thứ hai: U,V và W

Một vài máy CNC cần có thêm trục thẳng để thực hiện các chức năng cần thiết, ví dụ máy tiện CNC, trên máy ngoài bố trí bàn xe dao máy cần bố trí đầu revolve (turret) mang dụng cụ và chuyển động dọc theo trục Z. Do vậy hệ thống điều khiển phải có khả năng điều khiển trực tiếp chuyển động của revolve. Và chuyển động tịnh tiến này được gọi là trục thẳng thứ hai.



Hình 2-5 Trung tâm tiện ba trục.

Ba trục thẳng thứ hai ký hiệu bằng các chữ cái U,V và W. Các trục thẳng thứ hai được quy ước, trục thẳng thứ hai U là chuyển động song song với trục thẳng thứ nhất X, trục thẳng thứ hai V song song với trục thẳng thứ nhất Y và trục thẳng thứ hai W song song với trục thẳng thứ nhất Z. Hình 2-5 là trung tâm tiện ba trục thẳng trong đó có hai trục thẳng thứ nhất X và Z, thực hiện chạy dao dọc và chạy dao ngang. Trục thẳng thứ hai W làm nhiệm vụ chuyển động thực hiện quá trình tự động thay dụng cụ trong quá trình gia công.

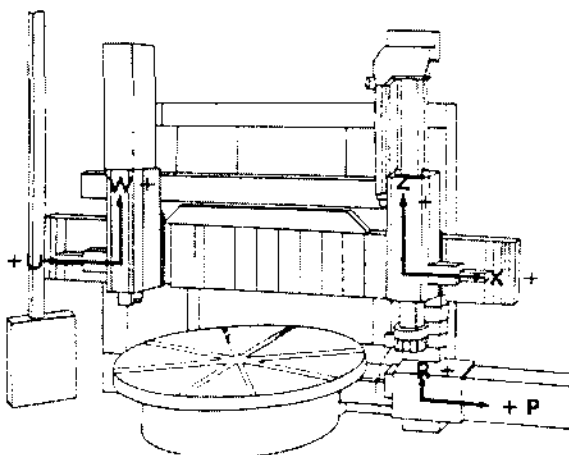
#### 2.2.4 Ba trục thẳng thứ ba: P,Q và R

Một số máy CNC phức tạp, ngoài ba trục thẳng thứ nhất và ba trục thẳng thứ hai nhưng vẫn chưa đủ để mô tả hết các chuyển động cần thiết, máy cần thêm ba trục thẳng thứ ba. Ba trục thẳng thứ ba được ký hiệu bằng ba chữ cái P,Q và R. Trục thẳng thứ ba R là trục thẳng song song với trục thẳng X, trục thẳng thứ ba Q song song với trục thẳng Y và trục thẳng R song song với trục Z.

Hình 2-6 chỉ ra cấu trúc máy tiện đứng sáu – trục CNC. Hai trục thẳng thứ nhất X và Z tương ứng với chuyển động chạy dao đứng và chạy dao ngang của đầu dao trụ phải. Hai trục thẳng thứ hai U và W tương ứng



với chuyển động chạy dao đứng và ngang của đầu dao trái. Chuyển động thẳng thứ ba P và Q thực hiện chuyển động chạy bàn máy song song với trục X và Z.

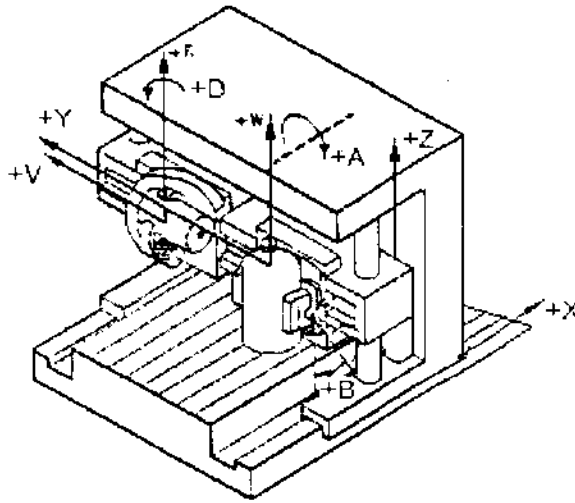


Hình 2-6 Máy tiện đứng CNC sáu-trục.

### 2.2.5 Hai trục quay thứ hai: D và E

Hai trục quay thứ hai được ký hiệu bằng hai chữ cái D và E. Đặc trưng của trục quay thứ hai là quay song song với trục quay thứ nhất A, B hoặc C hoặc một trục đặc biệt.

Máy phay giường CNC dùng để gia công bề mặt phức tạp. Máy gồm ba trục thẳng thứ nhất X, Y và Z, hai trục thẳng thứ hai V và W, một trục thẳng thứ ba R, hai trục quay thứ nhất A, B (nhớ rằng hai trục quay này quay xung quanh trục thẳng thứ nhất X và Y) và một trục quay thứ ba D. Trục quay D quay song song với trục quay A cũng có nghĩa là quay xung quanh trục X. Máy phay giường tám - trục CNC gia công bề mặt phức tạp hai đầu dao chỉ ra trên hình 2-7.



Hình 2-7 Máy phay giường CNC tám - trục hai đầu dao.

## 2.3 HỆ TỌA ĐỘ

Nhiệm vụ chính của chương trình NC là cung cấp thông tin điều khiển chuyển động dụng cụ hình thành các đường hình học đã được thiết kế trên chi tiết. Chương trình NC đòi hỏi phải có hệ tọa độ mà hệ tọa độ đó dùng để xác định vị trí của vật thể trên máy. Trên máy CNC có hai hệ tọa độ có thể dùng để xác định mọi vị trí chi tiết trên máy: hệ tọa độ Đecac và hệ tọa độ cực.

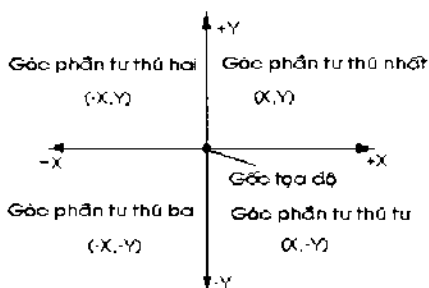
### 2.3.1 Hệ tọa độ Đecac

Hệ tọa độ Đecac được xem như là hệ tọa độ chữ nhật. Với hệ tọa độ này mọi điểm trong không gian được xác định duy nhất bởi độ dài đo trên ba trục vuông góc với nhau. Trong máy công cụ điều khiển số hai trục thẳng thứ nhất X và trục thẳng Y xác định vị trí bàn máy. Hai trục thẳng X và Y bố trí vuông góc hình thành hệ tọa độ phẳng. Giao của chúng gọi là gốc tọa độ. Trong hệ tọa độ phẳng dùng trong máy công cụ

điều số, người ta quy ước trục thẳng nằm ngang là trục thẳng X và trục thẳng đứng là trục Y.

Hai trục chia mặt phẳng thành bốn phần và chúng được đánh số thứ tự theo chiều ngược kim đồng hồ. Góc phần tư thứ nhất quy ước là góc nằm phía trên trục X và nằm bên phải trục Y. Đặc điểm là tất cả các điểm nằm trong góc phần tư này đều có giá trị X và Y dương. Góc phần tư thứ hai được xác định là góc nằm trên trục X và nằm bên trái trục Y. Tất cả các điểm nằm trong góc phần tư thứ hai có giá trị X luôn âm và Y luôn dương. Ở góc phần tư thứ ba là góc nằm dưới trục X nằm bên trái Y, tất cả các điểm nằm trong góc phần tư này có giá trị X và Y luôn âm. Góc phần tư thứ tư là góc nằm dưới trục X và nằm bên phải trục Y. Tất cả các điểm nằm trong góc phần tư thứ tư có giá trị X luôn dương và giá trị Y luôn âm như chỉ ra trên hình 2-8.

Trong thực tế, máy CNC có nhiều trục dùng để gia công các bề mặt phức tạp. Vì vậy-trục thẳng thứ nhất Z dùng để mở rộng mặt phẳng XY thành không gian ba chiều. Điều đó hình thành hệ tọa độ ba trục thẳng. Chú ý rằng hệ tọa độ ba trục thẳng, mặt phẳng XOY chia không gian thành hai phần. Tất cả các điểm nằm phía trên mặt phẳng XOY có giá trị Z luôn dương và các điểm nằm phía dưới mặt phẳng XOY có Z luôn âm.

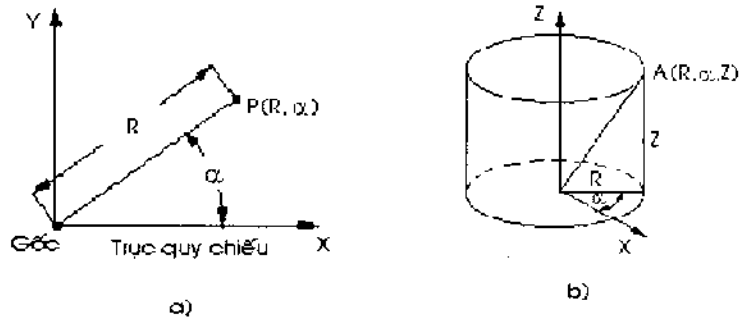


Hình 2-8 Hệ tọa độ Decac.

### 2.3.2 Hệ tọa độ cực

Trong hệ tọa độ phẳng (hai trục), vị trí một điểm trên mặt phẳng XY được xác định bởi khoảng cách đo từ gốc tọa độ dọc theo các trục OX và OY. Nhưng trong hệ tọa độ cực, vị trí một điểm bất kỳ được xác định

bởi bán kính (bán kính được đo từ gốc tọa độ tới điểm khảo sát) và góc được hình thành bởi trục OX và bán kính của điểm khảo sát chỉ ra trên hình 2-9a.



Hình 2-9 a) Hệ tọa độ cực; b) Hệ tọa độ trụ.

Góc có đơn vị đo bằng độ và giá trị góc dương khi đo theo chiều ngược kim đồng hồ, góc có giá trị âm khi đo góc theo chiều thuận kim đồng hồ. Nếu hệ tọa độ cực thêm kích thước theo phương Z, hệ tọa độ cực trở thành hệ tọa độ trụ. Với hệ tọa độ trụ một điểm được xác định bởi ba thông số: bán kính R, góc  $\alpha$  và kích thước đo trên trục Z. Hệ tọa độ trụ dùng để nội suy đường xoắn trên mặt trụ nhờ chuyển động quay và chuyển động tịnh tiến. Ví dụ xác định điểm A trong hệ tọa độ trụ như hình 2-9b.

### 2.3.3 Tọa độ quy chiếu

Trong máy công cụ điều khiển số điểm có hai mục đích sử dụng đó là điểm biểu diễn vị trí điểm (points) trong vùng gia công và điểm được sử dụng làm điểm quy chiếu (reference point) hay gọi là điểm gốc. Điểm vị trí dùng để tính toán các điểm khác nhau trên chi tiết và điểm quy chiếu dùng để xác định vị trí máy. Điểm quy chiếu có thể chia thành các loại sau:

1. *Điểm gốc máy* (machine reference point) là điểm gốc hệ tọa độ máy, nó đặt cố định trên máy. Điểm gốc máy được ký hiệu bằng chữ cái M viết tắt của chữ (Machine). Điểm gốc máy dùng để tổ chức máy sau mỗi lần mất điện và nó cũng là điểm dùng để xác định vị trí thay dụng cụ. Điểm gốc máy được xác định bằng chuyển mạch đặt ở vị trí xác định cho mỗi trục. Vị trí đặt điểm gốc máy do người thiết kế máy quyết định. Nhiều máy CNC người ta thiết kế hệ điều khiển yêu cầu bàn máy và trục chính phải quay về điểm gốc máy trước khi thực hiện chương trình mới.

Điều khiển bàn máy và trục chính về gốc máy được thực hiện theo hai cách: bằng tay và bằng chương trình. Điều khiển về gốc máy bằng tay được thực hiện nhờ các phím trên bàn điều khiển và cách này cho phép thực hiện điều khiển độc lập từng trục hoặc các trục đồng thời.

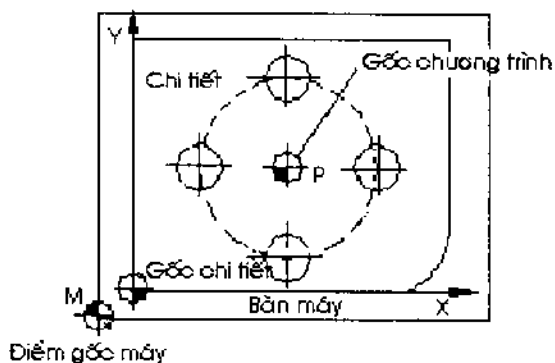
Điều khiển về gốc máy nhờ phần mềm (chương trình), thường trú trong máy. Trước khi quá trình thay dụng cụ xảy ra, trục chính và bàn máy được đưa về gốc máy bằng chương trình. Hệ điều khiển Fanuc và Mitsubishi dùng mã lệnh G28 để thực hiện mục đích đó.

Khi máy bị mất điểm gốc máy, người sử dụng có thể xử lý để có điểm gốc mới hoặc thay thế điểm gốc bằng điểm khác theo cách sau:

- Chuyển máy về nơi sản xuất để xác định lại điểm gốc máy;
- Sử dụng điểm thay dụng cụ như điểm gốc máy;
- Dùng điểm gốc chương trình thay cho điểm gốc máy.

2. *Điểm gốc chương trình* (program reference point). Trong nhiều trường hợp tọa độ điểm gia công xác định theo điểm gốc máy không thuận lợi. Nếu dùng một điểm không phải điểm gốc máy, việc xác định vị trí các điểm gia công thuận lợi hơn, điểm này người ta gọi là điểm gốc chương trình và được ký hiệu bằng chữ cái P (chữ viết tắt của Program). Vì vậy điểm gốc chương trình cần phải lựa chọn trước khi lập trình

và phù hợp với chi tiết gia công. Hình 2-10 là một ví dụ về điểm gốc chương trình. Giả thiết cần gia công bốn lỗ được bố trí như hình vẽ và chọn dụng cụ có kích thước bằng đường kính lỗ, rõ ràng nếu sử dụng điểm gốc máy (M) làm điểm để xác định tâm của bốn lỗ sẽ phức tạp hơn nhiều khi sử dụng điểm gốc chương trình (P). Chú ý rằng một điểm gốc chương trình có thể sử dụng cho nhiều chi tiết gia công. Điểm gốc chương trình nên lựa chọn trùng với điểm gốc chi tiết.



Hình 2-10 Điểm gốc chương trình.

Sử dụng điểm gốc chương trình, hệ điều khiển Funuc dùng mã lệnh G92 cho máy phay và mã lệnh G50 cho máy tiện.

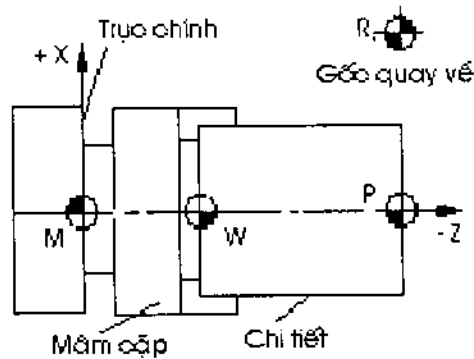
3. *Điểm gốc chi tiết* (work reference points) được ký hiệu bằng chữ W là điểm gốc của hệ tọa độ chi tiết. Điểm này có thể chọn một điểm bất kỳ trên bàn máy. Trong nhiều trường hợp, dùng một điểm gốc chi tiết để gia công nhiều chi tiết cùng một chương trình con giống nhau trong một lần gia công. Sử dụng điểm gốc chương trình tạo thuận lợi cho quá trình lập trình gia công nhiều chi tiết với chương trình đơn giản .

4. *Điểm quay về* (reference point return), ký hiệu R là điểm cố định trên máy. Nó được xác định nhờ các công tắc tiếp xúc hoặc không

tiếp xúc. Điểm gốc quay về dùng với hai mục đích: coi là một điểm gốc để xác định tọa độ các điểm khác và làm vị trí để thay dụng cụ.

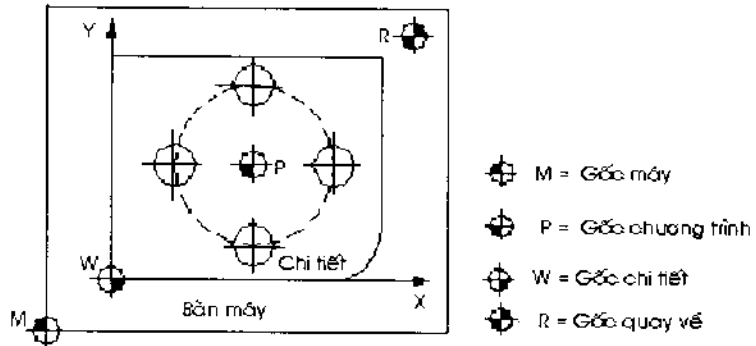
Hệ điều khiển máy CNC thừa nhận điểm quay về như là một điểm gốc để tính toán các điểm khác trên máy.

Đưa dụng cụ về điểm gốc quay về cũng có hai cách: bằng tay và bằng chương trình. Khi điều khiển bằng tay người ta sử dụng các phím chức năng trên bàn điều khiển. Với cách này có thể điều khiển riêng từng trục. Điều khiển tự động thực hiện bằng chương trình thường trú trong máy.



Hình 2-11 Các loại điểm gốc trên máy tiện.

Thực hiện chức năng quay về điểm gốc quay về, hệ điều khiển Funuc sử dụng mã lệnh G28 và G30. Mã lệnh G28 dùng để thay dụng cụ tự động, lệnh G30 dùng xác định điểm gốc quay về thứ hai, thứ ba và thứ tư. Hệ thống điểm gốc dùng cho máy phay CNC chỉ ra trên hình 2-12.



Hình 2-12 Các loại điểm gốc trên máy phay CNC.

## 2.4 PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NC

Hệ điều khiển máy công cụ điều khiển số được phân thành các kiểu sau:

- Điều khiển theo vị trí.
- Dẫn dụng cụ liên tục.
- Cấu trúc điều khiển NC và CNC.

### 2.4.1 Phân loại theo dạng điều khiển

#### 2.4.1.1 Điều khiển theo vị trí

Hệ điều khiển theo vị trí hay còn gọi là hệ điều khiển điểm đến điểm (point to point). Chức năng chính của hệ điều khiển theo vị trí là chuyển động nhanh dụng cụ từ điểm này đến điểm khác đã được định trước để gia công với độ chính xác vị trí cao. Chú ý rằng quá trình cắt không xảy ra khi chuyển động dụng cụ từ điểm này đến điểm tiếp theo. Hệ điều khiển kiểu này thường dùng với máy khoan, doa, máy đục lỗ băng chương trình.



