บทที่ ๒

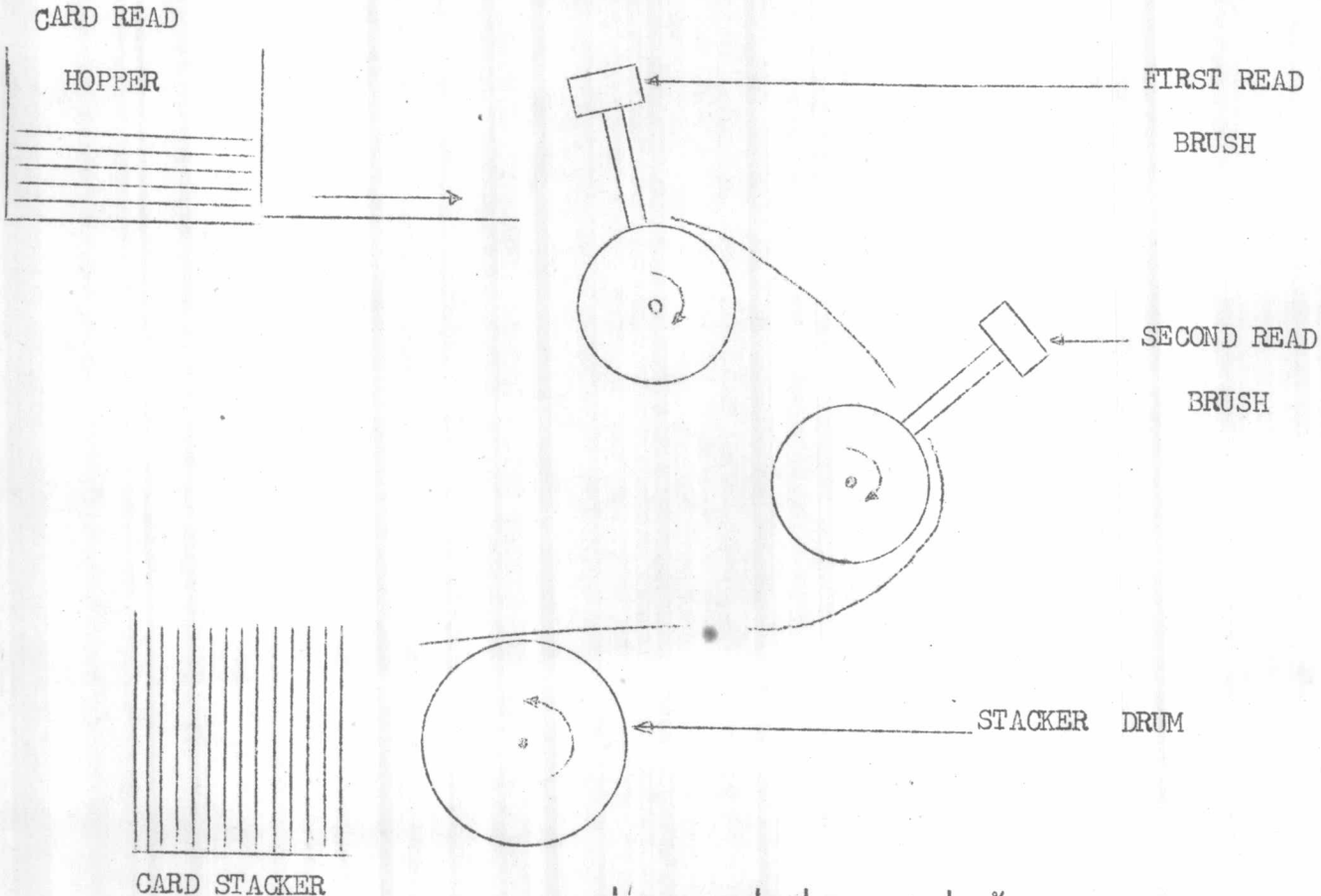
การออกแบบและสร้างวงจรของเครื่องอ่านบัตร

ข้อมูลที่ต้องการให้เครื่องอ่านบัตรอ่านและป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นจะเก็บข้อมูลไว้ในบัตรโดยเจาะบัตรเป็นรูรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งจะอยู่ในแถวนอนและแถวตั้งในบัตร แต่ละแถวตั้ง (COLUMN) ในบัตรจะแทนตัวเลข ๑ ตัว หรือตัวอักษร ๑ ตัว หรือตัวอักษรพิเศษ ๑ ตัว เช่นเลข ๘ ใน ๑ แถวตั้งจะเจาะรู ๑ รูที่แถวนอน (ROW) ที่แปด หรือตัวอักษร L ใน ๑ แถวตั้งจะเจาะรู ๒ รูที่แถวนอนที่ ๑๑ และ ๓ เช่นนี้เป็นต้น

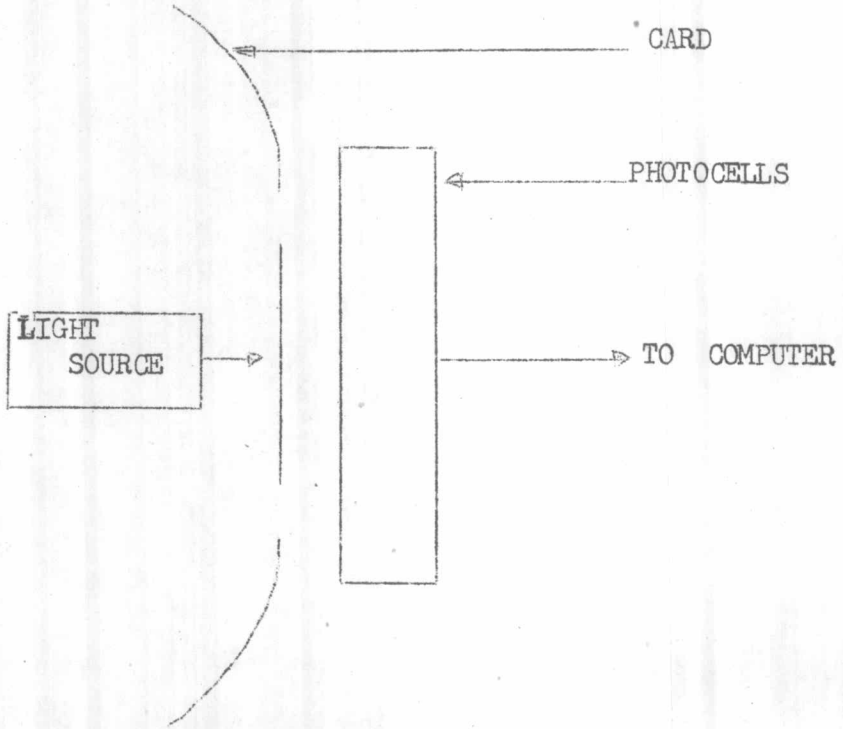
เมื่อในแต่ละแถวตั้งมีรูใช้แทนสัญญาลักษณ์ต่าง ๆ ดังนั้นการที่จะให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้ว่าแถวนอนของแถวตั้งใดถูกเจาะรูไว้บ้าง ก็จะทำได้ ๒ วิธีด้วยกันคือ

