สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

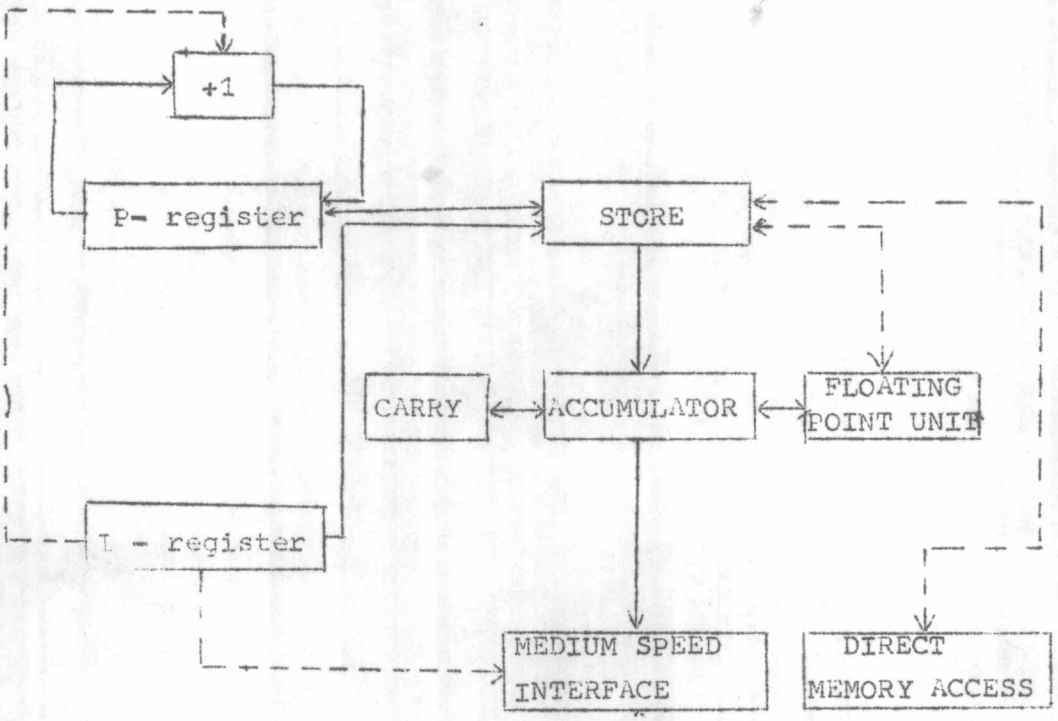
ลักษณะของเครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี มีลักษณะโดยสังเขปดังนี้[1] มี 16 บิท/ไบท์ (bits/byte) เริ่มจากบิท 0 ถึง 15 ช่วงเวลาของการทำงาน (core cycle) เป็น 950 nS โดยที่มีขนาดของหน่วยความจำเป็น 28 KB แต่อาจขยายได้ถึง 64 KB คำสั่งที่จำเป็นบางคำสั่งถูกกำหนดโดยฮาร์ดแวร์ (hardware) เครื่องประกอบต่างๆที่มีคือ เครื่องเทเลไทป์ (teletype) เครื่องอ่านบัตร (card reader) เครื่องอ่านและบันทึกจานแม่เหล็ก (disc unit) เครื่องอ่านและบันทึกเทปแม่เหล็ก (magnetic tape unit) และเครื่องพิมพ์แบบกระดาษต่อเนื่อง (printer) รายละเอียดระบุในภาคผนวก ช.

ทางด้านซอฟแวร์ (software) ใช้ระบบการดำเนินงานด้วยจานแม่เหล็ก (disc operating system) โปรแกรมพื้นฐานที่ใช้คือภาษาสัญญลักษณ์ (Symbolic Assembler) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้อย่างกว้างขวาง สามารถคูณและหารได้ มีคำสั่งคำนวณเลขทศนิยม (floating point instruction) รากที่สอง (square root) ลอกการิทึม (natural logarithm) และอื่นๆ มีตัวแปลโปรแกรม (compiler) ที่สามารถใช้สำหรับภาษาเมทแชท (Mathchat) และภาษาเบสิค (BASIC) ซึ่งเป็นภาษาที่เหมาะกับเครื่องแบบสายต่อ (on-line) และการคำนวณทางคณิตศาสตร์

ในระบบเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนี้ใช้ตัวเลขในระบบเลขฐานแปด (Octal) ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้เครื่องหมาย * นำหน้าตัวเลขที่เป็นเลขฐานแปด

กจรทำงานของส่วนประกอบภายในหน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (central processing unit) อธิบายรายละเอียดต่างๆ ได้ดังนี้



แสดง CPU Organization

รูปที่ 1

รีจิสเตอร์ (Registers)[1]

รีจิสเตอร์บอกที่อยู่โปรแกรม (Program address Register; P-register) 16 บิท เป็นตัวเก็บที่อยู่ (address) ของคำสั่งที่จะคำนวณต่อไป โดยปรกติ พี-รีจิสเตอร์ (P- register) จะมีค่าเพิ่มขึ้นทีละ 1 ทุกครั้งที่คำสั่งถูกทำการคำนวณ ยกเว้นในกรณีที่คำนวณคำสั่งที่เกี่ยวกับการโยกย้าย

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register; I- register) 16 บิท เป็นตัวเก็บคำสั่งที่กำลังทำการคำนวณ ทำหน้าที่แปลและคำนวณคำสั่งนั้น ๆ

แอคคิวมูเลเตอร์ (Accumulator, A or ACC) ; 16 บิท เป็นตัวกลางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ หรือข้อมูลที่อ่านหรือจะบันทึกในหน่วยความจำหรือข้อมูลที่จะรับส่งกับหน่วยรับและแสดงผล ในกรณีที่ใช้เก็บข้อมูลในการคำนวณ บิท 15 (most significant bit) จะเป็นบิทที่แสดงเครื่องหมาย (sign bit) ถ้าบิท 15 เป็น 0 แสดงว่าเป็นค่าบวก ถ้าเป็น 1 แสดงว่าเป็นลบ

รีจิสเตอร์ทดเลข (Carry Register, C); 1 บิท ใช้เก็บค่าทดที่เกิดจากการคำนวณในแอคคิวมูเลเตอร์ ค่าทดจะเป็น 1 ถ้าผลบวกมีค่ามากกว่า *177777 หรือถ้าผลลบมีค่าน้อยกว่า -*77777

รีจิสเตอร์สวิทช์แบงค์ (Switch Bank Registes, S); 16 บิท ใช้เป็นสวิทช์สำหรับเลือกการทำงานของโปรแกรม ค่าที่บันทึกในสวิทช์แบงค์รีจิสเตอร์จะถูกลบทุกครั้งที่เปิดสวิทช์ของเครื่อง

การโยกย้ายข้อมูล (Data Transfer)[1]

ตัวกลางสำหรับความเร็วขนาดกลาง (Medium Speed Interface, MSI) ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลและติดต่อกับหน่วยรับและหน่วยแสดงผลที่มีความเร็วไม่สูง เช่น เครื่องพิมพ์ (printer) เครื่องอ่านบัตร เครื่องพิมพ์ดีด และอื่น ๆ กับ แอคคิวมูเลเตอร์ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดได้ 80,000 ตัวอักษรต่อวินาที

การเก็บความจำโดยตรง (Direet Memory Access,DMA) ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลจากหน่วยรับและหน่วยแสดงผลโดยตรงกับหน่วยความจำ เช่นการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องจานแม่เหล็ก เครื่องเทปแม่เหล็กกับหน่วยความจำ อย่างไรก็ตามการควบคุมและติดต่อกับหน่วยรับและหน่วยแสดงผลพวกนี้ยังติดต่อผ่านตัวกลางสำหรับความเร็วขนาดกลาง (MSI)

หน่วยความจำ (Memory)[1]

เป็นหน่วยเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน สามารถเก็บข้อมูลได้ที่อยู่ (address) ละ 16 บิท โดยหน่วยความจำจะแบ่งเป็นส่วน (stack) ส่วนหนึ่งมี 4,096 ที่อยู่ (* 7777) เช่น

STACK 0 หมายถึงหน่วยความจำที่อยู่ 0 ถึง * 7777

STACK 1 หมายถึงหน่วยความจำที่อยู่ *10000 ถึง *17777

โปรแกรมการทำงานสามารถเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำที่อยู่ภายในส่วนเดียวกับที่เก็บโปรแกรมอยู่ได้โดยตรง แต่ถ้าต้องการข้อมูลในส่วนอื่น ๆ จะต้องใช้วิธีทางอ้อม (indirect address)