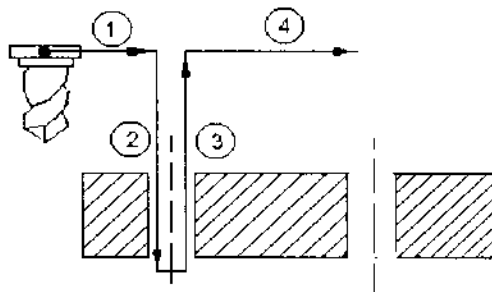
Quá trình điều khiển của hệ điều khiển vị trí tiến hành theo bốn bước chỉ ra trên hình 2-13.

1- *Bước thứ nhất* dụng cụ chuyển động nhanh đến vị trí cần gia công.

2- *Bước thứ hai* thực hiện gia công, thông thường dụng cụ chuyển động theo trục Z hay còn gọi là chuyển động chạy dao đứng.

3- *Bước thứ ba* thực hiện chạy dao dọc theo Z thoát khỏi vùng gia công sau khi gia công xong.

4- *Bước thứ tư* chuyển động nhanh dụng cụ đến vị trí gia công tiếp theo.



Hình 2-13 Quá trình điều khiển theo vị trí.

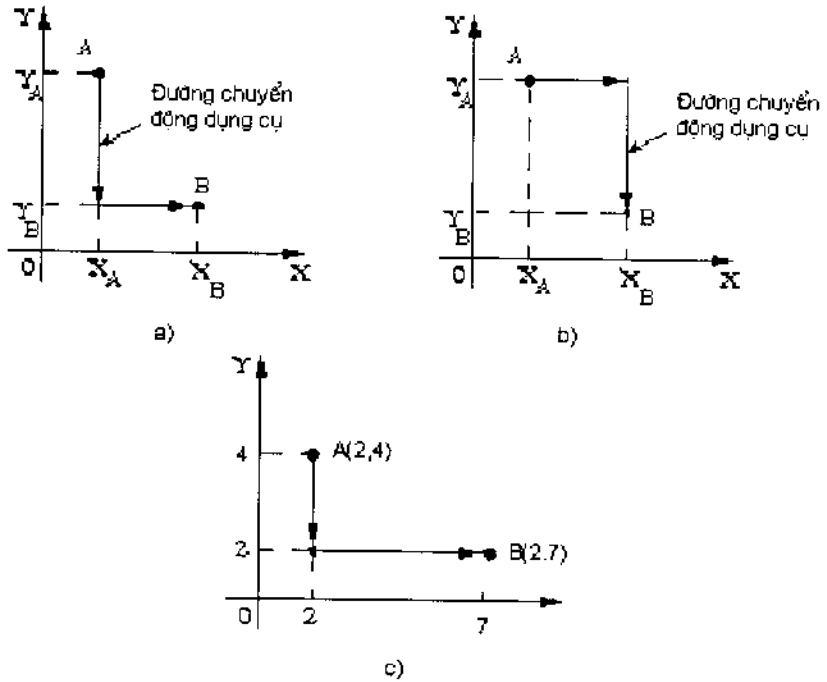
Để thực hiện chuyển động dụng cụ từ điểm vừa gia công xong đến điểm gia công tiếp theo người ta có thể thực hiện theo các cách sau:

### 1. Chuyển động dụng cụ song song với trục hệ tọa độ

Giả sử cần chuyển động dụng cụ từ điểm ban đầu  $A(x_A, y_A)$  đến điểm tiếp theo  $B(x_B, y_B)$  nằm trong góc phần tư thứ nhất. Theo cách chuyển động dụng cụ song song với trục có thể thực hiện theo hai trình tự:

a) Chuyển động dụng cụ song song với trục Y sau đó chuyển động song song với trục X như chỉ ra trên hình 2-14a.

b) Chuyển động dụng cụ song song với trục X, tiếp theo chuyển động song song với Y chỉ ra trên hình 2-14b.



Hình 2-14 Các dạng chuyển động dụng cụ song song với trục máy.

Điều khiển chuyển động dụng cụ bắt đầu từ điểm  $A(x_A, y_A)$ . Đầu tiên hệ điều khiển thực hiện chuyển động dụng cụ song song với trục Y cho đến khi giá số trên trục Y bằng không ( $\Delta Y = Y_A - Y_B = 0$ ) trục Y dừng. Sau khi dừng chuyển động trục Y, hệ điều khiển thực hiện chuyển động dụng cụ song song với trục X. Chuyển động này thực hiện cho đến khi giá số trên trục X bằng không ( $\Delta X = X_B - X_A = 0$ ). Nhớ rằng trong quá trình dụng cụ chuyển động song song với trục Y, trục X ở trạng thái dừng. Cách chuyển động dụng cụ song song với trục X trước, trình tự điều khiển tương tự như trường hợp bắt đầu song song với trục Y.

Chắc chắn rằng cách chuyển động dụng cụ lần lượt song song với các trục là cách mà thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ từ điểm gia công này đến vị trí gia công tiếp theo là chậm nhất. Nhưng có ưu điểm là hệ điều khiển đơn giản, dễ dàng trong điều khiển và đặc biệt là giá thành thấp.

**Ví dụ 2-1 :** Tính thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm bắt đầu A(2,4) đến điểm gia công tiếp theo B(7,2). Biết rằng tốc độ của các trục bằng nhau và  $V=30 \text{ mm/ph}$ . Đơn vị đo chiều dài tính bằng milimet. Lựa chọn cách chuyển động dụng cụ song song với trục X trước sau đó đến trục Y chỉ ra trên hình 2-14c.

**GIẢI:**

Thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ song song với trục Y:

$$T_Y = (Y_A - Y_B)60/V = (4 - 2)60/30 = 4 \text{ s}$$

Thời gian chuyển động dụng cụ song song với trục X.

$$T_X = (X_B - X_A)60/V = (7 - 2)60/30 = 10 \text{ s}$$

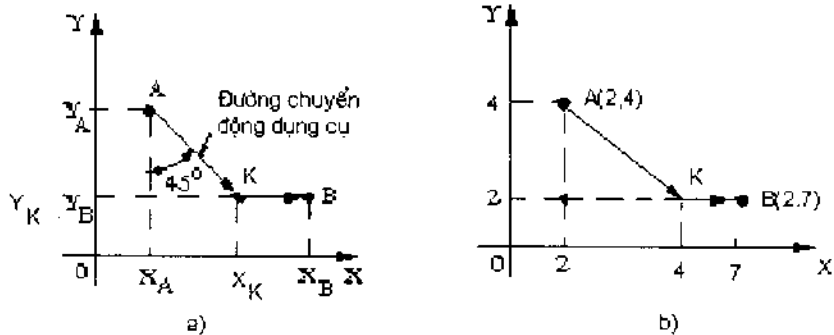
Tổng thời gian chuyển động dụng cụ từ điểm A đến điểm B.

$$t_X + t_Y = 10 + 4 = 14 \text{ s}$$

## 2. Chuyển động dụng cụ nghiêng góc $45^\circ$

Chuyển động dụng cụ nghiêng góc  $45^\circ$  được điều khiển theo trình tự, ban đầu dụng cụ từ điểm A( $x_A, y_A$ ) chuyển động tới điểm K là tổ hợp từ hai chuyển động thẳng thành phần song song với hai trục máy X và Y với cùng tốc độ vì vậy đường chạy dao là đường nghiêng một góc bốn năm độ ( $45^\circ$ ). Chuyển động dụng cụ thực hiện cho đến khi một trong hai gia số  $\Delta X$  hoặc  $\Delta Y$  bằng không (trường hợp khảo sát  $\Delta Y$  tiến dần đến không trước) hoặc cả hai gia số bằng không như trường hợp điểm đầu và

điểm tiếp theo nằm ở hai đầu của đường chéo hình vuông. Trường hợp gia số trên trục Y bằng không trước ( $\Delta Y = 0$ ) chỉ ra trên hình 2-15a.



Hình 2-15 a) Đường chuyển động của dụng cụ nghiêng góc bốn năm độ.  
 b) Ví dụ tính toán.

**Ví dụ 2-2:** Tính thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm A(2,4) đến điểm B(7,2) theo cách nghiêng bốn năm độ như chỉ ra trên (hình 2 - 15b). Biết rằng tốc độ chuyển động trên hai trục bằng nhau  $V = 30 \text{ mm/s}$ . Đơn vị đo chiều dài tính bằng milimet.

GIẢI:

Xác định tọa độ điểm K

$$Y_K = Y_B; \quad (Y_A - Y_B) \operatorname{tg} \alpha = (4 - 2) \operatorname{tg} (45) = 2; \quad X_K = 4$$

Tính thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ trên đường nghiêng bốn năm độ (từ A đến K).

$$t_{ng} = (X_K - X_A)60/30 = (Y_A - Y_K)60/30 = (4 - 2)60/30 = 4 \text{ s}$$

Thời gian cần thiết để dụng cụ chuyển động song song với trục X hết quãng đường còn lại (từ điểm K đến điểm B)

$$t_x = (X_B - X_K)60/30 = (7-4)60/30 = 6 \text{ s}$$

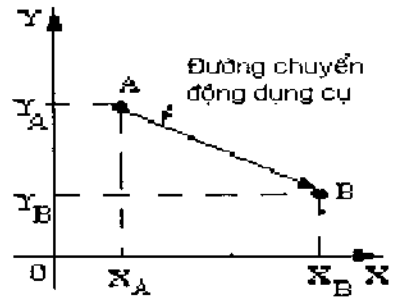
Tổng thời gian cần thiết để chuyển động dụng cụ từ điểm A đến điểm B

$$t_1 = t_{\text{qgh}} + t_x = 4 + 6 = 10s$$

Từ ví dụ 2-1 và 2-2 cho thấy thời gian chuyển động theo cách nghiêng góc bốn năm độ nhỏ hơn so với chuyển động dụng cụ song song với các trục

### 3. Chuyển động dụng cụ theo đường thẳng

Kiểu điều khiển chuyển động dụng cụ theo đường thẳng là hệ điều khiển thực hiện đồng bộ cả hai trục chuyển động X và trục Y sao cho dụng cụ chuyển động theo đường thẳng nối giữa hai điểm  $A(X_A, Y_A)$  và  $B(X_B, Y_B)$  như chỉ ra trên hình 2-16.



Tốc độ chuyển động của trục X khác với tốc độ của trục Y.

Hình 2-16 Đường chuyển động dụng cụ theo đường thẳng.

Thời gian cần thiết chuyển động từ điểm A đến điểm B kiểu dẫn động dụng cụ theo đường thẳng là nhỏ nhất so với hai cách chuyển động dụng cụ song song với trục máy và nghiêng góc bốn năm độ. Để thực hiện chuyển động đồng thời hai trục có tốc độ khác nhau, hệ thống điều khiển phức tạp chính vì vậy giá thành của nó cao hơn so với hai hệ điều khiển đã nêu ở trên.

#### Giải pháp thực hiện dùng chính xác

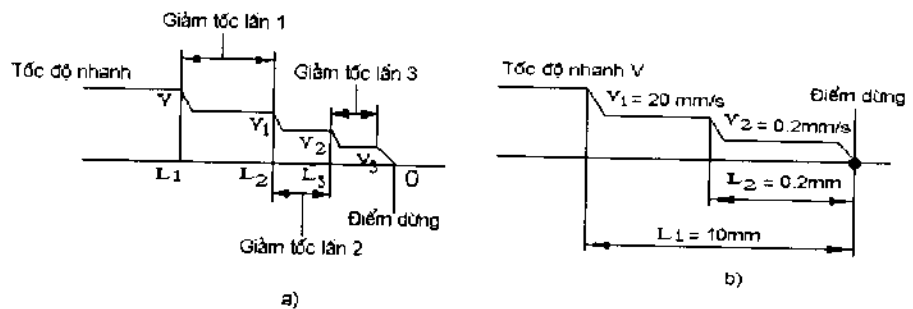
Để giảm thời gian chạy không trong quá trình chuyển động dụng cụ tới vị trí gia công tiếp theo, tốc độ chuyển động dụng cụ cần phải đạt được tốc độ lớn cho phép. Do chuyển động của cơ cấu mang dụng cụ tốc

độ cao, quán tính chuyển động của cơ cấu rất lớn, vì vậy vấn đề dừng vị trí chính xác dụng cụ với thời gian dừng là nhỏ nhất là vấn đề đặt ra cho những người thiết kế hệ thống điều khiển vị trí. Để giảm lực quán tính của cơ cấu chấp hành khi chuyển nhanh từ vị trí gia công này đến vị trí gia công tiếp theo bằng cách giảm dần tốc độ cơ cấu chấp hành trước điểm dừng. Phương pháp thực hiện giảm dần tốc độ trước điểm dừng ở đây trình bày hai cách thường gặp trong máy công cụ điều khiển số:

1- Giảm tốc độ chuyển động theo cấp. Số cấp tốc độ tùy thuộc vào tốc độ chuyển động và khối lượng chuyển động.

2 – Giảm tốc chuyển động vô cấp.

Giảm tốc theo cấp chỉ ra trên hình 2-17a. Bàn đầu bàn máy chuyển động nhanh với vận tốc  $V$ , đến khi bàn máy cách vị trí dừng đoạn  $L_1$ , tại điểm này, hệ thống điều khiển thực hiện giảm tốc độ xuống đến  $V_1$ .



Hình 2-17 a) Thực hiện giảm tốc độ ba cấp.  
b) Ví dụ thực hiện giảm tốc theo hai cấp.

Bàn máy tiếp tục chuyển động với tốc độ  $V_1$  đến khi cách điểm dừng đoạn  $L_2$ , hệ thống điều khiển giảm tốc độ xuống  $V_2$  và bàn máy chuyển động với tốc độ  $V_2$  cho đến khi cách điểm dừng đoạn  $L_3$ , bàn máy giảm xuống tốc độ  $V_3$ , bàn máy chạy với tốc độ này cho đến gần điểm dừng và bàn máy giảm tốc độ xuống không tại điểm dừng.

**Ví dụ 2-3 :** Tính toán thời gian dừng bàn máy theo phương pháp giảm hai lần tốc độ như hình 2-17b với các số liệu sau:

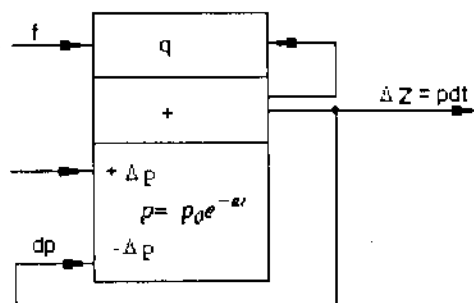
Tốc độ chuyển động nhanh của bàn máy là  $V$ , khi bàn máy cách điểm dừng  $L_1 = 10 \text{ mm}$  tốc độ bàn máy giảm lần thứ nhất từ tốc độ  $V$  xuống  $V_1 = 20 \text{ mm/s}$  và giữ tốc độ này cho đến khi bàn máy cách điểm dừng  $L_2 = 0,2 \text{ mm}$ . Bàn máy giảm tốc độ lần thứ hai  $V_2 = 0,2 \text{ mm/s}$  và tốc độ bằng không tại điểm dừng. Bỏ qua thời gian chuyển đổi tốc độ.

GIẢI: Thời gian dừng bàn máy được tính như sau:

$$t = \frac{L_1 - L_2}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} = \frac{10 - 0,2}{20} + \frac{0,2}{0,2} = 1,49 \text{ s}$$

Giảm tốc độ liên tục bàn máy trước điểm dừng có thể thực hiện giảm theo hàm mũ suy giảm  $p = p_0 e^{-at}$ . Hàm suy giảm được thiết kế trên cơ sở phân tử DDA (phần tử này sẽ được trình bày trong các chương tiếp theo). Mạch tạo hàm suy giảm có cấu trúc đơn giản chỉ cần một phân tử DDA được ghép nối chỉ ra trên hình 2-18. Đầu ra của phân tử DDA đưa trở lại đầu vào  $-\Delta p$  của phân tử DDA. Để cho phân tử DDA hoạt động cần cung cấp xung đồng hồ từ bên ngoài. Tần số xung đồng hồ tính theo công thức:

$f = a2^n$  trong đó  $n =$  số bit của phân tử DDA



Hình 2-18 Cấu trúc mạch DDA thực hiện hàm mũ suy giảm.

**Ví dụ 2-4** Dùng phân tử DDA 4 bit để thiết kế mạch thực hiện hàm mũ suy giảm. Sơ đồ lắp mạch như hình 2-18.

**GIẢI**

Số bit của DDA,  $n = 4$ , tần số đồng hồ cung cấp cho mạch  $f = 1.2^4 = 16$  xung/s. Nạp vào giá trị 10 vào thanh ghi p và nạp giá trị 0 vào thanh ghi q. Các bước nội suy chỉ ra trên bảng 2-1.

**Bảng 2-1: Các bước nội suy**

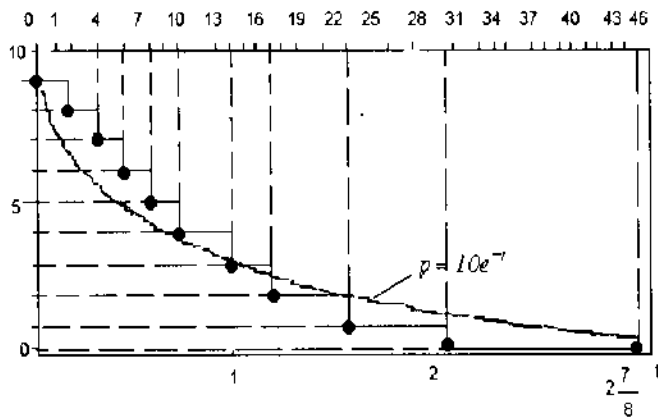
Số bước	P	q	$\Sigma Az$	Số bước	P	q	$\Sigma Az$
0	10	0		25	2	6	
1	10	10		26	2	8	
2	10	4	1	27	2	10	
3	9	13		28	2	12	
4	9	6	2	29	2	14	
5	8	14		30	2	0	9
6	8	6	3	31	1	1	
7	7	13		32	1	2	
8	7	4	4	33	1	3	
9	6	10		34	1	4	
10	6	0	5	35	1	5	
11	5	5		36	1	6	
12	5	10		37	1	7	
13	5	15		38	1	8	
14	5	4	6	39	1	9	
15	4	8		40	1	10	
16	4	12		41	1	11	
17	4	0	7	42	1	12	
18	3	3		43	1	13	
19	3	6		44	1	14	
20	3	9		45	1	15	
21	3	12		46	1	0	10
22	3	15		47	0		
23	3	2	8	48			
24	2	4		49			



Sau 47 bước nội suy mạch dừng hoạt động (giá trị trong thanh ghi  $p = 0$ ). Từ bảng 2-1 vẽ đường cong biểu diễn tần số ra của mạch với giá trị tổng số lần xung ra chỉ ra trên hình 2-19.