(๑) โดยนำบัตรผ่านเครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแปรงลวด (BRUSH TYPE)

(๒) โดยนำบัตรผ่านเครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแสง (PHOTOELECTRIC TYPE)



รูปที่ ๑ ก เครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแปรงลวด



รูปที่ ๑ ข เครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแสง

เครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแปรงลวดรูปที่ ๑ ก จะมีแปรงลวดสำหรับอ่าน ๑๒ อันเท่ากับจำนวนแถวนอนบนบัตร และอยู่ตรงกับแถวนอนบนบัตรด้วย แปรงลวดนี้เมื่อไม่มีบัตรผ่านจะสัมผัสอยู่บนลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งนี้เมื่อเครื่องอ่านบัตรทำงานจะมีกระแสไฟไหลมายังลูกกลิ้ง เมื่อบัตรส่วนที่ไม่ได้เจาะรูผ่าน บัตรจะตัดกระแสไฟไม่ให้ไหลมายังแปรงลวด หากแถวนอนใดเจาะรูไว้แปรงลวดนี้จะสัมผัสกับลูกกลิ้งทำให้มีกระแสไฟไหลผ่านจากลูกกลิ้งมายังแปรงลวด ทำให้เกิด PULSE ป้อนมายังคอมพิวเตอร์ได้

เครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแสง จะมีโฟโตเซลล์ (PHOTOCELLS) , โฟโตไดโอด (PHOTODIODE) หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ (PHOTOTRANSISTOR) ชนิดใดชนิดหนึ่งจำนวน ๑๒ ชิ้น วางเรียงอยู่ทางด้านหนึ่งซึ่งตรงตำแหน่งกับแถวนอนในบัตร อีกด้านหนึ่งจะเป็นหลอดไฟซึ่งทำให้เกิดแสง

เมื่อบัตรส่วนที่ไม่ได้เจาะรูผ่านโฟโตเซลล์ จะบังแสงทำให้วงจรช่องโฟโตเซลล์ไม่ทำงาน หากแถวนอนใดเจาะรูไว้ แสงจะส่องผ่านถูกโฟโตเซลล์ ทำให้วงจรทำงานและส่ง PULSE ป้อนมายังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

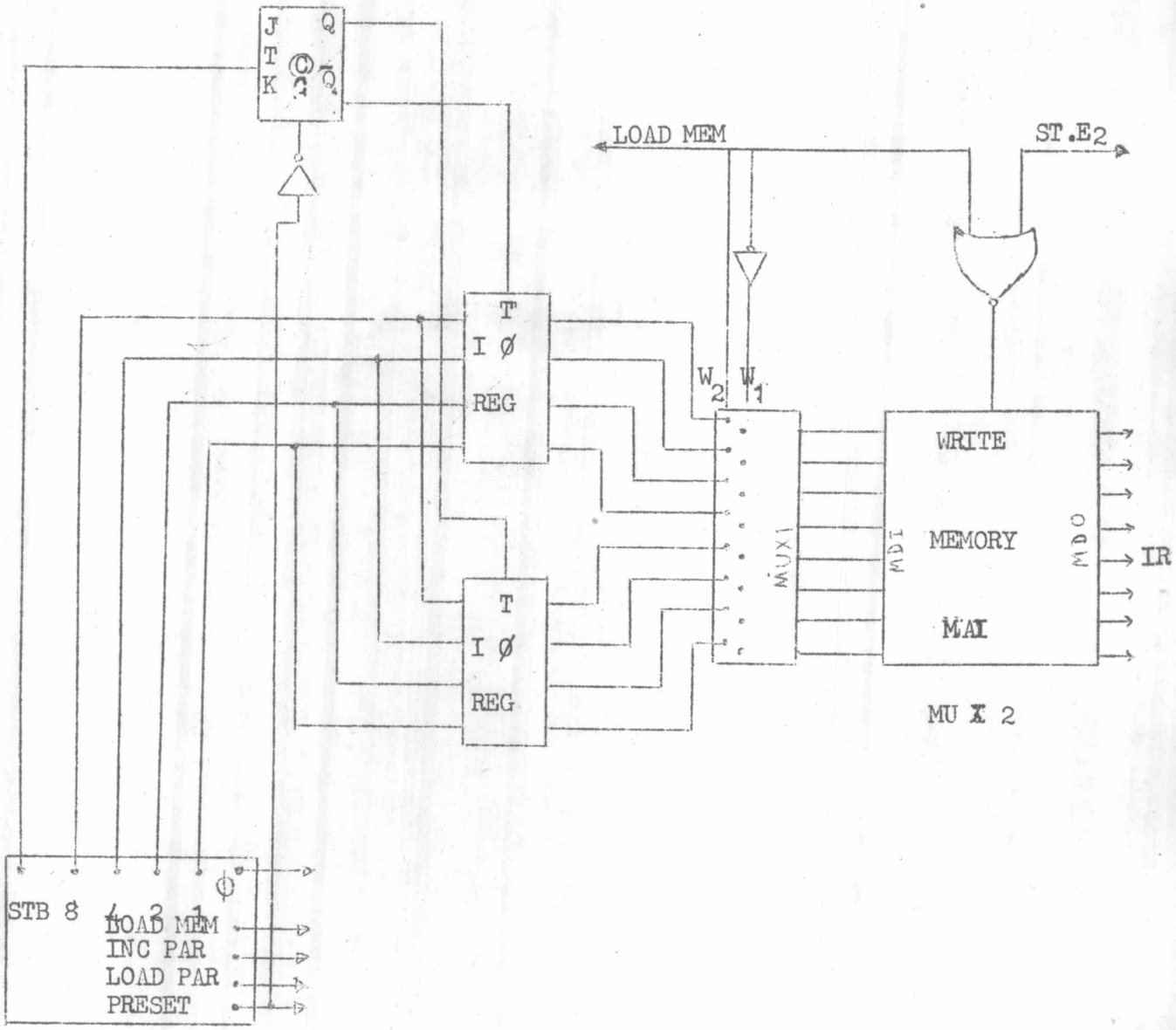
ในการทำการศึกษาเรื่องเครื่องอ่านบัตรนี้ จะศึกษาเครื่องอ่านบัตรชนิดอ่านด้วยแสงเนื่องจากมีการทำงานที่เร็วกว่าและจะได้เครื่องอ่านบัตรที่มีขนาดเล็กกว่า