ดังจะเห็นการทำงานของส่วนต่าง ๆ ตามรูปที่ 1 และนอกจากนี้ยังมีหน่วยอื่นๆ อีกเช่น

ส่วนคำนวณเลขทศนิยม (Floating Point Unit, FPU)

ใช้สำหรับคำนวณข้อมูลที่มีอยู่ในลักษณะเป็นจุดทศนิยม (Floating Point)

ส่วนมัลติเลฟเวลอินเตอรัพท์ (Multilevel Interrupt, MLI)

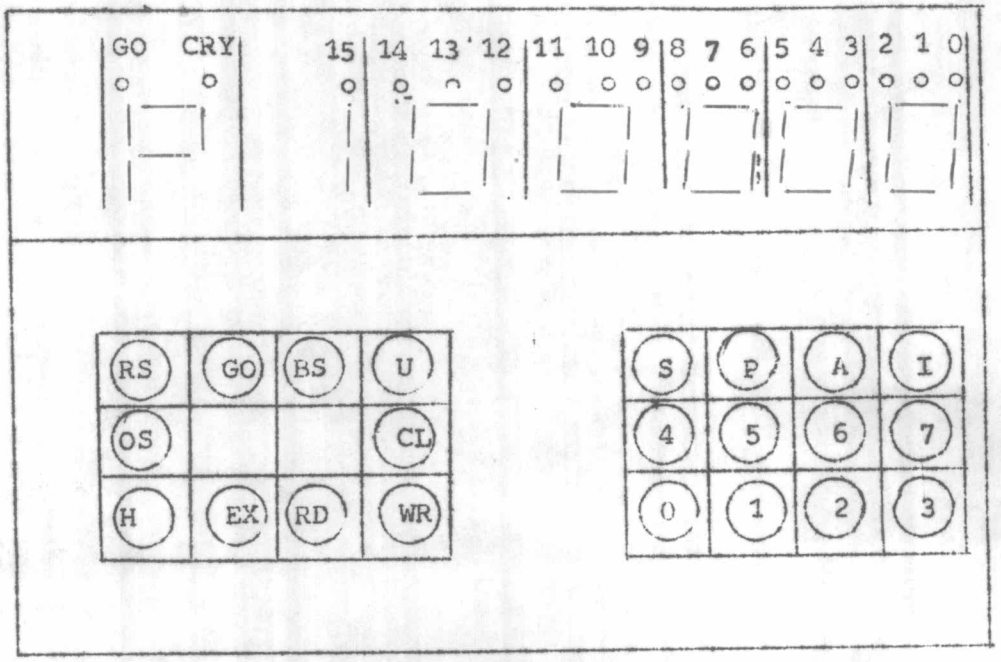
ใช้สำหรับควบคุมการทำงานในกรณีที่ใช้มัลติโปรแกรมมิ่ง (multi-programming)

ส่วนการแบ่งความจำ (Memory Partition, MP)

ใช้สำหรับป้องกันการทำลายของข้อมูลในกรณีที่ใช้มัลติโปรแกรมมิ่ง (multi-programming)

ส่วนนาฬิกา (Real Time Clock, RTC)

ใช้สำหรับควบคุมเวลาการทำงานในกรณีที่ใช้การดำเนินกรรมวิธีแบบทันทีทันใด (real time processing)



รูปที่ 2 แสดงแผงหน้าปัทม์ที่ใช้ควบคุมเครื่อง (Control Panel)

<u>สวิทช์ต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมเครื่องมีดังนี้</u>(1)

P สำหรับแสดงค่าที่อยู่ใน พี-รีจิสเตอร์ (P- register)

A สำหรับแสดงค่าที่อยู่ใน เอ-รีจิสเตอร์ (A-register)

I สำหรับแสดงค่าที่อยู่ใน ไอ-รีจิสเตอร์ (I-register)

S สำหรับแสดงค่าที่อยู่ใน เอส-รีจิสเตอร์ (S-register)

