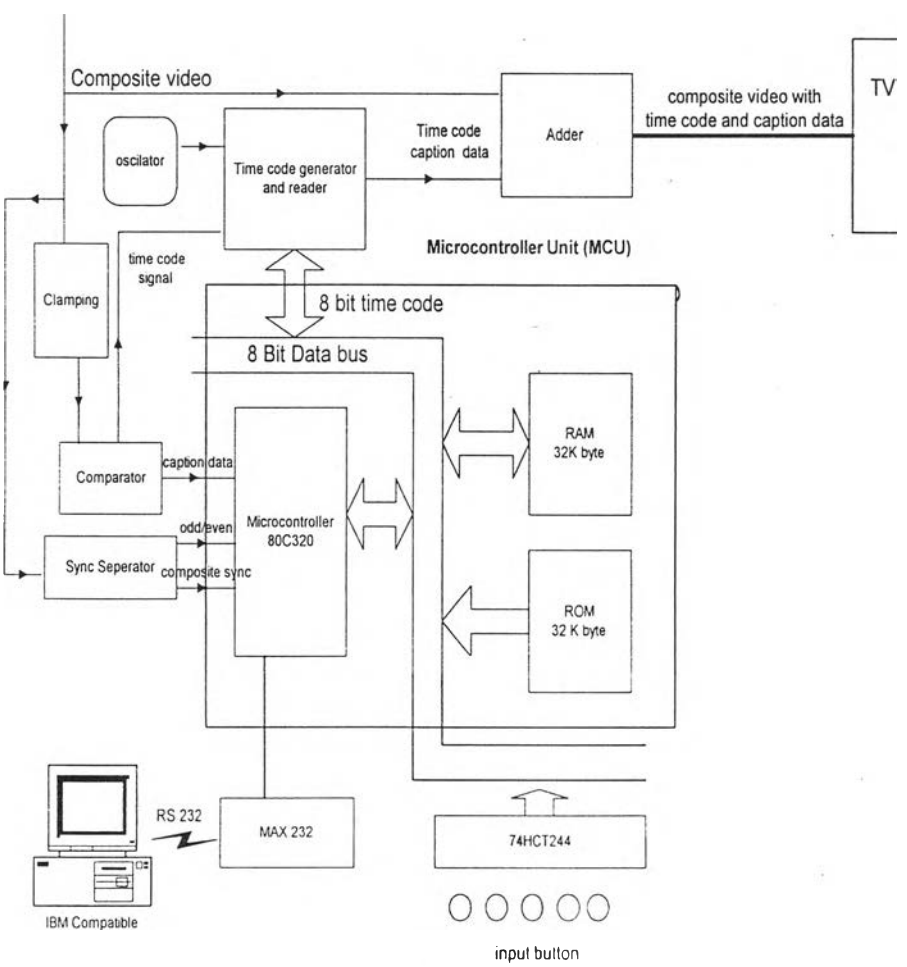
บทที่3

ส่วนประกอบของเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้

เครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ มีรายละเอียด ดังรูปที่ 3.1 โดยประกอบด้วยวงจรหลักๆ 2 ส่วน คือ ส่วนวงจรเชิงอุปมาน และ ส่วนวงจรเชิงเลข โดยวงจรเชิงอุปมานจะทำหน้าที่เชื่อมต่อ สัญญาณภาพโทรทัศน์ กับวงจรเชิงเลข โดยแปลงข้อมูลใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ มาเป็นสัญญาณเชิงเลข เพื่อให้วงจรเชิงเลขนำข้อมูลไปประมวลผลต่อไป หรือรับข้อมูลในรูปสัญญาณเชิงเลข แล้วนำไปแปลงระดับแรงดันให้สามารถแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ได้



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้

ส่วนวงจรเชิงเลขจะทำหน้าที่ประมวลผล สัญญาณซิงค์ เพื่อให้จังหวะในการ อ่านหรือ แทรก ข้อมูลต่างๆ ลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ ในบทนี้จะนำเสนอรายละเอียดของส่วนวงจรเชิงอุปมาน และ ส่วนวงจรเลข