Thời gian giảm tốc :

$$t = \frac{47}{16} = 2 \frac{15}{16} \text{ s}$$



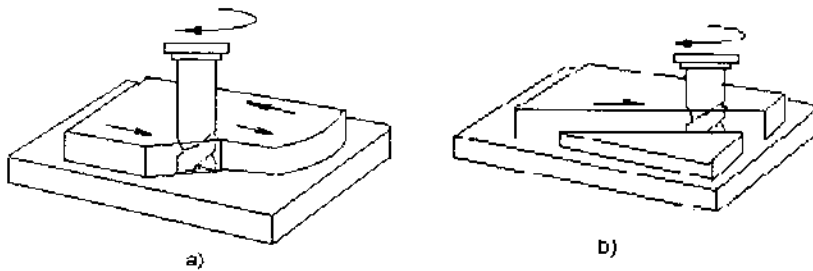
Hình 2-19 Đường cong tần số ra của mạch tạo hàm mũ suy giảm  $p=10e^{-7}$

#### 2.4.1.2 Đường dẫn dụng cụ liên tục

Kiểu dẫn dụng cụ liên tục là kiểu dẫn dụng cụ ngược với kiểu vị trí. Kiểu dẫn dụng cụ liên tục là kiểu mà quá trình chuyển động dụng cụ từ điểm này đến điểm tiếp theo đồng thời với quá trình gia công. Hệ điều khiển dẫn dụng cụ liên tục còn được gọi là hệ điều khiển contour. Quá trình tạo hình đường thẳng hoặc đường cong trong mặt phẳng trên máy phay chỉ ra trên hình 2-20a và hình 2-20b là một ví dụ.

Với cách điều khiển đường dẫn dụng cụ liên tục, tất cả các trục đồng thời chuyển động nhưng tốc độ khác nhau. Khi dụng cụ chuyển động theo một đường phi tuyến, tốc độ trên các trục thay đổi, ví dụ như cắt cung tròn trong mặt phẳng XY, trục X có tốc độ chuyển động thay

đổi theo dạng sóng sin, tốc độ chuyển động trên trục Y thay đổi theo dạng sóng cosin. Tỷ lệ tốc độ giữa các trục có ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác vị trí điểm cuối của mỗi đoạn. Ví dụ khi cắt rãnh có chiều dài AB trên mặt phẳng XY, đường kính dụng cụ bằng chiều rộng rãnh, chiều sâu rãnh Z. Đoạn thẳng AB chiếu lên trục X có độ dài đo theo đơn vị độ dài. Hình chiếu AB lên trục Y có độ dài đo cùng đơn vị với trục X. Giả thiết rằng tốc độ chạy dao trên đoạn AB là V đo theo đơn vị chiều dài trên giây. Để cắt được rãnh AB, chuyển động tạo hình bố trí cho bàn máy. Bàn máy có hai chuyển động thành phần, chuyển động tịnh tiến theo trục X có vận tốc là  $V_x$  và chuyển động tịnh tiến thành phần theo trục Y có vận tốc là  $V_y$ , tổng hợp tốc độ trên hai trục thành phần là tốc độ chuyển động V.



Hình 2-20 a) Gia công đường contour trong mặt phẳng.  
b) Gia công đường thẳng trong mặt phẳng.

Quãng đường chuyển động của dụng cụ tính theo p, q

$$L = \sqrt{p^2 + q^2}$$

Thời gian cần thiết để chuyển động hết quãng với vận tốc V

$$t = \frac{L}{V} = \frac{\sqrt{p^2 + q^2}}{V} \quad (2-1)$$

Thời gian cần thiết chuyển động dụng cụ trên trục X với vận tốc  $V_x$

$$t_x = \frac{p}{V_x} \quad (2-2)$$

Thời gian chuyển động trên trục X chính bằng thời gian dụng cụ chuyển động từ A đến B, có nghĩa là  $t_x = t$ , từ (2-1) và (2-2) ta có:

$$V_x = \frac{pV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \quad (2-3)$$

tương tự tốc độ chuyển động song song với trục Y:

$$V_y = \frac{qV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \quad (2-4)$$

Quan hệ giữa tốc độ chuyển động trên hai trục X và Y với quãng đường chuyển động tương ứng với các trục có thể viết.

$$\frac{V_x}{V_y} = \frac{p}{q}$$

hay 
$$\frac{V_x}{V_y} = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (2-5)$$

trong đó  $\Delta X$  và  $\Delta Y$  là gia số khoảng cách. Từ (2-5) ta có nhận xét: Tỷ số tốc độ trên các trục bằng tỷ số gia số các trục tương ứng.

Tương tự như vậy, với máy ba trục quan hệ tốc độ với gia số trên các trục có thể viết:

$$V_x : V_y : V_z = \Delta X : \Delta Y : \Delta Z$$

Chuyển động dụng cụ hình thành đường tròn bán kính R trên mặt phẳng phần tư thứ nhất, chuyển động ngược chiều kim đồng hồ, quan hệ tốc độ trên các trục như thế nào? Để khảo sát tốc độ các trục ta gắn hệ

tọa độ mà gốc của nó trùng với tâm vòng tròn chuyển động của dụng cụ chỉ ra trên hình 2-21. Tại một vị trí nào đó của dụng cụ ví dụ điểm K, tọa độ điểm K được xác định  $X = R \cos \theta$ ,  $Y = R \sin \theta$  và  $\theta = \omega t$ . Trong đó  $\theta$  = góc điểm khảo sát,  $\omega$  = tốc độ chuyển động của dụng cụ và  $t$  thời gian chuyển động tính bằng giây.

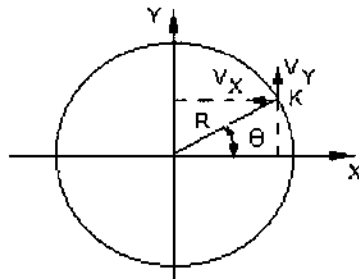
Tốc độ chuyển động chuyển động trên trục X

$$V_x = \frac{dX}{dt} = -R\omega \sin(\omega t) = V \cos(\omega t) \quad (2-6)$$

$$V_y = \frac{dY}{dt} = R\omega \cos(\omega t) = V \sin(\omega t) \quad (2-7)$$

trong đó  $V$  = tốc độ của dụng cụ,  $V = R\omega$

Từ công thức (2-6) và (2-7) cho thấy tốc độ chuyển động bàn máy theo trục X biến thiên theo quy luật cosin và biến thiên tốc độ chuyển động bàn máy trên trục Y theo quy luật sin.



Hình 2-21 Tốc độ trên các trục khi chuyển động theo cung tròn.

**Ví dụ 2-4:** Gia công rãnh thẳng trên máy CNC. Chiều rộng rãnh 5mm, tọa độ điểm đầu A(10,10) tọa độ điểm cuối B(40,70), đơn vị đo khoảng cách là mm. Tốc độ chạy dao 10 mm/s. Tính toán thời gian gia công và tốc độ điều khiển của mỗi trục. Rãnh gia công chỉ ra trên hình 2-22a.

GIẢI:

Tính khoảng cách AB

$$L = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} = \sqrt{(40 - 10)^2 + (70 - 10)^2} = 67,08 \text{ mm}$$

Tính thời gian gia công

$$t = \frac{L}{V} = \frac{67,08}{10} = 6,708 \text{ s}$$

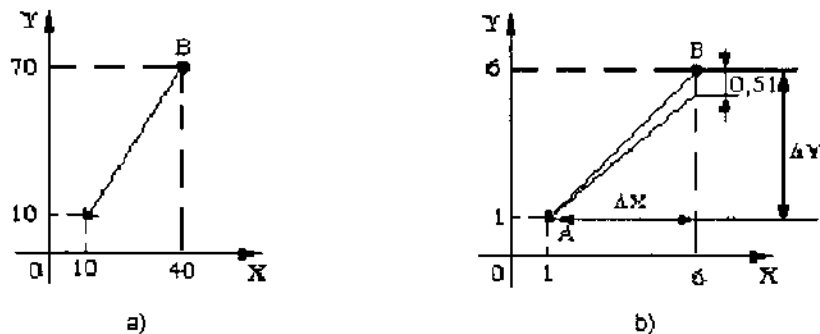
Tốc độ điều khiển trục X

$$V_x = \frac{X_B - X_A}{t} = \frac{40 - 10}{6,708} = 4,472 \text{ mm/s}$$

Tốc độ điều khiển trục Y

$$V_y = \frac{Y_B - Y_A}{t} = \frac{70 - 10}{6,708} = 8,945 \text{ mm/s}$$

**Ví dụ 2-5:** Một máy phay NC gia công rãnh có điểm đầu A(1,1) và điểm cuối B(6,6), khoảng cách AB tính theo milimet chỉ ra trên hình 2-22b. Tốc độ chạy dao trên đoạn AB là  $v = 10 \text{ mm/ph}$ , tính thời gian và tốc độ chuyển động trên mỗi trục. Nếu sai số tốc độ chuyển động của trục Y giảm đi 10 phần trăm. Tính sai số vị trí của điểm B theo phương Y.



Hình 2-22 a) Sơ đồ gia công.

b) Ảnh hưởng sai số tốc độ tới độ chính xác vị trí.

GIẢI:

Tính khoảng cách AB.

$$AB = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7,07 \text{ mm}$$

Thời gian cắt hết rãnh AB

$$t = \frac{AB}{V} = \frac{7,07}{10} 60 = 42,42 \text{ s}$$

Tốc độ trên mỗi trục

$$V_x = V_y = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,072 \text{ mm/ph}$$

Xác định tốc độ  $V_y$  sau khi giảm đi 10 phần trăm

$$V_y = 6,36 \text{ mm/ph}$$

Quãng đường thực tế chuyển động theo trục Y

$$L_y = \frac{tV_y}{60} = 4,49 \text{ mm.}$$

Sai số vị trí theo trục Y:  $5 - 4,49 = 0,51 \text{ mm.}$

#### 2.4.2 Phân loại theo cấu trúc điều khiển

Theo cấu trúc điều khiển có thể chia thành hai hệ: hệ NC và hệ CNC. Xét quá trình phát triển, hệ NC ra đời từ năm 1954 đến năm trước năm 1970 còn hệ CNC ra đời sau năm 1970. Các hàm chức năng cơ bản của hệ NC thực hiện bằng các mạch điện tử. Muốn thay đổi cấu trúc điều khiển phải thay đổi lại mạch, vì vậy hệ NC còn được gọi là hệ điều khiển cứng. Tín hiệu điều khiển dùng trong hệ NC là xung điện áp. Một xung điện áp đưa tới hệ dẫn động động cơ bước hoặc động cơ servo thực hiện

bàn máy dịch chuyển một khoảng cách, khoảng cách đó gọi là bước cơ sở (BCS):

$$1 \text{ xung} \equiv 1 \text{ BCS} \quad (2-8)$$

Số lượng xung cấp cho động cơ để bàn máy dịch chuyển chiều dài  $L$  có cùng đơn vị đo với bước cơ sở, bằng tỷ số giữa chiều dài dịch chuyển chia cho bước cơ sở  $\frac{L}{\text{BCS}}$ . Vì vậy số lượng xung cấp cho động cơ phụ thuộc vào khoảng cách chuyển động của bàn máy. Tốc độ chuyển động bàn máy tương ứng với tần số xung cấp.

Khác nhau giữa hệ NC và hệ CNC là ở chỗ hệ CNC sử dụng một máy tính nhỏ có chứa bộ nhớ. Bộ nhớ dùng để lưu trữ thông tin điều khiển và dữ liệu. Bộ nhớ của máy có khả năng đọc - viết chương trình điều khiển máy. Thông tin trong hệ CNC viết dưới dạng nhị phân. Mỗi lệnh điều khiển được viết thành một từ lệnh. Từ lệnh được định nghĩa là tập hợp nhiều ký tự, sắp xếp theo một trình tự nào đó để thực hiện chuyển động nào đó của máy CNC. Một từ bao gồm một địa chỉ chữ và sau là các số đặc trưng lệnh, ví dụ G01. Trong đó G là địa chỉ chữ chỉ chức năng chuẩn bị cho điều khiển và 01 là chữ số đặc trưng nội suy đường thẳng trong chương trình NC. Một từ có số bit xác định thường là 8-bit, 16-bit, hoặc 64-bit tùy thuộc vào bộ vi xử lý máy tính sử dụng. Mỗi bit thực hiện chuyển bàn máy một khoảng cách, khoảng cách đó chính là bước cơ sở (BCS).

$$1 \text{ bit} \equiv 1 \text{ BCS} \quad (2-9)$$

từ (2-8) và (2-9) ta có thể viết:

$$1 \text{ xung} \equiv 1 \text{ bit} \equiv 1 \text{ BCS} \quad (2-10)$$

Sự khác nhau giữa hệ NC và CNC còn là cách lưu trữ thông tin, nhập thông tin. Vì không có bộ nhớ nên hệ NC lưu trữ thông tin trên các

băng đục lỗ, băng từ và một số dạng lưu trữ chương trình khác. Vì vậy để nạp thông tin điều khiển vào hệ điều khiển NC, máy NC phải có thiết bị đọc chương trình. Thiết bị đọc chương trình, đọc chương trình theo từng khối lệnh, máy thực hiện khối lệnh vừa đọc. Sau khi thực hiện xong khối lệnh đã đọc, hệ điều khiển yêu cầu thiết bị đọc khối lệnh tiếp theo, thực hiện khối lệnh tiếp theo đó. Máy thực hiện theo trình tự như thế cho đến kết thúc chương trình. Trong khi đó hệ điều khiển CNC, thông tin được đọc vào cùng một lúc, chương trình phát hiện lỗi chương trình, lưu trữ chương trình vào bộ nhớ và trong quá trình gia công, CPU đọc chương trình điều khiển từ bộ nhớ ROM đưa ra điều khiển máy. Bằng cách này hệ CNC loại trừ được hiện tượng lỗi do đọc chương trình gây ra.

Hệ NC với các hàm chức năng hình thành trên cơ sở các mạch điện tử nên để hình thành các chức năng phức tạp gặp rất nhiều khó khăn và nhất là đảm bảo tính ổn định của hệ thống. Vì vậy hệ NC chỉ có các hàm chức năng cơ bản như nội suy đường thẳng, đường tròn.

Hệ CNC cũng được hình thành từ các mạch điện tử nhưng chỉ khác là các mạch điện tử này có khả năng lập trình được. Vì vậy cấu trúc điều khiển có thể thay đổi bằng cách thay đổi phần mềm. Chính vì vậy hệ điều khiển CNC còn được gọi là hệ điều khiển mềm. Do cấu trúc điều khiển có thể thay đổi bằng cách thay đổi chương trình nên hệ điều khiển có khả năng điều khiển là vô tận. Khả năng chỉ bị hạn chế bởi khả năng lập trình của các lập trình viên. Hệ CNC ngoài các hàm cơ bản có trong hệ NC, nó còn có khả năng nội suy đường xoắn, parabol và các đường cong bậc ba.

**Ví dụ 2-6:** Khoảng cách dịch chuyển lớn nhất của bàn máy 9999 mm được lưu trữ trong máy tính. Bước cơ sở của bàn máy BCS = 0,001mm. Hãy tính toán số bit trong thanh ghi cần thiết của máy tính lắp trong hệ CNC.



GIẢI:

Số bit cần thiết để lưu trữ chiều dài chuyển động lớn nhất của máy:

$$2^n > \frac{9999}{0,001}$$

$$n > \frac{\log 9999}{\log 2} = 13,3$$

máy tính trong hệ điều khiển CNC phải có số bit tối thiểu là 14.

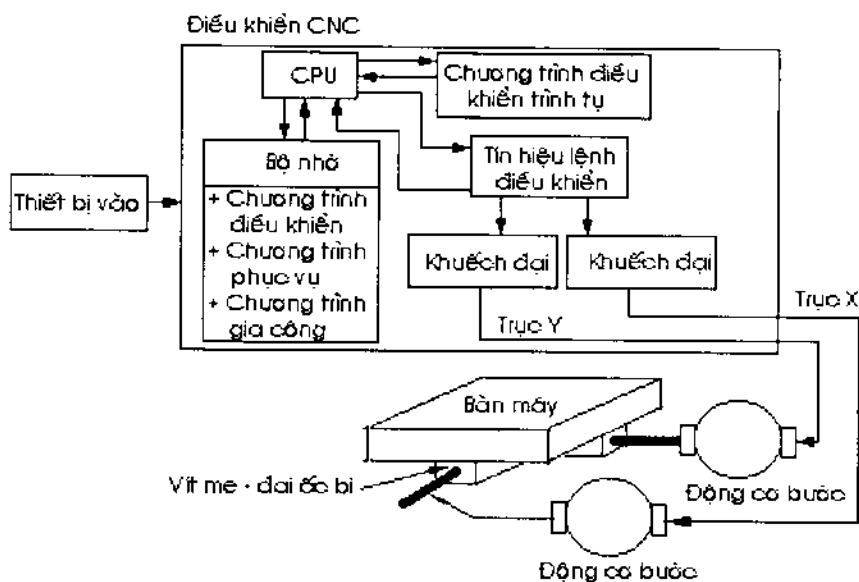
### 2.4.3 Phân loại theo kiểu điều khiển

Để chuyển động bàn máy, hệ điều khiển CNC cần có các hệ dẫn động mà nó có khả năng điều khiển cả tốc độ và vị trí các trục máy công cụ. Điều khiển các trục máy CNC có thể thực hiện theo hai kiểu điều khiển: điều khiển kín và điều khiển hở.

#### 2.4.3.1 Hệ điều khiển hở

Hệ điều khiển hở là hệ không có mạch phản hồi và kết quả hoạt động của hệ thống điều khiển không được kiểm soát. Hệ thống điều khiển hở trong máy CNC thường dùng động cơ bước để chuyển động bàn máy. Máy NC hoặc CNC dùng hệ điều khiển hở ví dụ như máy gia công theo phương pháp xung điện (EMD). Sơ đồ khối hệ thống điều khiển hở sử dụng động cơ bước chỉ ra trên hình 2-23.

Chương trình điều khiển máy đưa vào máy thông qua thiết bị truyền tín hiệu RS-232 hoặc các thiết bị khác. Cấu trúc chương trình được hệ điều khiển CNC chuyển đổi thành xung điện áp hoặc tín hiệu số và gửi nó tới mạch khuếch đại. Sau khi khuếch đại, tín hiệu được truyền tới hệ dẫn động động cơ. Số xung điện áp được xác định theo khoảng cách cần dịch chuyển bàn máy và tốc độ chuyển động bàn máy được xác định theo tần số xung cấp cho hệ dẫn động.



