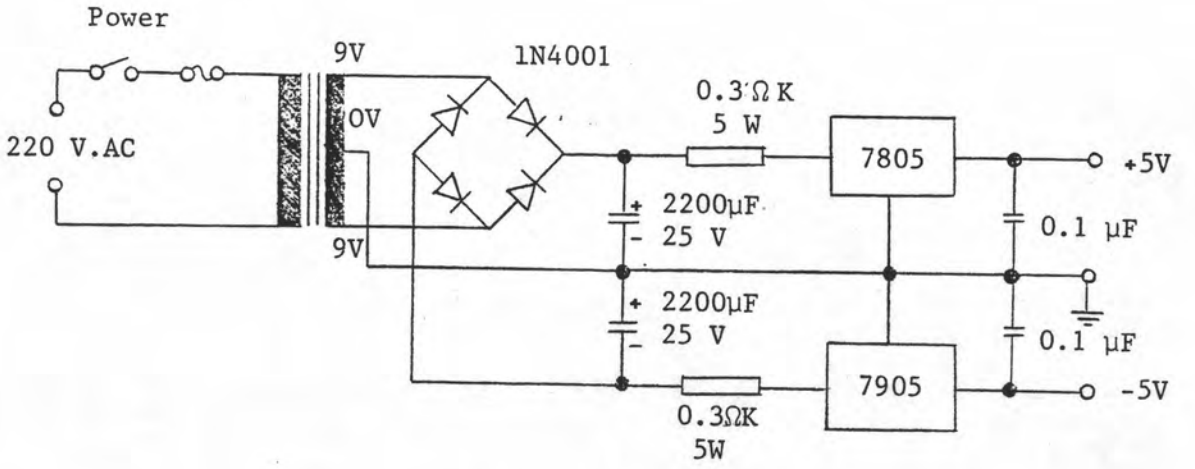
บทที่ 5

การทำงานของวงจร

การทำงานของวงจรต่าง ๆ ในอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์ แบ่งเป็นการจ่ายศักดาไฟฟ้า การรีเซ็ทระบบ การตรวจสอบเวลา การตั้งเวลาในการวิเคราะห์ การใช้คำสั่งเรียกดูจำนวนนับของชันแนล การบันทึกและอ่านข้อมูลจากเทปคาสเซทท์ การแสดงผลเชิงเลข และการแสดงผลทางออสซิลโลสโคป

5.1 การจ่ายศักดาไฟฟ้า

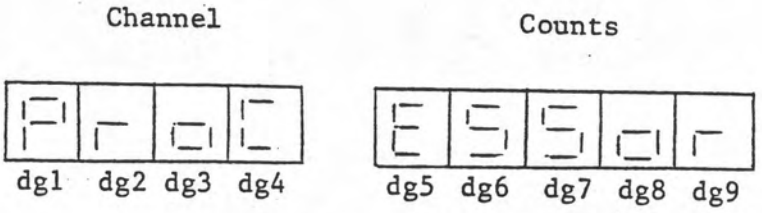
ในรูปที่ 5.1 แสดงวงจรแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลงศักดาไฟฟ้าขนาด 220/9-0-9 โวลท์ 1 แอมแปร์ ไดโอดชนิดซิลิคอนขนาด 400 โวลท์ 1 แอมแปร์ จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่เรียงกระแสเต็มคลื่นทางบวกและลบ คาปาซิเตอร์ขนาดความจุ 2200 ไมโครฟารัด 25 โวลท์ จำนวน 2 ตัว สำหรับกรองริบเปิลศักดาและกระแสหลังจากเรียงกระแสด้านศักดาไฟบวกและศักดาไฟลบ โดยมีตัวต้านทานขนาด 300 โอห์ม 5 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ช่วยในวงจรกรองกระแส (Filter) และไอซี เบอร์ 7805 และ 7905 ทำหน้าที่เร็กกูเลเตอร์ (Regulator) สำหรับจ่ายศักดาไฟ ขนาด 5 โวลท์ 1 แอมแปร์



รูปที่ 5.1 วงจรแหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า

เมื่อจ่าย ศักดา ไฟฟ้าครั้งแรก ซีพียูจะถูกรีเซ็ทโดยวงจรรีเซ็ทซีพียู ดังแสดงในรูปที่ 5.3 การทำงานของวงจรรีเซ็ทซีพียู จะอาศัยหลักการประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์ ผ่านตัวต้านทาน โดยช่วงแรกซีพียูจะได้สัญญาณลอจิก 0 ที่ขา RESET ($\overline{RST}$) ซีพียูจะอ้างแอดเดรส 0000 ที่อีพรอมทันทีพร้อมทั้งอ่านข้อมูลที่เก็บอยู่ในอีพรอม ซีพียูจะสามารถติดต่อกับอีพรอมโดยอ้างแอดเดรส 0000-07FF ผ่านไอซี ที่ทำหน้าที่ถอดรหัส และกระจายข้อมูล เป็นตัวต่ออีนาเบิ้ลให้ จากโปรแกรมมอนิเตอร์ที่บรรจุอยู่ในอีพรอม จะเป็นตัวกำหนดให้ซีพียูทำตามคำสั่งโปรแกรมที่กำหนด