๒.๑ การทำงานของส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในการที่ต้องศึกษาการทำงานของส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ก่อนก็เพื่อให้ทราบว่าขีดจำกัดในการรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในการแปลงข้อมูลเป็นคำสั่งเป็นเช่นไร เมื่อรู้ขีดจำกัดแล้วก็สามารถออกแบบการเจาะบัตรและสามารถออกแบบวงจรของเครื่องอ่านบัตรเพื่อให้สอดคล้องกับการรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป

ส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้จะกล่าวเพียงสั้น ๆ ในส่วนที่ต้องใช้ในการนำไปออกแบบการเจาะบัตรเท่านั้น ส่วนรายละเอียดมีอยู่แล้วในหนังสือ COMPUTER SYSTEM เล่มที่ ๒

ก่อนอื่นขอกล่าวถึงส่วนความจำซึ่งมี MEMORY ขนาด ๖๔ คำ แต่ละคำมีความยาวแปดหลัก ในการโปรแกรมให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องโปรแกรมเป็นคำ ๆ ไปในการที่จะป้อนโปรแกรมเป็นคำ ๆ จะใช้มัลติเพลกเซอร์ (MULTIPLEXOR) (MUX 1) ช่วยตามรูปที่ ๒ MUX 1 จะเป็น



รูปที่ ๒ ส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ตัวเลือกว่าจะใช้ข้อมูลที่ป้อนมาจากแอคคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR) หรือจาก IØ รีจิสเตอร์ (REGISTER) ถ้า LOAD MEMORY เป็น ๑ W_2 จะเป็น ๑ MUX 1 จะเลือกใช้ข้อมูลที่มาจาก IØ รีจิสเตอร์ ถ้า ST.E2 มีค่าเป็น ๑ W_1 เป็น ๑ MUX 1 จะเลือกใช้ข้อมูลที่มาจากแอคคิวมูเลเตอร์

IØ รีจิสเตอร์มี ๒ ตัว แต่ละตัวจะเป็นชนิด ๔ บิทรีจิสเตอร์ จะเป็นตัวคอยเก็บข้อมูลที่ป้อนเข้ามาก่อนที่จะส่งไปยัง MUX 1 ที่ต้องใช้ชนิด ๔ บิทรีจิสเตอร์ ๒ ตัวก็เพราะข้อมูลที่ป้อนเข้ามาทาง KEYER CONSOLE จะเป็นชนิดเลขฐานสิบหก (HEXADECIMAL) คือจะป้อนเข้ามาครั้งละ ๔ บิท จึงต้องใช้ ๒ ตัวเพื่อป้อนให้ครบ ๘ บิท ซึ่งจะเป็นค่าตามต้องการ

การทำงานของส่วนรับข้อมูลเมื่อป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ดตามรูปที่ ๒

๑. กดปุ่ม PRESET จะทำให้ FLIP - PLOP # C มี Q เอาพุท (OUTPUT) เป็น 0 $\bar{Q}$ เป็น ๑ ปุ่ม PRESET นี้ต่อไปยังวงจรที่เป็น ADDRESS ด้วยทำให้ ADDRESS เป็น 0

๒. ขณะนี้ IØ อันบนมี T = 1, IØ อันล่างมี T = 0, STB ต่ออยู่กับ CLOCK ของ FLIP - FLOP # C เมื่อกดตัวเลขหรือตัวอักษรบนแป้นคีย์บอร์ด ตัวเลขที่แปลงเป็น BCD แล้วจะไปปรากฏที่อินพุท (INPUT) ของ IØ ทั้งตัวบนและตัวล่าง ในขณะที่ยังกดแป้นอยู่นี้ STB ที่ป้อนให้กับ CLOCK ของ FLIP - FLOP # C มีค่าเป็น ๑

๓. เมื่อปล่อยมือออกจากแป้นของคีย์บอร์ด STB จะเปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ ทำให้ Q เปลี่ยนจาก ๐ เป็น ๑ และ $\bar{Q}$ เปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ เพราะ FLIP - FLOP # C มี J = K = 1

๔. พิจารณาดู IØ ตัวบน เมื่อ T เปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ ดังนั้นรีจิสเตอร์อันนี้จะทำงาน คือเก็บตัวเลขที่ป้อนเข้ามาไว้ ส่วน IØ ตัวล่าง เมื่อ T เปลี่ยนจาก ๐ เป็น ๑ รีจิสเตอร์อันนี้จะไม่ทำงานเลขที่อยู่ใน IØ ตัวล่างจะไม่เปลี่ยนแปลง

๕. ขณะนี้ IØ ตัวบนมี T = 0, IØ ตัวล่างมี T = 1 เมื่อกดแป้นตัวเลขหรือตัวอักษรของคีย์บอร์ดอีก ๑ ครั้ง ตัวเลขที่แปลงเป็น BCD แล้วจะปรากฏอยู่ที่อินพุทของ IØ ทั้งตัวบนและตัวล่างในขณะเดียวกัน STB = 1 กำลังป้อนให้กับ CLOCK ของ FLIP - FLOP # C

๖. เมื่อปล่อยมือออกจากตัวเลขของคีย์บอร์ด STB จะเปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ ทำให้ Q เปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ และ $\overline{Q}$ เปลี่ยนจาก ๐ เป็น ๑

๗. IØ ตัวบนมี T เปลี่ยนจาก ๐ เป็น ๑ ดังนั้นรีจิสเตอร์อันนี้จะไม่ทำงาน ส่วน IØ ตัวล่างมี T เปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ รีจิสเตอร์อันนี้จะเก็บอินพุทที่ได้รับเอาไว้

๘. สรุปการทำงานของส่วนรับข้อมูลเมื่อป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ด คือเมื่อกดแป้นตัวเลขหรือตัวอักษรของคีย์บอร์ด ๒ ครั้ง ตัวเลขทั้งสองในระบบ BCD จะถูกเก็บไว้ใน IØ รีจิสเตอร์ตัวบนและตัวล่างตามลำดับ

การที่นำเอาการป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ดมากล่าวก่อนก็เพื่อให้เห็นว่าก่อนจะป้อนข้อมูลเข้า MEMORY นั้น ต้องป้อนข้อมูลแบบ BCD ให้ครบแปดหลักเสียก่อน จากแนวความคิดนี้ทำให้สามารถออกแบบเครื่องอ่านบัตรและการเจาะบัตรให้สอดคล้องกับส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อีกประการหนึ่ง เมื่อรู้การทำงานของคีย์บอร์ด จะทำให้สะดวกในการที่จะต้องดัดแปลงส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ให้รับได้ทั้งข้อมูลที่ป้อนจากเครื่องอ่านบัตรและคีย์บอร์ด (จะกล่าวถึงในบทที่ ๔)