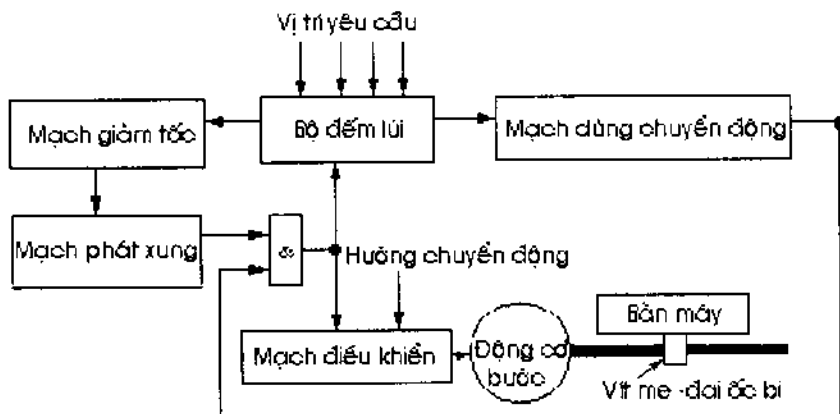
Hình 2-23 Sơ đồ khối hệ điều khiển dùng động cơ bước

Nhược điểm cơ bản của hệ thống điều khiển hở là hệ thống rất nhạy với sự biến đổi của tải trọng, bởi vì hàm điều khiển không phụ thuộc vào thời gian thực. Khi tải thay đổi, tốc độ chuyển động cũng thay đổi theo, hệ điều khiển không có khả năng điều khiển để phù hợp tải trọng mới, ví dụ trong quá trình gia công, tại vùng gia công nào đó cơ tính vật liệu gia công thay đổi làm tăng lực cắt dẫn đến giảm tốc độ cắt và hệ thống điều khiển hở không kiểm soát được sự thay đổi này nên không hiệu chỉnh được tốc độ cho phù hợp với tốc độ yêu cầu. Ngoài ra hệ điều khiển hở còn chịu ảnh hưởng do thay đổi nhiệt độ, bôi trơn và các yếu tố bên ngoài khác. Vì vậy hệ thống điều khiển hở chỉ phù hợp với các máy có công nghệ gia công theo vị trí.

Với độ chính xác chế tạo vít me - đai ốc bị và công nghệ gia công động cơ bước, hệ điều khiển dùng động cơ bước có thể đạt được độ chính xác tới 0,001 inch.

Hệ thống điều khiển hở thiết kế và chế tạo dễ dàng, giá thành thấp hơn so với hệ thống điều khiển kín và thường được sử dụng trong các hệ thống điều khiển đòi hỏi độ chính xác vị trí không cao.

Dưới đây là sơ đồ khối hệ thống điều khiển theo vị trí sử dụng hệ thống điều khiển hở (hình 2-24).



Hình 2-24 Mạch điều khiển hở của hệ điều khiển vị trí.

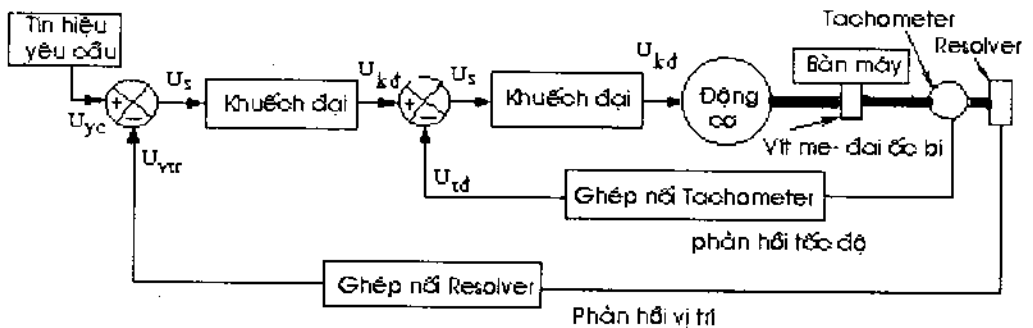
Ví dụ chỉ ra trên hình 2-24 là hệ dẫn động bàn máy bằng động cơ bước, giả thiết rằng bàn máy có bước cơ sở  $BCS = 0,01\text{mm}$  tính theo đơn vị chiều dài. Mạch dừng bộ đếm lùi, giá trị đưa vào bộ đếm bằng giá trị khoảng cách cần dịch chuyển bàn máy. Tín hiệu từ bộ đếm đưa tới mạch giảm tốc và mạch dừng chuyển động bàn máy. Tín hiệu ra của bộ giảm tốc đưa tới bộ phát xung nhằm thay đổi tần số xung khi cần thay đổi tốc độ có nghĩa là thay đổi tần số xung ra trước điểm dừng. Xung ra của bộ phát xung và tín hiệu dừng chuyển động bàn máy cùng đưa tới phân tử  $\bar{V}A$  (AND). Xung ra của phân tử  $\bar{V}A$  đưa tới bộ đếm và mạch điều khiển động cơ bước.

Khi bộ đếm có giá trị bằng không, mạch dừng chuyển động bàn máy chuyển mức logic từ 1 về 0. Tín hiệu được đưa tới cổng AND thực hiện dừng cấp xung cho mạch điều khiển động cơ bước.

### 2.4.3.2 Hệ thống điều khiển kín

Sự khác nhau cơ bản giữa hệ thống điều khiển kín và điều khiển hở là ở chỗ trong hệ thống điều khiển kín có mạch phản hồi. Hệ thống phản hồi dùng để đo vị trí và tốc độ thực tế của trục và so sánh chúng với vị trí và tốc độ yêu cầu. Sự khác nhau giữa giá trị thực và giá trị yêu cầu là sai số.

Phần tử chuyển đổi của mạch phản hồi thường sử dụng hai kiểu: tương tự hoặc số. Trong máy CNC thông số tốc độ chuyển động bàn máy phải được điều khiển bởi tốc độ trên các trục có thể có quy luật biến thiên giống nhau nhưng cũng có thể quy luật biến thiên trên các trục khác nhau. Tachometer (cảm biến tốc độ) là kiểu chuyển đổi tương tự và thường dùng để đo tốc độ chuyển động. Resolver và Encoder dùng để đo vị trí và đôi khi cũng dùng để đo tốc độ. Tín hiệu đưa ra từ Resolver cho dưới dạng tương tự còn tín hiệu đưa ra từ Encoder cho dưới dạng tín hiệu số.

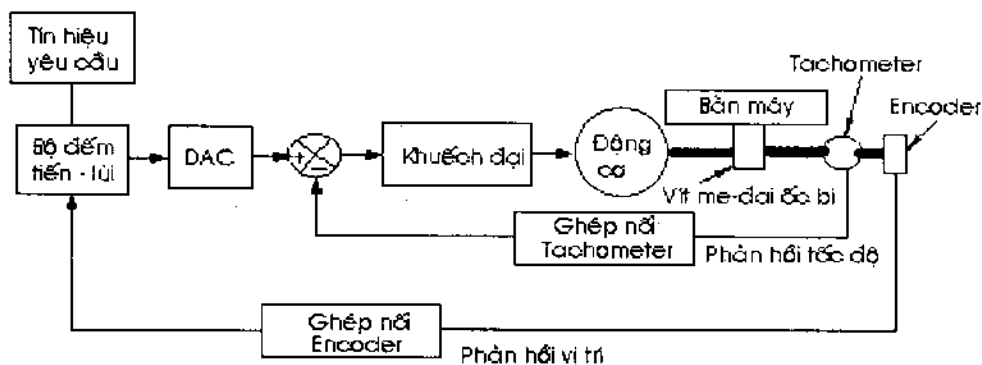


Hình 2-25 Hệ thống điều khiển kín dùng Resolver.

Hệ thống điều khiển kín dùng Resolver để đo vị trí và tachometer đo tốc độ chỉ ra trên hình 2-25. Tín hiệu yêu cầu dưới dạng xung điện áp từ bộ nội suy của hệ điều khiển CNC đưa tới bộ so sánh. Tín hiệu này so sánh với tín hiệu phản hồi sinh ra từ Resolver chuyển tới thông qua mạch ghép nối (interface). Tín hiệu đưa ra của bộ so sánh là sai số vị trí yêu

câu với vị trí thực. Tín hiệu sai số được khuếch đại và chuyển đến bộ so sánh thứ hai. Tín hiệu được so sánh với tín hiệu sinh ra từ Tachometer chuyển tới thông qua mạch ghép nối. Tín hiệu ra từ bộ so sánh thứ hai được khuếch đại đến mức đủ lớn trước khi đưa đến động cơ.

Trong hệ thống điều khiển kín dùng Encoder để đo vị trí, mạch điều khiển khá giống với sơ đồ khối dùng Resolver nhưng chỉ khác ở điểm là thay bộ so sánh bằng bộ đến tiến - lùi và thay bộ khuếch đại thứ nhất bằng bộ chuyển đổi (converter) số tương tự (DAC) nhằm chuyển tín hiệu số sang dạng tương tự.



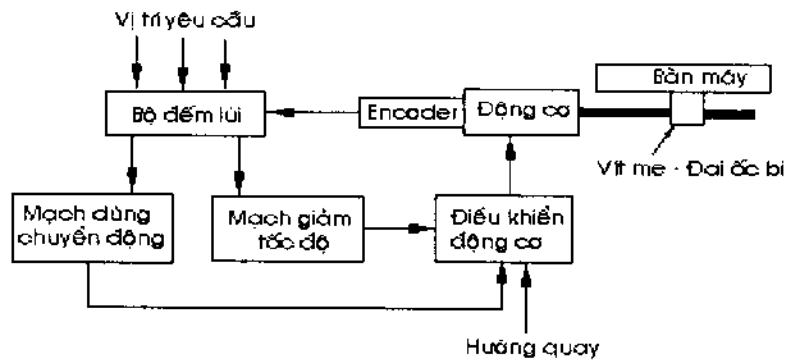
Hình 2-26 Hệ thống điều khiển kín dùng Encoder.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển kín chỉ ra trên (hình 2-26). Tín hiệu yêu cầu từ CNC gửi tới bộ đếm tiến- lùi, đồng thời tín hiệu số sinh ra từ Encoder qua ghép nối cũng đưa tới. Bộ đếm tiến-lùi sinh ra một số phù hợp với sai số vị trí tức thời. Tín hiệu ra của bộ đếm được đưa vào đầu vào bộ biến đổi số-tương tự (DAC) để chuyển tín hiệu số thành tín hiệu điện áp và đưa tới bộ so sánh. Bộ so sánh, so sánh điện áp ra từ DAC với điện áp từ Tachometer gửi tới. Sau đó tín hiệu được khuếch đại đủ lớn trước khi đưa tới động cơ.

Chiều quay động cơ là chiều làm giảm dần sai số vị trí và tốc độ sinh ra từ bộ so sánh. Hệ thống điều khiển kín có công suất lớn và độ

chính xác cao hơn hệ thống điều khiển hở bởi vì hệ này có khả năng điều khiển liên tục nhờ mạch phản hồi. Hệ thống điều khiển kín có khả năng cho bước tiến nhỏ nhất là 0,0001 inch. Tuy nhiên hệ thống điều khiển kín có cấu trúc phức tạp, đòi hỏi nhiều thiết bị đo với độ chính xác cao.

Vì vậy giá thành của hệ thống điều khiển kín cao hơn nhiều lần so với hệ thống điều khiển hở. Hình 2-27 chỉ ra sơ đồ khối mạch điều khiển kín dùng Encoder cho hệ điều khiển vị trí.



Hình 2-27 Sơ đồ khối hệ điều khiển kín cho hệ điều khiển vị trí.

Tín hiệu vị trí yêu cầu được nạp vào bộ đếm lùi, đồng thời bộ đếm lùi nhận tín hiệu vị trí tức thời của bàn máy từ Encoder gửi đến. Chuyển động của bàn máy thực hiện theo dung lượng bộ đếm lùi cho đến khi dung lượng bộ đếm bằng không. Bộ đếm sinh ra tín hiệu cấp cho hệ điều khiển động cơ dùng chuyển động. Mạch giảm tốc đưa ra tín hiệu giảm dần tốc độ trước điểm dừng cho động cơ. Chú ý rằng xung lệnh được sinh ra bởi máy phát xung trong mạch.

**Ví dụ 2-7:** Phay rãnh song song với trục X vật liệu gia công là nhôm, tốc độ chạy dao  $V = 12\text{mm/ph}$ . Nếu máy có bước cơ sở BCS = 0,001 mm. Tính tần số xung cấp cho mạch điều khiển.

GIẢI:

Tần số xung cấp cho mạch điều khiển

$$f = \frac{12}{0,001.60} = 200 \text{ xung/s}$$

Tần số ra của Encoder lắp trên trục vít me - đai ốc bi cũng là 200 xung/s.

# 3 PHÂN CỨNG VÀ PHẦN MỀM ĐIỀU KHIỂN MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ CNC

---

---

## 3.1 THÀNH PHẦN CƠ BẢN HỆ THỐNG CNC

Hệ điều khiển số NC và CNC có hai thành phần cơ bản: Cụm điều khiển máy (Machine Control Unit - MCU) và cụm dẫn động động cơ (driving unit). Cụm điều khiển máy được hình thành trên cơ sở thiết bị điều khiển điện tử, thiết bị vào ra và các thiết bị số. Hệ CNC còn được gọi hệ là NC dây mềm. Hệ được thiết kế theo mục đích riêng, nhiệm vụ của nó hình thành các thuật toán tính toán số học và logic theo trình tự xác định. Trình tự đó là cơ sở để hình thành thuật toán cho hệ CNC. Các thuật toán này được thực hiện trên cơ sở phần cứng và phần mềm của MCU. Hệ NC thuật toán được hình thành từ các mạch điện tử còn trong hệ CNC thuật toán được thực hiện nhờ phần mềm máy tính và phần mềm này được lưu trữ trong microcomputer ( $\mu C$ ).

Cụm dẫn động gồm động cơ, phần tử điều khiển, khuếch đại công suất và các sensor, mạch phản hồi tốc độ trực chính, vị trí bàn máy và tốc chạy dao. Cụm dẫn động còn phải kể đến hệ truyền động cơ khí vít me - đai ốc bi, bộ truyền đai răng hoặc hộp giảm tốc chuyển động chạy dao. Tốc độ trực chính thường được chia làm hai dải, dải tốc độ thấp và tốc độ cao nhờ hộp tốc độ nối giữa động cơ và trực chính.

Động cơ và sensor phản hồi là thành phần đặc trưng riêng của máy công cụ điều khiển số.



### 3.2 CHỨC NĂNG CỦA CỤM ĐIỀU KHIỂN

Cụm điều khiển máy được coi là trái tim của máy công cụ điều khiển số. Nó có nhiệm vụ liên kết tất cả chức năng để thực hiện điều khiển máy. Các chức năng gồm: vào, ra số liệu, xử lý số liệu và ghép nối máy với các thiết bị ngoại vi.

**1. Số liệu vào (data input).** Chức năng này bao gồm: chức năng vào và lưu trữ số liệu. Đó là số liệu mô tả đường chuyển động của dụng cụ và điều kiện gia công sản phẩm.

**2. Xử lý số liệu (data processing).** Cấu trúc chương trình điều khiển được đưa vào cụm MCU và được nó mã hóa thành số nhị phân sau đó được lưu trữ vào bộ nhớ đệm. Các số liệu này được bộ xử lý trung tâm (central processing unit – CPU) tính toán xác định vị trí, lượng chạy dao, hiệu chỉnh chiều dài (tool length offset) và đường kính dụng cụ (tool diameter offset). Cũng như các số liệu rời rạc như yêu cầu điều khiển đóng, ngắt hệ thống bôi trơn, làm mát chi tiết và các thiết bị điều khiển công (I/O) đảm bảo trình tự truyền tín hiệu giữa máy công cụ, PMC và hệ điều khiển CNC.

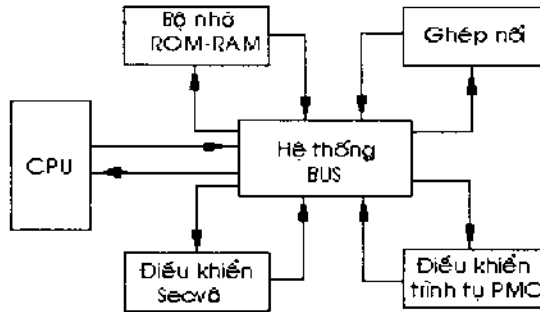
**3. Số liệu ra (data output).** Số liệu đưa ra của MCU là tín hiệu vị trí và lượng chạy dao. Các tín hiệu này được gửi tới mạch điều khiển secvo để sinh ra tín hiệu điều khiển động cơ. Trong cụm dẫn động, động cơ luôn có mạch khuếch đại bởi vì tín hiệu trước khi đưa vào cụm dẫn động rất nhỏ không đủ công suất để động cơ làm việc.

**4. Ghép nối vào/ra (machine I/O interface).** Các tín hiệu rời rạc yêu cầu từ số liệu vào như chiều quay trục chính, đóng mở động cơ làm mát, bôi trơn, dừng khẩn cấp, dừng chu trình và các tín hiệu khác từ máy công cụ gửi tới hệ điều khiển CNC.

### 3.3 PHẦN CỨNG CỤM ĐIỀU KHIỂN

Phần cứng của cụm MCU gồm sáu thành phần cơ bản, vi xử lý trung tâm, bộ nhớ, điều khiển secvo, thiết bị logic điều khiển trình tự và mạch ghép nối. Các

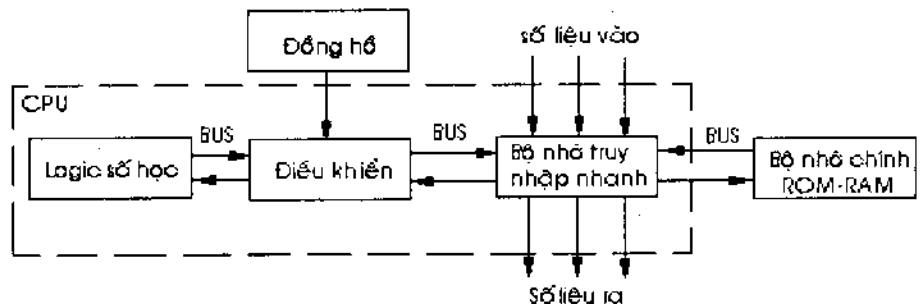
thành phần liên hệ với CPU thông qua BUS. Thành phần trong MCU chỉ ra trên hình 3-1.



Hình 3-1 Sơ đồ khối cụm điều khiển máy CNC.

### 3.3.1 Bộ xử lý trung tâm (CPU)

Bộ xử lý trung tâm (the central processing unit - CPU) là một máy tính nhỏ hoặc thành phần chính của máy tính nào đó. Số lượng cấu trúc cơ bản của máy tính có thể thực hiện được là nhờ mối liên hệ trực tiếp rất tinh vi của các mạch logic trong CPU. Nhờ chương trình nguồn ghi trong bộ nhớ để hình thành thuật toán trên cơ sở số liệu đưa vào cho phù hợp với chương trình điều khiển và điều khiển các thiết bị trong và ngoài CPU thông qua BUS. Cấu trúc CPU gồm ba phần tử cơ bản: phần tử điều khiển, phần tử logic số học, bộ nhớ truy nhập nhanh chỉ rõ trên hình 3-2.



Hình 3-2 Sơ đồ khối của CPU.

