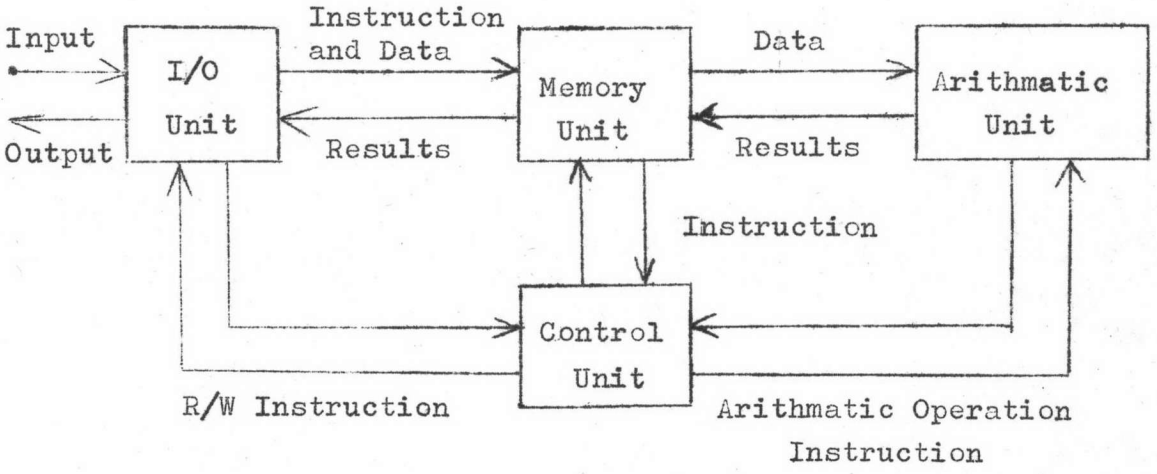
บทที่ ๒

ทฤษฎีการทำงานของเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์

๒.๑ ลักษณะทั่วไป

ระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์โดยทั่ว ๆ ไป แบ่งออกเป็น ๔ ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกัน ดังรูปที่ ๒.๑ คือ หน่วยความจำ (memory unit) ซึ่งมีหน้าที่เก็บโปรแกรมและข้อมูล โปรแกรมจะถูกเก็บเรียงตามลำดับการทำงานตั้งแต่ address no. 0 จนจบโปรแกรม และข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในส่วนที่ต่อจากโปรแกรม โปรแกรมและข้อมูลจะถูกเรียกออกใช้งานโดยหน่วยควบคุม หน่วยคำนวณ (arithmetic unit) มีหน้าที่รับข้อมูลจากหน่วยความจำแล้วคำนวณตามคำสั่ง หน่วยควบคุม (control unit) มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องโดยแบ่งออกเป็นหน่วยย่อยได้สองอย่างคือ ควบคุมคำสั่งและควบคุมลำดับการทำงาน และหน่วยสุดท้ายคือ หน่วยนำข้อมูลเข้าและออกจากคอมพิวเตอร์ (I/O unit) ซึ่งมีหน้าที่อ่านและเขียนโปรแกรมหรือข้อมูลจาก I/O devices ชนิดต่าง ๆ

สำหรับส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้จะมีอยู่ ๓ ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำ หน่วยคำนวณ และหน่วยควบคุม ดังแสดงมาแล้วในรูปที่ ๑.๑ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของฟังค์ชั่นการทำงานต่อไปในภายหลัง



รูปที่ ๒.๑ Basic Digital Computer Organization

๒.๒ เวลาการทำงาน(time operation) ของ Single Address Computing System

การทำงานของเครื่องดิจิตอลคอมพิวเตอร์ในรอบหนึ่ง ๆ นั้น (one cycle) สามารถแบ่งออกเป็นสองช่วงด้วยกันคือ ช่วงแรกเป็นการอ่านโปรแกรม (access) ซึ่งอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำ (memory unit) ซึ่งมีที่อยู่ (MA) ตามที่บอกไว้ใน Address register (AR) นำมาไว้ใน Program register (PR) และช่วงหลังของรอบจะเป็นช่วงการทำงานตามคำสั่ง (execute) ซึ่งปรากฏอยู่ใน Program register เสร็จแล้วจะกลับไปอ่านโปรแกรมใหม่อีกครั้งหนึ่ง เป็นดังนี้เรื่อย ๆ ไปจนกระทั่งจบโปรแกรมหรือพบผลที่ทำให้เครื่องหยุดทำงาน

