บทที่ 3

รายละเอียดวงจรและการทำงานของโมเดม V.26 bis

3.1 ภาคมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น

3.1.1 ลักษณะทั่วไป

การรับส่งข้อมูลโดยการใช้วิธีการมอดูเลตแบบ DPSK นั้นเป็นการมอดูเลตแบบใช้ความต่างเฟสของสัญญาณในการแทนรหัสของข้อมูลที่จะทำการส่งผ่านไป การเข้ารหัสด้วยวิธีต่างเฟสสำหรับการรับส่งข้อมูลที่อัตรา 2400 บิตต่อวินาที และ 1200 บิตต่อวินาที มีการกำหนดขึ้นตามมาตรฐานของ Bell และ CCITT ดังแสดงในตาราง 3.1 เนื่องจากการมอดูเลตด้วยวิธี DPSK นี้เป็นการมอดูเลตที่มีการใช้งานแบนวิดท์ให้เป็นประโยชน์อย่างมาก การใช้ประโยชน์จากแบนวิดท์เกิดจากใช้สถานะของเฟสหลายค่าทำให้สามารถรับส่งสัญญาณกันได้ในอัตราที่สูงขึ้น โดยปกติสเปคตรัมของอุปกรณ์ที่ออกแบบสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านช่ายสายโทรศัพท์โดยวิธีต่างเฟสนี้จะมีสเปคตรัมอยู่ในช่วง 600 ถึง 3,000 เฮิรตซ์ เนื่องจากทำการมอดูเลตที่ความถี่ 1800 เฮิรตซ์ ที่อัตรา 1200 เฮิรตซ์ (ความถี่คลื่นพาห์+ความถี่มอดูเลชั่น)

1200 bps

	Option C	Option D
Data	CCITT	U.S.
0	+ 90°	+ 45°
1	+ 270°	+ 225°

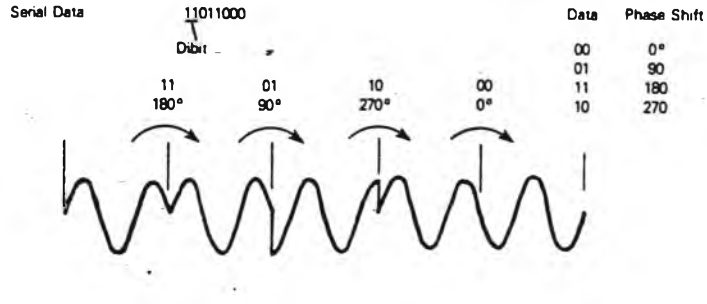
2400 bps

Dibit Data	Option A CCITT	Option B U.S.
00	0°	+ 45°
01	+ 90°	+ 135°
11	+ 180°	+ 225°
10	+ 270°	+ 315°

ตาราง 3.1 การเข้ารหัสด้วยวิธีต่างเฟสตามมาตรฐาน Bell และ CCITT

การมอดูเลตแบบ Differential สำหรับการมอดูเลตแบบ DPSK หมายถึง การเปลี่ยนเฟสที่เกิดขึ้นโดยมีการอ้างอิงกับเฟสก่อนหน้า ดังแสดงในรูป 3.1 การมอดูเลตด้วยวิธีดังกล่าวทำให้ไม่มีความจำเป็น ต้องทำการซิงโครนัสอ้างอิงทางภาคมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น

ในวงจร IC ที่เลือกสำหรับทำการมอดูเลต คือ เบอร์ MC 6172 โดยทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาในการซิงโครนัสจากสัญญาณที่ได้รับ โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก เพื่อควบคุมการทำงานภายในเพื่อสร้างสัญญาณอ้างอิงให้วงจรเฟสล็อคลูปภายใน ในการตรวจจับสัญญาณคลื่นพาห์ และ ความถี่ในการมอดูเลต 1200 เฮิรตซ์ (สัญญาณนาฬิกา dibit)

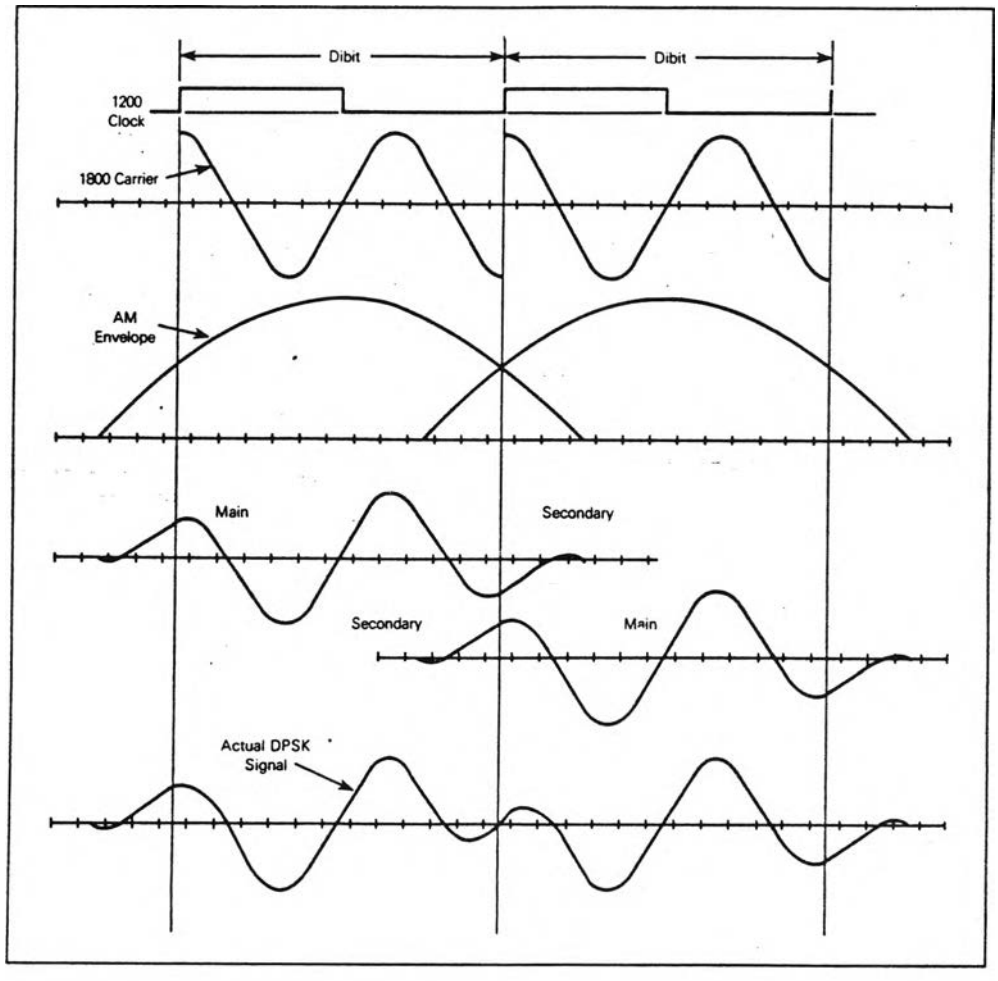


รูป 3.1 ลักษณะสัญญาณของการมอดูเลตแบบ DPSK

ทางภาคดีมอดูเลชั่นมีวิธีการดีมอดูเลต แบบ Differential Coherent โดยใช้ IC สำหรับ ดีมอดูเลต คือ MC6173 ในการดีเทคสัญญาณนาฬิกา Dibit หรือ ความถี่ 1200 เฮิรตซ์ สัญญาณเอนเวลโลป AM จะถูกเพิ่มให้กับสัญญาณเอาท์พุทของมอดูเลเตอร์ MC 6172 สัญญาณเอนเวลโลปใช้เพื่อกำหนดลักษณะของสัญญาณในการเปลี่ยนจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นในตอนเปลี่ยนจากศักย์ต่ำไปศักย์สูงของสัญญาณ Dibit ดังแสดงในรูป 3.2 สัญญาณเอนเวลโลปในแต่ละช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกา Dibit ถูกรวมเข้าด้วยกันทำให้ สัญญาณที่ได้มีสเปคตรัมที่ราบเรียบกว่าสัญญาณเพียงสัญญาณเดียวที่มีการเปลี่ยนเฟสอย่างกะทันหัน ในระบบดีมอดูเลชั่นประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรกรองผ่านแถบเพื่อฟื้นฟูสัญญาณเอนเวลโลปสำหรับการซิงโครนัสภายใน

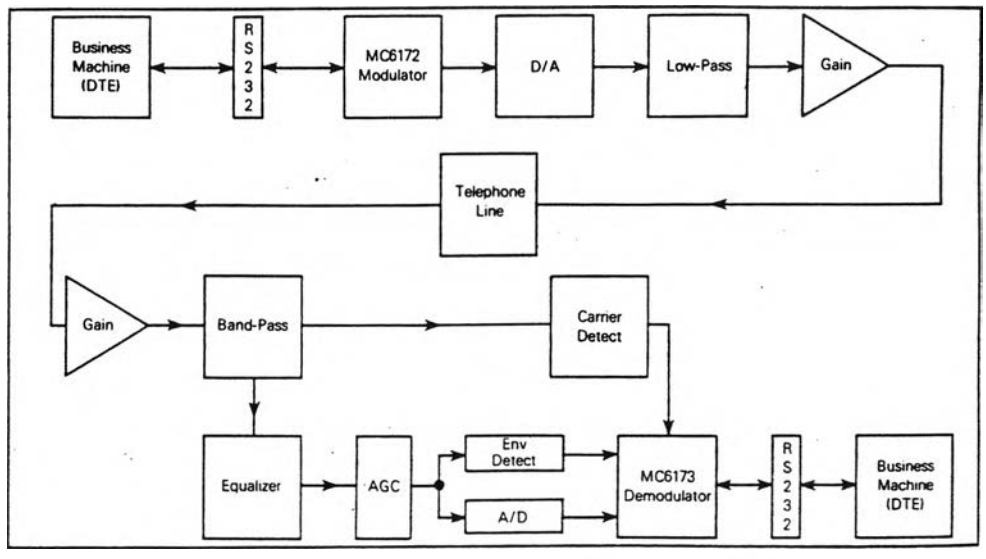
3.1.2 การทำงานของวงจร

บล็อกไดอะแกรมของระบบมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นแสดงดังในรูป 3.3 ข้อมูลแบบอนุกรมจาก Bussiness machine (DTE) จะถูกส่งมายังอุปกรณ์ IC เบอร์ MC 6172 ซึ่งเป็น IC ที่ทำหน้าที่มอดูเลตสัญญาณข้อมูล โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมอะซิงโครนัส MC 6172 ทำ



รูป 3.2 ลักษณะรูปคลื่น DPSK และสัญญาณเอนเวลโลป

หน้าที่มอดูเลตเพื่อสร้างสัญญาณ DPSK ในรูปของ Digital Word ขนาด 6 บิต สัญญาณในรูป Digital Word นี้เมื่อผ่านวงจรแปลงสัญญาณ D/A จะได้สัญญาณขาออกเป็นสัญญาณ PAM จากสัญญาณ PAM ที่ได้จะทำการผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำ เพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูงออกไป และขยายสัญญาณที่ได้ให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะทำการส่งผ่านออกไปทางสายโทรศัพท์ เมื่อสัญญาณข้อมูลส่งผ่านไปในระบบ ทางภาครับสัญญาณที่ได้รับของระบบจะถูกแยกออกเป็น 2 ทาง ทางหนึ่งส่งผ่านไปยังวงจรดีเทคคลื่นพาห์ ซึ่งทำหน้าที่ตรวจจับขนาดของสัญญาณที่ได้รับว่ามีขนาดใหญ่พอเพื่อสร้างสัญญาณ Carrier Detect และอีกทางหนึ่งส่งผ่านไปยังภาคควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) ก่อนที่จะป้อนไปยังวงจร กรองความถี่ขนาด 1200 เฮิรตซ์ เพื่อดีเทคขนาดของเอนเวลโลป และสร้างสัญญาณนาฬิกา Dibit จากสัญญาณที่ได้รับเพื่อทำการซิงโครนัสกับสัญญาณนาฬิกาภายใน MC 6173 สัญญาณอีกส่วนหนึ่งที่ออกจากวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ จะป้อนให้กับวงจรแปลงสัญญาณ A/D โดยวงจรแปลงสัญญาณ A/D แบบที่ใช้เป็นแบบ