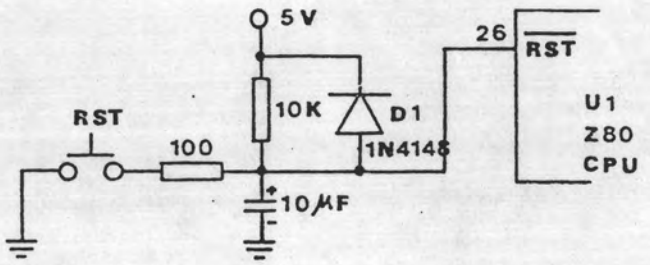
เมื่อเริ่มต้นทำงาน ซีพียูจะทำการเคลียร์แรมทั้งสองตัว แรมตัวแรก U3 แอดเดรส 1000-17FF ใช้สำหรับเก็บข้อมูลจำนวนนับ แรมตัวที่สอง U4 แอดเดรส 2000-27FF ใช้สำหรับเป็นบัฟเฟอร์และสแตคของระบบ เมื่อซีพียูทำการเคลียร์แรมทั้งสองตัวทุกแอดเดรสแล้ว พร้อมทั้งกำหนดค่าสแตคเสร็จสิ้น ซีพียูจะแสดงข้อความว่า Processor ที่ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน จำนวน 9 หลักทันที พร้อมทั้งให้สัญญาณเสียงความถี่ 1 กิโลเฮิร์ทออกทางลำโพงนานประมาณ 1 วินาที จากนั้นซีพียูจะตรวจสอบการกดคีย์เพื่อทำงานตามคำสั่งของคีย์ที่กดต่อไป รูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นถึงข้อความที่ปรากฏทางไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วนจำนวน 9 หลัก เมื่อเริ่มจ่ายศักดาไฟครั้งแรก



รูปที่ 5.2 แสดงข้อความที่ปรากฏครั้งแรก

5.2 การรีเซ็ทระบบ

เมื่อทำการกดคีย์รีเซ็ทและคีย์เบรคพร้อมกัน จะเป็นการรีเซ็ทระบบทั้งหมด ซีพียูจะอ้างแอดเดรส 0000 แก่อีพรอมทันที พร้อมทั้งอ่านข้อมูลโปรแกรมมอนิเตอร์ที่เก็บอยู่ในอีพรอมและมีการทำงานเช่นเดียวกับการจ่ายศักดาไฟครั้งแรกทุกประการ ในรูปที่ 5.3 จะเห็นว่าวงจรรีเซ็ทระบบจะประกอบด้วย คีย์รีเซ็ท วงจรตัวต้านทานตัวเก็บประจุขนาด 10 กิโลโอห์มและ 10 ไมโครฟารัดตามลำดับ ไดโอด 1N4148 และตัวต้านทานอนุกรม 100 โอห์ม เมื่อกดคีย์รีเซ็ทจะทำให้ขา $\overline{RST}$ ของซีพียูแอคตีฟทันที ซีพียูอ้างแอดเดรส 0000 แก่อีพรอม แต่เมื่อช่วงเวลาผ่านไปประมาณ 5 ช่วงเวลาการประจุของคาปาซิเตอร์ 10 ไมโครฟารัดผ่านตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม (1 ช่วงเวลาการประจุเท่ากับผลคูณระหว่างค่าของตัวเก็บประจุกับตัวต้านทาน) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $5 \times 10 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{3}$ เท่ากับ 5×10^{-1} หรือ 0.5 วินาทีแล้ว ขา $\overline{RST}$ ของซีพียูจะไม่แอคตีฟอีกต่อไปเพราะช่วงเวลา 5 ทาวน์ (T) แรงดันที่ตกคร่อมตัวคาปาซิเตอร์จะมีค่าประมาณเท่ากับ 5 โวลท์ ไดโอดจะช่วยทำหน้าที่เป็นทางผ่านในการคายประจุของตัวคาปาซิเตอร์

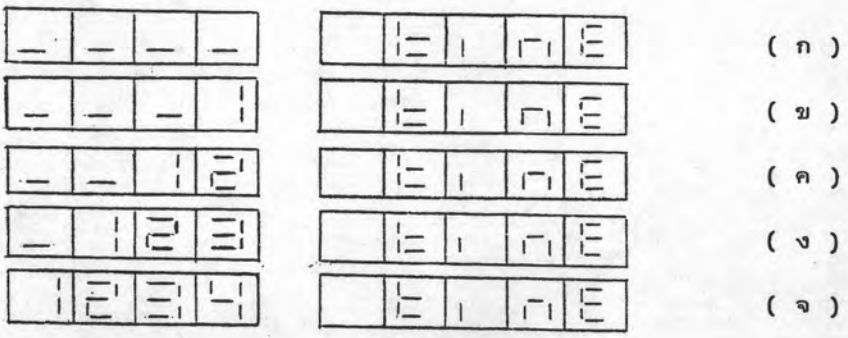


รูปที่ 5.3 แสดงวงจรรีเซ็ท

5.3 การตั้งเวลาในการวิเคราะห์

หลังจากพบข้อความ Processor แล้ว ระบบวิเคราะห์จะรอการกดคีย์ฟังก์ชั่น (Function Key) คีย์ฟังก์ชั่นทั้งหมดได้แก่ คีย์ TIM RUNADD RUNSUB ADR INC DEC TAPRD TAPWR SCP ON/OFF BRK และ RST การตรวจสอบการกดคีย์จะใช้ซอฟท์แวร์ตรวจ รหัส ประจำคีย์ฟังก์ชั่น โดยจะกำหนดรหัส ประจำคีย์ฟังก์ชั่นต่าง ๆ ดังตารางที่ ง.1ในภาคผนวก

ในรูปที่ 5.4ก แสดงข้อความว่า TIME ที่ไดโอดเปล่งแสงพร้อมทั้งรอการกดคีย์ตัวเลขอีก 4 หลัก เพื่อใช้ในการตั้งเวลาในการวิเคราะห์ เมื่อกดคีย์ตัวเลขที่หนึ่งจะปรากฏที่หลักหน่วยของเวลาในการวิเคราะห์ดังรูป 5.4ข เมื่อกดตัวเลขต่อมาตัวเลขที่ปรากฏใหม่จะอยู่ที่หลักหน่วย ส่วนตัวเลขเดิมจะเลื่อนไปทางซ้ายมือ 1 หลักดังนี้ต่อเนื่องกันไป ค่าตัวเลข 4 หลักที่ใช้เป็นเวลาในการวิเคราะห์จะถูกเก็บไว้ในแรม U3 และ U4 ที่แอดเดรส 1000 และ 1400