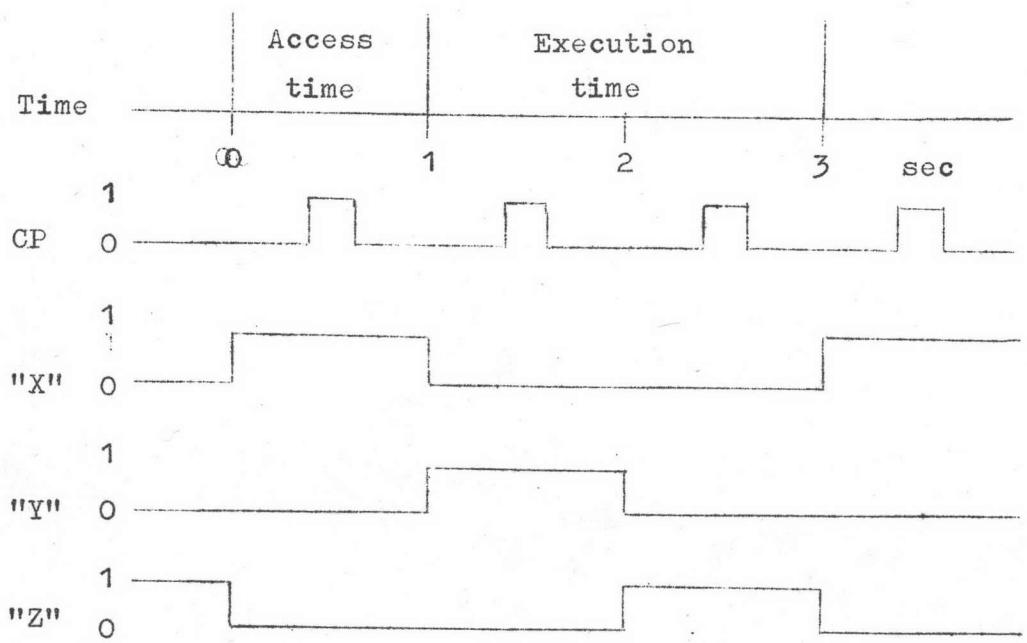
ในการอ่านคำสั่งเครื่องจะเริ่มต้นตั้งแต่ memory address ที่น้อยที่สุดก่อนคือที่ address no. Oเสร็จแล้วจะเปลี่ยนไปอ่านคำสั่งที่อยู่ถัดไปคือใน address no. 1 และต่อ ๆ ไปตามลำดับจนจบโปรแกรม ซึ่งตำแหน่งที่อยู่เหล่านี้จะถูกควบคุมโดย Address register (AR) (AR)จะเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งทุก ๆ ครั้งที่ครบรอบการทำงาน ซึ่งอาจจะเพิ่มในขณะอยู่ในช่วงการทำงานหรือหลังการทำงานแล้วก็ได้ แต่จะต้องก่อนการอ่านคำสั่งในรอบต่อไป (AR) อาจจะกระโดดข้ามไปยังค่าใดค่าหนึ่งในกรณีที่เกิด Jump condition ในช่วงการทำงาน ทำให้ค่าของ (AR) เปลี่ยนไปตาม address code (a) ใน Program register การอ่านคำสั่งถัดไปของเครื่องจะเปลี่ยนไปตาม (AR) ที่ได้ และหลังจากนี้ (AR) ก็จะเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งทุก ๆ รอบตามเดิม จนกว่าจะพบ Jump condition ใหม่ และในกรณีที่จบโปรแกรมหรือพบผลที่ทำให้เครื่องหยุดทำงานจะทำให้ค่าของ (AR)หยุดการเพิ่มและคงค่านั้นไว้จนกว่าจะให้เครื่องทำงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ในการทำงาน เครื่องจะทำงานตาม operation code (op) ที่อยู่ใน Program register ขณะนั้น ตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลที่จะเก็บหรืออ่านออกจาก memory ในขณะทำงาน จะขึ้นอยู่กับ address code (a) ใน Program register

การเคลื่อนที่ของข้อมูลในดิจิตอลคอมพิวเตอร์มีสองแบบด้วยกันคือ แบบ Serial operation และแบบ Parallel operation แบบ Serial operation data จะเคลื่อนที่จาก register หนึ่งไปยังอีก register ทีละ bit ซึ่งจะต้องใช้ clock

pulse control เท่ากับจำนวน bit ที่ต้องการ transfer สำหรับแบบ Parallel operation การเคลื่อนที่ทุก bit จะพร้อมกันโดยใช้ clock pulse control เพียงพัลซ์เดียวเท่านั้น

สำหรับเวลาการทำงานของ Single Address Computing System แบบ Parallel, Synchronous, Sequential Operation ตามที่ต้องการจะวิจัยต่อไปนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็น ๓ เฟส คือ "X", "Y" และ "Z" แต่ละเฟสจะมี clock pulse (CP) ที่ใช้ในการทำงาน ๑ พัลซ์ ในช่วงการอ่านคำสั่ง (access time) มีเฟสเดียวคือ phase "X" ใช้สำหรับ transfer คำสั่งจาก memory unit มายัง Program register ในช่วงการทำงาน (execute time) มี ๑ หรือ ๒ เฟส คือ phase "Y" ใช้สำหรับ transfer และตรวจสอบข้อมูล และ phase Z ใช้สำหรับการคำนวณคือบวกหรือลบข้อมูล ถ้าในช่วงการทำงานไม่มีการคำนวณจะใช้เฟสเดียวคือ phase "Y" แต่ถ้ามีการคำนวณจะใช้ทั้งสองเฟส คือ "Y" และ "Z" โดยการกำหนดให้แต่ละเฟสใช้เวลาหนึ่งวินาที ดังนั้นในการทำงานแต่ละรอบจะใช้เวลา ๒ ถึง ๓ วินาที ดังแสดงในรูปที่ ๒.๒



รูปที่ ๒.๒ Synchronous Timing Waveforms for Digital Computer System Trainer

จากชอบเขตการทำงานของเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์ชนิด Single Address Computing System สำหรับการวิจัยนี้ ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ของข้อมูลและคำสั่งดัง flow diagram ที่ได้กล่าวมาแล้วในหน้าที่ ๔ สามารถลำดับเวลาการทำงานของเครื่องแต่ละคำสั่งได้ดังตารางที่ ๒.๑

Sequence / Operation	Phase X	Phase Y	Phase Z
Access	(AR) ⟶ (MA), ((MA)) ⟶ (PR), "0" ⟶ (BR), to phase Y.	(AR)+"1" ⟶ (AR) for next instruction address, except jump condition is met.	-
Execute			
a) Halt	-	Operation stop.	-
b) Add	-	a ⟶ (MA) ((MA)) ⟶ (BR), check overflow, if no, to phase Z, if yes, stop.	(Acc)+(BR) ⟷ (Acc), to phase X.