๒.๒ การเจาะบัตร

บัตรที่ใช้อยู่จะมีแถวตั้ง (COLUMN) ๘๐ แถว และแถวนอน (ROW) ๑๒ แถว ดังนั้นในแต่ละแถวตั้งจะประกอบด้วยแถวนอนทั้ง ๑๒ แถว ตามรูปที่ ๓ จากส่วนรับข้อมูลที่อธิบายมาแล้วนั้นจะรับข้อมูลครั้งละแปดหลัก โดยข้อมูลที่เกิดจากการกดตัวเลขหรือตัวอักษรของ KEYER ครั้งแรกจะถูกแปลงเป็น BCD ปรากฏอยู่บน IØ รีจิสเตอร์ตัวบน ซึ่งจะเรียกว่าเป็นเลขหลักมาก (MORE SIGNIFICANT HEX DIGIT) การกดครั้งที่สองเลข BCD จะปรากฏอยู่ที่ IØ รีจิสเตอร์ตัวล่าง ซึ่งจะเรียกว่าเลขหลักน้อย (LESS SIGNIFICANT HEXDIGIT)

จากแถวตั้งแต่ละแถวของบัตร สามารถออกแบบให้เป็นข้อมูลเพื่อป้อนให้ยังส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ดังต่อไปนี้คือ

๒.๒.๑ ในแต่ละแถวตั้ง เราจะใช้แถวนอนของแถวตั้งนั้น ๆ ๘ แถวนอนเป็นข้อมูล โดยแถวนอนใดถูกเจาะรูก็จะมีค่าเป็น ๑ ถ้าไม่ถูกเจาะจะมีค่าเป็น ๐ เพื่อความสะดวกเราจะใช้แถวนอนที่ ๐ – ๗ เป็นส่วนของข้อมูลโดยแถวนอนที่ ๔ – ๗ ใช้แทนเลขหลักมาก แถวนอนที่ ๐ – ๓ ใช้แทนเลขหลักน้อย แถวนอนที่ ๔ – ๗ นี้จะต้องส่งข้อมูลให้ IØ รีจิสเตอร์ตัวบน แถวนอนที่ ๐ – ๓ จะส่งข้อมูลให้ IØ รีจิสเตอร์ตัวล่างตามลำดับ

รูปที่ ๓ บัตรที่จะใช้กับเครื่องอ่านบัตร

๒.๒.๒ เมื่อข้อมูลจากบัตรไปอยู่ที่อินพุทของ IØ รีจิสเตอร์แล้วบัตรจะต้องส่ง PULSE อีกอันหนึ่งเพื่อทำให้ T ของ IØ รีจิสเตอร์ของทั้งอันบนและอันล่างเปลี่ยนจาก ๑ เป็น ๐ เพื่อรับข้อมูลเข้าไว้ใน IØ รีจิสเตอร์ ดังนั้นจะใช้แถวนอนที่ ๙ เป็นตัวให้ PULSE อันนี้ คือ ถ้าเจาะรูจะมีค่า ๑ ไม่เจาะรูจะมีค่า ๐

๒.๒.๓ เมื่อใดที่เจาะข้อมูลผิด และจะไม่ให้เก็บข้อมูลไว้ใน IØ รีจิสเตอร์จะต้องส่ง PULSE อีกอันหนึ่งจากบัตรเพื่อไม่ให้ IØ รีจิสเตอร์ทำงาน จะใช้แถวนอนที่ ๘ เป็นตัวให้ PULSE อันนี้คือถ้าเจาะรูจะมีค่าเป็น ๑ ไม่เจาะรูมีค่าเป็น ๐

๒.๒.๔ สรุปการเจาะบัตรเป็นดังนี้ แถวที่ ๐-๗ เป็นข้อมูลโดยแถวที่ ๐ - ๓ เป็นเลขหลักน้อย ๔ - ๗ เป็นเลขหลักมาก แถวที่ ๘ และ ๙ ใช้ควบคุมการรับหรือไม่รับข้อมูลที่ป้อนเข้ามา แถวที่ ๑๑ - ๑๒ ไม่ใช้

บัตรที่จะใช้มี ๑๒ แถวนอน ที่ออกแบบไว้แล้วใช้เพียง ๑๐ แถวนอนเท่านั้น คือแถวนอนที่ ๐ - ๙ ซึ่งแถวที่ ๐ - ๗ เป็นข้อมูล แถวที่ ๘ - ๙ เป็นแถวที่ใช้ควบคุมการรับข้อมูล ดังนั้นเราจึงสามารถออกแบบวงจรส่วนรับข้อมูลของเครื่องอ่านบัตรได้

๒.๓ ส่วนรับข้อมูลจากบัตรเข้าวงจรของเครื่องอ่านบัตร

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเครื่องอ่านบัตร เป็นส่วนที่จะแปลงข้อมูลที่เจาะบนบัตรให้เป็นข้อมูลที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป อุปกรณ์ที่จะใช้ในการนี้มี

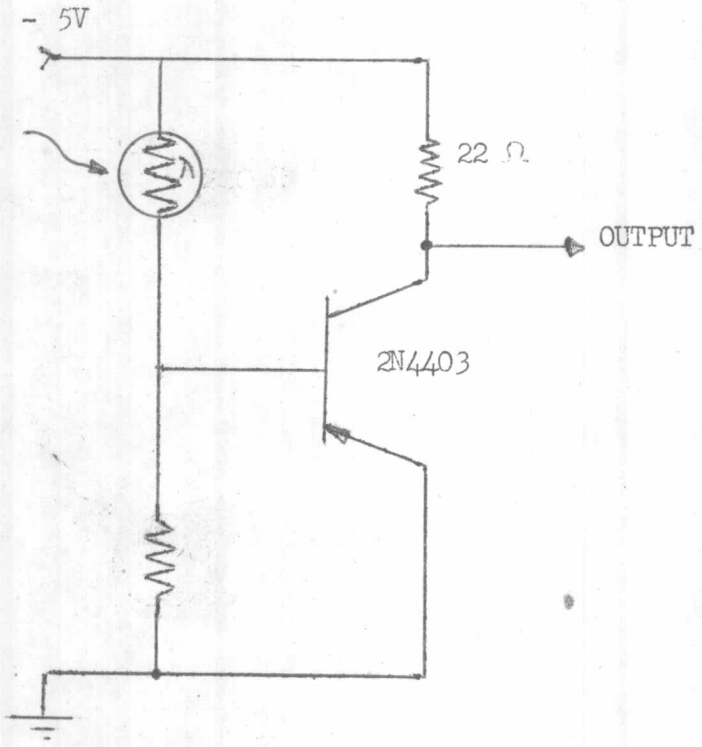
๒.๓.๑ หลอดไฟให้แสง

๒.๓.๒ โฟโตรีซิสเตอร์ หรือ โฟโตไดโอด หรือ โฟโตทรานซิสเตอร์

๒.๓.๓ ทรานซิสเตอร์ ชนิด PNP

๒.๓.๔ ความต้านทาน

สิ่งของดังกล่าวจะต่อ ตามวงจรรูปที่ ๔



รูปที่ ๔ วงจรโฟโตรีซิสเตอร์[๑]

