บทที่ ๒

การทำงานของจุลคอมพิวเตอร์ Adtech model 40

จุลคอมพิวเตอร์ Adtech model 40 เป็นส่วนย่อของคอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์สำหรับใช้ในการศึกษาในห้องเรียน ซึ่งได้แบ่งส่วนวงจรออกเป็นหลาย ๆ ส่วนดังนี้

๑. ส่วนความจำ (The Memory Unit)

๒. ส่วนคำนวณ (The Arithematic Unit)

๓. ส่วนควบคุม (The Control Unit)

๔. ส่วนรับข้อมูล (Input Devices)

๕. ส่วนแสดงผล (Output Devices)

<u>ส่วนความจำ</u> (The Memory Unit)

ส่วนความจำของจุลคอมพิวเตอร์นี้เป็นส่วนความจำที่มีขนาด 8-bit word และมี ๖๔ ตำแหน่ง ซึ่งสามารถอ่านออกมาหรือบันทึกเข้าไปที่ตำแหน่งไหน ๆ ก็ได้ การแสดงตำแหน่งจะแสดงทาง Memory Address Input (MAI) โดย Multiplexor (MUX)2 ซึ่งตำแหน่งที่แสดงนี้จะอยู่ในรูปของ 6-bit address ซึ่ง Address ที่ได้มาจาก MUX 2 นี้จะมาจาก Program Address Register (PAR) หรือจาก Instruction Register (IR) ก็ได้ โดยให้ MUX 2 เป็นตัวแบ่ง ส่วนการแสดงผลของข้อมูลในส่วนความจำนี้จะแสดงทาง Memory Data Output (MDO.)

<u>ส่วนคำนวณ</u> (The Arithematic Unit)

ตามรูปที่ ๑ ในส่วนคำนวณ จะเห็นว่ามี Accumulator Adder Complement และ Multiplexor 3 การทำงานของส่วนคำนวณ คือ Adder จะบวกตัวเลขสองจำนวนที่ได้มาจาก MDO (Memory data output) และที่มาจาก Output ของ Accumulator เข้าด้วยกัน MUX (Multiplexor) 3 จะทำหน้าที่ใส่ตัวเลขไว้ใน Accumulator โดยใส่เป็นผลบวกจาก Adder ถ้าต้องการจะบวก หรือใส่เป็นค่า Complement ของ Accumulator เพื่อนำไปลบกับเลขที่จะเข้ามาทาง MDO หรือใส่ค่าศูนย์ไว้ใน Accumulator สัญญาณที่ควบคุมการทำงานของ MUX 3 นั้นเป็น

สัญญาน CP.E 2 และ AD.E_2 จาก Sequencer

Accumulator นั้นจะทำงานหรือได้รับ pluse ต่อเมื่อมีคำสั่ง บวก (AD.) เลื่อนไปทางขวา ๑ ตำแหน่ง (RS.) เลื่อนไปทางซ้าย ๑ ตำแหน่ง (LS.) เปลี่ยนเป็นค่า Complement (CP.) หรือใส่ค่าศูนย์ใน Accumulator (CL.) และการทำงานของ Accumulator จะมีเฉพาะช่วง Phase E 2 ของ Execution cycle แต่ในระหว่างที่ไม่มีคำสั่งทั้ง ๕ คำสั่งดังกล่าวแล้วข้อมูลที่อยู่ใน Accumulator จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าส่วนคำนวณนี้มีหน้าที่อยู่ ๕ อย่าง คือ