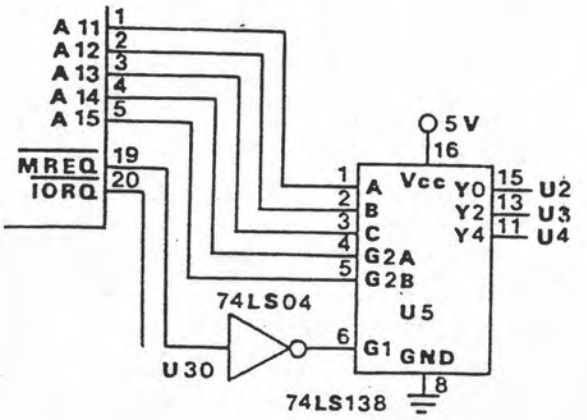


รูปที่ 5.4 แสดงการตั้งเวลาในการวิเคราะห์

5.4 วงจรถอดรหัส การอ้างหน่วยความจำ

วงจรถอดรหัส สำหรับการติดต่อระหว่างซีพียูกับอีพรอมและแรม ทำได้โดยใช้ไอซีถอด รหัสและกระจายข้อมูล (Decoder and Demultiplexer) เบอร์ 74LS138 ซึ่งจากตารางแสดงการทำงานของไอซีนี้ ต้องการลอจิก 1 ที่ขา G1 และต้องการลอจิก 0 ที่ขา G2A , G2B จึงจะให้เอาท์พุทที่ y_0 ถึง y_7 ได้ตามแต่ภาวะของอินพุท A , B , C ในรูป 5.5 อินพุท A , B , C , G2A , G2B ได้จาก A_{11} , A_{12} , A_{13} , A_{14} และ A_{15} ของซีพียูตามลำดับ และ G1 รับสัญญาณ $\overline{MREQ}$ จากซีพียู เนื่องจาก $\overline{MREQ}$ เป็นสัญญาณแอคตีฟ (Active) ที่ลอจิก 0 จึงต้องใช้อินเวอเตอร์เกท (Invertor Gate) ช่วยก่อนป้อนเข้า G1 เอาท์พุทใช้งานจะได้จาก y_0 , y_2 และ y_4 โดย y_0 จะต่อเข้ากับอีนาเบิ้ล (Enable)

และขาเลือกชิพ (CS :Chip Select) ของอีพรอม U2 y_2 และ y_4 ต่อเข้ากับขาอีนาเบิ้ล และขาเลือกชิพของแรม U3 และ U4



รูปที่ 5.5 วงจรถอดรหัสหน่วยความจำ

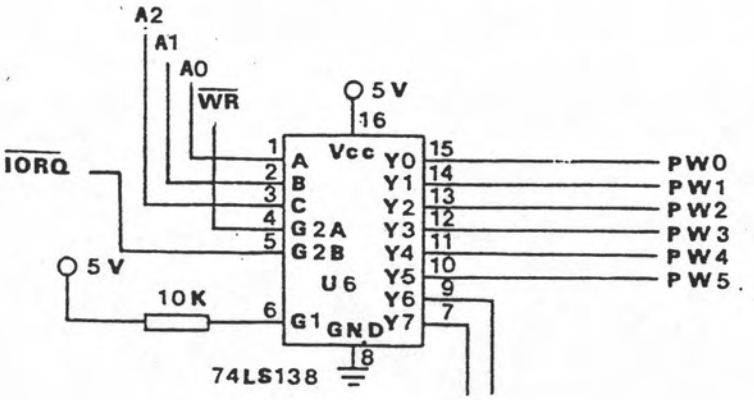
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อซีพียูอ่านโปรแกรมมอนิเตอร์ แล้ว พบคำสั่งที่เกี่ยวกับการอ้างแอดเดรสของรอมและแรม คือแอดเดรส 0000-07FF สำหรับรอม และ 1000-17FF , 2000-27FF สำหรับแรมทั้งสองตัว ซีพียูจะส่งสัญญาณ $\overline{MREQ}$ ออกมาให้ทันที สมมติว่าซีพียูต้องการติดต่อกับอีพรอม U2 จะต้องมี A_{15} - A_{11} เป็น 0 หมดทุกบิท จึงจะทำให้ได้สัญญาณ y_0 ออกจากวงจรถอดระหัสเพื่อไปอีนาเบิ้ล U_2 ถ้า A_{11} เป็นลอจิก 1 จะทำให้ได้แอดเดรสใหม่เป็น 08XX และจะได้ y_1 ออกจากวงจรถอดรหัส ซึ่งไม่ได้ใช้งาน เช่นเดียวกัน U_3 และ U_4 จะติดต่อกับซีพียูได้โดยสัญญาณ y_2 และ y_4 ตามลำดับ

5.5 วงจรถอดรหัส ไอ/โอ (I/O)