ตารางที่ ๒.๑ Timing Sequence for the Operation

Sequence Operation	Phase X	Phase Y	Phase Z
c) Subtract	-	a ⟶ (MA), ((MA)) ⟶ (BR), complement (BR) out put, check overflow, if no, to phase Z, if yes, stop.	(Acc)+($\overline{BR}$) ⟶ (Acc), to phase X.
d) Clear and Add	-	a ⟶ (MA), ((MA)) ⟶ (BR), "0" ⟶ (Acc), to phase Z.	(Acc)+(BR) ⟶ (Acc), to phase X.
e) Clear and Subtract	-	a ⟶ (MA), ((MA)) ⟶ (BR), complement (BR) out put, "0" ⟶ (Acc), to phase Z.	(Acc)+($\overline{BR}$) ⟶ (Acc), to phase X.

ตารางที่ ๒.๑ Timing Sequence for the Operation (Cont.)

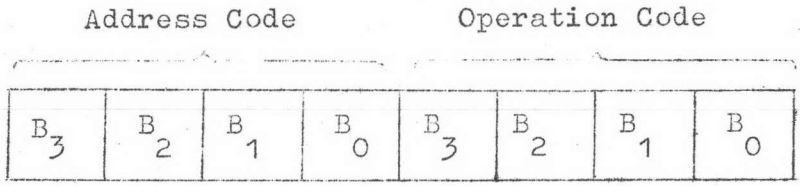
Operation \ Sequence	Phase X	Phase Y	Phase Z
f) Jump if Positive	-	If (Acc) $>$ 0, a $\longrightarrow$ (AR), to phase X. If (Acc) $\leqslant$ 0, to phase X.	-
g) Unconditional Jump	-	(a) $\longrightarrow$ (AR), to phase X.	-
h) Jump if Negative	-	If (Acc) $>$ 0, to phase X. If (Acc) $\leqslant$ 0, a $\longrightarrow$ (AR), to phase X.	-
i) Store	-	a $\longrightarrow$ (MA), (Acc) $\longrightarrow$ ((MA)), to phase X.	-
j) Command Fault	-	Operation Stop.	-
k) Undefined Code	-	To phase Z.	To phase X.

ตารางที่ ๒.๑ Timing Sequence for the Operation (Cont.)

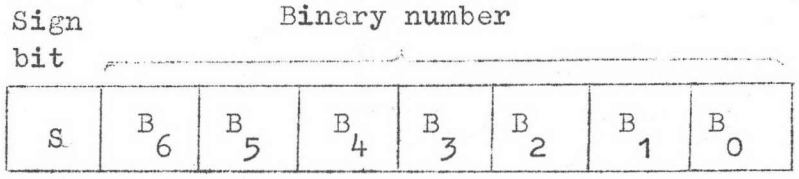
๒.๓ ลักษณะของคำสั่งและข้อมูลในเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์

ลักษณะของคำสั่งและข้อมูลในเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์นี้จะอยู่ในรูปของเลขไบนารี่ทั้งหมด การเก็บคำสั่งต่าง ๆ จะอยู่ในลักษณะดังรูปที่ ๒.๓ ก) คือ 4 bits แรกทางซ้ายเป็น address code (a) ซึ่งสามารถเรียกข้อมูลจาก memory ได้โดยตรง (direct address code) ทั้ง ๑๖ คำ อีก 4 bit ที่เหลือจะเป็น operation code (op) การเก็บข้อมูลจะมีลักษณะดังรูปที่ ๒.๓ ข) กล่าวคือ bit แรกทางซ้ายมือเป็น sign bit ถ้าเป็นบวกจะแทนด้วย "0" และถ้าเป็นลบจะแทนด้วย "1" อีก 7 bits ที่เหลือเป็นตัวเลขไบนารี่ซึ่งมีค่าสูงสุดได้ไม่เกิน 2^7-1 หรือ 127 ตัวเลขที่เป็นลบจะอยู่ในรูปของ Signed - 1's - complement ตัวอย่างเช่น ตัวเลขมีค่าเท่ากับ + 107 จะอยู่ในรูป 01101011 แต่ถ้าตัวเลขมีค่าเป็น - 107 จะอยู่ในรูป 10010100 ดังนี้เป็นต้น สำหรับเลขศูนย์โดยปกติจะมีค่าเป็น 00000000 แต่ถ้าได้จากการคำนวณแล้วจะเป็น 11111111 ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อ ๆ ไป ดังนั้นความหมายของเลขศูนย์ใน flow diagram หรือในตารางที่ ๒.๑ ข้อ f) และ h) ใน phase Y จะหมายถึง 11111111 นอกจากนี้จะหมายถึง 00000000 ทั้งสิ้น

ในการคำนวณตัวเลขจะเป็นแบบ fixed binary point และจะมีการบวกเพียงอย่างเดียวโดยวิธี Parallel operation การลบเลขจะใช้วิธีบวก ONE's complement ของเลขที่จะลบนั้น การคูณและหารก็จะใช้วิธีบวกหลาย ๆ ครั้ง ผลที่ได้จากการคำนวณจะเก็บไว้ที่ Accumulator ในขณะคำนวณถ้าคำตอบที่ได้เกินหลัก (overflow) เครื่องจะไม่คำนวณผลอันนั้น กล่าวคือทุกครั้งที่จะมีการบวกตัวเลขเครื่องจะต้อง check overflow ก่อนเสมอ ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๒.๑ ข้อ b) และ c)