วงจรตามรูปที่ ๔ โฟโตรีซิสเตอร์มีความต้านทาน ๒๕๐ โอมม์ – ๑ เม็กกะโอมม์ และจะมีความต้านทานสูงมากเมื่อไม่มีแสงส่องมายังโฟโตรีซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานเนื่องจากไม่มีกระแสไหลมายัง BASE ของทรานซิสเตอร์ เมื่อมีแสงส่องมายังโฟโตรีซิสเตอร์ ทำให้ความต้านทานของโฟโตรีซิสเตอร์ลดลงอย่างมากและรวดเร็ว จะมีกระแสไหลมายัง BASE ของทรานซิสเตอร์ และมีค่าเป็นลบเมื่อเทียบกับ EMITTER ดังนั้นทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานให้เอาพุทออกมาทาง COLLECTOR ประมาณ + 5 VDC

---

[๑]รูปที่ ๔ จากหนังสือ ADTECH MODEL AOR CARD READER. ADTECH INC, HONOLULU, HAWAII

บัตรที่ออกแบบไว้ต้องใช้ ๑๐ แถวนอน ดังนั้นต้องใช้วงจรนี้ ๑๐ วงจรด้วยกัน เมื่อแถวนอนของแถวตั้งใด ๆ ถูกเจาะรูไว้ ขณะที่บัตรผ่านเครื่องอ่านบัตรแสงจะส่องผ่านบัตรตรงส่วนที่เจาะรูมายังโฟโตรีซิสเตอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานและส่ง PULSE เข้ามายังส่วนการทำงานของวงจรเครื่องอ่านบัตร

๒.๔ ส่วนการทำงานของวงจรเครื่องอ่านบัตร

ส่วนการทำงานของเครื่องอ่านบัตรจะแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือ

๒.๔.๑ ส่วนควบคุมการส่งข้อมูล

พิจารณาจากบัตรที่ออกแบบไว้ แถวนอนที่ ๘ และ ๙ ถูกออกแบบไว้ใช้ในการควบคุมการส่งข้อมูลไปยังส่วนรับข้อมูลของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แถวนอนที่ ๘ และ ๙ นี้เมื่อแถวนอนใดถูกเจาะรูจะมีค่าเป็น ๑ ไม่ถูกเจาะรูจะมีค่าเป็น ๐ ที่เครื่องอ่านบัตรตรงกับแถวนอนที่ ๘ และ ๙ จะมีวงจรที่มีหลอดโฟโตรีซิสเตอร์รอรับอยู่ในแต่ละแถว เมื่อแสงผ่านรูที่เจาะหรือไม่ผ่านรูที่เจาะเพียงรูเดียวหรือทั้งสองรู วงจรโฟโตรีซิสเตอร์จะให้เอาพุทออกมา ถ้าแสงผ่านวงจรของโฟโตรีซิสเตอร์ใด วงจรนั้นจะส่งเอาพุทออกมาประมาณ + 5 V ถ้าแสงไม่ผ่านวงจรของโฟโตรีซิสเตอร์ใด วงจรนั้นจะมีเอาพุทออกมา 0V วงจรทั้งสองนี้จะมีเอาพุทออกมาดังนี้ คือ โอกาสที่แถวนอนที่ ๘ และ ๙ จะถูกเจาะรูหรือไม่พร้อม ๆ กัน มี ๔ โอกาสด้วยกัน เอาพุทจะเป็นไปตามตารางที่ ๑

แถวนอนที่ ๘	OUTPUT ของวงจร ๘	แถวนอนที่ ๙	OUTPUT ของวงจร ๙
ไม่เจาะ (แสงไม่ผ่าน)	0 V	ไม่เจาะ (แสงไม่ผ่าน)	0 V
ไม่เจาะ (แสงไม่ผ่าน)	0 V	เจาะ (แสงผ่าน)	+ 5 V
เจาะ (แสงผ่าน)	+ 5 V	ไม่เจาะ (แสงไม่ผ่าน)	0 V
เจาะ (แสงผ่าน)	+ 5 V	เจาะ (แสงผ่าน)	+ 5 V

ตารางที่ ๑ เอาพุทจากวงจรโฟโตรีซิสเตอร์

ที่ได้จากวงจรจะเป็นอินพุทให้แก่วงจรอีกวงจรหนึ่ง ซึ่งจะใช้ลอจิคเกท ในการออกแบบและจะได้เอาพุทออกมา ๑ ค่า ในการใช้ควบคุมการส่งข้อมูลไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ วงจรที่จะใช้ลอจิคเกทนี้ จะใช้ INTEGRATED CIRCUIT ดังต่อไปนี้

๒.๔.๑.๑ DM 7404 N (HEX INVERTER)

๒.๔.๑.๒ DM 7400 N (QUAD NAND GATE)

๒.๔.๑.๓ DM 7414 N (HEX SCHMIDT TRIGGER)

I.C.ทั้งสามชนิดนี้ต่อ + 5 V เข้าที่ขา ๑๔ และ 0 V ที่ขา ๗ ในขณะใช้งานอินพุทของลอจิคเกทจะมีค่าเป็น๑ (ประมาณ + 1.6 V) เมื่อไม่ได้ต่อกับส่วนใด เอาพุทจากวงจรโฟโตรีซิสเตอร์มาเข้าวงจรของลอจิคเกท เอาพุท 0 V จากโฟโตรีซิสเตอร์จะมีค่าเป็น ๐ เมื่อเป็นอินพุทของลอจิคเกท และเอาพุท + 5 V จากโฟโตรีซิสเตอร์จะมีค่าเป็น ๑ เมื่อเป็นอินพุทของลอจิคเกท จากตารางที่ ๑ เราจึงเขียนใหม่ได้ดังตารางที่ ๒ นี้

แสง	OUTPUT ของวงจร ๘	แสง	OUTPUT ของวงจร ๙
ไม่ผ่าน	๐	ไม่ผ่าน	๐
ไม่ผ่าน	๐	ผ่าน	๑
ผ่าน	๑	ไม่ผ่าน	๐
ผ่าน	๑	ผ่าน	๑