### **3.3.1.1 Phần tử điều khiển**

Phần tử điều khiển (Control section) làm nhiệm vụ điều khiển tất cả các phần tử của nó và các phần tử khác của CPU. Xung nhịp từ đồng hồ đưa vào điều khiển thực hiện đồng bộ hoạt động của các phần tử. Phần tử điều khiển chuyển đổi thông tin giữa nó với các phần tử khác thông qua BUS. Đồng thời nó cũng có nhiệm vụ sinh ra tín hiệu yêu cầu thông tin từ các phần tử khác.

Tổ chức cấu trúc được lưu trữ trong bộ nhớ của máy tính được xem như một chương trình và chương trình có thể thay đổi được bằng thay đổi các thứ tự thông tin số đã lưu trữ trong bộ nhớ. Chính nhờ khả năng quan trọng này của CPU đã làm cho MCU trở nên linh hoạt hơn.

Số liệu qua cổng vào - ra được đưa vào bộ nhớ truy nhập nhanh, phần tử điều khiển gọi chương trình điều khiển lưu trữ trong ROM hoặc RAM của bộ nhớ chính gửi tới và gửi tín hiệu đến các cụm trong hệ thống để thực hiện các cấu trúc yêu cầu. Trong phần tử điều khiển có mạch giải mã lệnh (unit control). Mạch này giải mã các thông tin đọc từ bộ nhớ truy nhập nhanh và đưa các thông tin sau khi xử lý tới mạch tạo xung điều khiển. Các dãy xung điều khiển khác nhau sẽ điều khiển các bộ phận khác nhau hoạt động phù hợp với yêu cầu.

### **3.3.1.2 Phần tử số học**

Phần tử số học (Arithmetic and logic unit – ALU) với nhiệm vụ hình thành các thuật toán mong muốn trên cơ sở số liệu đưa vào. Kiểu thuật toán số học là cộng, trừ, nhân, chia, cộng logic và các chức năng khác theo yêu cầu của chương trình. Khối logic số thực hiện các phép so sánh, phân nhánh, lặp, lựa chọn, phân vùng bộ nhớ.

Liên kết với ALU là một số thanh ghi lưu trữ dùng để lưu trữ các số liệu trong quá trình tính toán. Thanh ghi lưu trữ số liệu này gần giống với vùng lưu trữ đặc biệt trong bộ nhớ nhưng khác là các thanh ghi này là các thanh ghi TTL tốc độ cao.

### **3.3.1.3 Bộ nhớ truy nhập nhanh**

Bộ nhớ truy nhập nhanh (Immediate access memory ) là bộ nhớ trong của CPU dùng để lưu trữ tạm thời các số liệu đang được các phần tử số học xử lý hoặc chương trình điều khiển từ ROM và RAM gửi tới.

### **3.3.2 Bộ nhớ**

Bộ nhớ (memory) trong CPU có dung lượng nhỏ và chỉ dùng lưu trữ số liệu tạm thời vì vậy trong hệ CNC cần một bộ nhớ lớn để lưu trữ chương trình ứng dụng hay còn gọi là chương trình NC, chương trình điều khiển, chương trình ghép nối và các số liệu đã được xử lý. Bộ nhớ dùng trong máy tính có thể chia thành hai loại: bộ nhớ thứ nhất và bộ nhớ thứ hai.

Bộ nhớ thứ nhất dùng để lưu trữ địa chỉ hoặc vùng nhớ đặc biệt. Nó gồm ROM và RAM.

Bộ nhớ ROM chỉ đọc và chỉ được đọc bởi CPU. Chương trình điều khiển và chương trình ghép nối được lưu trữ trong ROM. Các chương trình này không bị xóa ngay cả khi máy bị mất điện.

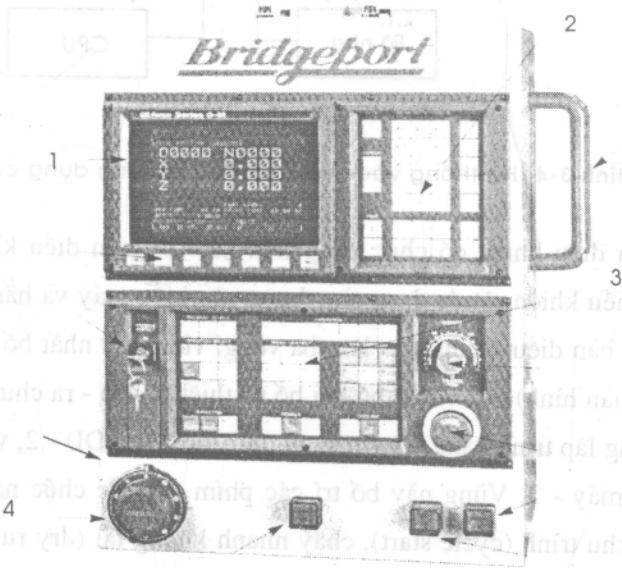
Bộ nhớ RAM là bộ nhớ truy nhập tạm thời và CPU có thể đọc và ghi thông tin vào RAM. Bộ nhớ RAM có đặc điểm là khi mất điện các thông tin trên nó bị xóa và không lấy lại được. Các chương trình lưu trữ trong RAM luôn sẵn sàng làm việc.

Dạng thứ hai của bộ nhớ là ổ cứng và đĩa mềm. Đĩa mềm dùng để chuyển thông tin từ máy này sang máy khác. Ổ đĩa mềm được lắp trên bàn điều khiển. Ổ cứng thường được lắp trực tiếp trên mạch in của hệ thống điều khiển CNC, vì vậy nó không thể di chuyển được.

Ổ cứng là bộ nhớ có dung lượng lớn nên nó được dùng để lưu trữ chương trình ứng dụng, chương trình phục vụ, chương trình kiểm tra và báo lỗi hệ thống. Các chương trình này không thể chạy trực tiếp trên ổ cứng. Vì vậy muốn chạy chương trình phải chuyển nó sang bộ nhớ RAM.

### 3.3.3 Truyền dẫn

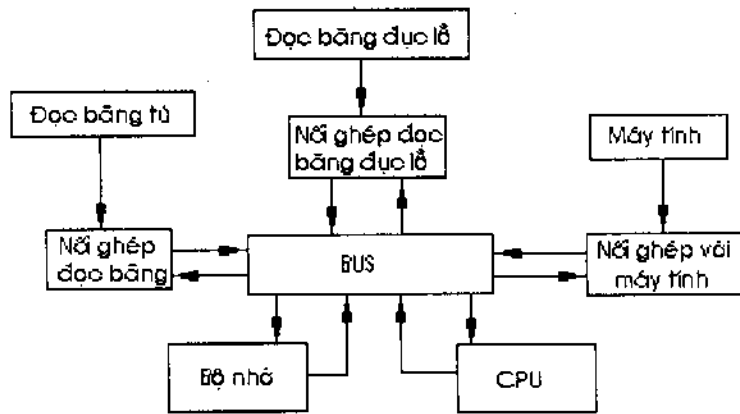
Hệ thống CNC đòi hỏi mối liên hệ giữa CPU và các bộ phận khác trong hệ thống. Thiết bị truyền dẫn (communication) chính của hệ CNC là BUS. BUS cho phép nhận, gửi thông tin giữa các bộ phận trong hệ thống. Trong hệ CNC có ba thiết bị cần được liên lạc: thiết bị thông báo (màn hình điều khiển, các đèn LED, bàn điều khiển và thiết bị vào - ra chương trình ứng dụng).



Hình 3-3 Bàn điều khiển trung tâm gia công TC1 Bridgebord.

Thiết bị thông báo là màn hình điều khiển và các đèn LED. Màn hình trên bàn điều khiển có kích thước tùy theo quy định của cơ sở sản xuất. Ví dụ với hãng Bridgeport với hệ điều khiển FUNUC dùng hai kích thước màn hình 9 inch và 14 inch.

Màn hình hiển thị chương trình ứng dụng, vị trí các trục điều khiển, đường chạy dao của chương trình đang thực hiện, hiệu chỉnh dụng cụ và giá trị hiệu chỉnh, thông báo đường truyền, phần mềm giới hạn hành trình và cảnh báo lỗi chương trình, lỗi hệ thống điều khiển secvo, giá trị khoảng cách trục đang điều khiển.



Hình 3-4 Hệ thống vào - ra chương trình ứng dụng của CNC.

Bàn điều khiển có chức năng liên kết với cụm điều khiển để điều khiển máy. Bàn điều khiển rất đa dạng tùy thuộc vào kiểu máy và hãng sản xuất. Thông thường trên bàn điều khiển chia làm ba vùng: vùng thứ nhất bố trí thiết bị hiển thị thông tin (màn hình) - 1, vùng thứ hai bố trí thiết bị vào - ra chương trình ứng dụng và chức năng lập trình bằng tay (manual data input - MDI) - 2, vùng thứ ba là vùng điều khiển máy - 3. Vùng này bố trí các phím với các chức năng khác nhau như khởi động chu trình (cycle start), chạy nhanh không tải (dry run), chạy theo từng khối lệnh (single block mode), điều khiển máy bằng tay (JOG - manual). Ngoài ra trên bàn máy người ta còn bố trí các phím dạy học cho máy. Chức năng này có thể sử dụng nhưng cũng có thể không được sử dụng tùy thuộc vào yêu cầu của người mua máy. Trên bàn điều khiển bố trí tay quay phát xung (Manual Pulse Generator multiplier - MPG) hay còn được gọi là tay quay điện dùng để điều khiển chuyển động các trục bằng tay - 4, các phím điều khiển hướng chuyển động của các trục. Ngoài ra trên bàn điều khiển còn bố trí ổ mềm để có thể vào chương trình ứng dụng từ đĩa mềm 1,44 Mb. Hình 3-2 là một kiểu bàn điều khiển trung tâm gia công của hãng Bridgebord với hệ điều khiển FANUC.

Như đã trình bày ở trên chương trình ứng dụng có thể đưa vào máy theo phương pháp vào số liệu bằng tay (MDI) hoặc từ các thiết bị lưu trữ khác nhau như đĩa mềm, băng đục lỗ, băng catset hoặc từ máy tính.

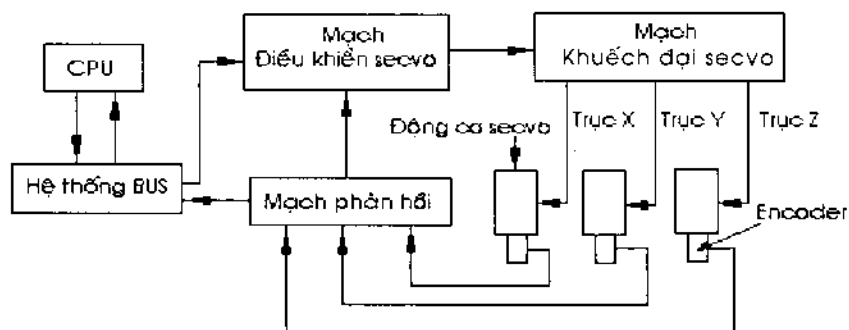
Với các thiết bị lưu trữ khác nhau đòi hỏi phải có thiết bị truyền dẫn để tải chương trình lên máy (upload) hoặc tải từ máy CNC xuống thiết bị lưu trữ (download). Để truyền chương trình từ máy tính vào máy CNC người ta sử dụng thiết bị truyền RS-232-C. Thiết bị này cần được nối với hệ thống BUS của CPU thông qua cổng vào - ra (I/O). Hình 3-4 là sơ đồ khối biểu diễn hệ thống vào - ra chương trình ứng dụng của hệ thống CNC.

### **3.3.4 Truyền dẫn secvo**

Để điều khiển máy công cụ, cần thiết biến đổi xung điều khiển được tạo ra từ cụm điều khiển thành tín hiệu cho động cơ các trục. Nhiệm vụ này được thực hiện nhờ hai mạch: mạch điều khiển secvo và mạch phản hồi chỉ ra trên (hình 3-5).

Mạch điều khiển secvo gồm hai mạch: mạch điều khiển vị trí và mạch điều khiển tốc độ. Mạch phản hồi gồm mạch ghép nối và mạch biến đổi số tương tự (D/A). Mạch điều khiển secvo và mạch phản hồi là mạch nằm trong hệ thống mạch cụm điều khiển CNC. Tín hiệu ra của mạch điều khiển secvo thường có công suất nhỏ không đủ để điều khiển trực tiếp động cơ, vì vậy cần có mạch khuếch đại secvo. Mạch khuếch đại secvo phải đảm bảo nhiệm vụ sau:

- 1- Khuếch đại tín hiệu vào (dòng, áp hoặc cả dòng và áp) đến mức đủ lớn để điều khiển được động cơ secvo hoặc van secvo.
- 2- Dễ dàng thực hiện điều khiển phản hồi cả hai thông số vị trí và tốc độ.
- 3- Đảm bảo an toàn khi xảy ra hiện tượng dòng giảm do momen động cơ gây ra.



Hình 3-5 Điều khiển servo.

Khuếch đại servo là mạch điện đơn giản dùng để tạo tín hiệu ra tỉ lệ với tín hiệu vào. Có nhiều kiểu mạch khuếch đại nhưng khuếch đại servo dùng phổ biến trong hệ điều khiển CNC là khuếch đại thuật toán với hệ số khuếch đại cao và có khả năng phản hồi. Khuếch đại thuật có cấu trúc theo một trong ba kiểu: khuếch đại tuyến tính (linear) tích phân (integrater) và vi phân (differentiator).

### 3.3.5 Điều khiển tốc độ trục chính

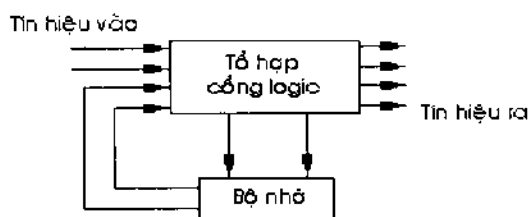
Để đảm bảo chất lượng bề mặt, độ chính xác hình học cũng như tuổi bền của dao đòi hỏi tốc độ cắt luôn thay đổi phù hợp với vật liệu làm dụng cụ và vật liệu gia công. Chính vì vậy trong nhiều máy CNC tốc độ trục chính được điều khiển tự động nhờ chức năng S trong chương trình ứng dụng. Cụm điều khiển tốc độ dùng trong các máy CNC gồm hai phần tử: động cơ và mạch điều khiển. Mạch điều khiển gồm hai mạch: mạch điều khiển tốc độ và mạch phản hồi. Ngoài ra trong cụm có thể có mạch biến đổi số tương tự (D/A) dùng để biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự. Ví dụ, nếu chương trình của chúng ta yêu cầu máy chạy với tốc độ 800 vòng trên phút, tương ứng với điện áp ra từ cụm điều khiển CNC là +3,5 vôn. Điện áp trước khi đưa tới động cơ nó được đưa tới mạch khuếch đại công suất (khuếch đại áp và dòng) lên đủ lớn để điều khiển động cơ. Khi động cơ quay, tachometer cũng quay theo. Tachometer có cấu tạo như là một máy phát, khi trục tachometer quay nhanh (tachometer thường lắp trực tiếp trên đầu động cơ) điện áp



ra trên tachometer tăng tỷ lệ với tốc độ quay. Điện áp ra của tachometer gọi là điện áp phản hồi. Nó được đưa trở lại mạch điều khiển tốc độ. Trong mạch điều khiển có mạch so sánh. Mạch này so sánh điện áp phản hồi của tachometer với điện áp đưa ra từ cụm CNC (tín hiệu yêu cầu), sai khác giữa hai điện áp gọi là lỗi. Giá trị của lỗi đưa tới hệ điều khiển, hệ điều khiển động cơ tăng hoặc giảm tốc theo chiều giảm dần giá trị lỗi.

### 3.3.6 Hệ điều khiển trình tự

Mọi hoạt động của máy CNC phải được thực hiện theo trình tự nhất định, ví dụ, động cơ trục chính chỉ có thể quay được khi ổ trục chính được bôi trơn đầy đủ, quá trình cắt chỉ được thực hiện khi cửa vùng gia công được đóng, trình tự thực hiện các thuật toán và các yêu cầu trình tự khác.



Hình 3-6 Hệ logic trình tự.

Trình tự hoạt động của máy CNC được chương trình hóa và chương trình được thực hiện nhờ hệ logic trình tự. Hệ logic trình tự gồm hai thành phần cơ bản: tổ hợp cổng logic và bộ nhớ. Hình 3-6 chỉ ra sơ đồ khối cấu trúc của hệ logic trình tự.

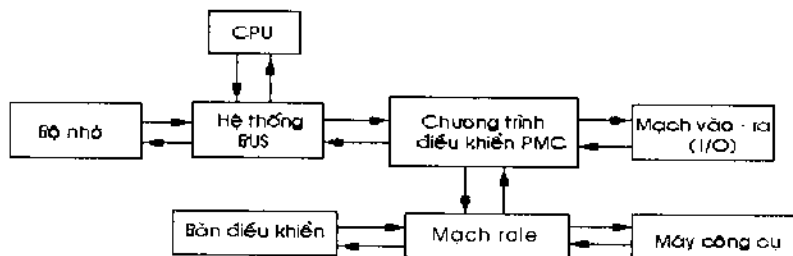
Hệ logic trình tự được xây dựng trên cơ sở của các phần tử điện và được lắp thành mạch in. Cấu trúc mạch điện trong hệ logic trình tự được lắp đặt trên cơ sở chương trình điều khiển trình tự.

### 3.3.7 Chương trình điều khiển máy

Tín hiệu điều khiển sinh ra từ hệ thống CNC có hai dạng: tín hiệu số và tín hiệu trình tự. Tín hiệu điều khiển số được thực hiện trong các thanh ghi điều khiển.

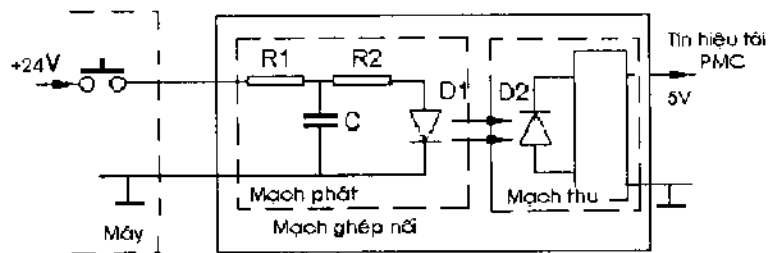
Tín hiệu số mang thông tin về giá trị vị trí, giá trị tốc độ, thông số dụng cụ cắt, số liệu hiệu chỉnh đường kính, hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ và các số liệu khác. Tín hiệu điều khiển trình tự dùng để thực hiện mọi hoạt động của máy. Đây là tín hiệu rời rạc. Mạch điều khiển trình tự hoạt động của máy có thể được đặt trong cụm điều khiển CNC. Nhưng để phân công của cụm điều khiển nhỏ nhất người ta sử dụng hệ logic trình tự mà cấu trúc mạch là chương trình trình tự điều khiển máy. Chương trình trình tự thực hiện các chức năng điều khiển rời rạc. Chương trình điều khiển trình tự được gọi là chương trình điều khiển máy (programmable machine controller - PMC). Chương trình PMC đảm bảo các chức năng sau đây của máy:

- 1- Thay dụng cụ tự động.
- 2- Điều khiển làm mát chi tiết gia công tự động.
- 3- Điều khiển hệ thống kẹp.
- 4- Mạch công tắc giới hạn hành trình.
- 5- Điều khiển thời gian và đếm.
- 6- Dừng khẩn cấp.
- 7- Điều khiển nối ghép với máy công cụ.
- 8- Điều khiển nối ghép với hệ NC.
- 9- Các chức năng khác.