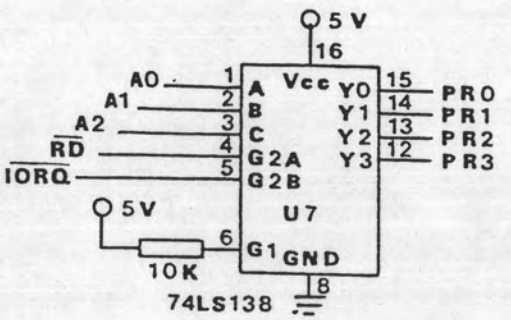
วงจรถอดรหัส สำหรับการติดต่อระหว่างซีพียูกับสัญญาณภายนอก ทำได้โดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 เช่นเดียวกัน ในรูปที่ 5.6 อินพุท A , B , C จะได้จาก A_ϕ , A_1 , A_2 อินพุท G2A , G2B ได้จากสัญญาณ $\overline{WR}$ และ $\overline{IORQ}$ จากซีพียู อินพุท G1 ขึ้นไฟบวกลอจิก 1 เอาท์พุท y_0 - y_7 หรือก็คือเอาท์พุท PW0 - PW5 และสัญญาณ BRK จะแปรตามอินพุท A , B , C เมื่อซีพียูพบคำสั่ง OUT (port x), A ซีพียูจะส่งสัญญาณ $\overline{WR}$ และ $\overline{IORQ}$ ออกมาทันที ถ้า port x เป็น 0 หรือคำสั่ง OUT (0) , A จะหมายถึง A_2 , A_1 , A_0 เป็น 0 ทุกบิท ซึ่งจะทำให้ y_0 หรือ PW0 แอคตีฟทันที สัญญาณ y_0 นี้ก็สามารถนำไปอีนาเบิ้ลกับอุปกรณ์ภายนอก

เพื่อนำข้อมูลในรีจิสเตอร์ ออกไปสู่อุปกรณ์ภายนอกได้



รูปที่ 5.6 วงจรถอดรหัสสำหรับการส่งสัญญาณออก

นอกจากคำสั่ง OUT (port x), A แล้ว ซีพียูจะพบคำสั่ง IN A , (port x) ด้วย ในรูป 5.7 อินพุทจะเหมือนรูป 5.6 ยกเว้นขา G2A จะใช้สัญญาณ $\overline{RD}$ จากซีพียูแทนโดยซีพียูจะส่งสัญญาณ $\overline{RD}$ ออกมาให้เมื่อพบคำสั่ง IN A , (port x) สมมติว่า port x คือ 0 หรือคำสั่ง IN A , (0) จะหมายถึง A_2 , A_1 , A_0 เป็นบิท 0 ทุกบิทซึ่งจะทำให้ y_0 หรือ PR0 แอคตีฟทันที สัญญาณ y_0 นี้ก็สามารถนำไปอีนาเบิ้ลกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำกลุ่มข้อมูลเข้ารีจิสเตอร์ A ได้

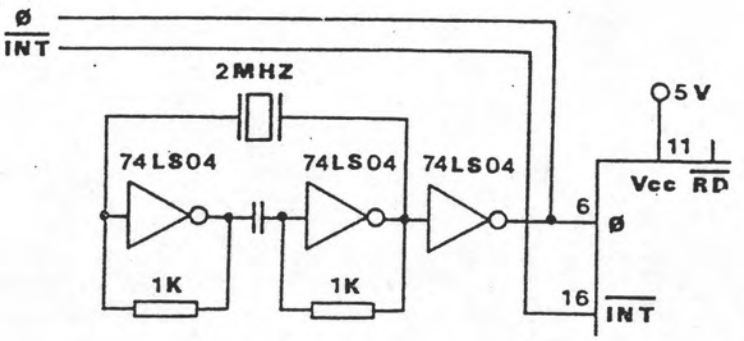


รูปที่ 5.7 วงจรถอดรหัสสำหรับการส่งสัญญาณเข้า

5.6 วงจรสัญญาณนาฬิกา

วงจรกำเนิดความถี่สัญญาณนาฬิกาจะใช้อินเวอเตอร์เกท 2 ตัว และ R , C ประกอบเป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) ควบคุมความถี่ด้วยควอทซ์