3.1 ส่วนวงจรเชิงอุปมาน

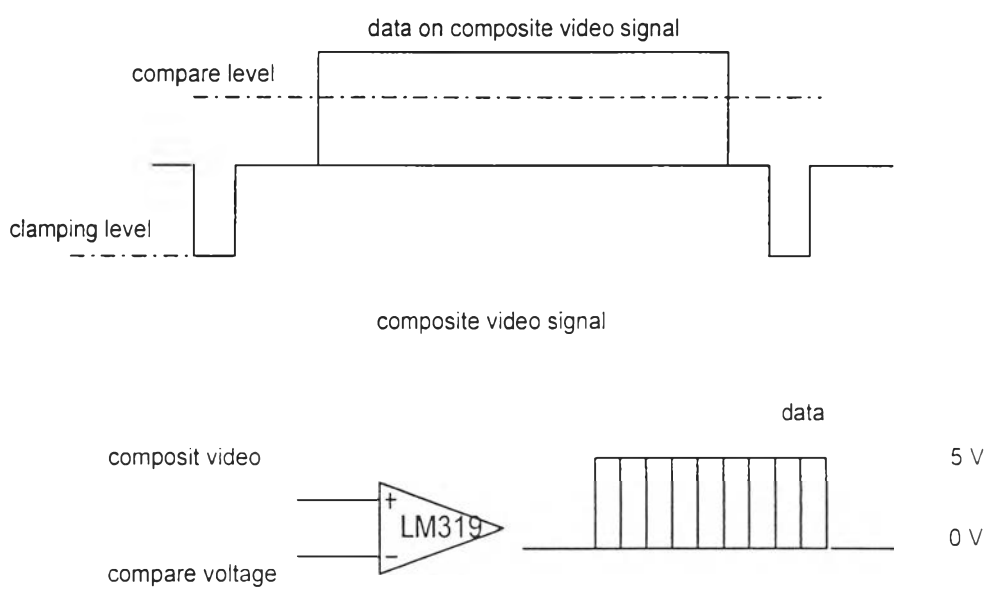
ส่วนวงจรเชิงอุปมานประกอบด้วย

1. วงจรตรึงระดับแรงดันไฟตรงยอดซิงค์แนวนอน
2. วงจรแยกซิงค์
3. วงจรรวมสัญญาณเชิงเลขเข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์
4. วงจรเปรียบเทียบ

ซึ่งวงจรส่วนต่างๆมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 วงจรตรึงระดับแรงดันไฟตรงยอดซิงค์แนวนอน

ในการแยกข้อมูลคำบรรยายภาพ หรือ รหัสเวลา ออกจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ เพื่อนำไปประมวลผลนั้น เราใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน เปลี่ยนสัญญาณข้อมูลในสัญญาณภาพโทรทัศน์ ให้เป็น สัญญาณเชิงเลข ซึ่งมีแรงดัน 0 กับ 5 โวลต์ เพื่อให้วงจรเชิงเลขนำไปประมวลผล

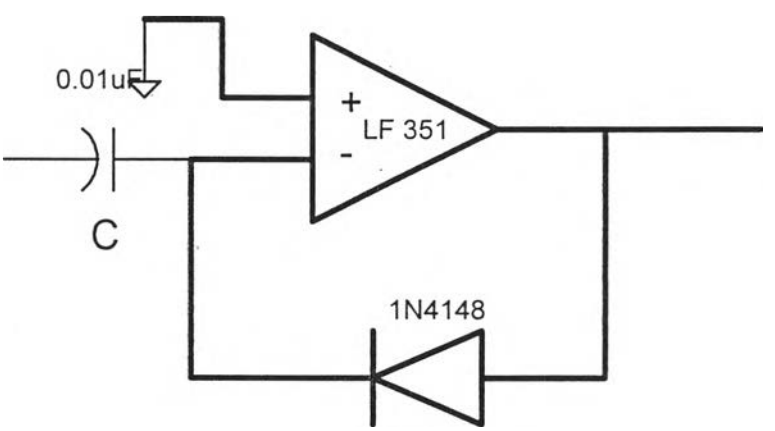


รูปที่ 3.2 ระดับแรงดันที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อแยกข้อมูล ออกจากสัญญาณโทรทัศน์