ก) Instruction Code



ข) Numerical Data

รูปที่ ๒.๓ Formation of Binary Number in Register

๒.๔ ฟังค์ชั่นการทำงานในหน่วยต่าง ๆ ของเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์

๒.๔.๑ หน่วยความจำ (Memory Unit)

002190

หน่วยความจำแบ่งออกได้เป็น ๓ ส่วนคือ Memory Register, Read/Write Control Gate และ Memory Input/Output Driver ใน Memory Register มี register ๑๖ ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย Clocked-RS flip flop ๘ ตัว ซึ่งใช้เก็บข้อมูลได้ชุดละ 8 bits คือ 1 word Memory Input Driver จะรับข้อมูลมาจากหน่วยคำนวณทั้ง 8 bits bit ต่อ bit และ drive R-S input ของ flip flop ใน register ทั้ง ๑๖ ชุด ทาง output ของ Memory Register ทุก bit จะถูกควบคุมด้วย Read Control Gate แล้วต่อไปยัง Output Memory Driver bit ต่อbit เพื่อนำข้อมูลออกไปใช้งาน การ transfer data เข้าไปเก็บใน

Memory register จะเป็นแบบ synchronous และ parallel operation โดยการใช้ Write Control Gate ควบคุม clocked input ของ flip flop แต่ละ bit ฟังค์ชั่นไดอะแกรมของหน่วยความจำมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ ๒.๔

๒.๔.๒ หน่วยคำนวณ (Arithmetic Unit)

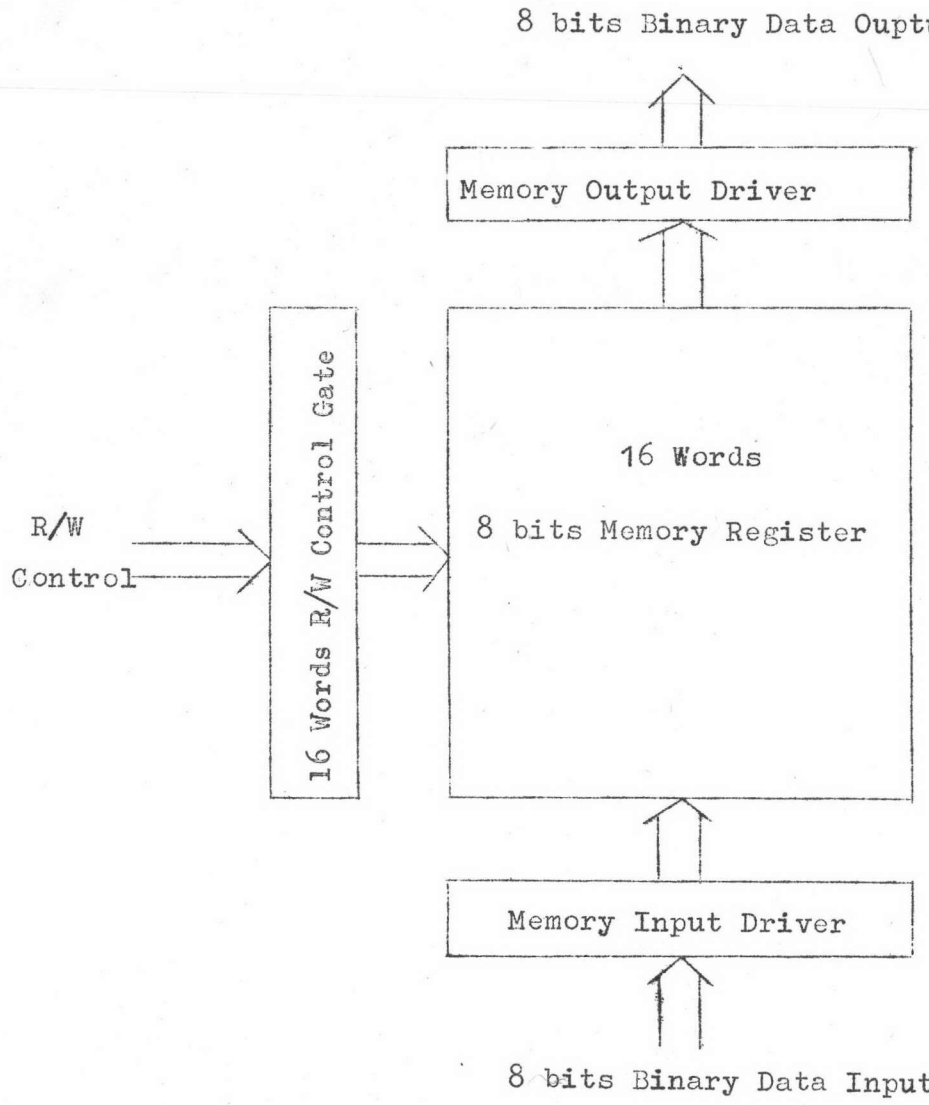
ฟังค์ชั่นไดอะแกรมของหน่วยคำนวณมีลักษณะดังรูปที่ ๒.๕ ซึ่งในหน่วยนี้จะมี register อยู่สองชุด คือ Buffer register ซึ่งมีหน้าที่รับข้อมูลมาจาก Memory Unit เพื่อใช้ในการคำนวณ และ Accumulator มีหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ การคำนวณในหน่วยนี้จะใช้วิธีบวกเพียงอย่างเดียวโดยใช้ 8-bit parallel full adder gate ซึ่งเอาข้อมูลใน Buffer register บวกเข้าข้อมูลใน Accumulator แล้วเก็บไว้ใน Accumulator ถ้าหากมีคำสั่งให้ลบกัน output ของ Buffer register จะถูกเปลี่ยนเป็น ONE's complement โดย complement gate transfer เสียก่อน แล้วดำเนินการเช่นเดียวกันกับวิธีบวก