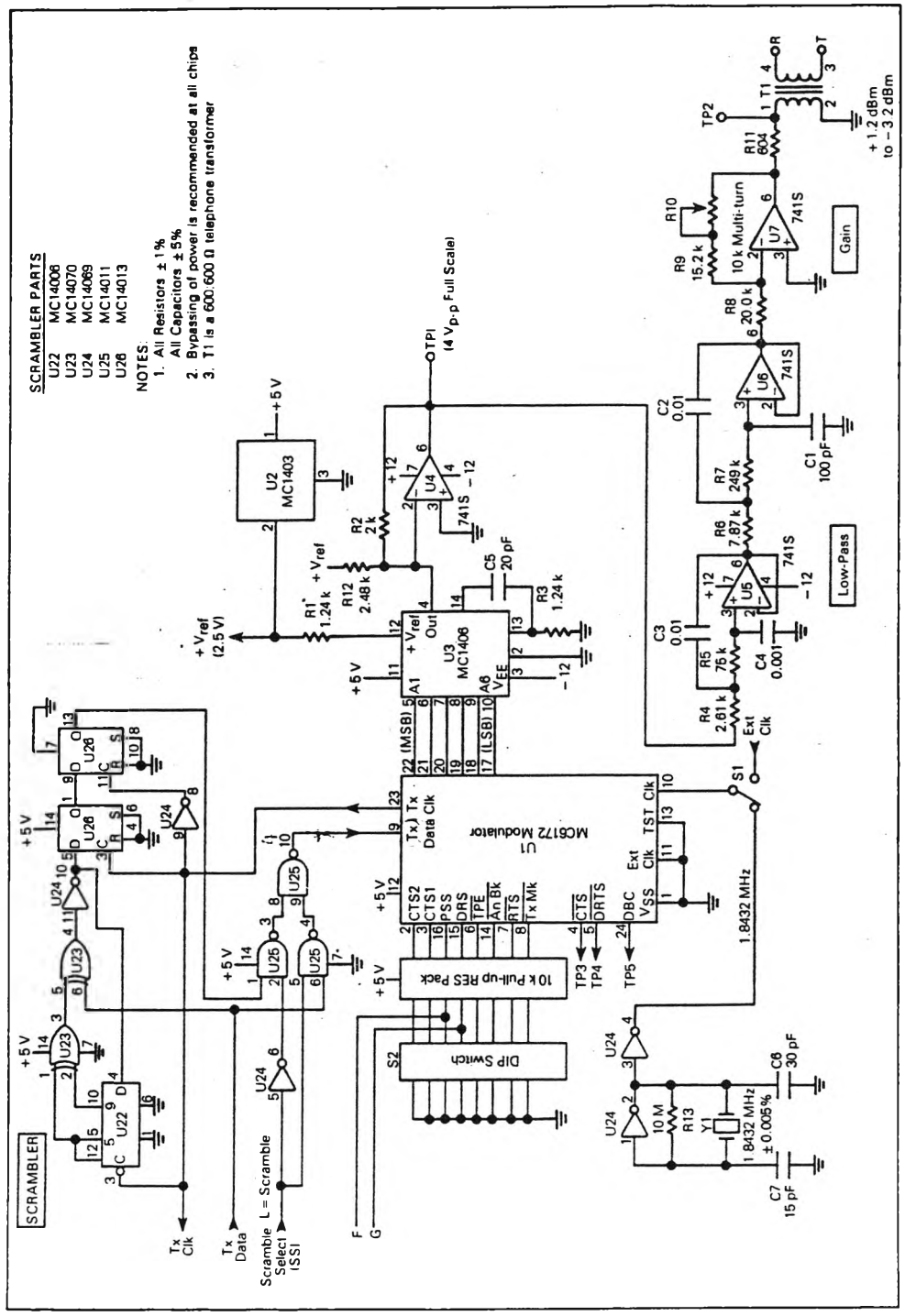
รูป 3.3 บล็อกไดอะแกรมระบบมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่น

Successive Approximation เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงเลข เพื่อป้อนไปยังภาคดีมอดูเลชั่น ของ MC 6173 เพื่อถอดรหัสสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมา สัญญาณข้อมูลที่ได้จะถูกส่ง ไปยังอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางภาครับ โดยผ่านทาง RS-232-C

ระบบที่แสดงเป็นการสื่อสารแบบทางเดียว (Simplex) ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งไปในทิศทางเดียวเท่านั้น ในการสื่อสารแบบกึ่งสองทางจำเป็นต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ที่แสดงในบล็อกไดอะแกรมสองชุด และทำการรับส่งข้อมูลต่างเวลากัน เพื่อเป็นการรับส่งข้อมูลผ่านข่ายสายโทรศัพท์ทั่วไปแบบ 2 เส้น ได้ตามข้อแนะนำ V.26 bis

ก. <u>ภาคมอดูเลชั่นของระบบ</u> รายละเอียดของวงจรมอดูเลชั่นแสดงดังในรูป 3.4 (รายละเอียดของ MC 6173 แสดงดังภาคผนวก จ) แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาเป็น วงจร CMOS Inverter Oscillator ใช้ผลึกความถี่ขนาด 1.8432 เมกกะเฮิรตซ์เป็น ฐานเวลา เพื่อให้ MC 6173 เป็นฐานเวลาอ้างอิงในการสร้างสัญญาณนาฬิกา 1200/2400 เฮิรตซ์ คลื่นพาห์ความถี่ 1800 เฮิรตซ์ และสัญญาณนาฬิกา Dibit

สัญญาณที่จำเป็นต้องใช้ในการติดต่อสื่อสารที่ผ่าน RS-232-C อาทิเช่น RTS, CTS, TxData, TxClk เป็นสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทโดยตรงที่ต่อมายัง MC 6172 TxClk เป็นสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับข้อมูลทางด้านส่ง สัญญาณ RTS เป็นสัญญาณเพื่อใช้กำหนดสถานะว่าจะทำการส่งสัญญาณหรือไม่ การเปลี่ยนระดับจากศักย์สูงเป็นศักย์ต่ำของสัญญาณ RTS จะทำให้ MC 6172 เริ่มส่งสัญญาณ Mark ออกมาตลอดเวลาในช่วงเวลา RTS-CTS delay

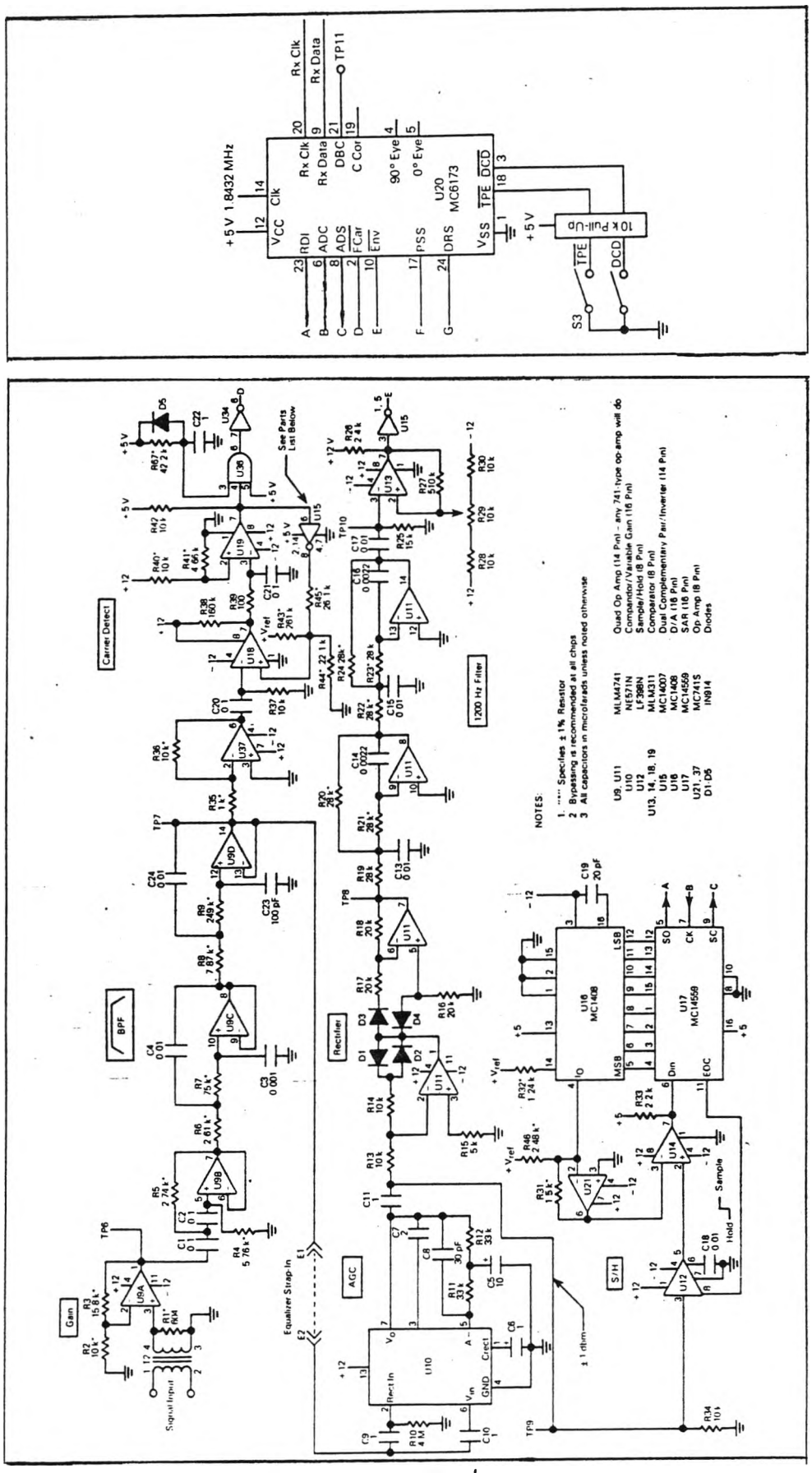


รูป 3.4 วงจรมอดูเลชั่นแบบ 2400 bps DPSK

ซึ่งสามารถเลือกได้จาก CTS 1 และ CTS 2 (ขา 2 และ ขา 3 ตามลำดับ) เมื่อเลยเวลาหน่วงนี้ผ่านไป สัญญาณ CTS (ขา 4) จะตกลงมาเป็นศักย์ต่ำ เพื่อเป็นสัญญาณบอกอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางว่าภาคมอดูเลชั่นพร้อมที่จะทำการรับส่งสัญญาณแล้ว เมื่อสิ้นสุดการรับส่งสัญญาณอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางส่งสัญญาณ RTS ให้มีศักย์สูง DRTS (Delay-request-to-send, ขา 5) จะเป็นตัวบอกเวลาที่แท้ จริงที่ MC 6172 หยุดทำการมอดูเลต การหน่วงเวลาเล็กน้อยจากขอบขาขึ้นของ RTS ถึงขอบขาลงของ DRTS ที่มีเอาไว้เพื่อให้ข้อมูลที่เหลืออยู่ภายใน MC 6172 ได้ถูกส่งออก ไปหมด สัญญาณ RTS ที่ได้รับจาก RS-232-C จะกลับสถานะกับสัญญาณที่ขาของ MC 6172 ในการรับส่งสัญญาณจริง จึงจำเป็นต้องใช้ IC ของ Motorola เบอร์ MC 1488/1489 เพื่อแปลงสถานะของสัญญาณกลับทั้งสัญญาณอินพุทและสัญญาณเอาท์พุท