Hình 3-7 Sơ đồ khối các chức năng điều khiển trình tự.

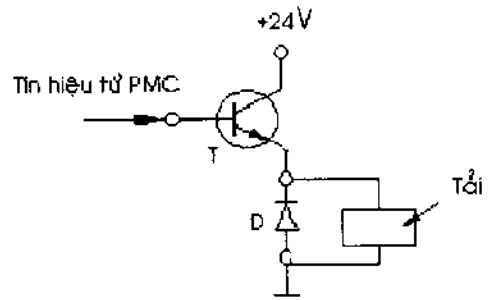
Hình 3-7 chỉ ra sơ đồ khối các chức năng thực hiện điều khiển trình tự trong cụm điều khiển CNC. Điều khiển trình tự PMC nhận tín hiệu điều khiển từ hai cụm: a) cụm điều khiển CNC, b) máy công cụ. Tín hiệu từ cụm CNC chuyển tới PMC là hàm M, hàm T, các hàm này được cài đặt trong bộ nhớ của hệ điều khiển CNC. Thời gian truyền tín hiệu từ cụm CNC của máy và bàn điều khiển đến PMC khoảng 16 ms. Các tín hiệu truyền tới PMC là các lệnh: khởi động chu trình, giữ tốc độ, lựa chọn trục, lượng chạy dao tính theo phần trăm tốc độ của chương trình, chạy nhanh không tải. Tín hiệu từ máy công cụ và bàn điều khiển tới PMC thường qua mạch ghép nối cách ly nhằm đảm bảo an toàn cho cụm PMC. Một kiểu mạch ghép nối giữa máy công cụ và PMC chỉ ra trên hình 3-8. Mạch hoạt động như sau: ví dụ, khi ấn nút khởi động động cơ làm mát trên bàn điều khiển, tín hiệu được truyền tới mạch thu, phát. Nhờ mạch này mà tín hiệu được gửi tới PMC.



Hình 3-8 Một kiểu mạch ghép nối tín hiệu truyền từ máy đến PMC

Chú ý rằng thời gian truyền tín hiệu từ PMC đến CNC và máy công cụ khoảng 2 ms.

Hình 3-9 là một kiểu mạch ghép nối tín hiệu truyền từ PMC đến máy công cụ hoặc tới bàn điều khiển. Khi chưa có tín hiệu từ PMC truyền tới bàn điều khiển, tranzito T khoá. Khi có tín

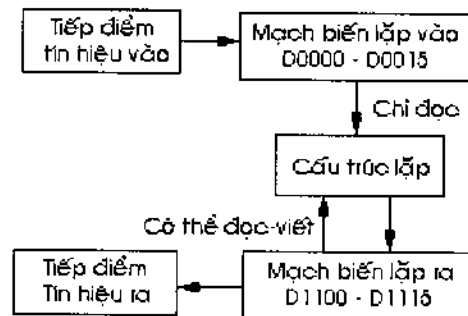


Hình 3-9 Một kiểu mạch ghép nối truyền tín hiệu từ PMC tới máy công cụ.

hiệu truyền tới , tranzito T mở cho dòng chảy qua bóng và qua tải. Diot làm nhiệm vụ chống dòng ngược cho tải.

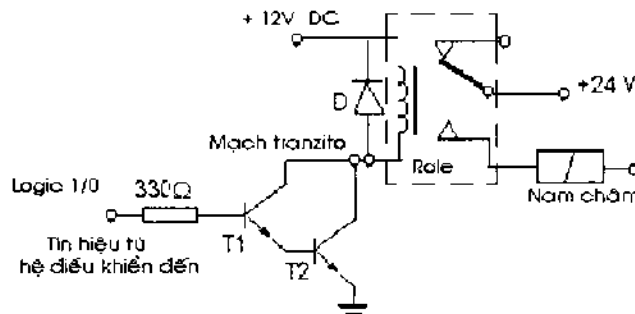
### 3.3.8 Mạch biến vào - ra

Máy CNC là thành phần cứng trong hệ thống sản xuất tự động linh hoạt. Hệ thống này là tổ hợp quá trình máy, thay dụng cụ và thiết bị kẹp phôi, thay đổi phôi. Tính ưu việt của hệ thống là ở chỗ phần cứng và phần mềm độc lập nhau. Máy CNC là một phần cứng của hệ sản xuất tự động vì vậy nó phải có khả năng liên kết với các phần cứng khác trong hệ thống và máy tính. Để thực hiện chức năng này, trong hệ thống điều khiển CNC người ta sử dụng mạch biến vào – ra (interface input and output variables). Nhờ các biến này mà máy CNC dễ dàng thích nghi với hệ thống sản xuất linh hoạt, ví dụ trong hệ điều khiển máy công cụ CNC hãng Mitsubishi sử dụng 17 mạch biến vào từ địa chỉ từ D1000 đến D1016 và 17 mạch biến ra từ địa chỉ từ D1100 đến D1116. Hình 3-10 là một ví dụ về cấu trúc mạch biến vào – ra của hãng Mitsubishi. Trong cấu trúc biến vào ra của hệ điều khiển này có 16 biến vào từ địa chỉ D1000 đến địa chỉ D1015. Giá trị đọc là logic 1 hoặc 0, 1 = bật (on) tương ứng với cao (high) hoặc đóng công tắc, 0 = tắt (off) tương ứng với (low).



Hình 3-10 Mạch biến vào và biến ra.

Mạch biến ra có thể cho lệnh ra dưới dạng logic 0 và 1 tới một thiết bị nào đó. Biến ra là biến hai chiều. Nó có thể đọc và viết tín hiệu tới các thiết bị nối với nó hoặc đọc và viết tín hiệu vào nó từ thiết bị khác. Chuyển mạch là tranzito, tranzito công suất, rơle cơ-điện là các phần tử có thể nhận được tín hiệu từ mạch biến vào-ra đóng ngắt động cơ điện hoặc thiết bị nguồn khác.



Hình 3-11 Mạch chuyển mạch điều khiển nguồn.

Hình 3-11 chỉ ra kiểu mạch dùng lệnh logic 0 và 1 để điều khiển nguồn cấp cho nam châm điện. Mạch này gồm điện trở  $300\Omega$ , mạch khuếch đại công suất, rơle cơ-điện, diot và nam châm điện. Khi hệ điều khiển truyền tới tín hiệu có logic bằng 1 tới chân B của tranzito T1 làm cho T1 chuyển trạng thái từ đóng sang mở, đồng thời T2 cũng mở, mạch khuếch đại công suất hoạt động, xuất điện dòng điện chảy qua đèn, qua cuộn dây điều khiển rơle cơ - điện làm rơle từ trạng thái ngắt sang trạng thái đóng mạch cấp 24V xoay chiều cho cuộn nam châm. Khi tín hiệu chuyển đến đầu B của T1 có trạng thái logic bằng 0, tranzito T1 khoá kéo theo T2 khoá và không có dòng qua cuộn dây rơle, chuyển mạch cắt điện 24 V cho cuộn nam châm

### 3.4 PHẦN MỀM CNC

Thực ra phần cứng của hệ điều khiển CNC chỉ có thể hoạt động được khi nó nhận được thông tin cấu trúc và thông tin khác từ chương trình máy tính (phần mềm). Trong hệ thống điều khiển CNC có thể phân thành ba dạng chương trình:

chương trình điều khiển, chương trình điều khiển trình tự và chương trình ứng dụng hay đôi khi gọi nó là chương trình NC.

### 3.4.1 Phần mềm điều khiển

Phần mềm điều khiển là chương trình chính dùng để thực hiện các chức năng NC. Chương trình này được cơ sở sản xuất máy thiết kế trên cơ sở tính năng máy cần được chế tạo. Chương trình điều khiển được lưu trữ trong ROM. Để mở rộng tính năng kỹ thuật máy chỉ có thể thực hiện nhờ việc thay thế ROM với chương trình điều khiển cũ bằng một ROM mới có tính năng cao hơn. Chức năng chính của phần mềm điều khiển là chấp nhận chương trình ứng dụng như là số liệu vào và sinh ra tín hiệu điều khiển, điều khiển dẫn động động cơ các trục.

Phần mềm điều khiển bao gồm bốn chương trình: chương trình kiểm tra, chương trình logic, chương trình đọc, chương trình đặc trưng.

a) *Chương trình kiểm tra* là chương trình chính. Nó sắp xếp thực hiện tất cả các phần mềm và cho phép CPU thực hiện ghép nối với tất cả các thiết bị vào – ra.

b) *Chương trình logic* là chương trình điều khiển. Nó làm nhiệm vụ giải mã và nội suy cấu trúc NC để tạo ra tín hiệu điều khiển cho mỗi trục. Các tín hiệu được điều khiển theo trình tự khác nhau để hình thành các kiểu nội suy khác nhau, nội suy thẳng, nội suy vòng, nội suy xoắn, nội suy bậc ba và các dạng khác.

Chương trình còn có nhiệm vụ điều khiển lượng chạy dao, tính toán tăng, giảm lượng chạy dao cho phù hợp với yêu cầu công nghệ.

c) *Chương trình đọc* được coi là chương trình phục vụ vì nó làm nhiệm vụ vào – ra chương trình, lưu trữ, xóa chương trình và hiển thị chương trình trong quá trình gia công, vị trí dụng cụ hiện hành trên màn hình và các chức năng khác.

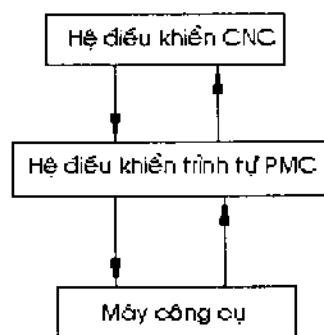
d) *Chương trình dự báo* là chương trình đặc trưng của máy CNC. Chương trình được thiết kế riêng cho từng máy. chương trình làm nhiệm vụ kiểm tra lỗi của hệ thống điều khiển, lỗi trong cụm dẫn động các trục, lỗi chương trình và các dạng

lỗi khác. Tùy theo người thiết kế mà thông báo lỗi có thể có ký hiệu khác nhau. Thông báo lỗi có thể biểu diễn bằng chữ, bằng số hoặc kết hợp cả chữ và số. Trong hệ thống điều khiển CNC của hãng Brigeport lỗi được ký hiệu bằng bốn chữ số. Ví dụ khi dụng cụ chưa kẹp chặt, chương trình đặc trưng của hệ thống điều khiển FUNUC trung tâm gia công TC1, trên màn hình xuất hiện thông báo lỗi " No 2022, tool not unclanped". Trong trường hợp lỗi không phải là lỗi hệ thống, hệ điều khiển dùng ba chữ số để thông báo, ví dụ chương trình mới đặt tên trùng với tên chương trình đang tồn tại trong máy, hệ thống điều khiển đưa thông báo " error 073". Người điều khiển máy tra trong danh sách lỗi sẽ biết được đó là lỗi gì và cách xử lý lỗi.

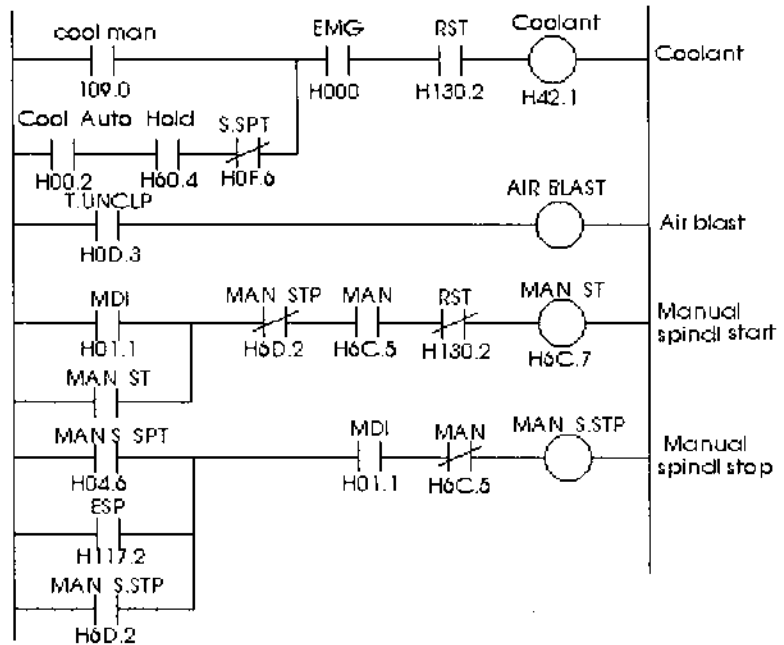
### 3.4.2 Phần mềm ghép nối

Phần mềm ghép nối giữa hệ điều khiển CNC và máy công cụ cũng được xem là chương trình điều khiển máy. Chương trình này cho phép CPU liên hệ với máy công cụ, bàn điều khiển thông qua chương trình logic được cài đặt trong PMC. Phần mềm ghép nối thực hiện hai kiểu tín hiệu điều khiển rời rạc: tín hiệu vào và tín hiệu ra. Tín hiệu vào PMC là tín hiệu được chuyển tới từ cụm CNC và máy công cụ. Tín hiệu ra của PMC gửi đến tới CNC và máy công cụ. Chương trình từ cụm CNC gửi tới PMC là chương trình NC còn tín hiệu từ PMC đến CNC là lệnh điều khiển bắt đầu chu trình, dừng khẩn cấp, giữ tốc độ và các lệnh rời rạc khác.

Tín hiệu của PMC gửi tới máy công cụ là lệnh thay dụng cụ, đóng mở hệ thống làm mát chi tiết và các chức năng khác. Mối quan hệ giữa PMC với cụm CNC và máy công cụ như chỉ ra trên hình 3-12.



Hình 3-12 Mối liên hệ giữa PMC với cụm CNC và máy.



Hình 3-13 Một phần chương trình PMC viết theo logic bậc thang

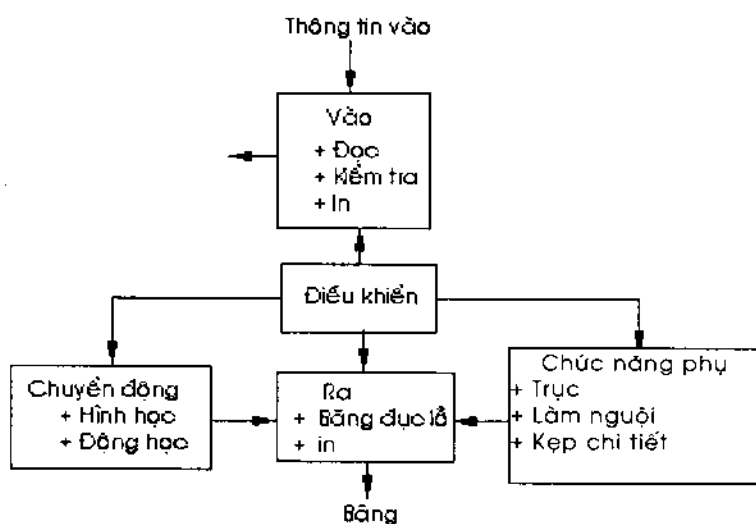
Chương trình ghép nối giữa PMC với máy công cụ và CNC được thiết kế trên cơ sở thông số của cụm điều khiển CNC. Chính vì vậy các máy khác nhau sẽ có chương trình điều khiển PMC cũng khác nhau. Nhiều máy CNC chương trình PMC có thể đọc được từ màn hình điều khiển. Hình 3-13 chỉ ra chương trình PMC viết theo logic bậc thang của trung tâm gia công TCI hãng Brigeport. Phần chương trình viết theo logic bậc thang để điều khiển hệ thống làm mát chi tiết, quạt gió, khởi động và dừng trục chính bằng tay. Trong một số trường hợp chương trình điều khiển trình tự được viết theo ngôn ngữ bậc cao như ngôn ngữ C, ngôn ngữ Pascal và các ngôn ngữ khác.

### 3.4.3 Postprocessor

Postprocessor là chương trình máy tính cần thiết trong cấu trúc điều khiển của máy công cụ điều khiển số. Postprocessor làm nhiệm vụ chuyển đổi thông tin



trong chương trình NC thành cấu trúc điều khiển dụng cụ. Thông tin mà Postprocessor phải xử lý là thông tin về đường chuyển động dụng cụ, điều kiện gia công, bắt đầu chương trình, kết thúc chương trình, tốc độ trục chính (S), lượng chạy dao (F). Các thông tin này đảm bảo thực hiện chuyển động bàn máy và các yêu cầu khác đặt ra trong quá trình điều khiển. Chương trình gia công bao gồm các mã cấu trúc điều khiển máy, các mã này được sắp xếp rất cẩn thận bởi các chữ cái A, B, ... Z, các số 1, 2, 3, ..., 9 và các ký hiệu đặc biệt. Các ký tự này được định nghĩa duy nhất bởi tổ hợp của tám bit thông tin số. Cấu trúc chương trình postprocessor chỉ ra trên hình 3- 14.



Hình 3-14 Cấu trúc Postprocessor.

1- Vào thông tin (Input) có nhiệm vụ đọc các thông tin đưa ra từ chương trình NC (ví dụ từ chương trình APT). Chương trình có thể đọc từ băng đục lỗ, băng từ hoặc từ chương trình trên máy tính khác. Ngoài nhiệm vụ vào thông tin nó còn có nhiệm vụ kiểm tra độ tin cậy số liệu thông tin vào, thông báo các thông tin không được xử lý và ra các lệnh chuẩn bị phục vụ cho các quá trình tiếp theo.

2- Chuyển động (Motion) là thành phần chính trong chương trình postprocessor. Thành phần này có nhiệm vụ hình thành tất cả các cấu trúc có liên

quan đến chuyển động dụng cụ. Thành phần chuyển động gồm hai chức năng: hình học và động học. Quá trình thông tin trong Postprocessor như sau: thông tin đưa vào Postprocessor và được xử lý trong hệ tọa độ Decac theo nguyên tắc bàn tay phải hoặc nguyên tắc bàn tay trái tùy thuộc vào hệ tọa độ được sử dụng đã có cấu trúc trong cụm CNC. Trong trường hợp thông tin được xử lý trong hệ tọa độ Decac khác, thông số hình học phải chuyển đổi cho phù hợp với hệ tọa độ tương ứng với hệ tọa độ trong cụm CNC.