Register ทั้งสองจะประกอบด้วย Clocked-RS flip-flop 8 bits การ tranfer data เข้าไปเก็บใน register จะใช้วิธีควบคุม clocked input ของ flip flop เช่นเดียวกับที่ใช้ใน memory unit

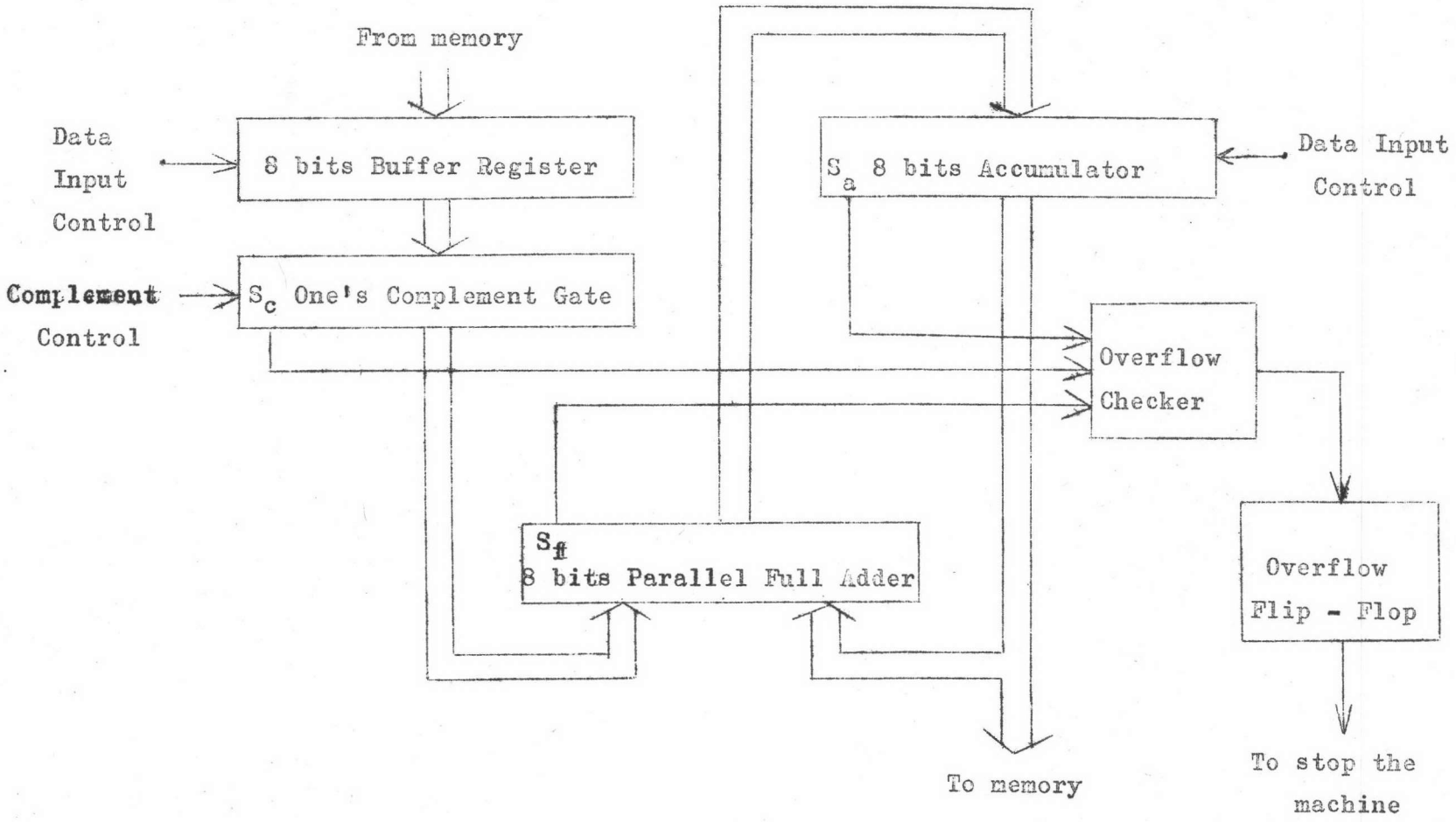
ในการคำนวณบางครั้งอาจเกิดตัวเลขเกินหลักได้ (Overflow) ดังนั้นจึงต้องมีวงจรตรวจสอบตัวเลขที่จะใช้ในการคำนวณเสียก่อนโดยใช้เครื่องหมายของตัวตั้ง (Accumulator) ตัวบวกหรือลบ (Buffer register) และคำตอบที่จะได้ (จาก output ของ full adder) เป็นตัวตัดสิน ถ้าหากผลที่ได้ไม่เกินหลักก็จะคำนวณต่อไป ถ้าเกิดเกินหลัก output ของวงจรนี้จะไป set overflow flip flop ซึ่งควบคุมให้เครื่องหยุดทำงาน