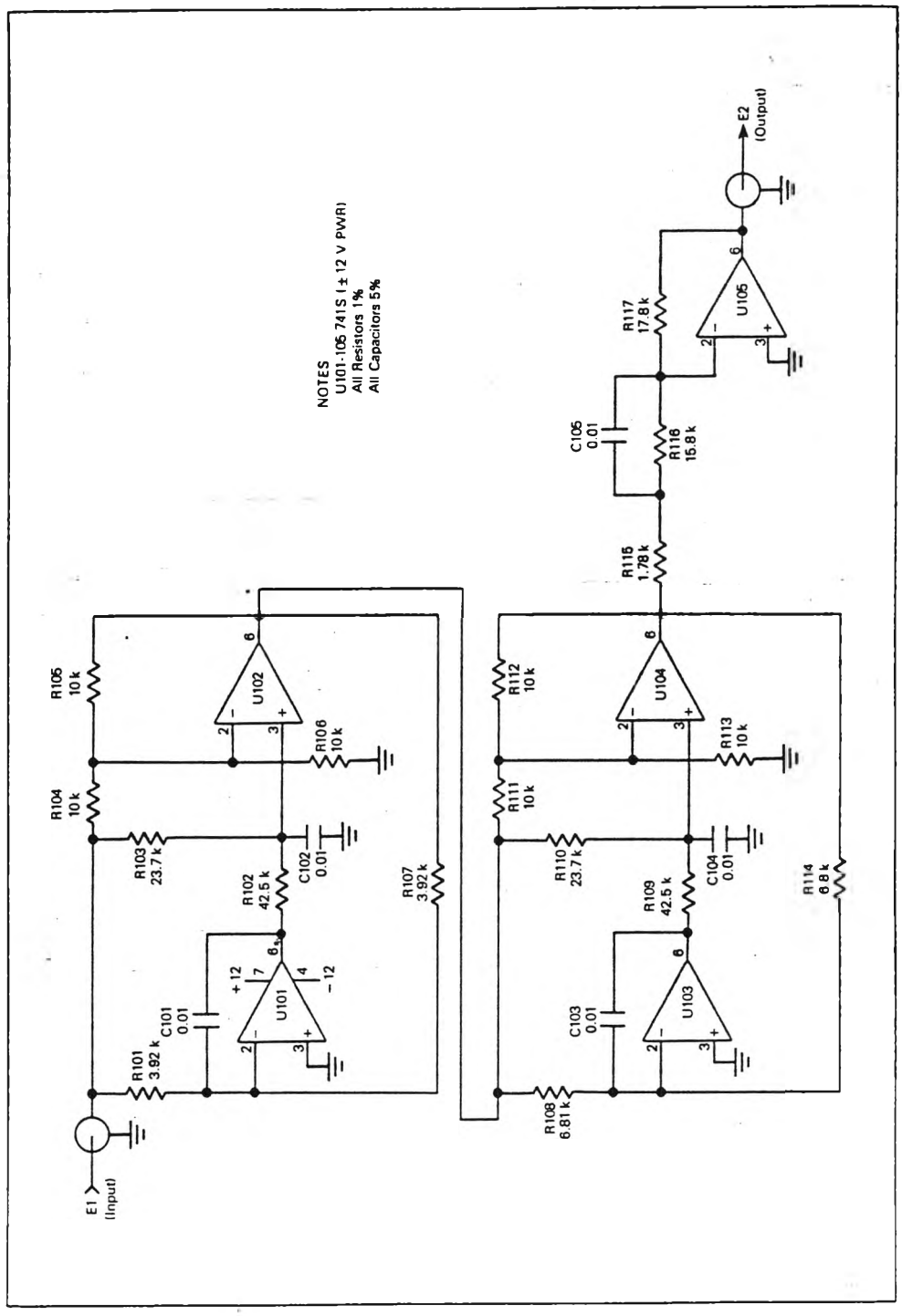
จากวงจรสัญญาณ DPSK ที่ได้รับที่ U3 (MC 1406) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณ D/A สำหรับแปลงสัญญาณข้อมูลเชิงเลขขนาด 6 บิตจาก MC 6172 โดยมีกระแสอ้างอิงซึ่งอ้างอิงจากไดโอดเบอร์ LM 336 โดยกระแสอ้างอิงได้จากแรงดันอ้างอิงของ LM 336 ผ่าน R1 กระแสที่ได้มีค่าประมาณ 2 mA โดยป้อนเข้าที่ขา 12 ของ MC 1406 เพื่อเป็นกระแสอ้างอิงสำหรับกระแสเอาท์พุทที่ขา 4 ตามข้อมูลเชิงเลขที่ได้รับ (ตั้งแต่ขา 5 ถึง ขา 10) U4 ทำหน้าที่แปลงกระแสให้เป็นแรงดัน โดยจะได้สัญญาณขนาด 4 โวลท์(Peak to Peak) ที่ TP1 เนื่องจากสัญญาณที่ได้ที่จุด TP 1 นี้เป็นรูปคลื่น PAM ซึ่งจะมีสัญญาณที่ความถี่สูงปนอยู่ด้วย เพื่อกรองสัญญาณความถี่สูงออก วงจรกรองผ่านต่ำจึงถูกออกแบบโดยเป็นวงจรกรองผ่านต่ำแบบ Chebyshev อันดับ 4 มี ripple 0.01 dB สมการการออกแบบแสดงในภาคผนวก ง. ผลของการออกแบบวงจรกรองผ่านต่ำที่ได้จะมี Envelope Delay Distortion ที่ดีมากค่า EDD ต่ำกว่า 61 us (เมื่อเปรียบเทียบกับ Delay ที่ 1800 เฮิรตซ์) สัญญาณที่ได้ออกมาจากวงจรกรองผ่านต่ำที่ขา 6 ของ U6 จะผ่านไปยังวงจรปรับอัตราขยาย U7 ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายของสัญญาณ ทำให้ระดับของสัญญาณที่ได้อยู่ในช่วง +1 ถึง -3 dBm/600 โอห์มที่จุด TP 2

ข. <u>ภาคดีมอดูเลชั่นของระบบ</u> รายละเอียดของวงจรแสดงดังในรูป 3.5 เมื่อสัญญาณที่ได้รับปรากฏขึ้นที่ขาอินพุทของ U9 สัญญาณจะถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ด้วยอัตราขยาย 8 dB จากนั้นป้อนไปยังวงจรกรองผ่านแถบ (400-3500 เฮิรตซ์) วงจรกรองผ่านแถบที่สร้างขึ้นเกิดจากการสร้างวงจรกรองผ่านสูง Chebyshev อันดับ 2 ต่อคาสเคทกับวงจรกรองผ่านต่ำ Chebyshev อันดับ 4 ซึ่งออกแบบเหมือนกับวงจรกรองผ่านต่ำที่ออกแบบในวงจรมอดูเลชั่น สมการที่ใช้ในการออกแบบวงจรกรองผ่านสูงแสดงในภาคผนวก ง เช่นกัน



รูป 3.5 วงจรดีมอดเลชั่น 2400 bps DPSK

I 17347191



รูป 3.6 วงจรอีควอไลซ์เซอร์

หลังจากสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรกรองผ่านแถบแล้วจะได้สัญญาณออกมาที่จุด TP 7 จากจุดนี้สัญญาณที่ได้จะส่งผ่านไปยังวงจรดีเทคคลื่นพาห์ และวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ (AGC) วงจรคลื่นพาห์ประกอบด้วยวงจรขยาย 20 dB (U9D) และวงจรเปรียบเทียบซึ่งสร้างขึ้นโดย U18 และ U19 (LM 311) วงจรเปรียบเทียบที่ออกแบบจะมี Hysteresis อย่างน้อย 3 dB และยังคงสามารถดีเทคคลื่นพาห์ได้ จนกระทั่งสัญญาณที่ได้รับตกลงไปต่ำกว่า -48 dBm ขนาดของสัญญาณคลื่นพาห์ที่ดีเทคได้สามารถตั้งค่าได้โดยการปรับวงจรแบ่งแรงดัน R43-R45 สัญญาณเอาท์พุทของวงจรดีเทคคลื่นพาห์ของ U34 ที่ ขา 6 จะต่อเข้ากับ FCar (ขา 2) ของ MC 6173 การเปลี่ยนระดับจากศักย์สูงเป็นศักย์ต่ำที่จุดนี้ เป็นการบอก MC 6173 ว่าสัญญาณที่ได้รับมีพลังงานพอที่จะดีเทคได้ ถ้าสัญญาณรบกวนมีขนาดใหญ่กว่า -43 dBm สามารถทำการตั้งค่าดังกล่าวใหม่ได้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล วงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติประกอบด้วยวงจร Compander ของ Signetics เบอร์ NE 571 ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบ Bipolar ภายในประกอบด้วย วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และ วงจรขยายแบบปรับค่าได้ สัญญาณข้อมูลที่ TP 7 เป็นสัญญาณไฟสลับซึ่งป้อนให้กับ ขา 2 และ ขา 6 ของ NE 571 ซึ่งเป็นขาวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นและสัญญาณอินพุทตามลำดับ C6 เป็นตัวเก็บประจุของวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เพื่อทำหน้าที่กรองสัญญาณอินพุทที่ขา 2 นอกจากนั้นยังมีผลต่อ Time constant ของ NE 571 หลังจากผ่านภารกรองกระแสและการกรองสัญญาณแล้ว สัญญาณไฟตรงที่ได้จะควบคุมอัตราขยายของสัญญาณที่ ขา 6 สัญญาณเอาท์พุทของวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติออกจาก ขา 7 และถูกคลัปปิ้งไฟสลับที่ TP 9 จากการออกแบบวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติ จะรักษาระดับแรงดันของสัญญาณที่ TP 9 ให้มีค่า 0 dBm + 1.5 dBm จากขนาดของสัญญาณที่มีค่าระหว่าง -48 ถึง 0 dBm ที่ภาครับของระบบดีมอดูเลชั่น (สัญญาณอินพุทที่ คลัปปิ้งทรานสฟอร์มเมอร์)

สัญญาณอีกส่วนหนึ่งเมื่อผ่านวงจรควบคุมอัตราการขยายอัตโนมัติมายังจุด TP 9 จากจุดนี้สัญญาณจะผ่านไปยังวงจร 1200 เฮิรตซ์ เพื่อดีเทคเอนเวลโลป และวงจรแปลงสัญญาณ A/D วงจรดีเทคเอนเวลโลป ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรกรองผ่านแถบ 1200 เฮิรตซ์ สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรกรองผ่านแถบจะถูกคลัปปิ้งเฉพาะส่วนไฟสลับไปยัง U13 ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบเพื่อสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมขึ้น เมื่อสัญญาณผ่านวงจรเปรียบเทียบแล้วจะป้อนไปยัง ขา Env ขาอินพุท (ขา 10) ของ MC 6173 สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่สร้างขึ้นจำเป็นสำหรับใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา Dibit ของสัญญาณข้อมูลที่ได้รับ เพื่อให้ MC 6173