3- **Thành phần phụ** (Auxiliary) làm nhiệm vụ đối chiếu các chức năng chuẩn bị, chức năng hỗn hợp (miscellaneous functions) của cấu trúc NC với yêu cầu đã được chấp nhận từ thành phần vào của postprocessor. Nó định rõ các chức năng nào phù hợp với MCU.

Trong trường hợp chức năng được chấp nhận nó đưa chức năng này tới thành phần ra để chuẩn bị đưa lệnh tới đối tượng cần điều khiển.

4- **Thông tin ra** (Output) làm nhiệm vụ chuyển dữ liệu đến các thành phần chuyển động và thành phần phụ. Các dữ liệu được biến đổi thành dạng phù hợp với MCU. Thành phần đưa thông tin ra cần phải sinh ra kiểu tín hiệu sao cho dễ dàng ghi trên băng từ, băng đục lỗ hoặc các thiết bị ngoại vi khác.

5- **Điều khiển** (Control) là thành phần sinh ra thời gian liên tục cho postprocessor, đáp ứng với tất cả các phần tử và hoạt động của chương trình. Nó còn làm nhiệm vụ điều khiển dòng dữ liệu chuyển tới các phần tử cần điều khiển và nhận liên tục các dữ liệu mới đưa vào từ thiết bị vào/ra.

#### 3.4.4 Phần mềm ứng dụng

Chương trình ứng dụng còn được gọi là chương trình NC. Chương trình cho thông tin mô tả đường chuyển động dụng cụ trong quá trình gia công, kiểu chuyển động: chạy nhanh, nội suy thẳng, nội suy vòng, điều kiện cắt như tốc độ trục chính, lượng chạy dao, chiều sâu cắt. Chương trình ứng dụng có thể viết bằng hai cách.

Chương trình viết trên cơ sở mã G, mã tiêu chuẩn M, T, F và chức năng S để viết chương trình NC. Các lệnh cơ bản trong chương trình NC.

#### **3.4.4.1 Chương trình mã G**

Lập trình theo mã G là sử dụng các mã lệnh G, M, S, F, T và các lệnh khác để hình thành chương trình gia công. Chương trình viết theo khối, trong một khối gồm nhiều từ (word). Từ là ký tự đặc biệt gồm địa chỉ chữ và số, sắp xếp theo trình tự nhất định thực hiện một hoạt động của máy, ví dụ N001, G01 và X120. Khối (Block) gồm một từ hoặc nhiều từ và cuối mỗi khối có ký tự kết thúc khối (EOB) và khối có thể xem là đơn vị cơ bản trong chương trình NC. Đoạn chương trình dưới đây gồm ba khối, khối thứ nhất có bốn từ, khối thứ hai có ba từ và khối cuối cùng có năm từ.

N05 G90 G80 G17

N10 T01 M06

N15 G01 X20 Y50 F12

Số thứ tự được đặt vị trí đầu tiên của mỗi khối và có mã địa chỉ chữ được ký hiệu bởi chữ cái tiếng Anh N, sau chữ N là ba chữ số chỉ thứ tự khối, ví dụ N005, đây là khối thứ năm.

Chức năng chuẩn bị được mã hóa bằng chữ cái G, sau đó là hai chữ số. Chức năng này thông báo cho MCU chuẩn bị mạch để hình thành kiểu điều khiển theo yêu cầu chương trình, ví dụ lệnh G00 được giải thích là chữ G địa chỉ chữ chỉ lệnh chuẩn bị công nghệ, hai số 00 chỉ đặc trưng cho công nghệ cần chuẩn bị là chạy nhanh với tốc độ định trước (tốc độ này cố định trong máy). Ví dụ khác lệnh G01. Khi hệ điều khiển CNC nhận được lệnh địa chỉ G nó hiểu rằng đây là lệnh chuẩn bị công nghệ và lệnh hai số tiếp theo 01 nó hiểu rằng đây là lệnh nội suy thẳng theo chiều kim đồng hồ.

Chức năng kích thước cũng được mã hóa bằng các chữ cái và sắp xếp theo thứ tự

X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, I, J, K, A, B, C, D, E cho hệ thống điều khiển nhiều trục.

Máy công cụ điều khiển số ba trục thẳng chức năng kích thước sắp xếp theo thứ tự X, Y, Z tương ứng các chuyển động thẳng thứ nhất X, Y, Z. Mã I, J, K là các mã dùng trong lệnh cắt ren và cung tròn.

Máy có nhiều trục chuyển động mã X, Y, Z, I, J, K được sắp xếp như trong máy ba trục, các mã kích thước tiếp theo P, Q, R được sắp theo thứ tự trục thẳng thứ ba tương ứng. Các mã A, B, C tương ứng với trục quay thứ nhất và mã D, E tương ứng với trục quay thứ hai. Ví dụ lệnh X100, trong đó X là địa chỉ chữ chỉ cho hệ điều khiển biết rằng đó là lệnh chuyển động theo trục X và chữ số 100 chỉ vị trí tọa độ tiếp theo cần chuyển động tới. Kích thước trong chương trình được tính theo BCS.

Lượng chạy dao được mã hóa bằng chữ F và sau nó là bốn số. Đơn vị lượng chạy dao tính theo milimet trên phút. Mã hóa lượng chạy dao sẽ được trình bày ở các mục tiếp theo.

Tốc độ chuyển động quay của trục chính mã hóa bằng chữ S, ví dụ S1000 M03. Trong đó mã M03 chỉ trục chính quay thuận chiều kim đồng hồ. Các lệnh M sẽ nói rõ trong các mục tiếp theo. Đơn vị đo của chuyển động chính là vòng trên phút.

Chức năng thay dụng cụ được mã hóa bằng chữ T và sau là các số. Ở trung tâm gia công sau địa chỉ T là hai số chỉ thứ tự dụng cụ. Ví dụ T02 chỉ cho hệ điều khiển hiểu rằng đây là dụng cụ thứ hai trong thiết bị lưu trữ dụng cụ. Trung tâm tiện cũng dùng mã lệnh T làm nhiệm vụ thay dụng cụ tự động. Sau địa chỉ chữ T có bốn số, bốn số đó chia làm hai nhóm. Nhóm hai số đầu chỉ số thứ tự dụng cụ trên giá (turret), nhóm hai số thứ hai chỉ địa chỉ fille hiệu chỉnh dụng cụ (offset tool) của dụng cụ tương ứng. Tùy thuộc vào máy có thể có số dụng cụ 6, 12, 24 hoặc 36. Nhóm số thứ hai offset dụng cụ 00 là lệnh dừng offset (offset cancel command). Ví dụ lệnh gọi dụng cụ của trung tâm tiện là T0101. Nhóm số thứ nhất 01 chỉ lựa chọn

dụng cụ số 01. Nhóm số 01 tiếp theo chỉ địa chỉ Fille lưu trữ thông tin hiệu chỉnh (offset). Để dùng lệnh hiệu chỉnh dụng cụ số 05 người ta viết T0500.

Mỗi dụng cụ cắt có số mã số riêng. Dụng cụ được lựa chọn và thay tự động khi mã số có mặt trong khối chương trình.

Chức năng phụ được mã hóa bằng chữ M và sau nó là hai số. Đó là chức năng dừng chương trình, lệnh chọn chiều trục chính, đóng ngắt hệ thống làm mát, kết thúc chương trình, gọi chương trình con và các chức năng khác. Dưới đây là một số lệnh cơ bản trong chương trình NC .

### *1. Lệnh chuyển động*

- Mã lệnh G00 là mã lệnh thực hiện chuyển động. Lệnh điều khiển dụng cụ chuyển động nhanh đến vị trí xác định (chú ý rằng tốc độ khi chuyển động nhanh được đặt cố định trước, vì vậy câu lệnh này không đòi hỏi lệnh F), ví dụ: G00 X100 Y50 Z1.
- Mã lệnh G01 là mã lệnh nội suy đường thẳng. Lệnh này thực hiện chuyển động dụng cụ từ tọa độ trong khối lệnh trước đến tọa độ trong khối lệnh đang thực hiện. Lệnh G01 đòi hỏi lệnh F, ví dụ G01 X120 Y40 F25.
- Mã lệnh G02 và G03 là mã lệnh nội suy cung tròn thuận chiều kim đồng hồ(G02) và ngược chiều kim đồng hồ (G03). Lệnh yêu cầu hệ điều khiển chuyển động dụng cụ trên cung tròn. Lệnh này đòi hỏi năm thông tin, vị trí điểm cuối của cung tròn, mặt phẳng nội suy, tọa độ bắt đầu nội suy, hướng nội suy và tọa độ tâm cung tròn cần nội suy.

### *2. Lựa chọn mặt phẳng*

Mã lệnh lựa chọn mặt phẳng G17, G18, G19. Chúng ta đã biết hệ tọa độ chi tiết được hình thành bởi ba trục X, Y, Z. Ba trục này vuông góc với nhau và hình thành ba mặt phẳng, mặt phẳng XY, mặt phẳng ZX và mặt phẳng YZ. Chuyển động của dụng cụ chỉ thực hiện trong mặt phẳng đã lựa chọn.

### 3. Hệ vị trí

Mã lệnh hệ vị trí G90 và G91. Mã lệnh G90 được dùng cho hệ tuyệt đối (absolute system) và mã lệnh G91 dùng cho hệ tương đối (incremental system). Trong kiểu tuyệt đối, chuyển động dụng cụ đến vị trí mà giá trị của nó được xác định so với điểm cố định (điểm cố định được gọi là gốc) trên hệ tọa độ chi tiết. Kiểu tương đối, điểm hiện tại được coi là điểm gốc để xác định điểm tiếp theo.

### 4. Chức năng tốc độ

Chức năng tốc độ được ký hiệu S và sau là các số. Chức năng này định tốc độ quay của trục chính. Đơn vị đo tốc độ trục chính là vòng trên phút. Chức năng S phải đi cùng chức năng phụ M03 (trục chính quay thuận kim đồng hồ) hoặc M04 (chuyển động trục chính ngược chiều kim đồng hồ).

### 5. Chức năng hỗn hợp (Miscellaneous)

- Mã lệnh M00 thực hiện dừng chương trình không có điều kiện. Khi gặp mã lệnh này trong chương trình hệ điều khiển dừng trục chính, chạy dao và dừng làm mát chi tiết cho đến khi có tín hiệu khởi động lại.
- Mã lệnh M01 là lệnh dừng có điều kiện. Nó cũng có chức năng giống như chức năng M00 nhưng khác là nó chỉ thực hiện đóng - ngắt chuyển mạch đã lựa chọn trong chương trình gia công.
- Dừng thực hiện chương trình khi gặp mã lệnh M30. Mã lệnh này đặt ở cuối chương trình gia công.

### 6. Chức năng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ (offset tool)

Trong chương trình gia công có thể dùng nhiều loại dụng cụ và chiều dài các dụng cụ cũng khác nhau. Để gia công được hệ điều khiển phải có chức năng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ. Mã lệnh G43, G44 và G49 là các mã lệnh thực hiện chức năng này. Chú ý rằng mã lệnh hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ thực hiện trên trục chuyển động thẳng thứ nhất Z. Mã lệnh G43 hiệu chỉnh chiều dài theo chiều dương

trục Z. Mã lệnh G44 hiệu chỉnh chiều dài theo chiều âm trục Z và mã lệnh G49 mã lệnh dừng hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ.

### 7. Chức năng hiệu chỉnh đường kính dụng cụ (tool diameter offsets)

Trong điều khiển, đường chuyển động của dụng cụ được vẽ ra theo tâm của nó hay nói khác đi là đường chuyển động cụ được hình thành trên cơ sở đường tâm trục chính. Nếu cho dụng cụ chuyển động theo biên dạng chi tiết gia công, chi tiết được gia công có kích thước nhỏ hơn kích thước yêu cầu một lượng chính bằng bán kính của dụng cụ, vì vậy chúng ta phải hiệu chỉnh quỹ đạo chuyển động đường tâm dụng cụ cách bề mặt gia công một khoảng bằng bán kính dụng cụ. Chức năng này gọi là hiệu chỉnh đường kính dụng cụ. Mã lệnh G41, G42 và G40 thực hiện chức năng này. G41 là mã lệnh thực hiện hiệu chỉnh đường kính bên trái, G42 hiệu chỉnh đường kính bên phải và G40 dừng hiệu chỉnh đường kính. Ta có thể dễ dàng dùng bàn tay phải đặt úp để xác định cách dùng lệnh G41 và G42. Nếu ta quy định ngón trỏ giữ chức năng G40 và ngón cái G41 và ngón giữa G42. Để xác định dùng lệnh G41 hay G42 ta để ngón giữa có hướng từ lòng bàn tay đến đầu ngón tay trùng với hướng chuyển động của dụng cụ, dụng cụ chuyển động phía ngón tay cái ta dùng lệnh G41 và chuyển động cắt phía trong dùng lệnh G42. Câu lệnh dùng cho hiệu chỉnh chiều dài và đường kính cho trung tâm gia công có dạng như sau:

G41(hoặc G42) Xx Yy Zz Hh Dd.

Chú ý rằng trong nhiều trường hợp bảng (file) ghi thông tin hiệu chỉnh dụng cụ, số thứ tự thứ đầu tiên (01) đến số thứ tự số dụng cụ cuối cùng tương ứng với số thứ tự đó là giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ và các số thứ tự tiếp theo tương ứng với giá trị hiệu chỉnh đường kính dụng cụ. Ví dụ hình 3-14A là file lưu trữ dữ liệu hiệu chỉnh chiều dài và đường kính dụng cụ. Từ bảng ta thấy giá trị lưu trữ có 08 dụng cụ được đánh số thứ tự từ 001 đến 008, cột DATA ghi giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ. Từ thứ tự 009 đến 016 cột DATA ghi giá trị hiệu chỉnh đường kính dụng cụ, ví dụ, dao 00 005 có giá trị hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ là 12,000 và tương ứng với nó là số thứ tự 013 cột DATA ghi số liệu hiệu chỉnh chiều dài tương ứng là

8,562. Nhìn vào file ghi hiệu chỉnh ta có thể biết được số dụng cụ đã được hiệu chỉnh. Trong bảng hiệu chỉnh chỉ ra ở trên có 04 dụng cụ đã được hiệu chỉnh.

OFFSET		O11224 N000	
NO	DATA	NO	DATA
001	0.000	009	0.000
002	0.000	010	12.269
003	5.000	011	10.230
004	0.000	012	11.265
005	12.000	013	8.562
006	0.000	014	0.000
007	0.000	015	0.000
008	0.000	016	0.000

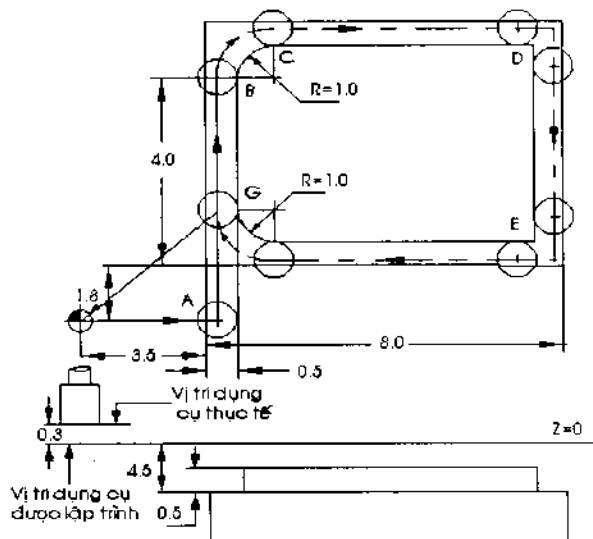
ACTUAL POSITION (RELATIVE)			Y	0.000
X	0.000			
Z	0.000			

NO. 013 =  
03:22:13  
[OFFSET] [MACRO] [MENU] [WORK] [TOOLLF]

Hình 3-14A File ghi hiệu chỉnh dụng cụ trong hệ điều khiển Fanuc.

**Ví dụ 3-1** Lập trình gia công chi tiết, kích thước tính theo hệ inches chỉ ra trên hình 3-15. Hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ được ghi vào thanh ghi H1 (H1= -0,3) và hiệu chỉnh đường kính trong thanh ghi D 21. Đường chuyển động dụng cụ chọn như trên hình 3-15.



Hình 3-15 Ví dụ lập trình gia công.



## GIẢI

- N5 G90 G80 G40 G17, G49; an toàn cho máy.
- N10 T1 M6; thay dụng cụ T1.
- N15 G54 G00 X0 Y0; Thiết lập hệ tọa độ chi tiết chạy nhanh đến (0,0).
- N20 S1000 M3; tốc độ trục chính 1000vòng/ph, trục chính quay thuận chiều kim đồng hồ (CW).
- N25 G43 H1 Z-5.0; hiệu chỉnh chiều dài dụng cụ, chạy nhanh tới Z -5.0.
- N30 G41 H21 X4.0; hiệu chỉnh đường kính dụng cụ (trái), chạy nhanh đến điểm A.
- N35 G91 G01 Y5.8 F15.5; kiểu tuyệt đối, chạy dao gia công đến điểm B, tốc độ chạy dao F15.0
- N40 G02 X1.0 Y1.0 R1.0; nội suy đường tròn, cung cắt BC
- N45 G01 X7.0; nội suy đường thẳng, gia công tới điểm D
- N50 Y-4.5; gia công đến điểm E
- N55 X-6.0; gia công đến điểm F
- N60 G02 X-1.0 Y1.0 R1.0; nội suy đường tròn, gia công trên đường cong FG
- N65 G01 G40 X-2.5 Y-2.8; nội suy đường thẳng, dừng hiệu chỉnh đường kính, chuyển dụng cụ về điểm O.
- N70 G00 Z5.0; chuyển động nhanh trục chính về Z-5.0.
- N75 G91 G28 Z0; chạy nhanh trục chính về gốc máy trục Z.
- N80 M5; dừng trục chính.

N85 G91 G28 X0 Y0;            chạy nhanh trục X về gốc máy trục X.

N85 M30;                            dừng chương trình.

#### **3.4.4.2 Chương trình tham số**

Sử dụng mã G lập trình gia công các bề mặt phức tạp và có chu trình lặp bằng các chương trình con đơn giản gặp nhiều khó khăn, bởi vì cần phải xác định nhiều thông số cần thiết khi lập trình. Do vậy chương trình gia công dài, mắc nhiều lỗi và độ chính xác thấp. Ví dụ, khi cắt rãnh elip, nếu lập trình theo mã G ta phải chia đường elip thành các cung, xác định tâm cung tròn tương ứng với các đoạn cung đã chia. Từ số liệu tâm cung tròn, điểm đầu, điểm cuối của mỗi cung là cơ sở để lập chương trình. Chính vì vậy độ chính xác của đường elip phụ thuộc vào số phân chia cung elip. Với các bề mặt phức tạp và có chu trình lặp, chương trình con viết theo tham số dễ dàng hơn so với lập trình theo mã G. Lập trình theo tham số cho phép thực hiện các phép tính số học, phép logic, phép lặp và các tiện ích khác.