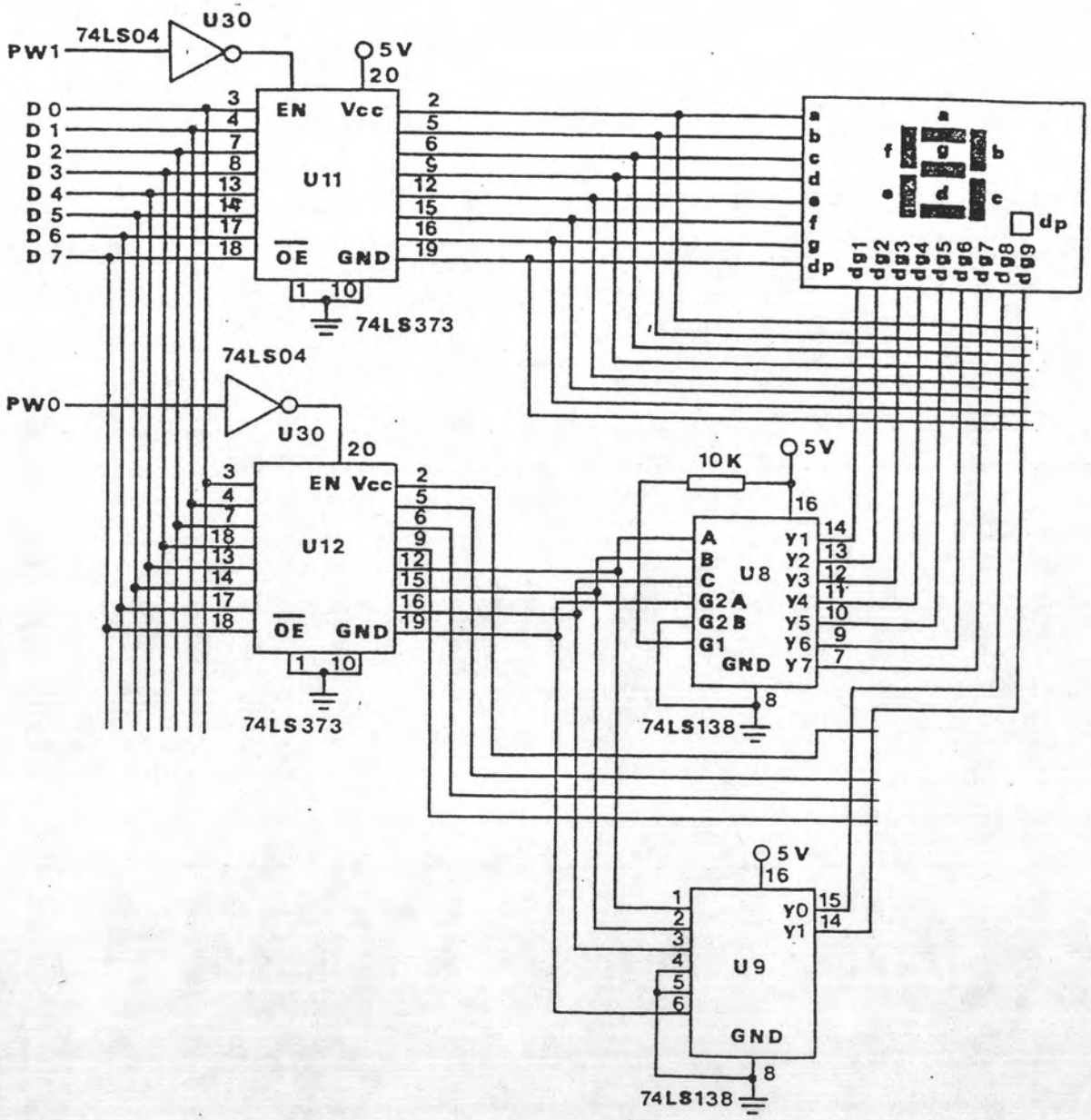
(Quartz Crystal) มีความถี่เรโซแนนท์ (Resonance) 2 เมกกะเฮิรทซ์ เป็นวงจรป้อนกลับเพื่อให้ความถี่คงที่ ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 วงจรสัญญาณนาฬิกา

5.7 วงจรแสดงผล

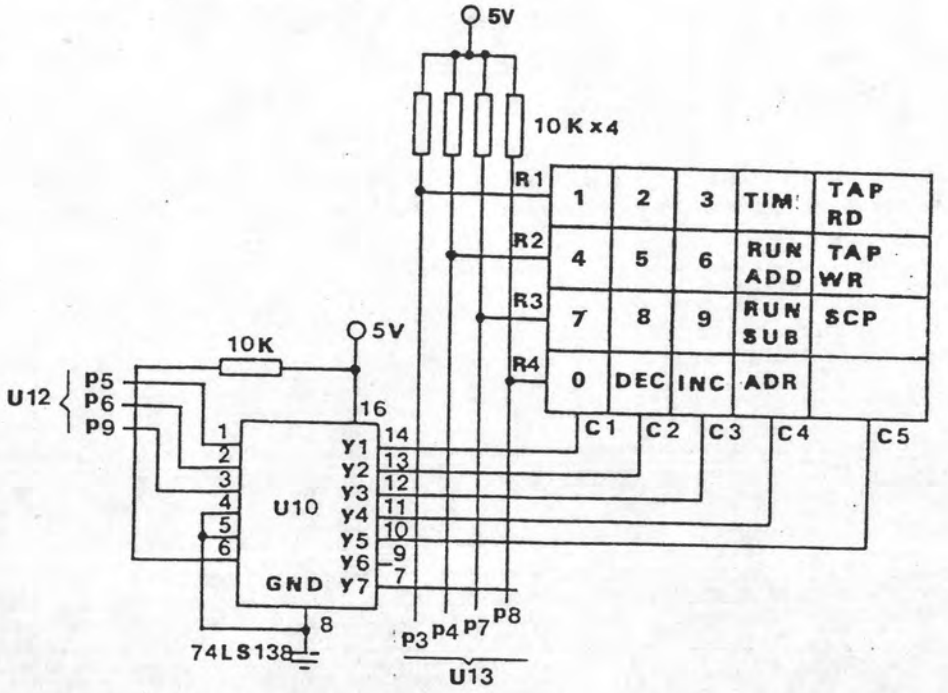
ในรูปที่ 5.9 เป็นวงจรแสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วนจำนวน 9 หลัก จะเห็นว่าขั้นส่วน a , b , c...ของหลักหน่วยจะต่อเป็นบัสขนานในระบบมัลติเพล็กเซอร์ U11 ทำหน้าที่แลทช์ (Latch) ข้อมูลที่ส่งมาจากหน่วยความจำโดยซีพียู ข้อมูลที่จะถูกแสดงผลจะถูกเก็บไว้ที่ U11 นี้ ซึ่งซีพียูจะทำการอีนาเบิ้ลโดย PW1 จากนั้นซีพียูจะส่ง PWO มาทำให้ U12 ทำงาน ข้อมูลที่เข้า U12 ในช่วงนี้คือการเลือกหลักหน่วยหรือหลักสิบ ที่จะแสดงผลโดยเปล่งแสงออกมานี่เอง U8 และ U9 เป็นวงจรถอดรหัส เลือกหลักของไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วนที่จะเปล่งแสง ข้อมูลที่จะแสดงผลต้องเป็นลอจิก 1 ขั้นส่วนที่บิทนั้นจึงจะติดสว่าง เพราะไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วนเป็นชนิดแคโทดร่วม ในรูปนี้ซีพียูจะส่งข้อมูลที่จะแสดงผลครั้งหนึ่ง และส่งข้อมูลในการเลือกหลักในการเปล่งแสงอีกครั้งหนึ่งต่อเนื่องกันไป