๑. ทำให้ Accumulator เป็นศูนย์หมด

๒. แทนค่าใน Accumulator ด้วยค่า Binary Complement โดยผ่าน MUX 3 ดังกล่าวข้างต้น

๓. ค่าผลบวกจะถูกนำมาเก็บใน Accumulator โดยผ่านทาง MUX 3 เช่นกัน

๔. เลื่อนตัวเลขใน Accumulator ไปทางซ้ายทีละตำแหน่ง

๕. เลื่อนตัวเลขใน Accumulator ไปทางขวาทีละตำแหน่ง

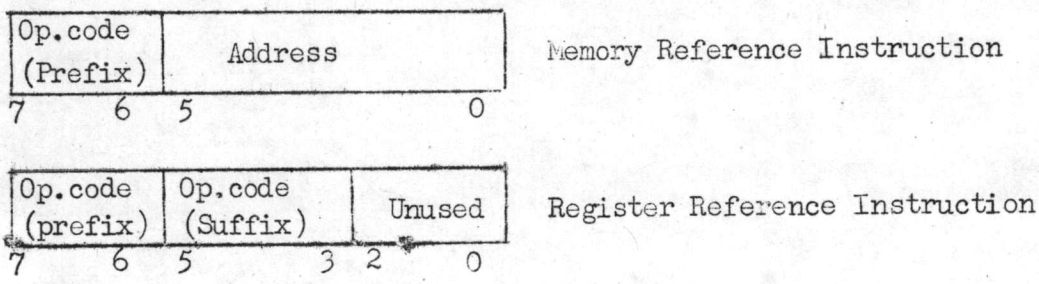
<u>ส่วนควบคุม</u> (The Control Unit)

ส่วนควบคุมนี้เป็นส่วนที่ยุ่งยากที่สุด ที่มีหน้าที่ควบคุมและประสานการทำงานของส่วนความจำ ส่วนคำนวณ ส่วนรับข้อมูล และส่วนแสดงผล ซึ่งส่วนควบคุมนี้สามารถแบ่งออกเป็น ๔ ส่วนใหญ่ ๆ คือ

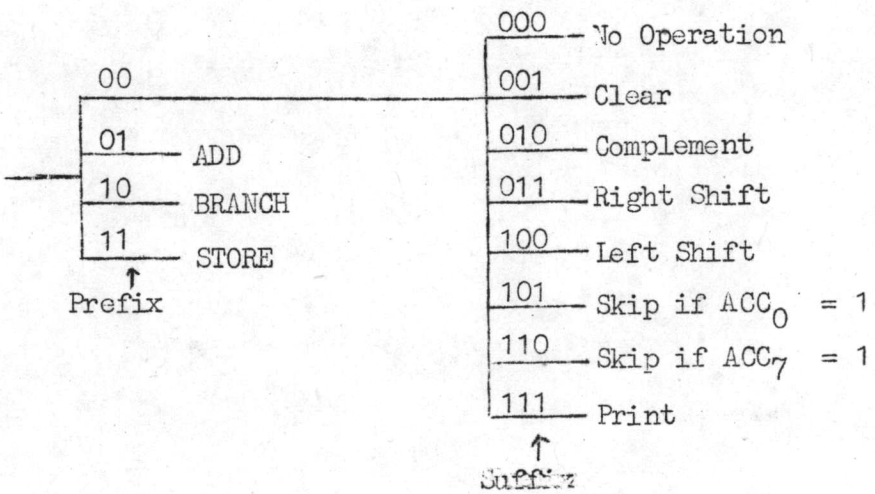
๑. <u>The Operation Code Decoder</u>

เนื่องจากเครื่องจุลคอมพิวเตอร์นี้มีส่วนความจำ ๖๔ ตำแหน่ง จึงใช้ Memory Addresses เพียง 6 bits เท่านั้น แต่ Word ที่ใช้มีทั้งหมด 8 bits จึงเหลืออีก 2 bits เป็น Operation Code ทำให้แยกคำสั่งออกเป็น ๔ ชนิด แต่ในการโปรแกรมให้จุลคอมพิวเตอร์ทำงานนั้น เราต้องใช้คำสั่งมากกว่า ๔ ชนิด จึงต้องแบ่ง Operation Code ออกเป็นสองพวกใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ Memory Reference Instruction และ Register Reference Instruction 2 bit แรกของคำสั่งจะใช้แยกประเภทของคำสั่งว่าเป็น Memory Refernece Instruction หรือ Register Reference Instruction ถ้า 2 bit แรกเป็น oo แสดงว่าคำสั่งนี้เป็น