ใช้ในการ Synchronization กับสัญญาณนาฬิกา Dibit ของวงจรภายใน ในช่วงเวลาเริ่มต้น ซึ่งวงจรมอดูเลเตอร์ได้ทำการส่งสัญญาณ Mark มาก่อน

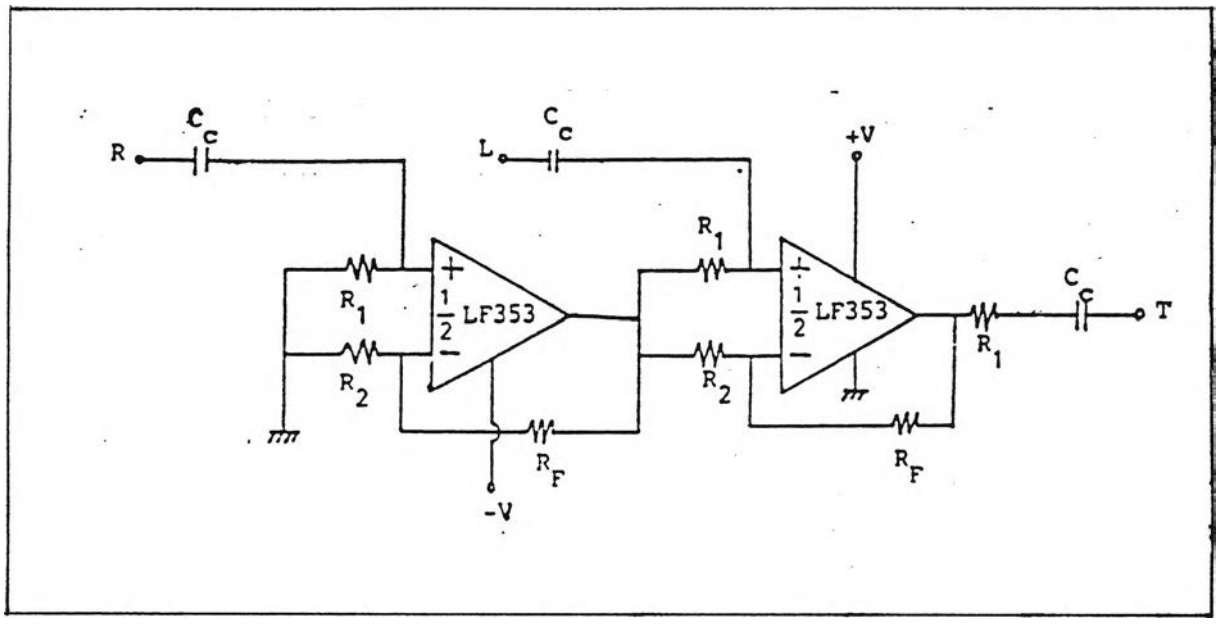
วงจรแปลงสัญญาณ A/D ประกอบด้วย LF 398 (Sample and Hold, U12) MC 14559 (Successive Approximation Register, U17) MC 1408 D/A (U16) วงจรแปลงกระแสเป็นแรงดัน (U12) และ วงจรเปรียบเทียบ (U14) การทำงานของวงจรนี้เริ่มต้นโดยการเปลี่ยนระดับจากศักย์สูงมาเป็นศักย์ต่ำของ U12 เพื่อคงค่าแรงดันของสัญญาณที่สุ่มมาจากจุด TP 9 U17 จะเริ่มสร้างสัญญาณ Digital Word โดยการตั้งค่าทีละบิตต่อเนื่องกันไป และทำการเปรียบเทียบระดับสัญญาณที่ได้จาก U21 ขา 6 กับแรงดันที่คงค่าเอาไว้ที่ U12 ขา 5 ถ้าแรงดันที่สุ่มมาได้ มีค่าสูงเกินกว่าแรงดันที่ได้มาจาก D/A บิตดังกล่าวของ U17 ก็จะถูกตั้งค่าใหม่ หรือถูกรีเซ็ทให้มีค่าเป็นศูนย์ ขบวนการนี้จะถูกทำต่อเนื่องกันไปด้วยอัตรา 460 กิโลเฮิรตซ์ จนกระทั่งข้อมูลทั้ง 8 บิตได้ถูกสร้างขึ้นและส่งเป็นแบบอนุกรมไปยัง MC 6173 จากขา 5 ของ U17 สัญญาณนาฬิกาสำหรับวงจร A/D ถูกสร้างขึ้นจาก MC 6173 ทางขา ADS และ ADC (ขา 8 และ ขา 6)

สรุปการทำงานของระบบดีมอดูเลเตอร์ ในภาวะที่ทางด้านมอดูเลเตอร์ ไม่ได้ส่งสัญญาณออกมา ทางด้านดีมอดูเลเตอร์อยู่ในสภาวะ Idle สถานะ FCar อยู่ที่ศักย์สูงซึ่งมีผลทำให้ MC 6173 ไม่ทำงาน เมื่อมอดูเลเตอร์เริ่มทำการส่งในช่วงแรกซึ่งสัญญาณที่ส่งเป็น Mark ทั้งหมด วงจรดีเทคคลื่นพาห์เปลี่ยนสถานะทำงานทำให้ FCar มีศักย์ต่ำ MC 6173 เริ่มทำงาน วงจร PLL ภายในเริ่มล็อคสัญญาณที่เข้ามา วงจรดีเทคเอนเวลโลป สร้างสัญญาณนาฬิกา Dibit ที่ Env เพื่อใช้ในการซิงโครนัสระบบภายในระยะเวลาดังกล่าว หลังจากผ่านช่วงเวลาดังกล่าวไปแล้วการรับส่งข้อมูลจะเป็นไปตามปกติ สัญญาณ Env ในช่วงนี้จะไม่มีผลต่อการทำงาน สัญญาณนาฬิกาในช่วงถัดจากนี้สร้างขึ้นจากสัญญาณ DPSK ที่ได้รับ ในการยืดเวลาสัญญาณเอนเวลโลป Env ขา Car (ขา 15) ต้องมีสถานะเป็นศูนย์ตลอดช่วงการยืดเวลา

ค. <u>สแครมเบอร์</u> วงจรสำหรับการสแครมเบอร์แสดงอยู่บนซ้ายของรูป 3.4 วงจรนี้จะทำการสแครมเบอร์ข้อมูลอนุกรมด้วย 511 Psuedo-random Pattern ซึ่ง กำหนดตามมาตรฐาน V.52 เมื่อวงจรสแครมเบอร์ทำงาน (Scramble Select=0) ขา Test Pattern Enable (TPE) จะต้องมีสถานะเป็นศักย์สูง ส่วนภายใน MC 6173 ภาคดีมอดูเลเตอร์มีวงจรดีสแครมเบอร์ อยู่ภายในด้วยซึ่งทำงานเมื่อขาอินพุทของ TPE (ขา 18) มีศักย์ต่ำ

จ. <u>วงจรไฮบริด</u> คือ วงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินพุทและเอาท์พุทพอร์ตของวงจร

จากแบบ 4 สาย เป็นแบบ 2 สาย ซึ่งจะมีหลักการทำงานดังในรูป 3.7 โดยที่เอาท์พุทของวงจรมอดูเลชั่นจะต่อกับขั้ว T และอินพุทของวงจรดีมอดูเลชั่นจะต่อกับขั้ว R สัญญาณเอาท์พุทจะถูกส่งมายังขั้ว T และผ่าน Amp #1 ออกไปยังขั้ว L โดยจะมีสัญญาณรั่วมาที่ขั้ว R น้อยมาก ส่วนสัญญาณอินพุทเมื่อมาถึงขั้ว L จะผ่าน Amp #2 มายังขั้ว R โดยอาศัยหลักการของวงจร



รูป 3.7 วงจรไฮบริด

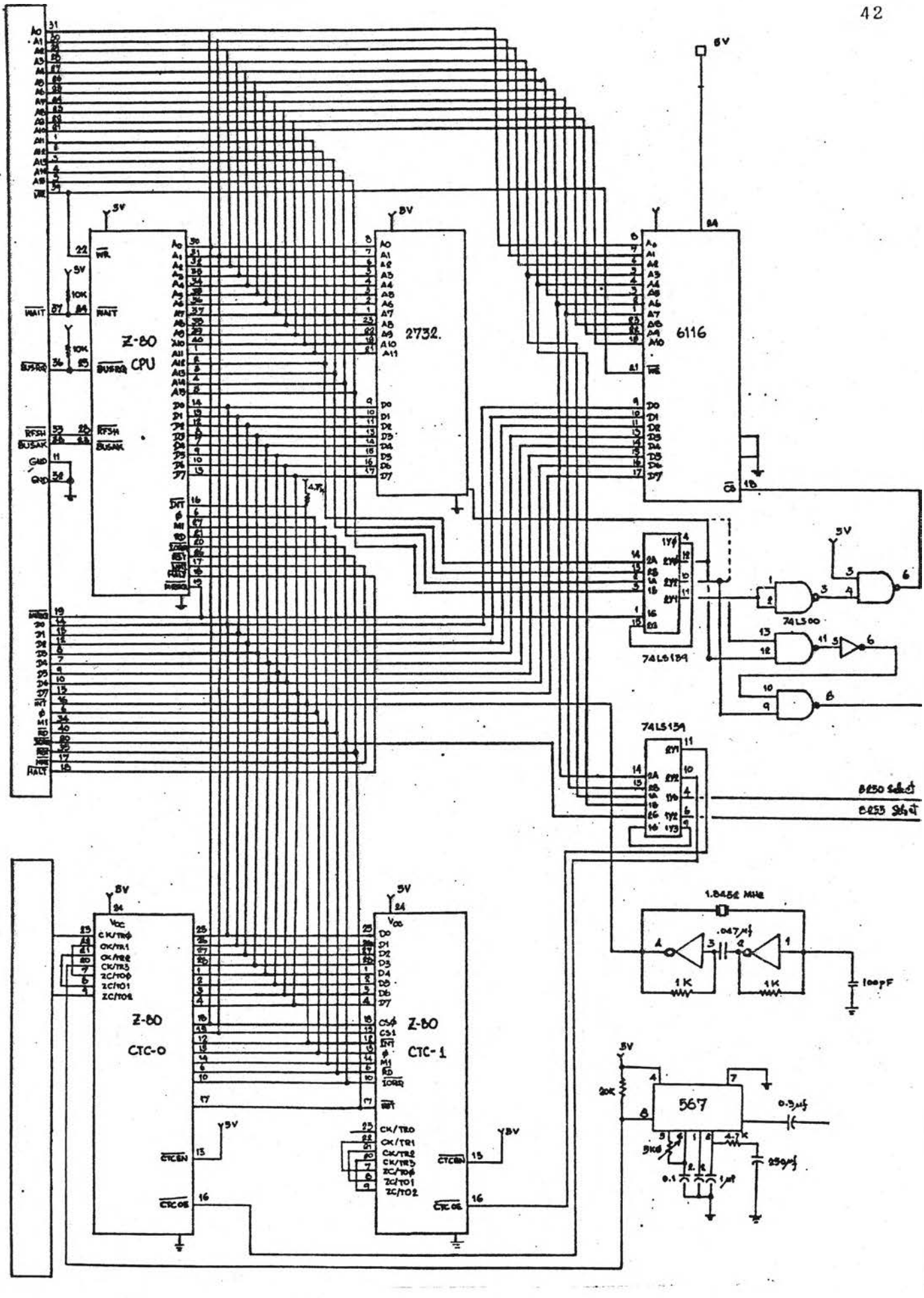
ชยายที่ยอมให้สัญญาณยอมผ่านได้ในทิศทางเดียว และใช้ IC op.amp. เบอร์ LF 353 ซึ่งเป็น Dual Op.amp.ที่มีค่าอินพุทอิมพีแดนซ์สูงมาก เนื่องจากการใช้ FET ที่ภาคอินพุทนั่นเอง จะได้วงจรดังรูป 3.7 โดยใช้ตัวต้านทานค่า 600 โอห์มทุกตัวทั้งหมด ตัวเก็บประจุค่า 10 uf จะทำให้วงจรนี้มีอินพุทเอาท์พุทอิมพีแดนซ์เป็น 600 โอห์มตามต้องการ