รูปที่ 5.9 แสดงภาคแสดงผลที่ไดโอดเปล่งแสง 7 ส่วน

5.8 การส่งคำสั่งจากคีย์บอร์ด

ซีพียูจะส่งข้อมูลทำการสแกน (Scan) ทีละคอลัมน์ (Column) และจะทำการอ่านข้อมูลทีละแถว (Row) เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการกดคีย์หรือไม่ ถ้ามีการกดคีย์ก็จะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเทียบตารางเพื่อกำหนดหน้าที่หรือชนิดของคีย์ต่อไป ข้อมูลที่ซีพียูส่งมาสแกน จะส่งผ่าน U12 และ U10ดังแสดงในรูปที่ 5.10



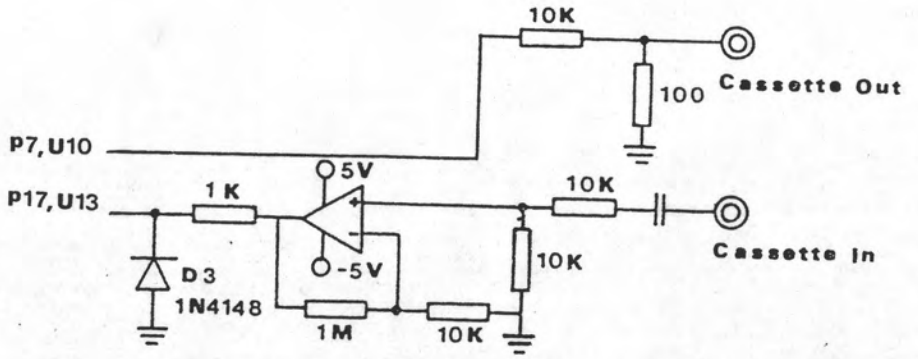
รูปที่ 5.10 แสดงชุดคีย์บอร์ด

U10 เป็นวงจรถอด รหัสและกระจายข้อมูลซึ่งจะทำการแอคตีฟทีละคอลัมน์ของชุดคีย์บอร์ด ส่วน U12 และ U13 ทำหน้าที่แลทช์ข้อมูล เมื่อมีการกดคีย์ใดคีย์หนึ่งจะถูกตรวจสอบโดยซีพียูทันที ซีพียูจะรับข้อมูลจาก U13 ไปทำการทดสอบโดยซอฟท์แวร์เพื่อหาคีย์ที่กดและค่าของคีย์ที่กดต่อไป ซึ่งโดยปกติถ้าไม่มีการกดคีย์ใด ๆ แล้ว ค่าจาก U13 ที่ซีพียูอ่านได้จะต้องเป็น 1111 ทุกบิท

5.9 วงจรเชื่อมโยงเทปคาสเซทท์ อินพุท/เอาท์พุท

วงจรเทปคาสเซทท์เอาท์พุท จะได้จากเอาท์พุท y_7 ของ U_{10} โดยนำเอาท์พุทออกเพียงบิทเดียว เพราะในการบันทึกเทปจะบันทึกข้อมูลแบบอนุกรม ความถี่ในการบันทึกเทปจะเป็น 110 บอด (baud) ต่อวินาที ซึ่งซีพียูจะสร้างขึ้นโดยซอฟท์แวร์

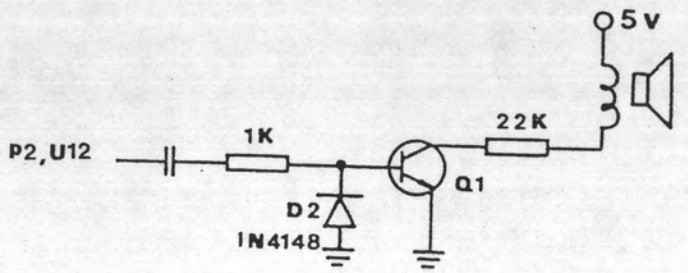
วงจรเทปคาสเซทท์อินพุท จะได้จากไอซีออปแอมป์ (Op-Amp) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากเทปคาสเซทท์ต่อเข้าวงจรแลทช์ของไอซี U13 ซีพียูจะรับข้อมูลอนุกรมจากเทปคาสเซทท์โดยขา 17 ของไอซี U13 ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 วงจรเชื่อมโยงเทปคาสเซทท์

5.10 <u>วงจรกำเนิดเสียง</u>

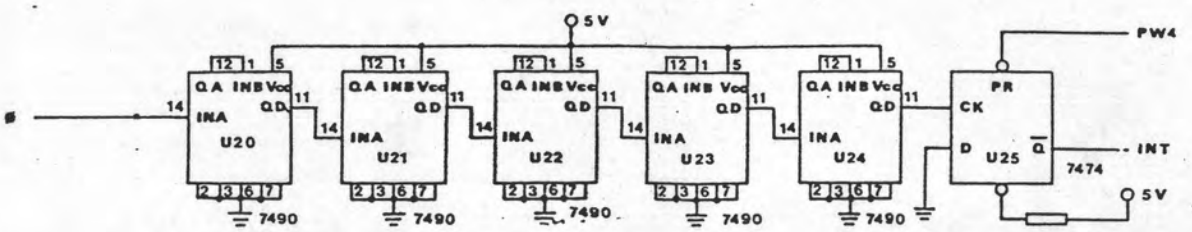
เป็นวงจรขยายเสียงขนาดเล็ก สัญญาณเสียงที่จะได้รับการขยายออกลำโพง เป็นสัญญาณเสียงความถี่ 1 กิโลเฮิรทซ์สัญญาณเสียงจะได้จากขา 2 ของ U12 โดยซีพียูจะส่งความถี่และความยาวของสัญญาณเสียงออกมาที่ขา 2 ของ U12 ทุกครั้งที่ทำการกดคีย์ หรือจ่ายศักดาไฟฟ้าครั้งแรกหรือทำการรีเซ็ทระบบ