๒.๔.๓ หน่วยควบคุม (Control Unit)

หน่วยควบคุมจะแบ่งออกเป็น ๒ ส่วนใหญ่ ๆ คือ หน่วยควบคุมคำสั่ง (Instruction Control Unit) และหน่วยควบคุมลำดับการทำงาน (Sequence



รูปที่ ๒.๔ Memory Unit Organization



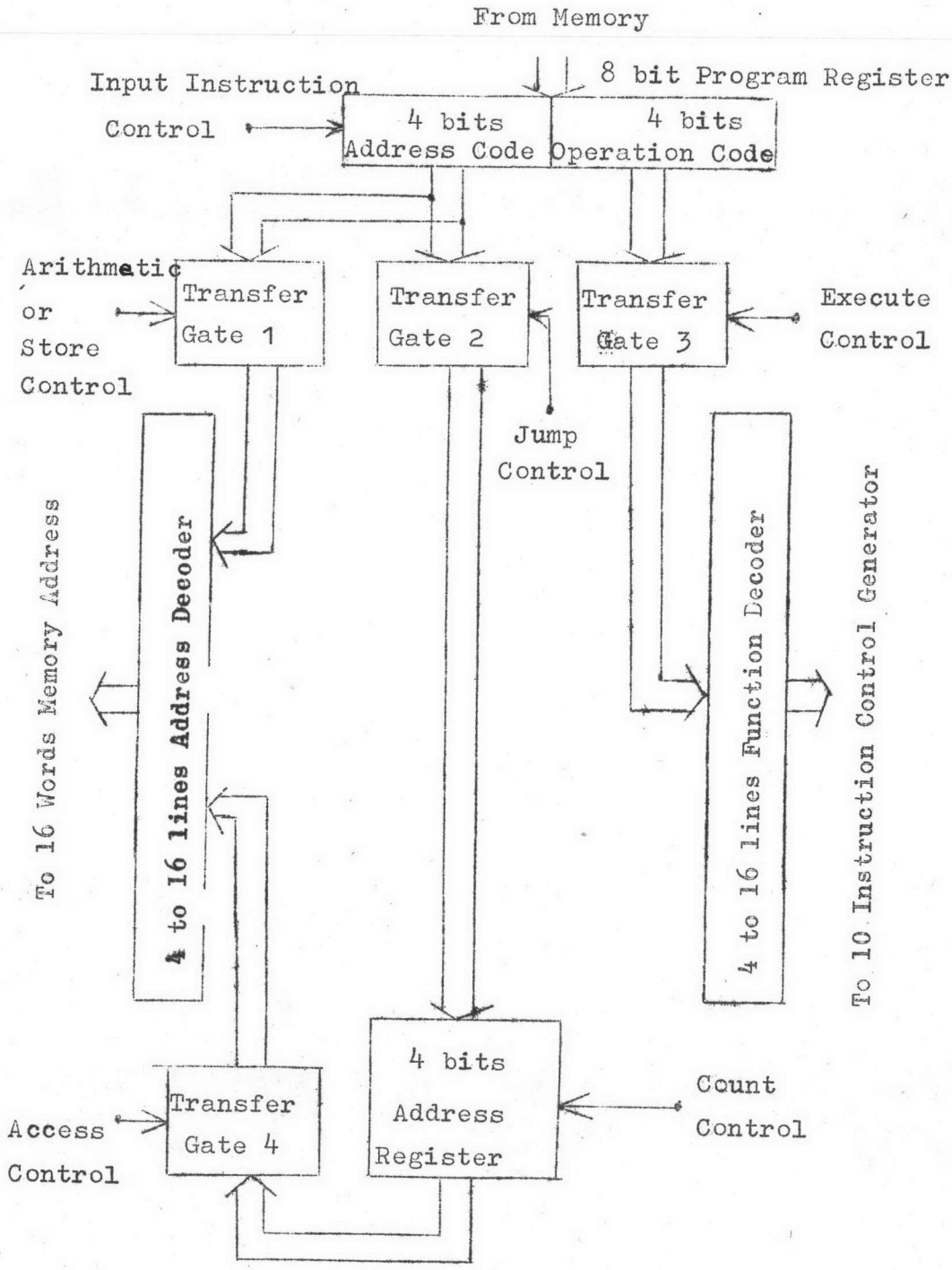
รูปที่ ๖.๔ Arithmetic Unit Organization

Control Unit) ซึ่งมีฟังค์ชั่นไดอะแกรมดังรูปที่ ๒.๖ และ ๒.๗ ตามลำดับ

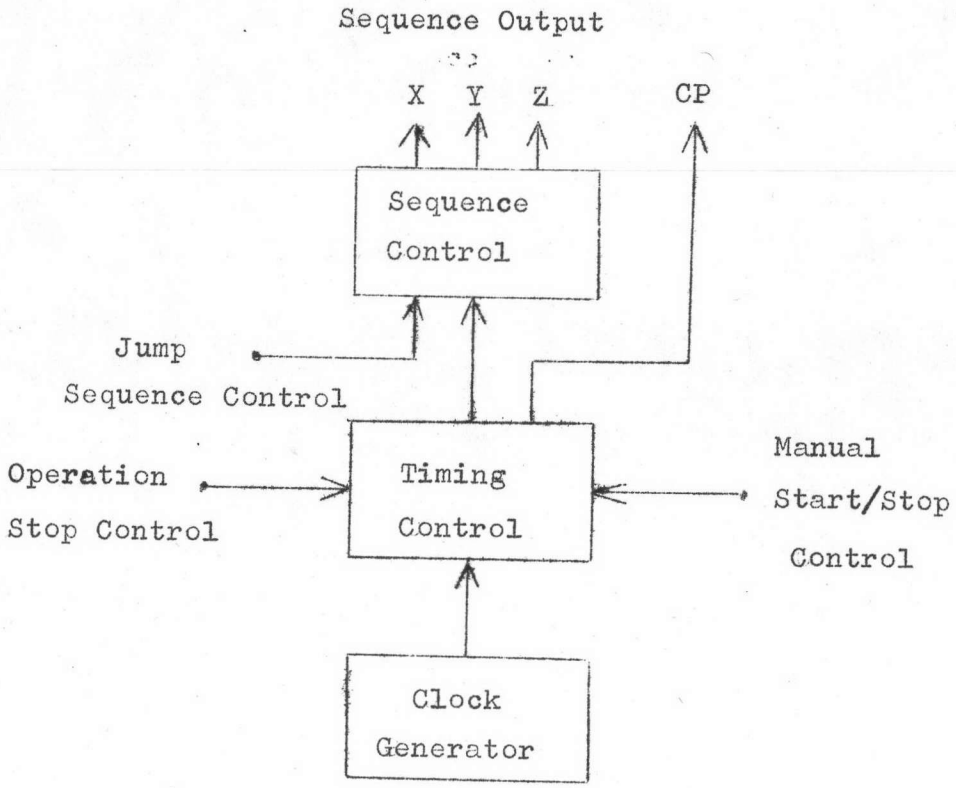
ในหน่วยควบคุมคำสั่งประกอบด้วย Program register, Address register, Address decoder และ Function decoder การส่งผ่านข้อมูลไปยังแต่ละส่วนจะควบคุมโดย transfer gate ซึ่ง gate จะเปิดด้วยสภาพต่าง ๆ กันดังนี้ ในช่วงการอ่าน program. Address number ใน Address register จะผ่าน transfer gate 4 ไปยัง Address decoder เพื่อเลือกหาที่อยู่ของ program ในหน่วยความจำ และโปรแกรมในหน่วยความจำจะถูกส่งมาเก็บไว้ใน Program register ในช่วงการทำงาน operation code ใน Program register จะส่งผ่าน transfer gate 3 ไปยัง Function decoder เพื่อแปลคำสั่งให้เครื่องทำงาน ถ้ามีคำสั่งที่เกี่ยวกับการคำนวณหรือเก็บข้อมูลเข้าหน่วยความจำก็จะควบคุมให้ transfer gate 1 เปิด เพื่อให้ address code ใน Program register เข้าไปยัง Address decoder เพื่อหาที่ตำแหน่งที่จะนำข้อมูลเข้าหรือออกจากหน่วยความจำ ถ้ามีคำสั่งเกี่ยวกับการ Jump ก็จะควบคุมให้ transfer gate 2 เปิด เพื่อให้ address Code ใน Program register ส่งผ่านไปยัง Address register ซึ่งโดยปกติแล้ว Address register จะถูกควบคุมให้นับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งเสมอ หลังจากการอ่านโปรแกรมแล้ว เพื่อพร้อมที่จะ decode หาตำแหน่งของ program ในหน่วยความจำในรอบต่อไป ถ้าหากมี Jump condition เกิดขึ้น Address register จะไม่นับต่อไป แต่จะรับเอา code จาก Program register มาเก็บไว้เพื่อใช้ในครั้งต่อไป