3.2 อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารอัตโนมัติ

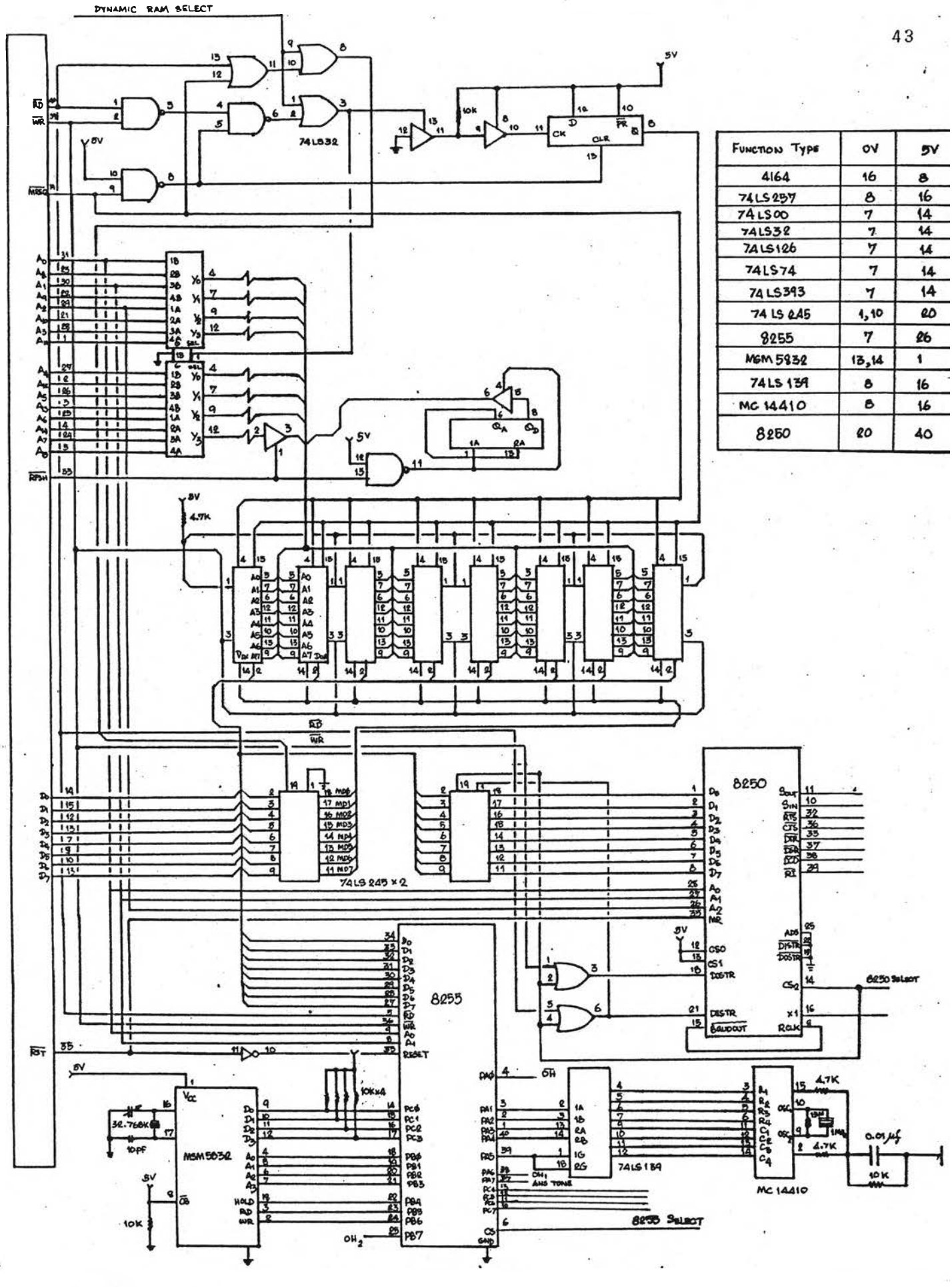
ในระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการติดต่อสื่อสารโดยผ่านข่ายสายโทรศัพท์ (Dial Up) ระบบคอมพิวเตอร์บางระบบสามารถทำการหมุนโทรศัพท์ไปยังสถานที่ต่างๆได้โดยอัตโนมัติ เช่น การรับส่งข้อมูลประจำวันของรายการการขาย หรือ สินค้าคงคลังในแต่ละวันของ บริษัทที่มีสาขาอยู่ต่างเมือง เป็นต้น การติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยผ่านข่ายสายโทรศัพท์ดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ติอต่อสื่อสารอัตโนมัติ (ACU: Automatic Calling and Answering Unit) ในการติดต่อ เพื่อให้การรับรู้สัญญาณในภารรับส่งของคอมพิวเตอร์สามารถทำงานร่วมกับสัญญาณของข่ายสายโทรศัพท์ได้ อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารอัตโนมัติประกอบด้วย อุปกรณ์อินเตอร์เฟสกับโทรศัพท์ อุปกรณ์สำหรับทำการหมุนโทรศัพท์ และ รับสัญญาณเรียกทางโทรศัพท์

3.2.1 อุปกรณ์หมุนและรับโทรศัพท์อัตโนมัติ

โดยการใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เข้ามาควบคุมการทำงานเพื่อให้อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่พัฒนาขึ้นนี้มีความฉลาดมากขึ้น และมีความสามารถในภารติดต่อสื่อสารโดยผ่านข่ายสายโทรศัพท์ ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย ชุด ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล Z-80 ซึ่งมีพอร์ตควบคุมการหมุนโทรศัพท์ทั้งแบบ พัลส์ และ ความถี่ DTMF รายละเอียดของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้แสดงดังในรูป 3.8 และ 3.9 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมโดยผ่านทางพอร์ต 8255 พอร์ต A และ พอร์ต B7 หลังจากการประมวลผลข้อมูลของ CPU ตามชุดคำสั่งแล้ว เมื่อได้รับคำสั่งให้ทำการหมุนโทรศัพท์แบบพัลส์ (ซึ่งเป็นการหมุนโทรศัพท์ที่มีการตรวจสอบค่า Loop Resistance ของคู่สายโทรศัพท์) โดย CPU จะสั่งให้พอร์ต A0 อยู่ในสถานะเปิด และ พอร์ต B7 อยู่ในสถานะการทำงานตามการ ปิดเปิด สัญญาณตามเวลา คือ Off-Hook ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ชุมสายโทรศัพท์รับรู้การยกหู จากนั้นทำสัญญาณ On-Hook เป็นระยะเวลาประมาณ 66.6 ms และทำสัญญาณ Off-Hook เป็นระยะเวลาประมาณ 33.3 ms ระยะเวลาของสัญญาณได้จากการ Delay สัญญาณโดย CPU ในภารหมุนโทรศัพท์ตามหมายเลขที่ทำการหมุนจนครบจำนวนพัลส์ด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น เช่น สัญญาณหมายเลข 7 หมายถึง การหมุนด้วยวิธีข้างต้น 7 ครั้ง เมื่อการหมุนหมายเลขนั้นเสร็จ ต้องมีสถานะสัญญาณเป็น Off-Hook เป็นระยะเวลารวมประมาณ 400 ms เมื่อทำการหมุนโทรศัพท์จนครบหมาย



รูป 3.8 วงจรระบบไมโครคอมพิวเตอร์ Z-80



Function Type	0V	5V
4164	16	8
74LS257	8	16
74LS00	7	14
74LS32	7	14
74LS126	7	14
74LS74	7	14
74LS393	7	14
74LS245	1,10	20
8255	7	26
MSM5832	13,14	1
74LS139	8	16
MC 14410	8	16
8250	20	40

รูป 3.9 วงจรพอร์ต 8255 พอร์ตอนุกรม และ หน่วยความจำ

เลข สัญญาณสถานะสุดท้ายจะเป็น Off-Hook การทำงานของ พอร์ต A0 ทำงานโดยควบคุมรีเลย์ในภาคอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ ในกรณีหมุนโทรศัพท์แบบความถี่ DTMF จะควบคุมการทำงานด้วยพอร์ต A1-A5 สัญญาณ A5 เป็นขา Enable ของ 74LS139 สำหรับ 74LS139 ทำหน้าที่เลือกสัญญาณจากพอร์ต เพื่อเลือกเป็นสัญญาณ Row และ Columnn ป้อนให้ MC 14410 ซึ่งเป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ DTMF สัญญาณความถี่จะออกที่ ขา 15 และ ขา 2 (Low และ High Frequency ตามลำดับ)

3.2.2 อุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์

วงจรอินเตอร์เฟสโทรศัพท์ที่ออกแบบเป็นแบบ Dry Transformer ดังแสดงในรูป 3.10 ในรูปวงจรที่อยู่ระหว่างคู่สายโทรศัพท์และทรานสฟอร์มเมอร์ ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น วงจรทรานซิสเตอร์ รีเลย์สำหรับ Off-Hook และ อุปกรณ์ Passive วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น และวงจรทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมแรงดัน เพื่อให้แรงดันไฟตรงที่ได้รับมีค่าคงที่ ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปรค่าของแรงดันของคู่สายโทรศัพท์เป็นอย่างไร