0-7 ใช้สำหรับใส่ข้อมูลเข้าไปใน พี, เอ, ไอ หรือ เอส รีจิสเตอร์ เมื่อกดเลขใดเลขหนึ่ง เลขนั้นจะถูกบันทึกเข้าไปทางขวามือสุดและค่าเดิมที่มีอยู่จะเลื่อนไปทางซ้าย 3 บิท

U ใช้สำหรับเปลี่ยนค่าในเอส-รีจิสเตอร์ (S-register)

RS ใช้สำหรับเริ่มต้นส่วนควบคุม (reset control) ต่าง ๆ สำหรับหน่วยรับและหน่วยแสดงผลซึ่งจะใช้ได้เฉพาะเวลาที่เครื่องหยุดทำการคำนวณอยู่เท่านั้น (Halt status)

H ใช้สำหรับหยุดการทำงานของเครื่อง

GO ใช้สำหรับเริ่มการคำนวณของเครื่องตามที่อยู่ (address) ที่อยู่ใน พี-รีจิสเตอร์ (P-register)

EX ใช้สำหรับคำนวณคำสั่งที่อยู่ใน ไอ-รีจิสเตอร์ (I- register) โดย พี-รีจิสเตอร์ (P-register) ไม่เปลี่ยน

OS ใช้สำหรับคำนวณคำสั่งที่อยู่ในที่อยู่ (address) ใน พี-รีจิสเตอร์(P-register) และ พี-รีจิสเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้น 1

RD ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากความจำที่อยู่ใน พี-รีจิสเตอร์ ไปไว้ที่ เอ-รีจิสเตอร์ (A-register)

WR ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลจาก เอ-รีจิสเตอร์ ไปยังความจำตามที่อยู่ใน พี-รีจิสเตอร์

BS ใช้สำหรับอ่านโปรแกรมเข้าเครื่องด้วยระบบเครื่องเข้าไปในหน่วยความจำ

<u>หลอดไฟต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นที่หน้าปัทม์</u> (Control Lamps)

GO ติดเมื่อเครื่องกำลังทำการคำนวณและดับเมื่อเครื่องหยุดการคำนวณ

CRY แสดงค่าที่อยู่ใน ซี-รีจิสเตอร์ (C-register)

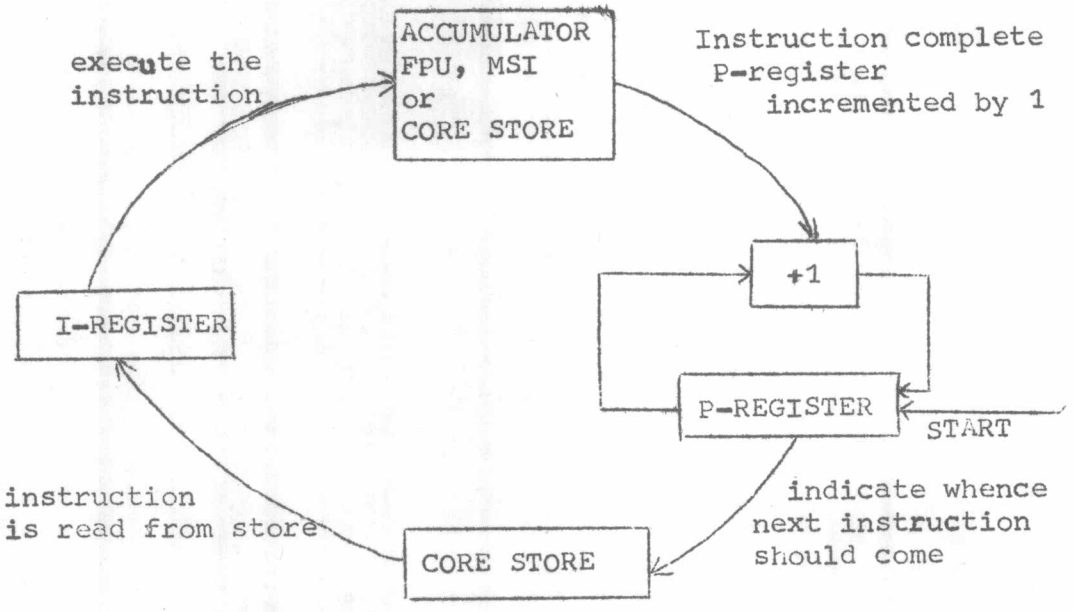
15-0 แสดงค่าที่อยู่ในบิทต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ที่เลือก ส่วนตัวเลขที่เป็นเลขฐานแปดจะแสดงในแถวถัดลงไป