Program register ประกอบด้วย Clocked-RS flip flop 8 bits การ transfer data เข้าไปเก็บใน register จะใช้วิธีควบคุม clocked input ของ flip flop สำหรับ Address register จะประกอบด้วย Clocked-RS flip-flop เช่นกันแต่ทำเป็น Triggering flip flop ซึ่งประกอบเป็นวงจร 4 bits count-up binary counter การ transfer data จาก address code จะใช้วิธีส่งเข้าทาง direct-RS input ของ flip-flop.

สำหรับอีกส่วนหนึ่งคือหน่วยควบคุมลำดับการทำงาน จะประกอบด้วย Clock Generator, Timing Control และ Sequence Control ดังรูปที่ ๒.๗



รูปที่ ๒.๖ Instruction Control Organization



รูปที่ ๒.๗ Sequence Control Organization

Clock generator จะเป็นตัวผลิต clock pulse ซึ่งใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งระบบ ซึ่งจะมีทั้งแบบ continuous และ single pulse ซึ่งสัญญาณนี้จะส่งไปยังวงจร Timing control ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมจำนวนของ clock pulse ที่ใช้ในการทำงานแต่ละครั้ง เครื่องจะเริ่มต้นการทำงานด้วยการใช้ Manual Start Switch และจะหยุดได้จากผลของการทำงานหรือใช้ Manual Stop Switch และในวงจรนี้อาจจะควบคุมให้เครื่องทำงานตลอดจนจบโปรแกรม หรือทำงานเพียงรอบเดียวหรือครึ่งรอบก็ได้โดยใช้ Selector Switch เป็นตัวควบคุม Clock pulse ส่วนหนึ่งจะส่งไปยังวงจร Sequence Control เพื่อผลิตสัญญาณ Phase X, Y และ Z ซึ่งใช้สำหรับควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ ๒.๒ ในวงจร Sequence Control นี้จะประกอบขึ้นด้วย Synchronous 2 bit counter ทำเป็นวงจร Divide-by-2 หรือ Divide-by-3 Counter ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของคำสั่งแต่ละชนิด Output