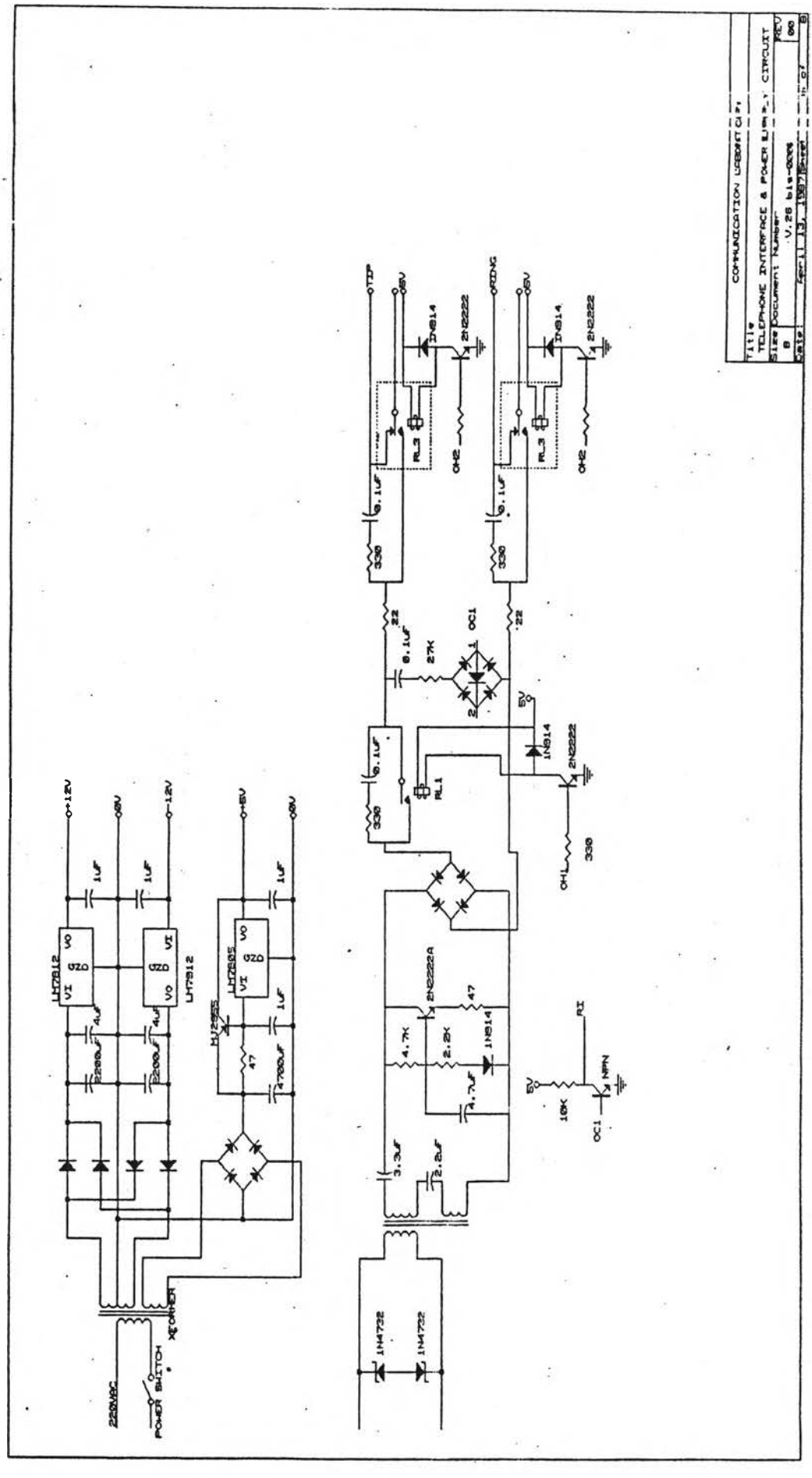
ตามข้อกำหนดใน Part 68 อุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์จะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์สะท้อนกลับขนาด 600 โอห์ม ไปยังคู่สายโทรศัพท์ แต่ค่า Loop DC Resistance ของคู่สายโทรศัพท์แต่ละชุมสาย มีค่าระหว่าง 400 ถึง 1700 โอห์ม [22][23]

รูป 3.11 แสดงการคำนวณในส่วนของวงจร เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ โดยการสมมติให้ทรานซิสเตอร์ มีค่าอัตราขยายสูงมาก ทำให้ $I_C = I_E = I_B + I_C$ และ $I_C = h_{fe} I_B$ ค่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์มีค่าตามสมการ (3.1)(3.2)

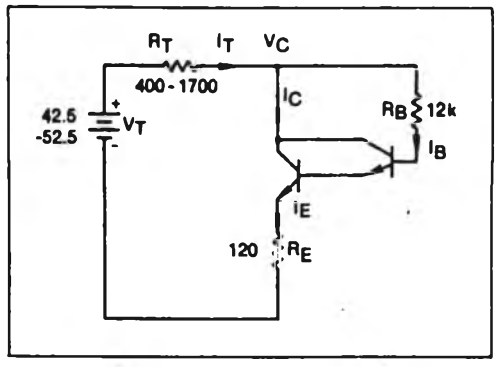
$$V_C = V_T - \frac{h_{fe} R_T (V_T - 1.2)}{h_{fe} (R_E + R_T) + R_B} \quad , \qquad I_C = \frac{h_{fe} (V_T - 1.2)}{h_{fe} (R_E + R_T) + R_B} \qquad (3.1)$$

และ

$$\frac{V_C}{I_C} = \frac{V_T [h_{fe} (R_E + R_T) + R_B]}{h_{fe} (V_T - 1.2)} - R_T \qquad (3.2)$$



รูป 3.10 วงจรอินเตอร์เฟสโทรศัพท์แบบ Dry Transformer



รูป 3.11 วงจรสมมูลย์ในการคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ 600 โอห์ม ของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์

ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรเกิดจากแรงดัน (V_c) หารด้วยกระแส (I_c) สมการอิมพีแดนซ์แสดงดังในสมการ (3.1)(3.2) การทำงานของอุปกรณ์อินเตอร์เฟสโทรศัพท์ ภายในวงจรประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone รีเลย์ และทรานสฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่คลัปปิ้งสัญญาณ

ก. <u>วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone</u> สัญญาณ Ringing Tone ที่ได้รับจากสาย Tip และ Ring ของคู่สายโทรศัพท์ถูกป้อนผ่านวงจรเรียงกระแส (Bridge Rectifier) โดยผ่าน C และ R ค่า R ต้องมีค่าใหญ่มาก เพื่อให้เฉพาะแรงดัน Ringing Tone เท่านั้นที่ทำให้วงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone ทำงานได้ (ขนาดของสัญญาณ Ringing Tone มีขนาด 55 ถึง 120 V_{rms}) วงจรเรียงกระแสทำหน้าที่เรียงกระแสสัญญาณ Ringing Tone ให้เป็นพัลส์ไฟตรงที่ ขาบวกและลบของวงจรเรียงกระแส CPU ของวงจรไมโครคอมพิวเตอร์รับรู้การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone โดยผ่านทาง Opto-couple ซึ่งทำงานเมื่อมีแรงดันตกคร่อมไดโอดของ Opto-couple แรงดันดังกล่าวเป็นแรงดันที่ขาบวกและลบของวงจรเรียงกระแส เมื่อมีแรงดันตกคร่อมไดโอดจะทำให้ทรานซิสเตอร์ภายในทำงานปิดเปิดสัญญาณ

ข. <u>วงจรทรานซิสเตอร์</u> มีการทำงานดังสมการ(3.1)(3.2) ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิมพีแดนซ์ภายในวงจรมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างคงที่ไม่ว่าแรงดันของคู่สายจะมีการเปลี่ยนแปรอย่างไร อิมพีแดนซ์ดังกล่าวจะทำให้องค์การโทรศัพท์มองอิมพีแดนซ์ของระบบอยู่ในสถานะยกหู (มีอิมพีแดนซ์เฉลี่ย 600 โอห์ม หรือมีแรงดันเมื่อยกหู 5-8 โวลท์)

ค. <u>รีเลย์เพื่อทำหน้าที่ยกหูและวางหู</u> รีเลย์ที่ใช้ในวงจรประกอบด้วยรีเลย์ 3 ตัว 2 ตัวแรกทำหน้าที่เลือกการตัดต่อคู่สายโทรศัพท์ อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ตัดต่อโทรศัพท์แบบ Loop Resistance รีเลย์ที่ใช้ในวงจรเป็นรีเลย์ ของ Hamlin มีรูปหน้าสัมผัสแบบ C (รายละเอียด

แสดงในภาคผนวก จ) คู่สายโทรศัพท์ Tip และ Ring ต่อเข้าที่ขา 7 (ขา 8 ซึ่งต่อตรงถึงกัน) ของรีเลย์ 2 ตัวแรก เมื่ออุปกรณ์สื่อสารไม่ทำงาน รีเลย์จะตัดต่อหน้าสัมผัสมาที่ขั้วขา 1 เมื่อไม่มีแหล่งจ่ายไฟซึ่งหมายถึง เมื่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลไม่ทำงานสามารถที่จะใช้โทรศัพท์ได้ตามปกติ หรือ สามารถสั่งให้ตัดต่อหน้าสัมผัสแบบนี้เมื่อต้องการโอนย้ายจากการสื่อสารข้อมูลมาเป็นการสื่อสารโทรศัพท์ เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานในภาวะทำงานปกติ หน้าสัมผัสจะตัดต่อมาที่ขา 14 เพื่อให้สัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ผ่านวงจรเรียงกระแส เพื่อป้อนให้กับวงจรตรวจจับสัญญาณ Ringing Tone สำหรับรีเลย์อีกตัวทำหน้าที่ตัดต่อเพื่อให้ทางชุมสายรู้ว่าเป็นสถานะยกหูหรือ หมุนแบบพัลส์ โดยการตัดต่อสัญญาณผ่านวงจรเรียงกระแส และวงจรทรานซิสเตอร์ หรือเป็นการเชื่อมต่อสัญญาณ (Off-hook) เมื่อเป็นการสื่อสารข้อมูล สำหรับ C และ ไดโอด ทำหน้าที่ป้องกันการเกิด Surge Protection ของรีเลย์เมื่อมีการเปลี่ยนหน้าสัมผัส สัญญาณที่ผ่านจากวงจรทรานซิสเตอร์ จะถูกคลัปปิ้งเฉพาะสัญญาณไฟสลับด้วย C เพื่อกันสัญญาณไฟตรงมิให้ผ่านทรานสฟอร์มเมอร์ เพื่อป้องกันการเกิดภาวะอิ่มตัวของแกนเหล็ก และถูกคลัปปิ้งผ่านทรานสฟอร์มเมอร์เข้าไปยังวงจรมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นเพื่อทำการรับส่งข้อมูลต่อไป

3.3 อุปกรณ์ซีเรียลอินเตอร์เฟส

3.3.1 วงจรรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ทำงานโดยการใช้พอร์ตอนุกรมในการรับส่งข้อมูล เบอร์ 8250 พอร์ตอนุกรมตามที่ออกแบบนี้เป็นพอร์ตเบอร์เดียวกับที่ IBM PC และคอมแพทิเบิลออกแบบ และเป็นพอร์ตที่มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลอะซิงโครนัสอย่างสมบูรณ์แบบ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งข้อมูลที่สามารถเลือกค่าได้ และ รีจิสเตอร์ภายในที่บอกสถานะการทำงาน และ สัญญาณอินเตอร์รัพท์ต่างๆ ซึ่งไม่มีเมื่อเปรียบเทียบกับพอร์ตอนุกรมเบอร์ 8251

หน้าที่การทำงานรับส่งข้อมูลอะซิงโครนัส แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ทำหน้าที่รับส่งชุดคำสั่ง เพื่อใช้ในการประมวลผลของ CPU ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

2. ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในการทำงานในระบบ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยทำงานร่วมกับวงจรควบคุมสถานะการทำงาน

3. เพื่อให้ CPU สามารถตรวจสอบทำงานภารจากสถานะภายในของ 8250 ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล เช่น ตรวจสอบว่าอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำงานอยู่หรือไม่ จากสถานะของ DTR หรือมีสัญญาณ Ringing Tone หรือไม่ จากสถานะของ RI เป็นต้น