Register Reference Instructionตัวถอดระหัส (Decorder) จะดู 3 bit ต่อไปเท่านั้น ว่าให้กระทำอะไรตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๓ หาก 2 bit แรกมิใช่ ๐๐ คำสั่งดังกล่าวจะเป็นประเภท Memory Reference Instruction ซึ่งแยกออกเป็น ๓ ชนิด คือ ADD (01), BRANCH (10) และ STORE (11) Address จะแสดงโดย 6 bit หลัง



รูปที่ ๒ Instruction Formats



รูปที่ ๓ Operation Code Structure

๒. The Pulse Distributor

เครื่องจุลคอมพิวเตอร์นี้แบ่งการทำงานออกเป็น ๒ จังหวะ จังหวะแรกเป็น Instruction Cycle จุลคอมพิวเตอร์จะอ่านคำสั่งจากส่วนความจำแล้วใช้ Op. Code Decoder ตรวจดูว่าคำสั่งนั้นจะให้ทำอะไร ในจังหวะนี้ใช้ Clock จำนวน 2 Pulse คือ I_1, I_2 จังหวะที่ ๒ เป็น Execution Cycle เป็นจังหวะที่จุลคอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่งของจังหวะแรก ในจังหวะนี้ก็ใช้ Clock จำนวน 2 Pluse เช่นกัน คือ E_1, E_2

๓. The Sequencer

The Sequencer จะทำงานในระหว่าง Execution Cycle เท่านั้น ซึ่งควบคุมโดย E_1 และ E_2 หน้าที่ของ Sequencer คือ การสร้างสัญญาน Timing สำหรับใช้งานให้แก่ส่วนความจำ ส่วนคำนวณ และส่วนรับและแสดงผล

๔. The Program Address Register

ส่วน Register นี้เป็นชนิด 6-stage ripple counter อย่างง่าย ซึ่งจะทำการเก็บ Address ของคำสั่งที่กำลังทำงาน และสามารถเก็บ Address ซึ่ง Load จาก Input ก็ได้

ส่วนรับข้อมูล (Input Devices)

มีเครื่องมืออยู่ ๒ อย่างด้วยกันที่ใช้สำหรับเป็น Input ให้กับเครื่องจุลคอมพิวเตอร์ คือ

๑. แผงปุ่มกด (Keyer Console)

แผงสำหรับกดนี้มีปุ่มสำหรับกดป้อนข้อมูลอยู่ ๑๖ ปุ่มด้วยกัน ตั้งแต่ 0 ถึง F ข้อมูลที่จะกดป้อนเข้ามาจึงต้องเป็นข้อมูลในลักษณะ Hexadecimal ขณะที่กดจะปรากฏสัญญานที่ ๘, ๔, ๒, ๑ และ Strobe (STB) การทำงานของแผงปุ่มกดในการ Load Memory มีดังนี้ (ดู Input Unit ในรูปที่ ๑ ประกอบ)

– เมื่อกดปุ่ม PRESET จะทำให้ Flip-flop C มี Q-output เป็น Low ปุ่ม PRESET นี้ยังต่อไปถึงวงจรของ PAR (Program address Register) ทำให้ PAR เป็นศูนย์เมื่อกดปุ่มนี้

– ในขณะนี้ IO อันบนที่ T มีค่าเป็น High อันล่างที่ T มีค่าเป็น Low STB ต่ออยู่กับ Clock ของ Flip-flop C ดังนั้นเมื่อกดแป้นตัวเลขหรืออักษรบนแผง ตัวเลขที่แปลงเป็น BCD แล้วจะปรากฏอยู่ที่ Input ของ IO ทั้งตัวบนและตัวล่าง ตอนนี้ STB ที่ป้อนให้กับ Clock ของ Flip-flop C มีค่าเป็น High