ตารางที่ ๒ เมื่อต่อเอาพุทของวงจรโฟโตรีซิสเตอร์กับอินพุทของลอจิคเกท

000570

อินพุทที่เข้ามายังลอจิคเกทนี้จะทำให้ได้เอาพุทออกมา และเอาพุทนี้จะใช้ควบคุมการส่งข้อมูลเข้ายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เอาพุทที่ออกมาแต่ละครั้งจะแยกให้ไปปรากฏที่ CRON และ STR ถ้า CRON เป็น ๑ STR จะเป็น ๐ เครื่องอ่านบัตรจะไม่ส่งข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ ถ้า CRON เป็น ๐ STR จะเป็น ๑ เครื่องอ่านบัตรจะส่งข้อมูลเข้าไปยังเครื่องไมโครพิวเตอร์ CRON และ STR จะได้ผลออกมาเช่นไรขึ้นอยู่กับความต้องการของเราซึ่งได้ออกแบบการเจาะบัตรไว้แล้วว่า ถ้าเราไม่ต้องการให้เครื่องอ่านบัตรส่งข้อมูลไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้เจาะรูที่

แถวนอนที่ ๘ ถ้าต้องการให้เครื่องอ่านบัตรส่งข้อมูลไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ให้เจาะที่แถวนอนที่ ๙ แต่ต้องไม่เจาะรูแถวนอนที่ ๘ ในขณะเดียวกัน ดังนั้นพอสรุปได้ว่า

๒.๔.๑.๑ CRON เป็น ๑ STR เป็น ๐ เมื่อไม่เจาะรูบัตรแถวนอนที่ ๘ และ ๙

๒.๔.๑.๒ CRON เป็น ๑ STR เป็น ๐ เมื่อเจาะรูบัตรแถวนอนที่ ๘ แต่ไม่เจาะรูที่แถวนอนที่ ๙

๒.๔.๑.๓ CRON เป็น ๑ STR เป็น ๐ เมื่อเจาะรูบัตรแถวนอนที่ ๘ และ ๙

๒.๔.๑.๔ CRON เป็น ๐ STR เป็น ๑ เมื่อเจาะรูบัตรแถวนอนที่ ๙ และไม่เจาะรูแถวนอนที่ ๘

จากการสรุปสามารถสร้างตาราง TRUTH TABLE ขึ้นมาเพื่อออกแบบว่าจะใช้เกทชนิดใดและอย่างใด ดังตารางที่ ๓ นี้

เอ้าพุทจากวงจร ๘	เอ้าพุทจากวงจร ๙	CRON	STR
๐	๐	๑	๐
๐	๑	๐	๑
๑	๐	๑	๐
๑	๑	๑	๐

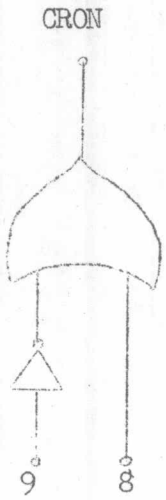
ตารางที่ ๓ แสดงลอจิคเกทสำหรับวงจรที่ใช้ควบคุมการรับข้อมูล

จากตารางที่ ๓ สามารถออกแบบวงจรได้ดังนี้

$$\overline{CRON} = \overline{8.9}$$

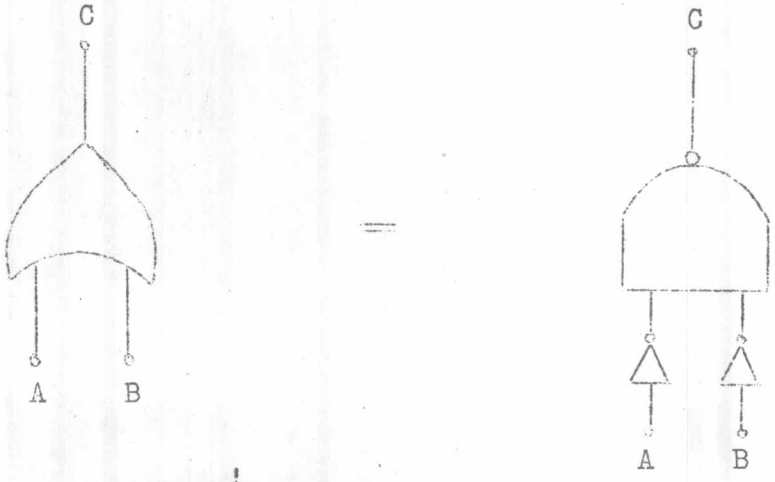
$$\overline{CRON} = \overline{8.9}$$

$$CRON \quad \overline{\varepsilon + 9}$$



รูปที่ ๕ วงจรลอจิกที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูล

ลอจิคเกทที่ใช้ ใช้ NAND GATE เพื่อนำเอา NAND GATE ที่เหลือไปใช้แทนเกทอื่น ๆ ได้ NAND GATE สามารถดัดแปลงเป็น OR GATE ดังนี้

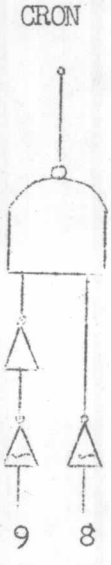


รูปที่ ๖ วงจรลอจิก OR GATE

ดังนั้นรูปของวงจรจะเป็น

รูปที่ ๗ วงจรลอจิกที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูลเมื่อใช้ NAND GATE

เนื่องจากเอ้าพุทที่ออกจากวงจรยังไม่เป็น SQUARE WAVE ดังนั้นจะให้เอ้าพุทผ่าน SCHMIDT TRIGGER ซึ่งเหมือน INVERTER ตัวหนึ่งแต่จะให้ PULSE ออกมาเป็น SQUARE WAVE รูปของวงจรจึงเป็น

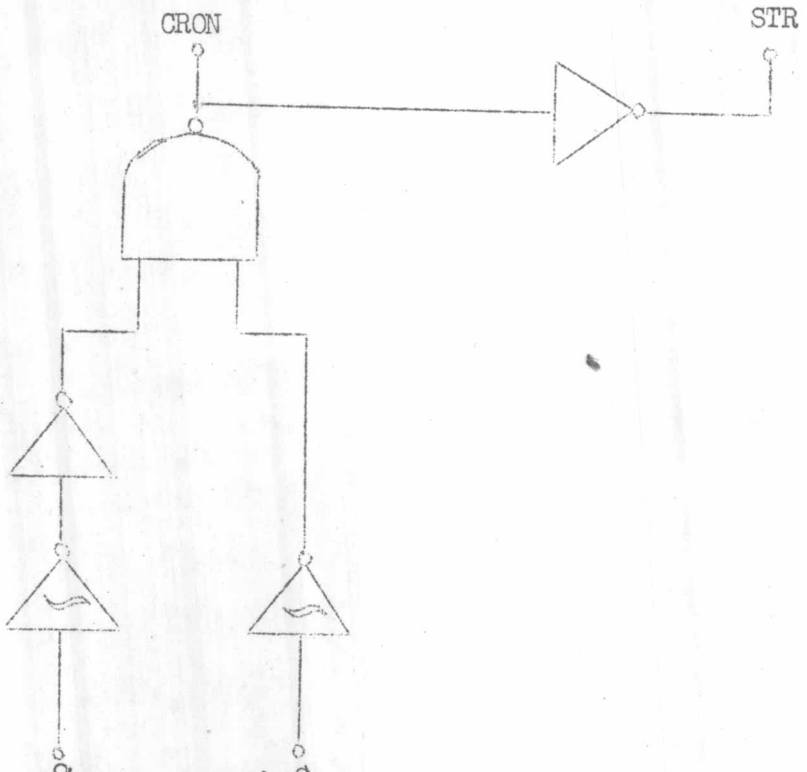


รูปที่ ๘ วงจรลอจิกที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูลเมื่อใช้ SCHMIDT TRIGGER