รูปที่ 5.12 วงจรขยายสัญญาณเสียง

5.11 วงจรอินเตอร์รัพท์เวลา

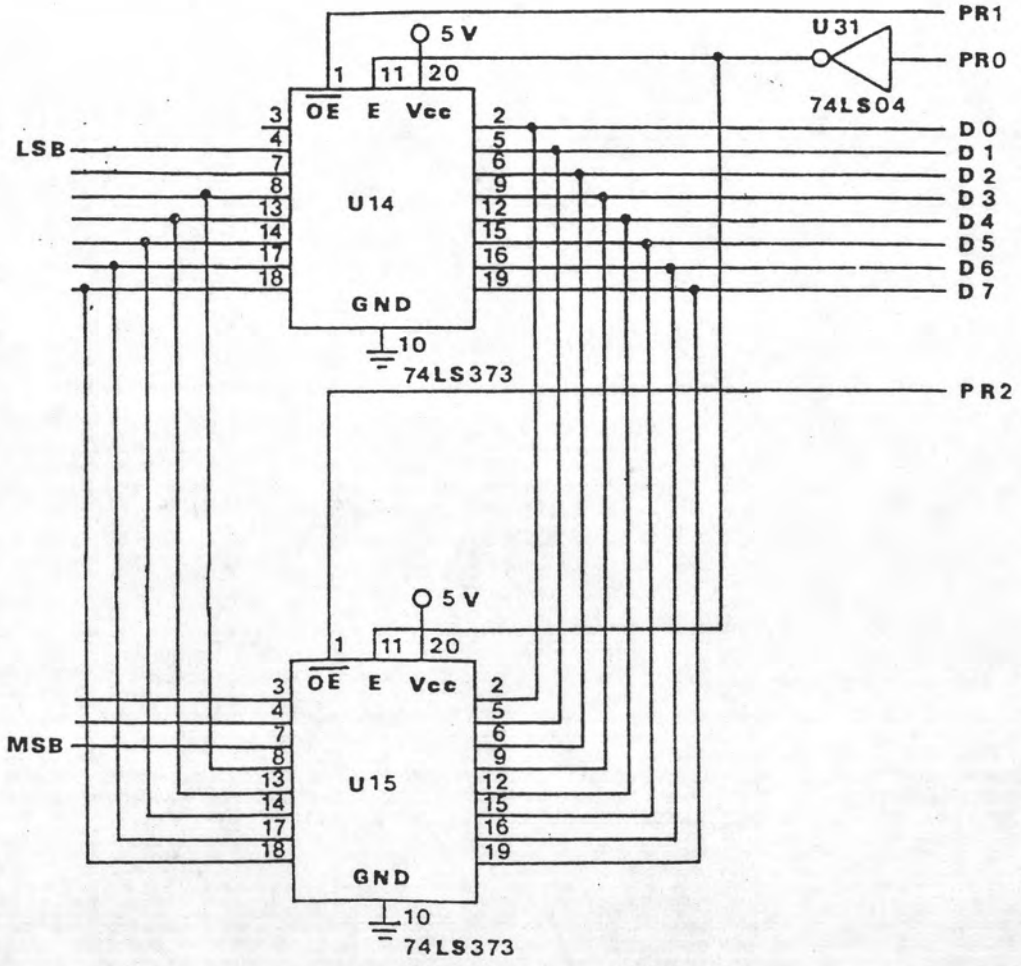
ในรูปที่ 5.13 เป็นวงจรหาร 100,000 เท่า (U20 ถึง U24) ซึ่งมีอินพุทเป็นสัญญาณนาฬิกาความถี่ 2 เมกกะเฮิรทซ์ เอาท์พุทที่ได้จะมีความถี่เพียง $2 \times 10^6 / 10^5$ เท่ากับ 20 เฮิรทซ์ หมายความว่าทุก ๆ 1 ลูกคลื่นของสัญญาณนาฬิกาความถี่ 20 เฮิรทซ์ จะได้สัญญาณเอาท์พุท $\bar{Q}$ จาก U25 ซึ่งต่อไปยังขา $\overline{INT}$ ของซีพียู ทุกครั้งที่ซีพียูรับการอินเตอร์รัพท์โดยสัญญาณจาก $\bar{Q}$ ของ U25 นี้ ซีพียูจะทำการบันทึกค่าเวลาที่เพิ่มขึ้น 1 วินาที ที่ช่องแอดเดรส 1000 และ 1400 โดยแอดเดรส 1000 เก็บไบท์เวลาลำดับต่ำ ส่วนแอดเดรส 1400 เก็บไบท์เวลาลำดับสูง