– เมื่อปล่อยมือออกจากแป้นตัวเลข STB จะเปลี่ยนจาก High เป็น Low ทำให้ Flip-flop C เปลี่ยน Q-output จาก Low ไปเป็น High และ $\bar{Q}$-output เปลี่ยนจาก High ไปเป็น Low ทั้งนี้เพราะ J และ K เป็น ๑

– เมื่อพิจารณา IO ตัวบนจะเห็นว่า T เปลี่ยนจาก High ไปเป็น Low ดังนั้น IO register อันนี้จะทำงาน คือ เก็บตัวเลขจาก Input ไว้ได้ ส่วน IO ตัวล่างนั้น T เปลี่ยนจาก Low ไปเป็น High ดังนั้น IO register อันล่างนี้จะยังไม่ทำงาน เลขที่อยู่ใน IO ตัวล่างจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

– ขณะนี้ IO ตัวบนมี T เป็น Low IO ตัวล่างมี T เป็น High เมื่อกดแป้นตัวเลขหรือตัวอักษร ตัวเลขที่แปลงเป็น BCD แล้วจะปรากฏอยู่ที่ Input ของ IO ทั้งสองตัวในขณะเดียวกัน STB จะเป็น High ป้อนให้กับ Clock ของ Flip-flop C

– เมื่อปล่อยมือออก STB จะเปลี่ยนเป็น Low ทำให้ Q-output เปลี่ยนจาก High ไปเป็น Low และ $\bar{Q}$-output จะเปลี่ยนจาก Low เป็น High

– IO ตัวบนมี T เปลี่ยนจาก Low ไปเป็น High จึงยังไม่ทำงาน แต่ IO ตัวล่างมี T เปลี่ยนจาก High ไปเป็น Low ดังนั้น IO register ตัวล่างนี้จะเก็บ Input ที่ได้รับเอาไว้

– จึงสรุปได้ว่า เมื่อกดแป้นตัวเลขหรือตัวอักษรบนแผงปุ่มกดสองครั้ง ตัวเลขทั้งสองในระบบ BCD จะถูกเก็บเอาไว้ใน IO register ตัวบนและตัวล่างตามลำดับ

๒. <u>เครื่องอ่านบัตร</u> (The Card Reader)

เครื่องอ่านบัตรนี้จะอ่านข้อมูลและคำสั่งต่าง ๆ จากบัตรคอมพิวเตอร์ชนิดมาตรฐานที่เจาะไว้แล้ว จากนั้นจะแปลงข้อมูลต่าง ๆ จากบัตรคอมพิวเตอร์ให้เป็นเลขระบบฐาน ๒ เช่นเดียวกับที่ได้จาก Keyer Console

ส่วนแสดงข้อมูล (Output Devices)

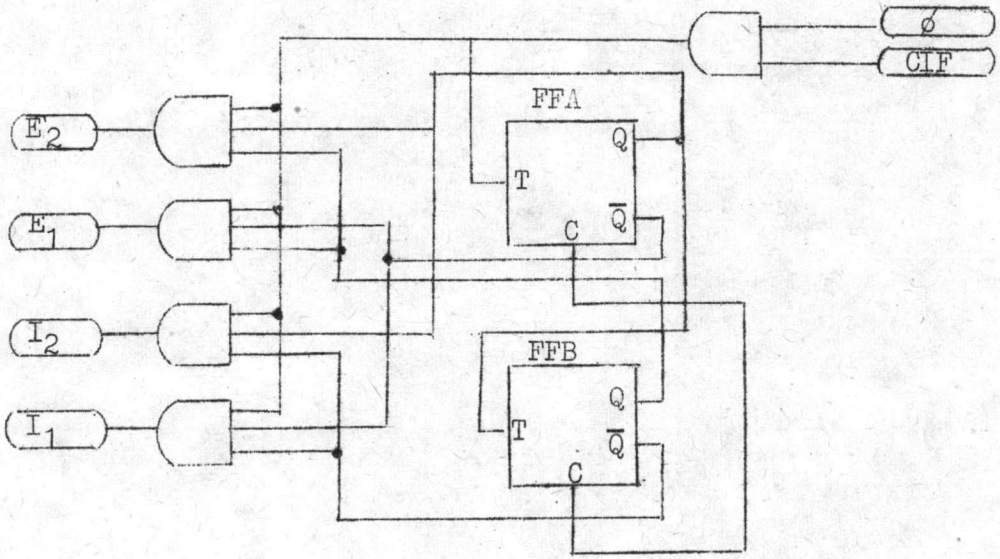
เครื่องจุลคอมพิวเตอร์มีที่แสดงข้อมูลอยู่ ๒ ที่ด้วยกัน คือ