เอาพุทที่ได้จากวงจรลอจิกนี้จะแยกเป็น ๒ ส่วน คือ CRON และ STR ตามที่กล่าวมาแล้ว

และ CRON = $\overline{STR}$ ตาม TRUTH TABLE

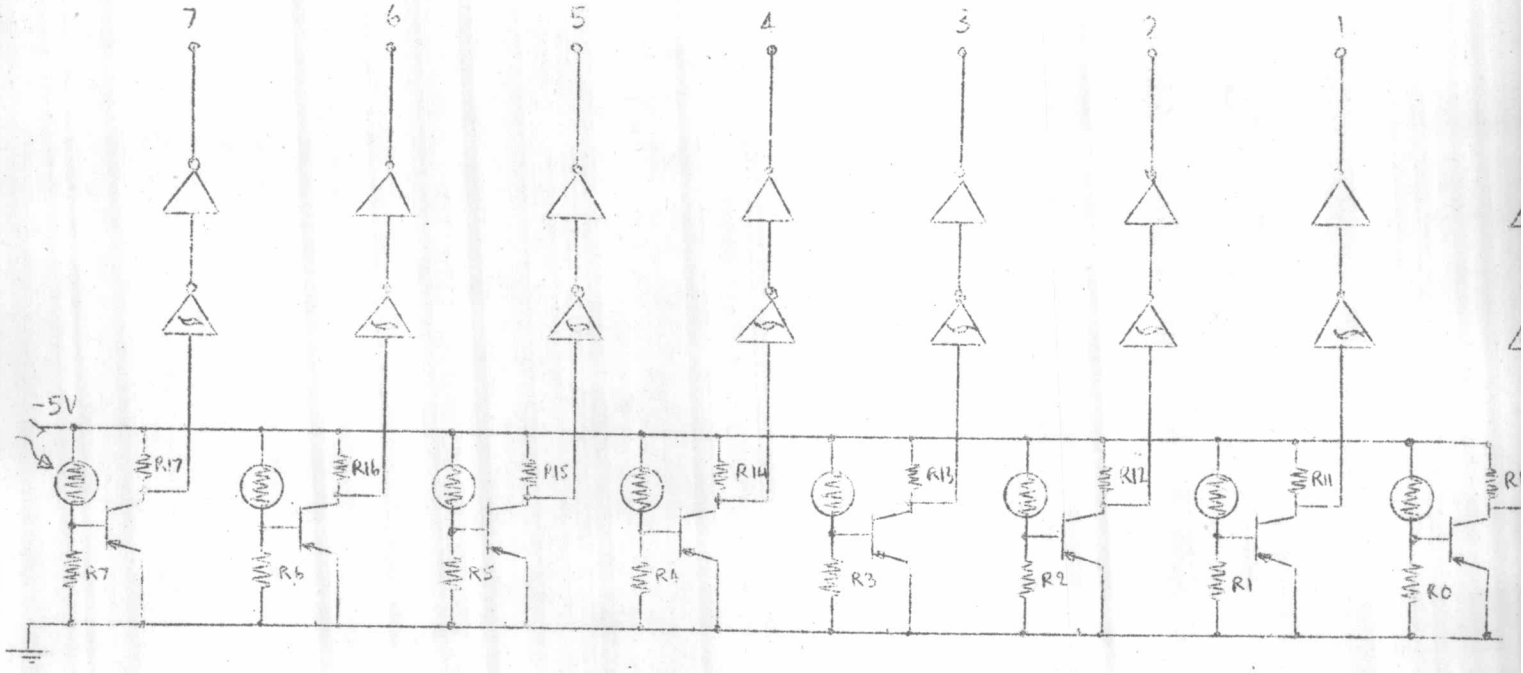
วงจรที่ควบคุมการส่งข้อมูลจะเป็น



รูปที่ ๙ วงจรลอจิกที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูลเมื่อมี CRON และ STR

๒.๔.๒ ส่วนส่งข้อมูลมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

พิจารณาจากบัตรที่ออกแบบไว้ แถวนอนที่ ๐ – ๗ เป็นส่วนของข้อมูลโดยแถวนอนที่ ๐ – ๓ จะเป็นเลขหลักน้อย แถวนอนที่ ๔ – ๗ เป็นเลขหลักมาก แถวนอนใดเจาะรูจะมีค่าเป็น ๑ ไม่เจาะรูมีค่าเป็น ๐ ดังนั้นที่เครื่องอ่านบัตรจะต้องมีวงจรโฟโตรีซิสเตอร์วางตามแนวนอนของบัตร อีก ๘ วงจร เพื่อเปลี่ยนแสงที่ส่องผ่านหรือไม่ผ่านรูที่เจาะบนบัตรให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าป้อนให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตามรูปที่ ๑๐



รูปที่ ๑๐ วงจรส่งข้อมูลเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

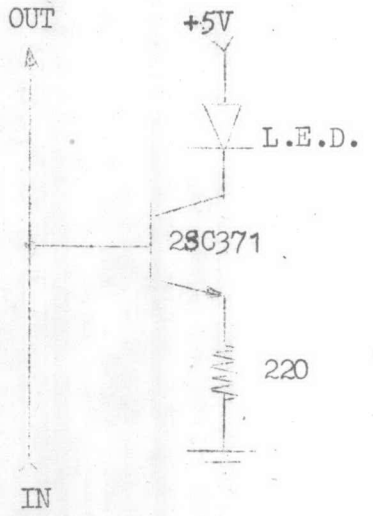
R 0 - R 7 = 220 Ω

R 10 - R 17 = 22 Ω

เมื่อนำวงจรส่วนส่งข้อมูลประกอบเข้ากับวงจรของส่วนควบคุมข้อมูลก็จะได้วงจรที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ ๑๒