Register แสดงต่ออักษร พี, เอ, ไอ, เอส หรือ ยู ตามแต่ว่าในขณะนั้นเรากดสวิทช์อะไรเอาไว้

<u>การทำงานของเครื่องจะเป็นดังนี้</u> (ดูรูปที่ 3 ประกอบ)[1]

1. เมื่อกำหนด พี-รีจิสเตอร์ให้เท่ากับจุดเริ่มต้นของโปรแกรมแล้วกดสวิทช์ GO

2. คำสั่งจะถูกอ่านออกมาจากความจำตามที่อยู่ (address) ที่อยู่ใน พี-รีจิสเตอร์
3. คำสั่งที่อ่านออกมาจะถูกเก็บไว้ใน ไอ-รีจิสเตอร์
4. แปลคำสั่ง
5. คำนวณคำสั่ง - ในแอคคิวมูเลเตอร์หรือ FPU ถ้าเป็นคำสั่งในการคำนวณ
   - ผ่าน MSI หรือ DMA ถ้าเป็นคำสั่งเกี่ยวกับหน่วยรับและหน่วยแสดงผล
   - อ่านหรือบันทึกข้อมูลในความจำ
6. เมื่อทำการคำนวณเสร็จ พี-รีจิสเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีก 1 (เฉพาะบิท 11 - 0)
7. การทำงานจะทำซ้ำเดิมจากข้อ 2 ถึงข้อ 6 จนหยุด



รูปที่ 3 แสดงวัฏจักรของโปรแกรม (Program Cycle)

ภาษาของเครื่องและภาษาแอสเซมบลีย์สำหรับเครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี[1]

คำสั่ง (instruction) ที่ใช้กับดิจิโก ไมโคร 16 วี มี 2 แบบ คือ

1. คำสั่งที่ประกอบด้วยที่อยู่ (Addressing Instruction)
2. คำสั่งที่ไม่ใช้ที่อยู่ (Non-Addressing Instruction)

โดยคำสั่งที่ประกอบด้วยที่อยู่ยังแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1. คำสั่งตรง (direct instruction)
2. คำสั่งอ้อม (indirect instruction)
3. คำสั่งข้าม (jump instruction)

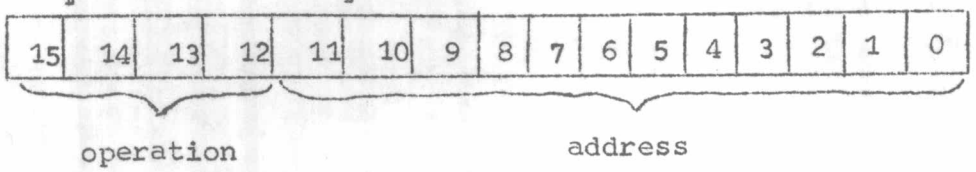
ส่วนคำสั่งที่ไม่ใช้ที่อยู่แบ่งเป็น

1. คำสั่งเลื่อน (shift instruction)
2. คำสั่งในการอ่าน (input instruction)
3. คำสั่งในการแสดงผล (output instruction)
4. คำสั่งอื่น ๆ

ซึ่งคำสั่งต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าเป็นภาษาแอสเซมบลีย์ จะประกอบด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ 3 ตัว เช่น GET, STO เป็นต้น แต่คำสั่งที่ใช้กับเครื่องประกอบ (peripheral) ต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้สัญญลักษณ์ แต่ใช้เป็นเลขฐานแปดล้วน ๆ ส่วนคำสั่งในภาษาเครื่องใช้ตัวเลขในระบบฐานแปด 6 หลัก

คำสั่งที่ประกอบด้วยที่อยู่ (Addressing Instructions)

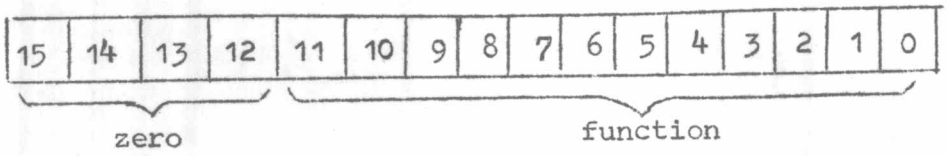
คำสั่งจะประกอบด้วย รหัสการทำงาน (operation code) ในบิท 15 ถึง 12 และที่อยู่ (address) จะอยู่ที่บิท 11 ถึง 0