๑. หลอกไฟแสดงผล (Hexadecimal Displays and Indicators)

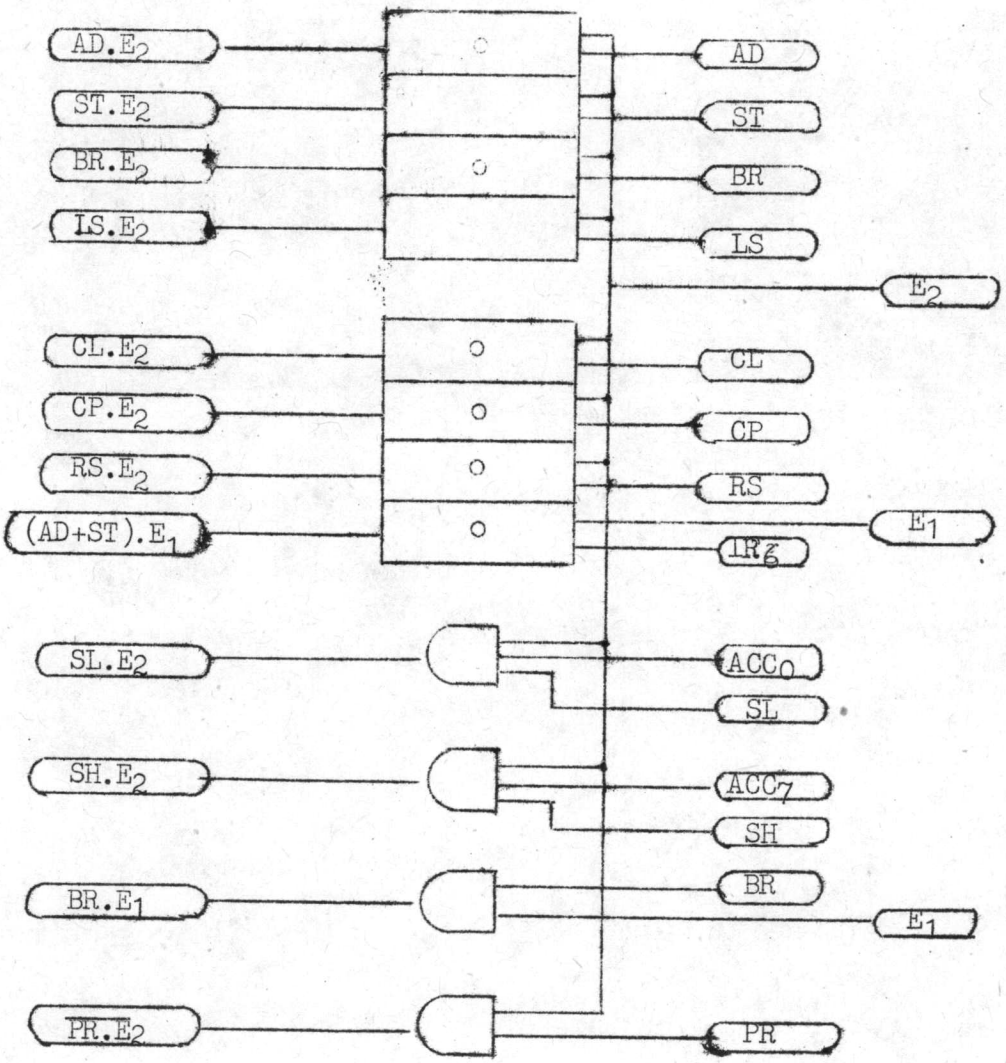
ทุก Logic Outputs ในเครื่องคอมพิวเตอร์มีหลอดไฟแสดงผลอยู่ (Indicator Lamps) ถ้าทางานแบบ Manual Operation แล้ว จะสามารถใช้พวกนี้เป็น Output ได้ นอกจากนี้ยังสามารถอ่านผลจากหลอดไฟแสดงผลที่ Accumulator ด้วย