Hệ thống biến trong lập trình theo tham số gồm biến chương trình, biến ghép nối vào - ra và biến dự báo. Biến dự báo có thể xem là biến hàm chức năng như số liệu hiệu chỉnh dụng cụ, thiết lập hệ tọa độ chi tiết, cảnh báo, các thông tin vị trí và tín hiệu trợ giúp. Biến trong hệ thống điều khiển được các nhà thiết kế định nghĩa trong chương trình điều khiển máy. Ký hiệu địa chỉ biến trong hệ thống điều khiển của các hãng sản xuất khác nhau cũng khác nhau. Nhưng phần lớn sử dụng dấu # làm địa chỉ gán, ví dụ biến hệ thống #4001 trong hệ điều khiển FANUC là thông tin về kiểu điều khiển nội suy đường thẳng tương đương với lệnh G01 trong chương trình mã G. Tương tự như vậy, chương trình tham số định nghĩa chữ A là biến #1 và chữ B là biến #2 các biến khác có thể xem trong các thuyết minh sử dụng máy.

Đối với hệ thống điều khiển CNC của Mitsubishi người ta sử dụng chữ cái D của tiếng Anh để ký hiệu cho địa chỉ biến và sau đó là các số. Chữ A trong hệ điều khiển của Misubishi có kí hiệu biến D101, chữ B là biến D102 và các biến khác có thể tham khảo trong tài liệu của Mitsubishi.

Biến trong hệ thống trong lập trình theo tham số có thể phân thành những dạng sau:

1. Biến hệ thống là biến không thể thay đổi được (phần cứng) nó không mất đi ngay cả khi mất điện. Biến hệ thống dùng để đọc, viết một biến dữ liệu. Biến hệ thống có các kiểu: biến ghép nối, hiệu chỉnh dụng cụ, biến cảnh báo, biến thời gian, biến đổi số nhị phân thành thập phân và biến điều khiển thuật toán tự động. ví dụ biến hệ thống vào-ra của hãng Mitsubishi nói rõ trong mục 3.2.8.

2. Biến chung là biến có thể sử dụng ở mọi vị trí trong chương trình viết theo tham số. Biến này luôn được lưu trong bộ nhớ và dữ liệu của biến không bị mất đi ngay cả khi mất điện. Chú ý rằng sử dụng các biến sẽ làm giảm bộ nhớ của máy. Ví dụ trong hệ thống điều khiển FANUC các biến từ #100 đến #149 và #500 đến #531 là các biến chung.

3. Biến cục bộ là biến chỉ được sử dụng trong từng chương trình tham số, ví dụ biến #1 đến #33 của hệ điều khiển FANUC. Các biến này dùng để ghi kết quả của thuật toán. Khi mất điện biến này về "null" và biến trở thành không sử dụng được.

4. Biến không là biến được ký hiệu bằng số "0" và không được dùng vì giá trị của biến luôn "null". Không có giá trị nào gán được cho biến này.

Một trong những đặc tính của lập trình tham số là có khả năng hình thành các phép toán và chức năng điều khiển để gia công các bề mặt phức tạp mà bề mặt được cho dưới dạng phương trình toán học. Ví dụ, lập trình theo tham số để gia công rãnh elip trên máy CNC với hệ thống điều khiển của FANUC.

Theo toán học, elip có thể xây dựng từ hai đường tròn cơ sở, đường tròn chính và đường tròn phụ. Bán kính của đường tròn chính tương ứng với trục chính của elip và bán kính đường tròn phụ tương ứng với trục phụ của elip như chỉ ra trên hình 3-16. Gắn hệ tọa độ Decac lên elip với điểm gốc là điểm nào đó trong hình elip. Giả thiết gốc của hệ tọa độ trùng với tâm đường tròn chính và đường tròn phụ

(hình 3-16a), các điểm của elip được xác định trên cơ sở của hai đường tròn như sau: Từ gốc tọa độ dựng đường thẳng hợp với trục X một góc  $\theta$ , đường thẳng này cắt đường tròn phụ tại N và cắt đường tròn chính tại K. Từ K hạ đường vuông góc với trục X, từ N kẻ đường song song với trục X, giao của hai đường này xác định điểm trên elip.

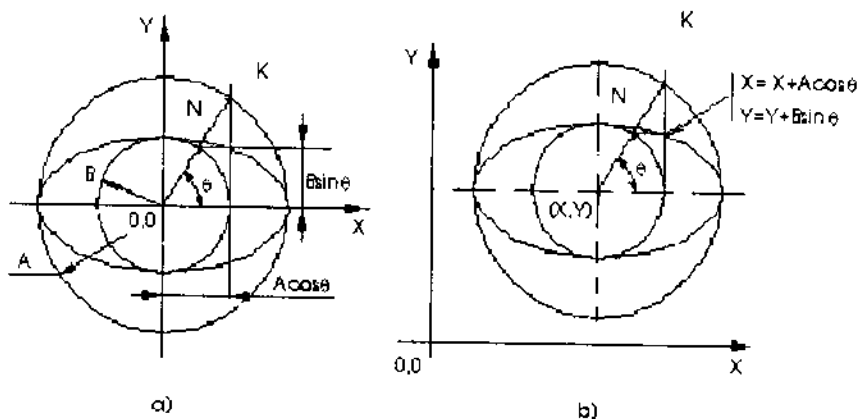
Điểm trên đường elip xác định theo bán kính đường tròn chính A, bán kính đường tròn phụ B và góc  $\theta$  xác định theo phương trình:

$$\begin{aligned}x &= A \cos \theta \\y &= B \sin \theta\end{aligned}\quad (3-1)$$

Nếu góc tọa độ đặt ở ngoài elip chỉ ra trên hình 3-16b, tọa độ điểm trên elip có thể xác định theo công thức:

$$\begin{aligned}x &= X + A \cos \theta \\y &= Y + B \sin \theta\end{aligned}\quad (3-2)$$

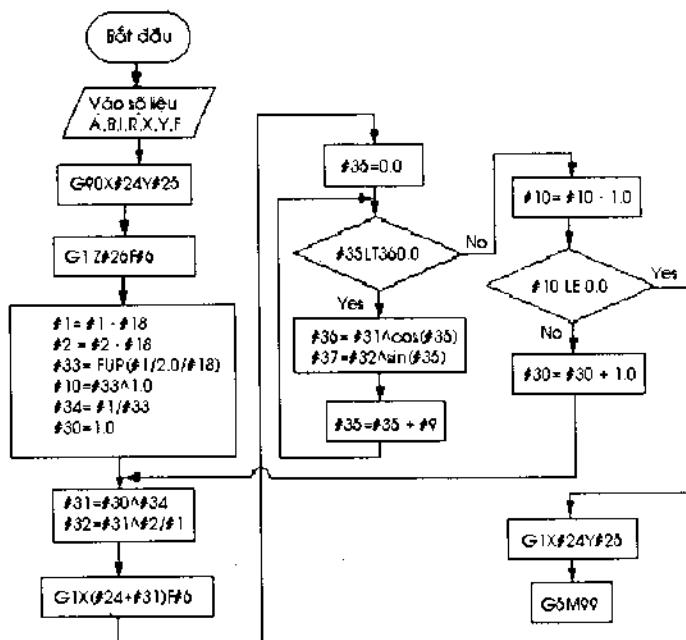
trong đó : X và Y là tọa độ tâm elip.



**Hình 3-16** Dựng elip:  
a) tâm elip nằm tại 0,0; b) tâm elip nằm tại X,Y.

Các biến dùng trong chương trình tham số được định nghĩa như sau:

Địa chỉ A thay bởi biến #1	chiều dài trục chính elip
Địa chỉ B thay bởi biến #2	chiều dài trục phụ elip
Địa chỉ I thay bởi biến #9	giá trị bước góc
Địa chỉ R thay bởi biến #18	bán kính dụng cụ cắt
Địa chỉ X thay bởi biến #24	giá trị tọa độ X tâm elip
Địa chỉ Y thay bởi biến #25	giá trị tọa độ Y tâm elip
Địa chỉ Z thay bởi biến #26	chiều sâu cắt
Địa chỉ F thay bởi biến #6	lượng chạy dao.



Hình 3-17 Sơ đồ thuật toán cắt rãnh elip.

Lệnh gọi chương trình tham số viết trong chương trình chính của hệ điều khiển FANUC khi cắt rãnh elip như sau:

N65 P7030 Aa Bb Ii Rr Xx Yy Zz Ff,

trong đó: a, b, i, r, x, y, z, f là các giá trị được gửi;

A, B, Y, Z, F., I, R, X là các địa chỉ.

Sơ đồ thuật toán lập trình tham số để cắt elip trên máy CNC hệ điều khiển FANUC như chỉ ra trên hình 3-17.

Chương trình tham số để cắt rãnh elip trên máy CNC hệ điều khiển FANUC.

O7030	tên chương trình tham số
#5=#4003	lập trình tuyệt đối hoặc gia số tương ứng với G90 hoặc G91 đã chọn trong chương trình chính.
G0X#24Y#25	đưa dụng cụ nhanh đến tâm elip
G1Z#26F#6	chạy dao theo trục Z để cắt chiều sâu Z
#1=#1- #18	gán biến #1 với giá trị chiều dài trục chính elip
#2=#2- #18	gán biến #2 với giá trị chiều dài trục phụ elip
#33=FUP(#1/2.0/#18)	tính toán số bước lặp
#10=#33*1.0	chuyển biến #33 thành số thực
#34=#1/#33	tính giá trị bước theo trục X
#30=1.0	gán biến #30=1.0
N10 #31=#30*#34	tính toán giá trị tích lũy bước
#32=#31*#2/#1	tính toán giá trị bước theo trục X
G1X(#24+#31)F#6	chạy nhanh đến điểm đầu tiên trên trục X
#35=0.0	gán biến #35 =0.0
WHILE (#25)LT(360.0) DO	xác định vòng lặp
#36=#31*cos(#35)	tính toán tọa độ X

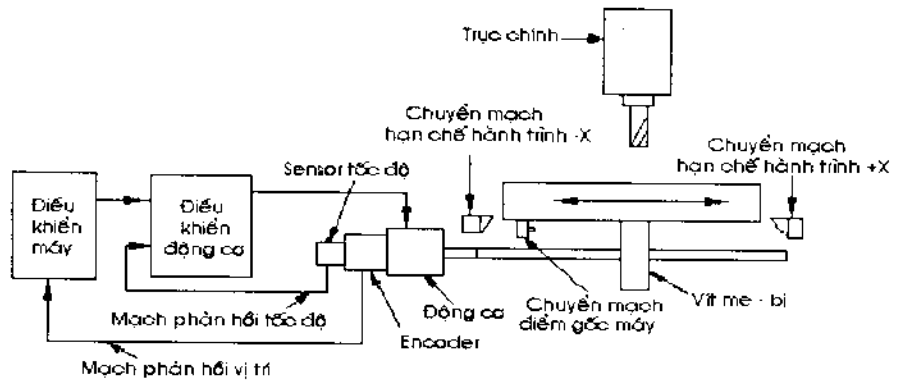
#37=#32*sin(#35)	tính tọa độ Y
G1X(#24 + #36)Y(#25 + #37)	chạy nội suy
#35=#35 - #9	gia số góc
END1	kết thúc vòng lặp
#10=#10+1.0	tăng biến #10 lên 1
IF (#10) LE (0.0) GOTO 20	điều khiển lặp
#30=#30-1.0	tăng biến #30 lên 1
GOTO N10	
N20 G1 X#24Y#25	chạy dụng cụ về tâm elip
G#5M99	về theo kiểu lặp trình G90 hoặc G91, về chương trình chính

### 3.5 ĐIỀU KHIỂN VỀ ĐIỂM GỐC MÁY VÀ HẠN CHẾ HÀNH TRÌNH

#### 3.5.1 Điều khiển về gốc máy

Khi máy mới khởi động, hệ điều khiển chưa nhận biết được vị trí các trục máy, vì vậy máy cần phải đưa các trục về điểm mà nó đã được xác định từ trước, đó là điểm gốc của máy hay còn được gọi là điểm không máy hoặc điểm riêng của máy (machine home point).

Hãy xem xét những gì xảy ra khi máy thực hiện về điểm gốc máy. Để thực hiện điều khiển bàn máy về điểm gốc máy, thiết bị cần có mạch điều khiển vị trí (hình 3-18). Trên bàn máy người ta lắp một chuyển mạch dùng định vị điểm gốc máy. Chuyển mạch xác định điểm gốc máy là chuyển mạch tiếp xúc hoặc không tiếp xúc. Quá trình xác định điểm gốc máy xảy ra khi có lệnh từ hệ điều khiển CNC đưa tới, bàn máy thực hiện chuyển động chậm về hướng điểm gốc máy. Khi bàn máy tác động lên chuyển mạch điểm gốc máy, chuyển mạch đóng sinh ra tín hiệu, tín hiệu này được gửi tới hệ điều khiển CNC báo cho hệ điều khiển biết chuyển mạch đang ở trạng thái đóng.



**Hình 3-18** Cấu trúc điều khiển trục X về điểm gốc máy.

Hệ điều khiển CNC gửi tới điều khiển động cơ yêu cầu động cơ quay ngược chiều so với chuyển động quay ban đầu với tốc độ chậm cho đến khi hệ CNC nhận được xung xác định vị điểm gốc của Encoder gửi tới, hệ CNC lệnh cho hệ điều khiển dừng động cơ và lúc đó quá trình chuyển động bàn máy về điểm gốc máy kết thúc. Lúc này máy biết chính xác vị trí của mình trên mỗi trục. Đồng thời chiều quay của động cơ cần được đặt ở trạng thái quay thuận chiều kim đồng hồ.

### 3.5.2 Hạn chế hành trình bàn máy

Để đảm bảo cho bàn máy không vượt quá hành trình, trên mỗi trục chuyển động người ta lắp hai chuyển mạch tiếp xúc hoặc không tiếp xúc như chỉ ra trên (hình 3-18). Ngoài ra để an toàn thêm cho máy người ta dùng khống chế hành trình bằng chương trình, phần mềm được lưu trữ trong máy. Ví dụ, hành trình của bàn máy theo trục X lớn nhất là 300mm, nếu BCS của máy là 0,001mm, số xung lớn nhất kể từ gốc máy sẽ là  $300/0.001=300000$  xung. Hệ đếm số xung nếu vượt qua số lượng xung trên máy đưa ra lời cảnh báo và hệ điều khiển CNC ra lệnh dừng động cơ, thông báo lỗi (màn hình điều khiển xuất hiện dòng chữ vượt quá hành trình). Giới hạn bằng phần mềm thường có tác dụng trước hạn chế hành trình bằng chuyển



mạch, nó là hạn chế hành trình thứ nhất và hạn chế hành trình bằng chuyển mạch là hạn chế hành trình thứ hai.

### 3.6 MÃ HÓA TỐC ĐỘ CHẠY DAO

Hiện nay, có một số phương pháp mã hóa tốc độ chạy dao, ở đây trình bày phương pháp mã hóa tốc độ chạy dao dùng phổ biến là phương pháp thời gian ngược (inverse-time).

Mã tốc độ chạy dao (Mã tốc độ Chạy Dao -MCD) chuyển tới MCU tỷ lệ nghịch với thời gian nội suy tính bằng phút. Với chuyển động thẳng MCD được tính theo công thức sau:

$$MCD = \frac{10 \times V}{L} \quad (3-3)$$

trong đó:

V - tốc độ chạy dao trên đoạn thẳng tính theo đơn vị chiều dài trên phút, ví dụ tốc độ chạy dao 20 milimet trên phút;

L - chiều dài đoạn thẳng dịch chuyển cũng được tính theo cùng một đơn vị chiều dài với tốc độ chạy dao, ví dụ nếu tốc độ chạy dao tính là milimet trên phút, chiều dài cũng được tính theo milimet.

MCD - mã tốc độ chạy dao được biểu diễn bằng bốn chữ số từ 0001 đến 9999, phù hợp với thời gian nội suy 10 phút và 0,06 giây. Ví dụ, chuyển động thẳng với khoảng cách là 5 milimet, tốc độ chạy dao 10 mm/ph. MCD được tính như sau:

$$MCD = \frac{10 \times 10}{5} = 20$$

Chương trình lệnh tốc độ chạy dao được viết F0020. Trong một số trường hợp các số 0 đứng trước không có ý nghĩa có thể không cần viết, lúc đó lệnh chạy dao trong chương trình ứng dụng có thể viết F20.

Chuyển động dụng cụ theo cung tròn MCD được xác định theo công thức:

$$MCD = \frac{10 \times V_R}{R} \quad (3-4)$$

trong đó:

$V_R$  – lượng chạy dao của dụng cụ trên cung tròn, được tính theo đơn vị dài trên phút;

R - bán kính cung tròn tính theo đơn vị dài.

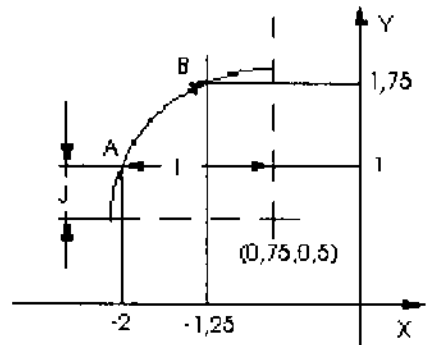
**Ví dụ 3-2** : Tính toán mã tốc độ chạy dao để cắt cung tròn bán kính tính theo hệ Anh  $R = 1,346$  in với tốc độ dài yêu cầu  $V = 5$  in/ph, bước cơ sở BCS =  $0,001$  in chỉ ra trên hình 3-19.

Từ phương trình (3-4) ta có:

$$MCD = \frac{10 \times 5}{1,346} = 37$$

Phần lớn hệ điều khiển CNC lập trình lượng chạy dao trực tiếp theo đơn vị milimet trên phút hoặc inch trên 10 phút. Ví dụ tốc độ chạy dao 250 mm/ph, chương trình viết F250. Tốc độ chạy dao tính theo inch ví dụ 5,5 in/ph, chương trình viết F55. Những lệnh này

đưa vào hệ CNC và được CNC lưu lại cho đến khi nó được thay thế bởi lệnh khác. Trong hệ điều khiển máy CNC, khi nội suy đường thẳng, tốc độ dài của dụng cụ trên đường cắt bằng với tốc độ dài xác định theo chương trình. Nội suy đường tròn tốc độ dụng cụ trên đường gia công khác với tốc độ viết trong chương trình. Tốc độ chạy dao  $F$ , đòi hỏi cần phải nhân với tỷ số giữa bán kính dụng cụ và bán kính cung tròn.



Hình 3-19 Kích thước cung tròn:  
A : điểm bắt đầu;  
B : điểm kết thúc

$$F = \frac{R_p \pm R_t}{R_p} F_r \quad (3-5)$$

trong đó:  $F$  - lượng chạy dao viết trong chương trình;  $R_p$  - bán kính đường cong;  
 $R_t$  - bán kính dụng cụ cắt .