ดังนั้น แรงดันไฟตรงที่เรานำมาใช้เปรียบเทียบ จะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง ระดับแรงดันที่แสดงบิต 0 กับ ระดับแรงดันที่แสดงบิต 1 ดังรูปที่ 3.2

เนื่องจากแรงดันไฟตรงของสัญญาณภาพโทรทัศน์ มีค่าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับภาพที่ปรากฏในขณะนั้นๆ เราจึงไม่สามารถกำหนดระดับแรงดันไฟตรงที่จะนำมาเปรียบเทียบได้ ดังนั้น จะต้องทำการตรึงระดับแรงดันส่วนใดส่วนหนึ่งของสัญญาณภาพโทรทัศน์ ให้มีค่าคงที่ เพื่อให้แรงดันที่แสดงบิต 0 และ บิต 1 มีค่าคงที่ จึงสามารถกำหนดระดับแรงดันที่ใช้เปรียบเทียบได้ ซึ่งวิธีการที่ง่ายที่สุดคือ การตรึงระดับแรงดันไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอน

การตรึงระดับแรงดันไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอน ใช้วงจรในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรตรึงระดับแรงดันไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอน

เมื่อ สัญญาณภาพโทรทัศน์ ผ่านตัวเก็บประจุ แรงดันไฟตรงจะถูกกรองออกไป ดังนั้น ยอดซิงค์แนวนอน จะอยู่ต่ำกว่า 0 โวลต์

เมื่อ สัญญาณโทรทัศน์ที่เข้าขาลบของวงจร เปรียบเทียบมี ระดับต่ำกว่าแรงดัน ที่ขาบวกของวงจรเปรียบเทียบ วงจรเปรียบเทียบจะทำงาน ให้แรงดันออก เป็น 5 โวลต์ แรงดันขาออกของวงจรเปรียบเทียบนี้ จะผ่านไดโอดมาเติมประจุให้กับตัวเก็บประจุ ทำให้ระดับแรงดันของสัญญาณโทรทัศน์มีค่าสูงขึ้น เมื่อสัญญาณที่เข้าขาลบ มีระดับแรงดันสูงกว่า แรงดัน ที่ขาบวก วงจรเปรียบเทียบจะ ให้แรงดันออก เป็น 0 โวลต์ ดังนั้นเมื่อ สัญญาณอยู่ในภาวะอยู่ตัว แรงดันไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอน จะถูกตรึงไว้ที่ แรงดันเปรียบเทียบที่ขาบวก

วงจรใช้ ออปแอมป์ LF 351 ทำหน้าที่วงจรเปรียบเทียบ ไดโอด 1N4144 ตัวเก็บประจุขนาด 0.1 uF ใช้แรงดัน 0 โวลต์ป้อนเข้าที่ ขาบวกของวงจรเปรียบเทียบ ดังนั้นระดับแรงดันไฟตรงยอดซิงค์แนวนอน จะถูกตรึงไว้ที่ 0 โวลต์

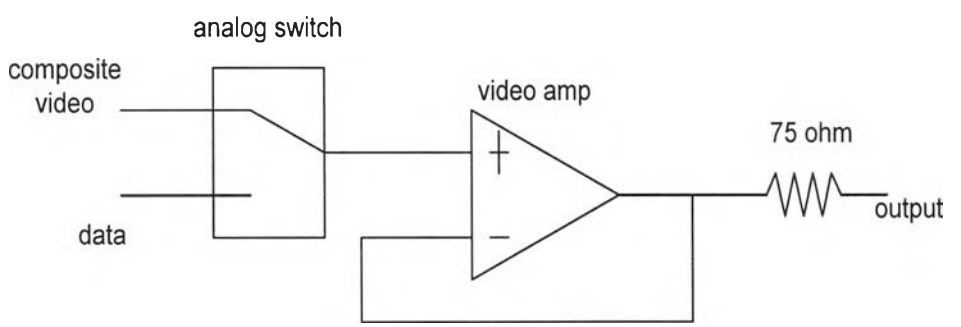
3.1.2 **วงจรแยกซิงค์** (sync separator)