๒. เครื่องพิมพ์ (Printer)

เครื่องพิมพ์นี้เป็นเครื่องพิมพ์ Model 40 p. Serial Printer ซึ่งพิมพ์เป็นตัวเลขในระบบฐาน ๑๖ ด้วยความเร็ว 10 character/second



รูปที่ ๔ . Pulse Distributor with Interupt Capability.



รูปที่ ๕ Sequencer with PRINT Instructor

คำสั่ง PRINT (PR) จะถูกแปลในจังหวะ Instruction ในจังหวะ Execution (E_2) จะเกิดเป็นสัญญาน $\overline{PR.E_2}$ (ดังรูปที่ ๕) ซึ่งเดิมสัญญาน $\overline{PR.E_2}$ ที่ป้อนให้กับ Print Input ของเครื่องพิมพ์จะเป็น ๑ อยู่ตลอดเวลา เครื่องพิมพ์จะไม่ทำงานเพราะจะทำงานเมื่อสัญญานพิมพ์เปลี่ยนจาก ๐ เป็น ๑ เท่านั้น ในจังหวะ E_2 สัญญาน $\overline{PR.E_2}$ เป็น ๐ ดังนั้นทันทีที่หมดจังหวะ E_2 สัญญาน $\overline{PR.E_2}$ กลายเป็น ๑ ตามเดิม จะทำให้เครื่องพิมพ์ พิมพ์ตัวเลขที่ได้มาจาก ACC_0-ACC_7 โดยแบ่งการพิมพ์ออกเป็น ๓ ครั้ง ครั้งแรกพิมพ์ ACC_7-ACC_4 โดยถอดเลขระบบฐาน ๑๖ ก่อน ครั้งที่สองพิมพ์ ACC_3-ACC_0 โดยถอดเป็นเลขระบบฐาน ๑๖ เช่นกัน ครั้งที่สามจะใช้ในการเว้นหนึ่งช่องไฟ

ในระหว่างที่เครื่องพิมพ์ทำการพิมพ์อยู่นี้ สัญญาน CIF (Clear Interrupt Flag) หรือ Printer Done ที่ปรกติเป็น ๑ อยู่เสมอ เพื่อแสดงให้รู้ว่าเครื่องพิมพ์ว่างและพร้อมที่จะรับคำสั่งให้พิมพ์ จะเป็น ๐ จนกระทั่งเครื่องพิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้วจึงจะกลับเป็น ๑ ตามเดิม ถ้าในขณะที่เครื่องพิมพ์กำลังพิมพ์อยู่นี้ เราใช้ Master Clock ความเร็วสูง เครื่องพิมพ์ก็สามารถจะพิมพ์ได้โดยไม่ตกหล่น ทั้งนี้เพราะว่าสัญญาน CIF และ Master Clock จะรวมกันใน AND Gate ก่อน (รูปที่ ๔) แล้วจึงส่งสัญญานต่อไปให้ Pulse Distributor ในขณะที่พิมพ์อยู่ CIF เป็น ๐ ดังนั้น pulse ที่ส่งมาจาก Master Clock จึงไม่สามารถผ่านไปที่ Pulse Distributor ได้เลย จนกระทั่งพิมพ์เสร็จแล้ว CIF กลับเป็น ๑ ตามเดิม Pulse Distributor จึงจะทำงาน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่ส่งออกจากเครื่องคุลคอมพิวเตอร์จะส่งออกมาแบบ Parallel จาก ACC_0-ACC_7