๒.๕ ส่วนส่งข้อมูลออกจากวงจรเครื่องอ่านบัตร

เอ้าพุทจากวงจรเครื่องอ่านบัตรมี ๑๐ เอ้าพุทด้วยกันคือ CRON, STR และ CR0 - CR7 CRON จะต่อกับ $\overline{\text{READER ON}}$ STR จะต่อกับ WORD READY CR0 - CR3 ต่อกับ MUX5 ตัวล่างและ CR4 - CR7 ต่อกับ MUX5 ตัวบน ตามรูปและการอธิบายถึงส่วนที่ต้องดัดแปลงซึ่งจะกล่าวไว้ในบทที่ ๔ เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องอ่านบัตรได้ทราบว่าขณะนี้ เอ้าพุทของวงจรเครื่องอ่านบัตรตัวใดมีค่าเป็น ๑ หรือ ๐ จะแสดงไว้ดังรูปที่ ๑๑



รูปที่ ๑๑ แสดงเอ้าพุทของเครื่องอ่านบัตร

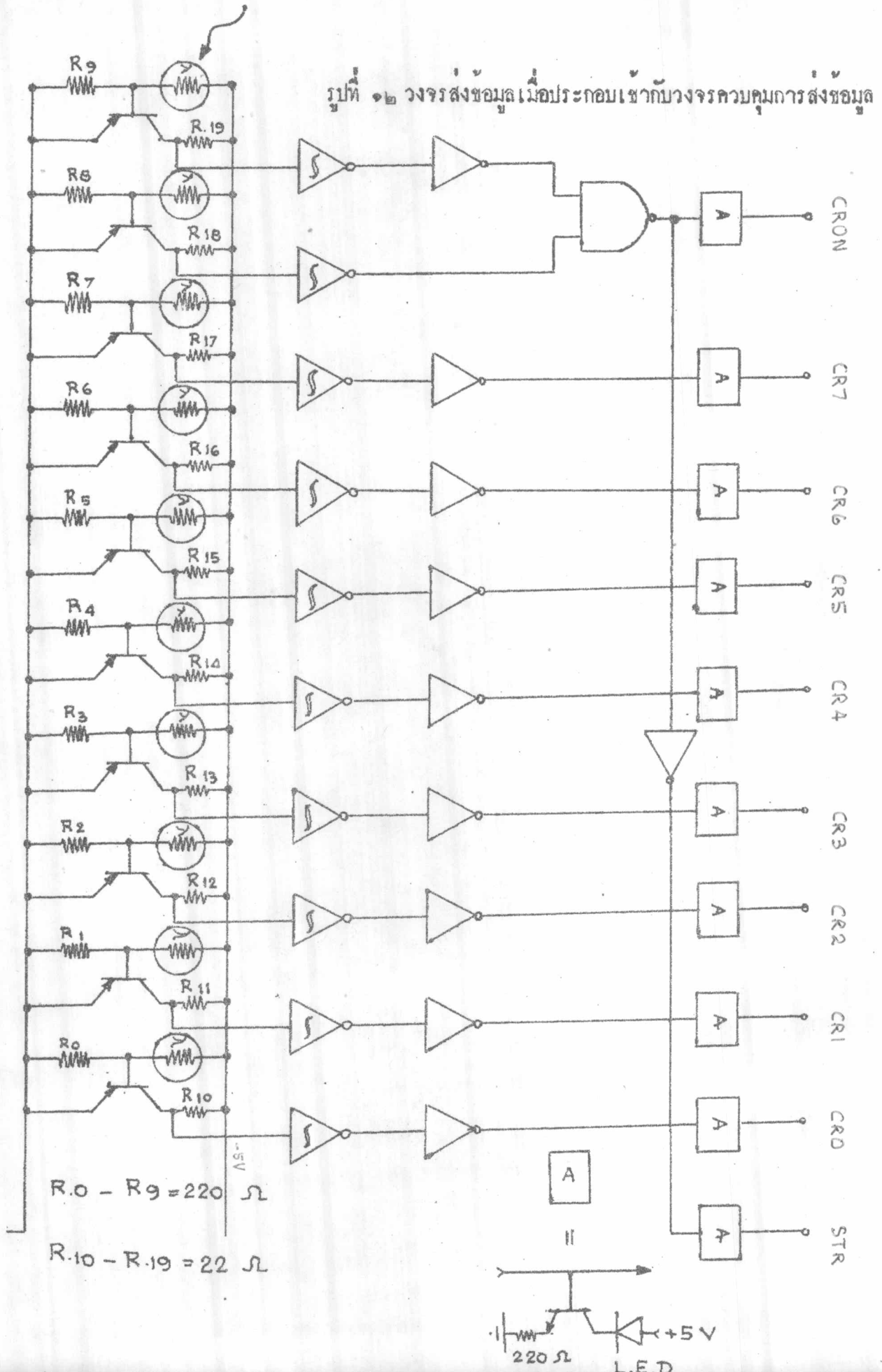
วงจรดังรูปที่ ๑๑ นี้จะต่อกับเอ้าพุททั้ง ๑๐ เอ้าพุท เพื่อแสดงให้รู้ว่าเมื่อใด OUTPUT จะเป็น ๑ เมื่อเอ้าพุทเป็น ๑ ทำให้ BASE ของทรานซิสเตอร์มีค่าเป็นบวกเมื่อเทียบกับ EMITTER ทำให้สงเอ้าพุทมีค่าเป็น GROUND ไปยัง LIGHT EMITTING DIODE (L.E.D.) ทำให้ L.E.D. ทำงาน เราก็รู้ได้ว่าเอ้าพุทนี้เป็น ๑ เมื่อหลอด L.E.D. ติด

๒.๖ ออกแบบและประกอบวงจรของเครื่องอ่านบัตร

หลังจากได้ออกแบบส่วนต่าง ๆ แล้ว ก็รู้วงจรที่สมบูรณ์และสิ่งของที่จะใช้ในการประกอบวงจรดังนี้

๒.๖.๑	PHOTORESISTOR	๑๐ ตัว
๒.๖.๒	TRANSISTOR 2N 4403	๑๐ ตัว
๒.๖.๓	RESISTANCE 20 Ω	๑๐ ตัว
๒.๖.๔	RESISTANCE 220 Ω	๒๐ ตัว
๒.๖.๕	L.E.D.	๑๐ ตัว
๒.๖.๖	TRANSISTOR 2SC 371	๑๐ ตัว
๒.๖.๗	I.C. No DM 7400 N	๑ ตัว
๒.๖.๘	I.C. No DM 7404 N	๒ ตัว
๒.๖.๙	I.C. No DM 7414 N	๒ ตัว

สิ่งของทั้งหมดนี้สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ซึ่งสะดวกต่อผู้ที่จะทำเลียนแบบไว้ใช้ในการสอนต่อไป ในการประกอบวงจรจะใช้แผน PRINT ขนาด ๘.๕ ซม. + ๑๗ ซม. และการวางส่วนต่าง ๆ จะเป็นไปดังรูปที่ ๑๒



รูปที่ ๑๒ วงจรส่งข้อมูลเมื่อประกอบเข้ากับวงจรควบคุมการส่งข้อมูล