รูปที่ 5.13 วงจรอินเตอร์รัพท์เวลา

5.12 วงจรกลุ่มข้อมูลเข้าระบบ

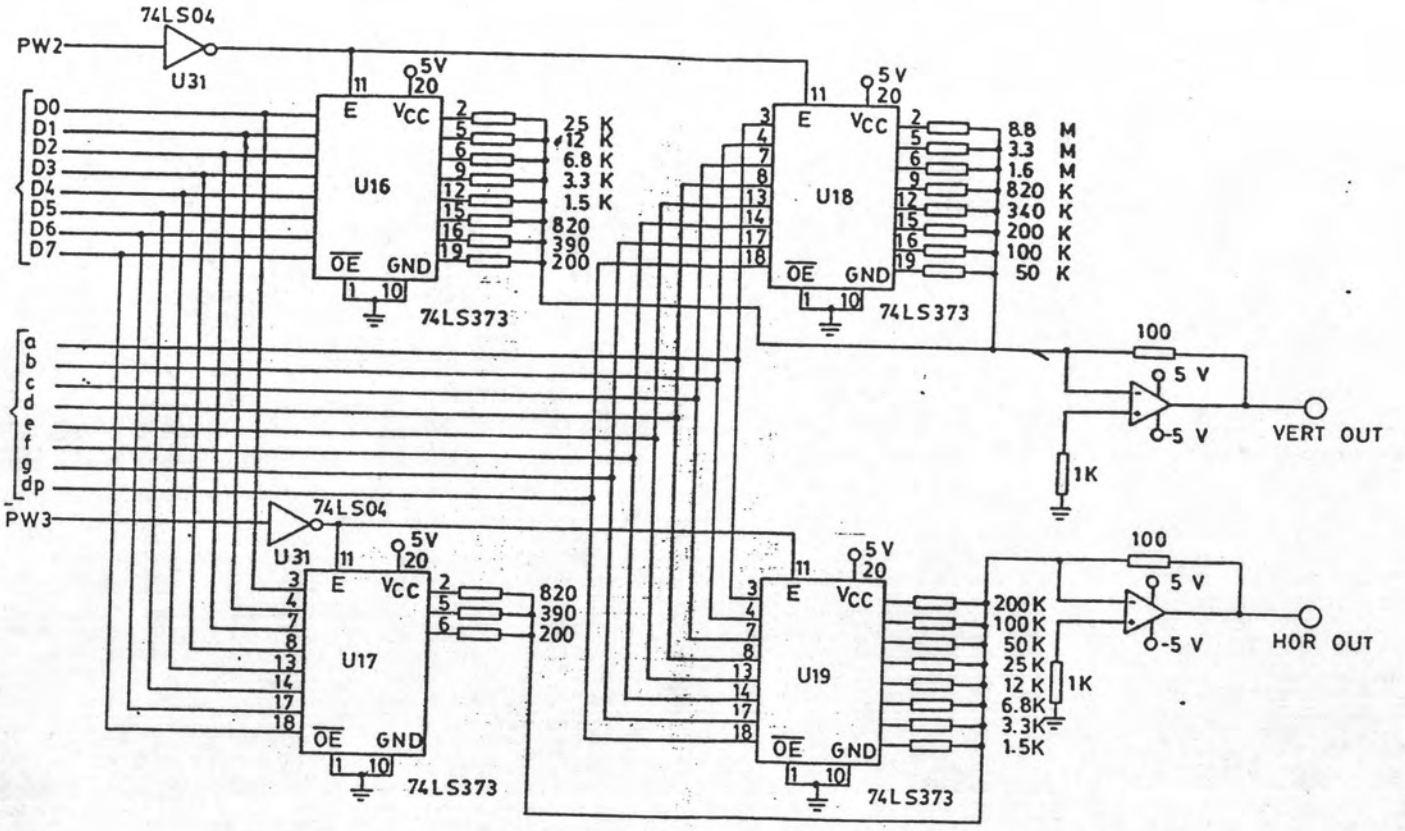
สัญญาณอินพุทที่จะเข้าระบบวิเคราะห์นี้จะมี 2 ส่วนคือ สัญญาณเพื่อกำหนดให้ซีพียูทำการวิเคราะห์ (ANA-IN) ที่ขา 18 ของ U13 และกลุ่มข้อมูลที่เป็นสัญญาณไบนารีขนาด 10 บิท กลุ่มสัญญาณไบนารีขนาด 10 บิทจะได้จากวงจรเปลี่ยนความสูงของพัลซ์ที่เป็นสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลหรือวงจร A/D กลุ่มสัญญาณไบนารีขนาด 10 บิทนี้จะป้อนเข้าสู่ระบบวิเคราะห์โดย U14 และ U15 ซึ่งเป็นวงจรแลทช์เบอร์ 74LS373 ดังรูปที่ 5.14 จากรูปที่ 5.14 บิทนัยสำคัญต่ำที่สุดหรือ LSB (Least Significant Bit) ได้แก่บิทที่เข้าขา 4 ของ U14 และบิทนัยสำคัญสูงสุดหรือ MSB (Most Significant Bit) ได้แก่บิทที่เข้าขา 7 ของ U15



รูปที่ 5.14 วงจรรับกลุ่มข้อมูล

5.13 วงจรเชื่อมโยงออสซิลโลสโคป

ใช้ไอซีแลทช์เบอร์ 74LS373 จำนวน 4 ตัว โดยใช้ร่วมกับไอซีออปแอมป์ เพื่อทำการขยายสัญญาณอนาลอกที่ได้เพื่อเข้าแกนตั้งหรือแกน Vert. และแกนนอนหรือแกน Hor. ของออสซิลโลสโคปจากรูปที่ 5.15 การเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิตอลเป็นสัญญาณทางระดับทำได้โดยใช้ ความต้านทานที่มีค่าน้ำหนักรหัส 2^0-2^n ที่เอาท์พุทของ U16 ถึง U19 โดยความต้านทานบิทต่ำสุดที่บิท D7 และ dp ความต้านทานบิทถัดไปจะมีค่าเป็น 2 เท่าของบิทนี้ ความต้านทานบิทถัดไปจะมีค่าเป็น 4 เท่าของบิทต่ำสุดนี้ต่อเนื่องกันไป



รูปที่ 5.15 วงจรเชื่อมโยงออสซิลโลสโคป