ของวงจร counter นี้จะถูก decode ให้เป็นพัลซ์ของ Phase X, Y และ Z นำไปควบคุมลำดับการทำงานของระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

๒.๕ การแสดงและการควบคุมการทำงานของเครื่องมือประกอบการสอนระบบดิจิตอลคอมพิวเตอร์

ในส่วนที่เป็นข้อมูลหรือโปรแกรมใน Register ทุกตัวได้แก่ Memory register, Buffer register, Accumulator, Program register และ Address register จะแสดงผลออกมาในรูปของเลข binary ดังในรูปที่ ๒.๓ โดยใช้หลอดไฟซึ่งถือว่าถ้าหลอดไฟสว่างแสดงว่าตัวเลขใน bit นั้นเป็น 1 และถ้าหลอดไฟไม่สว่างแสดงว่าตัวเลขใน bit นั้นเป็น 0 สำหรับ Buffer register, Accumulator Program register และ Address register สามารถ clear ข้อมูลใน register ได้ด้วยสวิทช์กด และโดยเฉพาะ Program register และ Accumulator สามารถ set ข้อมูลแต่ละ bit ได้ด้วยสวิทช์กดเช่นเดียวกันซึ่งใช้สำหรับใส่ข้อมูลและโปรแกรมเข้าเครื่อง

ในส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องที่วงจร Timing Control จะมีสวิทช์กดสำหรับเดิน (Start) และหยุด (Stop) เครื่อง และมี Selector Switch สำหรับตั้งให้เครื่องทำงานแบบ $\frac{1}{2}$ cycle, 1 cycle หรือ continuous operation และในวงจร clock จะมี SPDT switch สำหรับเลือก clock pulse ที่จะใช้ ซึ่งอาจจะเป็นแบบ 1 pulse per second continuous หรือ single step pulse ก็ได้ โดยที่ถ้าต้องการ continuous pulse วงจรจะต่อเข้ากับ square wave oscillator และถ้าต้องการ single pulse วงจรก็จะต่อเข้ากับสวิทช์กดให้เป็นตัวผลิต single step pulse ส่วนในวงจร Sequence control จะมีสวิทช์กดสำหรับ Set เวลาทำงานของเครื่องให้อยู่ใน phase X, Y หรือ Z ก็ได้ และแต่ละ phase จะแสดงด้วยหลอดไฟ ถ้าหลอดไฟสว่างก็แสดงว่าเครื่องกำลังอยู่ในช่วงเวลาของ phase นั้น

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีวงจรสำหรับแสดงสภาพการหยุดทำงานของเครื่อง ซึ่งอยู่ในรูปของไฟกระพริบ มีอยู่สามอย่างด้วยกันคือ Halt แสดงถึงเครื่องหยุดเพราะจบโปรแกรม Overflow เครื่องหยุดเพราะตัวเลขในการคำนวณเกินหลัก และ Fault ซึ่งเครื่องหยุดเพราะมี fault command อยู่ใน Program register สำหรับ Halt และ Fault จะต่อมาจาก Function decoder โดยตรง ส่วน Overflow จะต่อมาจาก overflow flip-flop ในวงจร overflow flip-flop จะมีหลอดไฟเป็นตัวแสดงผลซึ่งถ้าหลอดสว่างแสดงว่ามี overflow เกิดขึ้น และวงจรนี้สามารถ clear ได้ด้วยสวิทช์กด

ในการใส่คำสั่งหรือข้อมูลเข้าเครื่องให้กระทำดังนี้ ตั้ง clock ให้ทำงานแบบ single step pulse ให้เครื่องทำงานแบบ $\frac{1}{2}$ cycle โดยตั้ง Selecter Switch ที่ Timing control ที่ Sequence control ตั้งให้อยู่ที่ phase Y ใน Program register ตั้ง address code ตามที่ต้องการ และตั้ง operation code ด้วยคำสั่ง Store (1110) ใส่ข้อมูลหรือคำสั่งโดยการ Set Switch ที่ Accumulator หลังจากนี้แล้วให้กดสวิทช์ Start ที่ Timing control จ่าย Single Step pulse ให้กับเครื่องด้วยสวิทช์ที่วงจร clock แล้วกดสวิทช์ Stop เครื่อง ผลจะทำให้คำสั่งหรือข้อมูลใน Accumulator transfer ไปยัง Memory register ในตำแหน่งที่ต้องการ ทำแบบเดียวกันนี้ทุก ๆ ครั้งที่ต้องการจะใส่คำสั่งและข้อมูลจนจบโปรแกรม

การให้เครื่องเริ่มต้นทำงานให้ตั้ง Sequence control ไว้ที่ phase X ตั้ง selector switch และ clock ตามความต้องการ clear ตัวเลขที่มีอยู่ใน Buffer register, Accumulator, Program register, Address register และ Overflow flip flop แล้วกดสวิทช์ Start เครื่อง ซึ่งเครื่องจะเริ่มต้นการทำงานตามลำดับของคำสั่งที่อยู่ใน Memory register ที่โปรแกรมไว้ ถ้าเครื่องหยุดทำงานในระหว่างโปรแกรม ต้องการให้เครื่องทำงานต่อไปได้โดยการกดสวิทช์ Start เครื่องใหม่ ซึ่งเครื่องจะทำงานต่อไปเรื่อย ๆ จนจบโปรแกรมที่ต้องการ

.....