ที่อยู่ (address) จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง *7777 สำหรับเลขฐานแปด หรือ 0 ถึง 4095 ในเลขฐานสิบ ซึ่งจะเตรียมที่ไว้ในส่วนปัจจุบัน (current stack) ในแบบที่อยู่ตรง (directly address) แต่ถ้าเป็นที่อยู่ในส่วนอื่น ๆ จะเป็นแบบที่อยู่ออม (indirect address)

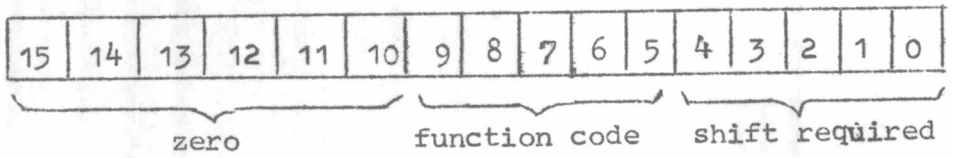
คำสั่งที่ไม่ใช้ที่อยู่ (Non-addressing Instructions)

คำสั่งนี้ไม่มีที่อยู่ (address) ประกอบดังนั้นบิทที่ 15 ถึง 12 จึงเป็น 0 หมด ส่วนบิทที่ 11 ถึง 0 เป็นรหัสฟังชั่น (function code)



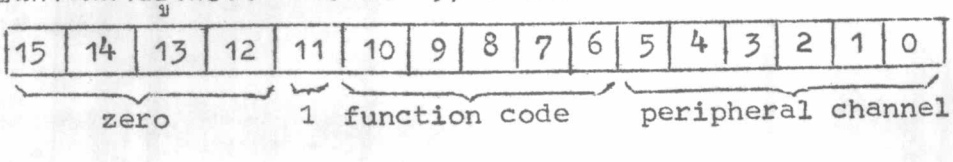
คำสั่งเลื่อน (Shift Instructions)

เครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี มีคำสั่งในการเลื่อนอยู่ 6 คำสั่ง ซึ่งเป็นการเลื่อนบิทในแอคคิวมูเลเตอร์ไปทางซ้ายหรือขวาอยู่ในช่วง 0 ถึง 16 บิท



คำสั่งในการอ่านและการแสดงผล (Input/Output instructions)

คำสั่งนี้เป็นการควบคุมและติดต่อกับเครื่องประกอบต่าง ๆ ของระบบ แต่ละคำสั่งจะต้องมีตัวเลขบอกช่องของเครื่องประกอบ (channel number) และรหัสที่เป็นคำสั่งต่าง ๆ ของเครื่องประกอบ (peripheral) โดยคำสั่งรับและแสดงผลจะมีรหัสของฟังชั่นค์อยู่ที่บิท 11 ถึง 6 และตัวเลขบอกช่องของเครื่องประกอบอยู่ที่บิท 5 ถึง 0 ซึ่งรหัสทางฟังชั่นค์จะมีค่าอยู่ในช่วง *40 ถึง* 77 เท่านั้น



สำหรับเครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี ภาษาของเครื่องจะใช้เป็นตัวเลขระบบฐานแปดทั้งสิ้น แต่ถ้าเป็นภาษาแอสเซมบลีย์ซึ่งใช้ตัวอักษรแทนความหมายต่าง ๆ นั้นสามารถนำเอาตัวเลขมาใช้ได้ทั้งในระบบเลขฐานแปดหรือฐานสิบตามแต่ต้องการ

คำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องดิจิโก ไมโคร 16 วี จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก. ซึ่งเป็นการแสดงพร้อมกันทั้งรหัสเลขฐานแปด (ภาษาของเครื่อง) และแอสเซมเบลอร์นีโมนิค (Assembler Mnemonic) ซึ่งจะนำคำสั่งเหล่านี้มาประกอบกันเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อสั่งให้เครื่องทำงานตามที่ต้องการ