รายละเอียดวงจรการทำงานแสดงในรูป 3.9 ที่ผ่านมา

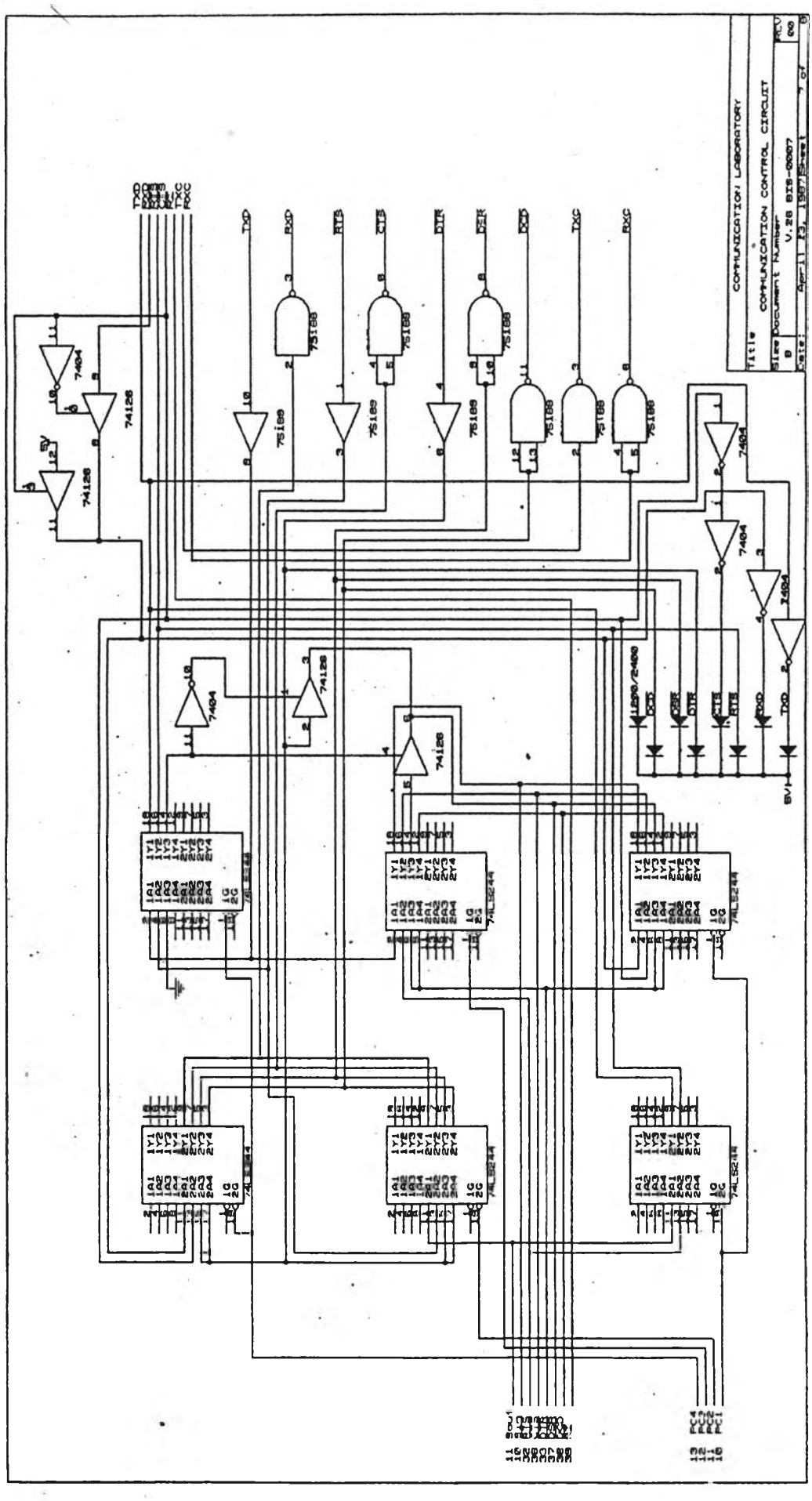
3.3.2 วงจรควบคุมการรับส่งข้อมูล

การทำงานของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลที่ออกแบบขึ้นนี้มีสถานะการทำงาน 3 สถานะ วงจรควบคุมการรับส่งข้อมูลถูกควบคุมผ่านพอร์ต C4-C7 ของ 8255 วงจรควบคุมการรับส่งข้อมูลประกอบด้วย 74LS244 จำนวน 3 ตัว คือ U37 ,U38 และ U39 โดยมีวงจรดังแสดงในรูป 3.12

ในการทำงานของวงจรควบคุมสถานะการทำงาน สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมต่างๆ ตามมาตรฐาน RS-232-C เช่น CTS RTS DTR DSR และ DCD จากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ TTL โดย IC เบอร์ MC 1488 และ 1489 จากนั้นทำการจัดเรียงสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมเป็นลักษณะการติดต่อสื่อสารแบบต่างๆเข้ากับ 74LS244 โดย 74LS244 เป็น Tri-state buffer ซึ่งมีสัญญาณเอาท์พุทของ แต่ละตัวร่วมกันอยู่

เมื่ออุปกรณ์สื่อสารทำงานในสถานะปกติ พอร์ต C4 และ C5 อยู่ในสถานะศักย์ต่ำ โดยเลือกขา 19 และ 1 ของ U37 และ ขา 1 ของ U38 สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมผ่าน U37 เป็นสัญญาณอินเตอร์เฟสระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลตามปกติ สัญญาณที่ U38 เป็นการ Loop สัญญาณสำหรับอินเตอร์เฟสในการสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการรับส่งข้อมูลเพื่อเก็บไว้ในหน่วยความจำของระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ทางด้านส่งในการรับส่งข้อมูลล่วงหน้า หรือรับส่งข้อมูลจากหน่วยความจำด้านรับของระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางหลังจากการทำงานระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางไกล เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานอัตโนมัติ พอร์ต C5 และ C6 อยู่ในสถานะศักย์ต่ำ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมของ CPU ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางมีการติดต่อเหมือนการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง



รูป 3.12 วงจรควบคุมการรับส่งข้อมูล

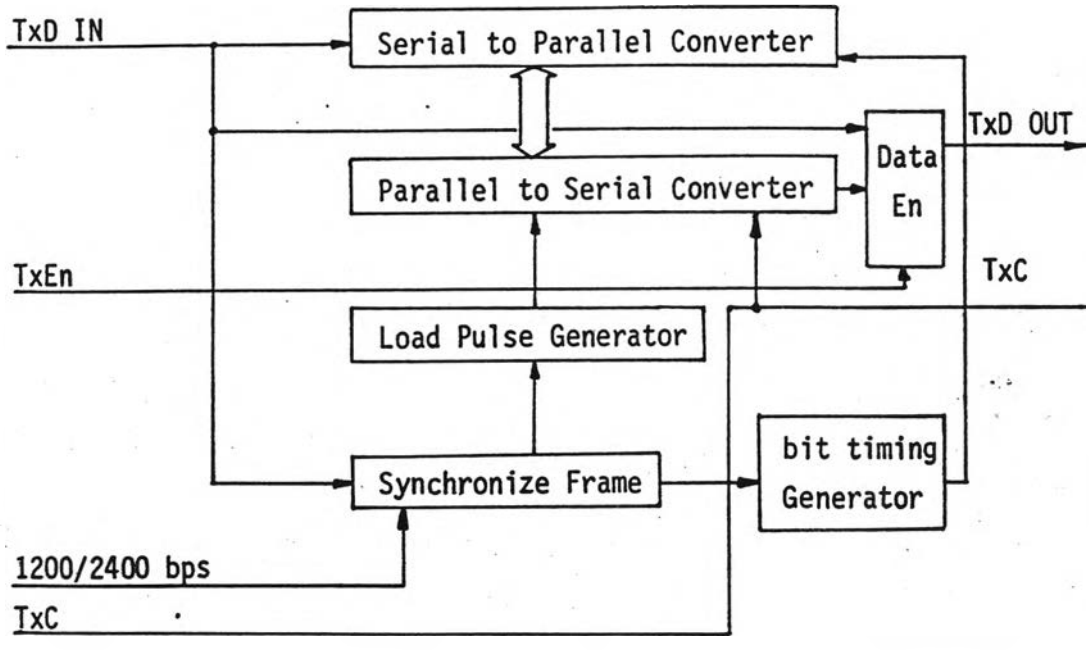
เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยทำการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางไกลในการรับส่งข้อมูลแบบกำหนดเวลาล่วงหน้า หรือการทำงานระหว่างอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทางไกลเมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานอัตโนมัติ พอร์ต C7 มีสถานะเป็นศักย์ต่ำ สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมของ CPU ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและภาคมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นมีการติดต่อเหมือนการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลตามปกติ

ส่วนทางซ้ายมือเป็น LED ซึ่งแสดงสถานะของสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมในขณะทำการติดต่อสื่อสาร นอกจากนั้นภายใน 74LS244 ยังมีวงจรสำหรับทำการแคลมป์ข้อมูลตามสัญญาณหมายเลข 105 ตามข้อแนะนำ V.26 bis ทำงานร่วมกับ 74LS126 โดยควบคุมจากขา 16 ของ U37 เมื่อสัญญาณ RTS เป็นศักย์ต่ำ หรืออุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำการส่งข้อมูล สัญญาณที่ออกทางขา 11 จะเป็น '1' ตลอด ข้อมูลทางด้านรับจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้ไม่มีข้อมูลทางด้านรับเกิดขึ้นในขณะที่ทำการส่งข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับส่งข้อมูลเปลี่ยนสถานะจากการส่งข้อมูลมาทำการรับข้อมูล อุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางเปลี่ยนสถานะโดยกลับสัญญาณ RTS เป็นศักย์สูง สัญญาณที่ขา 8 เป็นไปตามสัญญาณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากวงจรดีมอดูเลชั่น ซึ่งก็คือสัญญาณข้อมูลที่ได้รับนั่นเอง (ขา 8 และ ขา 11 ของ 74LS 126 ต่อร่วมกันโดยมีการทำงานแบบ Tri-state) Tri-state ของ 74LS126 อีกสองตัวทำงานเมื่อ U37 และ U38 ถูกเลือกเพื่อป้อนสถานะให้ พอร์ตอนุกรม 8250 ในการตรวจสอบสัญญาณ DTR ว่าอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางทำงานอยู่หรือไม่

3.3.3 อุปกรณ์แปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส

อุปกรณ์นี้ ใช้สำหรับการแปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสของอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางโดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC และ คอมแพทิเบิล ซึ่งใช้อุปกรณ์ซีเรียลแบบอะซิงโครนัสโดยส่วนใหญ่ผ่าน Multi-function Card ในการติดต่อสื่อสารผ่านอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส

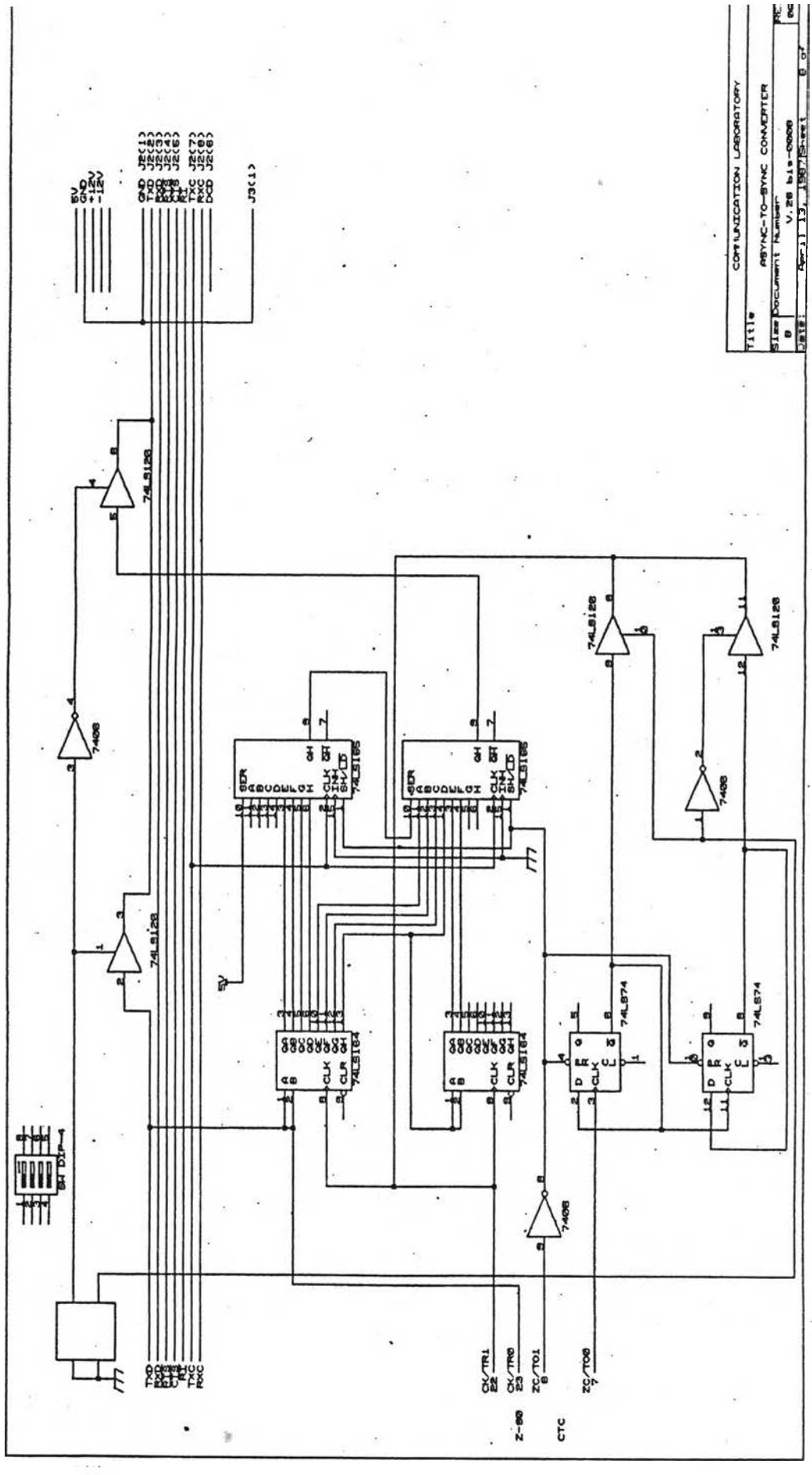
ผังวงจรแปลงการรับส่งข้อมูลแสดงดังในรูป 3.13 ภายในอุปกรณ์ประกอบด้วยอุปกรณ์ Serial to Parallel Converter , Parallel to Serial Converter , Load Pulse Generater , สัญญาณนาฬิกาสำหรับการเลื่อนบิตข้อมูล และ วงจรเลือกอัตรา



รูป 3.13 ผังวงจรแปลงการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเป็นแบบซิงโครนัส

การรับส่งข้อมูล

ในรูป 3.14 อุปกรณ์ Serial to Parallel Converter ใช้ IC เบอร์ 74LS164 และ Parallel to Serial Converter เบอร์ 74LS165 อย่างละ 2 ตัว ต่อคาสเคทกัน เนื่องจากจำนวนบิตที่ใช้ส่งในแต่ละคาแรคเตอร์มีตั้งแต่ 9 ถึง 11 บิต (บิตที่เป็นข้อมูลจำนวน 7-8 บิต,พาริตี้บิต, สตาร์ทบิตและสต็อปบิต) สัญญาณข้อมูลที่ผ่านเข้ามาจะผ่าน Z-80 CTC CLK/TRIG แชนแนล 0 เพื่อทำการตรวจจับหาสตาร์ทบิต หรือทำหน้าที่ Synchronize Frame ของแต่ละคาแรคเตอร์ เมื่อ Z-80 CTC แชนแนล 0 ตรวจพบสตาร์ทบิตแล้ว จะสร้างพัลส์ที่มีคาบเวลาเท่ากับ 1/4800 วินาที ป้อนออกจาก ZC/TO แชนแนล 0 เพื่อป้อนให้ 74LS74 เพื่อทำการหาร 2 และหาร 4 เพื่อให้ได้อัตรา การรับส่งข้อมูล 2400 และ1200 ตามต้องการ สัญญาณที่ได้จากการหาร 2 และ 4 ของ 74LS74 จะป้อนให้กับ Z-80 CTC CLK/TRIG แชนแนล 1 และ Serial to Parallel Converter สัญญาณที่ได้จากการหาร 2 และ 4 จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1/2400 และ 1/1200 วินาที ตามลำดับ สัญญาณนาฬิกาสำหรับการรับส่งที่หารแล้วจะถูกเลือกผ่าน 74LS126 สัญญาณที่เลือกจะถูกป้อนให้ Z-80 CTC CLK/TRIG แชนแนล 1 ซึ่งถูกโปรแกรมให้ทำการอินเตอร์รัพท์ เมื่อทำการตรวจจับพัลส์ที่ได้รับ


COMMUNICATION LABORATORY
ASYNC-TO-SYNC CONVERTER
V.28 bis-0000
74LS126
74LS125
74LS08
74LS04
74LS74
74LS164
74LS165
74LS32
74LS00
74LS86
74LS20
74LS10
74LS27
74LS30
74LS51
74LS54
74LS86
74LS93
74LS95
74LS107
74LS109
74LS112
74LS113
74LS114
74LS123
74LS132
74LS138
74LS139
74LS145
74LS147
74LS148
74LS151
74LS153
74LS154
74LS155
74LS156
74LS157
74LS158
74LS160
74LS161
74LS162
74LS163
74LS166
74LS168
74LS169
74LS170
74LS173
74LS174
74LS175
74LS181
74LS182
74LS190
74LS191
74LS192
74LS193
74LS194
74LS195
74LS196
74LS197
74LS221
74LS240
74LS241
74LS242
74LS243
74LS244
74LS245
74LS247
74LS248
74LS249
74LS251
74LS253
74LS257
74LS258
74LS259
74LS260
74LS266
74LS273
74LS279
74LS283
74LS290
74LS293
74LS295
74LS298
74LS299
74LS323
74LS352
74LS353
74LS365
74LS366
74LS367
74LS368
74LS373
74LS374
74LS375
74LS377
74LS378
74LS379
74LS382
74LS385
74LS386
74LS390
74LS393
74LS395
74LS398
74LS399
74LS424
74LS433
74LS437
74LS440
74LS441
74LS442
74LS443
74LS444
74LS445
74LS447
74LS448
74LS449
74LS450
74LS451
74LS452
74LS453
74LS454
74LS455
74LS456
74LS457
74LS460
74LS461
74LS462
74LS463
74LS464
74LS465
74LS466
74LS467
74LS468
74LS469
74LS470
74LS471
74LS472
74LS473
74LS475
74LS476
74LS477
74LS478
74LS479
74LS480
74LS481
74LS482
74LS483
74LS484
74LS485
74LS486
74LS487
74LS488
74LS489
74LS490
74LS491
74LS492
74LS493
74LS494
74LS495
74LS496
74LS497
74LS498
74LS499
74LS500
74LS501
74LS502
74LS503
74LS504
74LS505
74LS506
74LS507
74LS508
74LS509
74LS510
74LS511
74LS512
74LS513
74LS514

ครบ 13 พัลส์ จะสร้างพัลส์ขึ้นซึ่งเรียกว่า Load Pulse เพื่อเป็นสัญญาณในการโอนข้อมูลทั้งหมดจากวงจร Serial to Parallel Converter เข้ามายังวงจร Parallel to Serial Converter สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับวงจร Serial to Parallel Converter เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาแต่ละบิตที่ใช้เลื่อนข้อมูลอะซิงโครนัสเข้ามาในรีจิสเตอร์ของ 74LS164 เมื่อสัญญาณข้อมูลในวงจร Parallel to Serial Converter ถูกโหลดเข้ามาแล้ว ในการเลื่อนบิตข้อมูลแต่ละบิตออกจากวงจรจะใช้สัญญาณนาฬิกาจาก ภาคมอดูเลชั่นของ MC 6172 หรือ สัญญาณ TxC จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล

อนึ่งในการทำงานด้วยวิธีดังกล่าว การรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางที่มีการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ซึ่งมีคุณภาพของการรับส่งตามมาตรฐาน RS-363 กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส จึงมีคุณภาพของสัญญาณที่ส่งตามมาตรฐาน RS-334-A คือจะมีสัญญาณนาฬิกาอยู่ที่กึ่งกลางบิตข้อมูล

3.4 ระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

การทำงานในระบบนี้ หน่วยความจำเลือกใช้ไดนามิกแรมเบอร์ 4164 เนื่องจากแอดเดสของ CPU Z-80 มีได้มากที่สุด 64 กิโลไบต์ ในการออกแบบสัญญาณ RAS และ CAS ได้จากการ Delay ของเกต TTL การรีเฟรชของไดนามิกแรมได้จากซารีเพรชของ Z-80 และการนับแอดเดสของ 74LS393 ในปัจจุบันในการออกแบบอาจออกแบบจากการเลือกอุปกรณ์ Delay สัญญาณเชิงเลข ซึ่งมีขนาด 20 40 60 80 100 ms หน่วยความจำนี้จะทำงานร่วมกับ Z-80 โดยมีการแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือ ด้านรับและด้านส่ง แต่ละส่วนมีขนาด 28 กิโลไบต์ ทางด้านรับใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลเมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลทำงานโดยอัตโนมัติ และทางด้านส่งใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบกำหนดเวลาล่วงหน้า

การทำงานในระบบการรับส่งข้อมูลแบบล่วงหน้า จะมีการทำงานร่วมกับวงจรนาฬิกาจริง ซึ่งเป็น IC เบอร์ MSM 5832 ซึ่งใช้ผลิกความถี่ 32.768 กิโลเฮิรตซ์ เมื่ออุปกรณ์สื่อสารข้อมูลเริ่มติดต่อกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง เวลาจะถูกป้อนจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทางให้ MSM 5832 โดยผ่านการควบคุมของพอร์ต B0-B7 และ C0-C3 ของ 8255 เมื่อทำการรับส่งข้อมูลล่วงหน้า ข้อมูลทั้งหมดที่จะส่งไปยังสถานีปลายทางจะส่งเข้าไปเก็บในหน่วย

ความจำทางด้านส่งก่อน นอกจากข้อมูลที่จะส่งแล้วยังต้องส่ง หมายเลขโทรศัพท์ของสถานีปลายทาง โพรโทคอลของสถานีปลายทาง และเวลาที่จะทำการส่งด้วย เวลาที่จะทำการส่งดังกล่าวนี้จะไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ใช้ควบคุมการทำงาน ซึ่งเมื่ออุปกรณ์สื่อสารทำงานก็จะตรวจสอบเวลาของหน่วยความจำที่ใช้ควบคุมการทำงาน เมื่อเวลาที่อ่านได้จากวงจรนาฬิกาจริงเท่ากับเวลาที่มีในหน่วยจำที่ใช้ควบคุมการทำงาน โปรแกรมควบคุมการทำงานในระบบไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ก็จะเริ่มทำการรับส่งข้อมูล