ทำหน้าที่ แยกสัญญาณซิงค์ และ สัญญาณฟิลด์คู่ ฟิลด์คี่ ออกจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ ส่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์ ใช้วงจรรวม LM1881

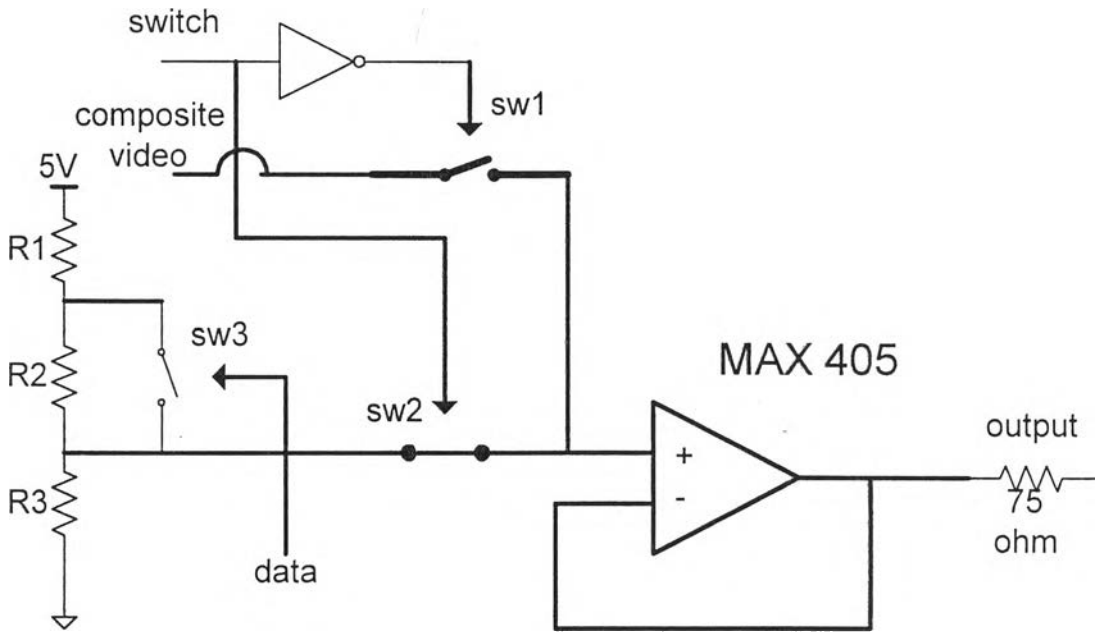
ไมโครคอนโทรเลอร์ จะรับสัญญาณซิงค์แนวนอน และ สัญญาณฟิลด์คู่ ฟิลด์คี่ ไปเป็นเข้าจังหวะ เพื่ออ่าน หรือ แทรก ข้อมูล รหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ หรือ รหัสเวลา ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

3.1.3 **วงจรรวมสัญญาณ** (adder)

วงจรมีหน้าที่ แทรกสัญญาณเชิงเลขที่ได้จากไมโครคอนโทรเลอร์ หรือ วงจรสร้างรหัสเวลา ลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยวงจรจะปรับระดับแรงดันสัญญาณเชิงเลข ให้มีขนาดเหมาะสม แล้วแทรกลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์



รูปที่ 3.4 หลักการรวมสัญญาณเชิงเลขเข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์



รูปที่ 3.5 วงจรรวมสัญญาณเชิงเลขเข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์

จากรูปที่ 3.4 แสดงหลักการรวมสัญญาณเชิงเลขเข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยใช้สวิทช์ ตัดต่อสัญญาณ ปกติ สวิตช์จะต่อกับเส้นสัญญาณภาพโทรทัศน์ แต่เมื่อต้องการแทรกข้อมูลลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ จะให้สวิทช์ต่อทางเส้น data สัญญาณเชิงเลขจะผ่านวงจรขยายออกไปแทนสัญญาณภาพโทรทัศน์ ดังนั้นจึงต้องปรับขนาดสัญญาณเชิงเลขเสียก่อน

รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของวงจรรวมสัญญาณเชิงเลขเข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยใช้วงจรรวมเบอร์ 74HC4066 Quad-Analog switch เป็นสวิทช์สำหรับตัดต่อสัญญาณ เนื่องจากเราตรึงระดับไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอนแล้ว ดังนั้น เราสามารถกำหนดระดับแรงดันไฟตรงที่ใช้แสดงบิต 1 และ บิต 0 ได้ ด้วย ตัวต้านทาน R1 R2 และ R3

เมื่อ สวิทช์ SW3 เปิดวงจร ตัวต้านทาน R2 จะแบ่งแรงดัน ทำให้แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R3 มีค่าน้อย กว่า เมื่อ สวิทช์ SW3 ปิดวงจร ซึ่งจะลัดวงจรตัวต้านทาน R2 ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R3 มีค่ามากขึ้น ดังนั้น หากเราเลือก ตัวต้านทาน R1 R2 และ R3 ให้มีค่าเหมาะสม

เมื่อ สวิทช์ SW3 เปิดวงจร แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R3 แสดงบิต 0 และ เมื่อ สวิทช์ SW3 ปิดวงจร แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R3 แสดงบิต 1 เราเลือกให้ R1 = 1 KΩ, R2 = 1.5 KΩ, R3 = 300 Ω

สวิทช์ SW1 และ สวิทช์ SW2 เป็นดัดต่อสลับกัน เมื่อสวิทช์ ตัวหนึ่งต่อ สวิทช์ อีกตัวจะตัด เมื่อ สวิทช์ SW1 ปิด สวิทช์ SW2 จะเปิด สัญญาณภาพโทรทัศน์ จะผ่านวงจรขยายสัญญาณภาพโทรทัศน์ ออกไปตามปกติ เมื่อ สวิทช์ SW1 เปิดวงจร สวิทช์ SW2 ปิดวงจร จะเป็นการแทรกบิตข้อมูลลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยตัดต่อ สวิทช์ SW3 เมื่อ สวิทช์ SW3 เปิดวงจร จะเป็น บิต 0 และ เมื่อ สวิทช์ SW3 ปิดวงจร จะเป็น บิต 1

การแทรกบิตข้อมูล จะใช้วิธีแทนที่ สัญญาณภาพโทรทัศน์ เนื่องจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ เดิมอาจมีข้อมูลเดิมอยู่แล้ว ถ้าเราใช้วิธีรวมสัญญาณ จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เราจึงตัดสัญญาณภาพโทรทัศน์ เดิม ในเส้นที่เราต้องการแทรกออกไป แล้วค่อยใส่ข้อมูลลงไป

3.1.4. วงจรเปรียบเทียบ

วงจรเปรียบเทียบมีหน้าที่ แยกข้อมูลรหัสเวลา หรือ ข้อมูล คำบรรยายภาพ ออกจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ วงจรใช้วงจรรวม LM319 open-collector dual comparator

สาเหตุที่ไม่ใช้ วงจรรวม LM319 มาตรึงระดับแรงดันไฟตรงของยอดซิงค์แนวนอน เนื่องจาก วงจรรวม LM319 มีความไวสูง เมื่อ สัญญาณภาพโทรทัศน์ เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย วงจรเปรียบเทียบ จะทำงานทันที ทำให้ เกิดสัญญาณรบกวนในสัญญาณภาพโทรทัศน์ได้ ดังนั้น จึงต้องเปลี่ยนไปใช้ วงจรรวม LF351 ซึ่งมีความไวน้อยกว่า

3.2 ส่วนวงจรเชิงเลข

ส่วนวงจรเชิงเลข ประกอบด้วย

1 . ส่วนไมโครคอนโทรเลอร์ (microcontroller unit)

2 . วงจรสร้างรหัสเวลา

3 . วงจรอ่านรหัสเวลา

ซึ่งวงจรส่วนต่างๆมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 ส่วนไมโครคอนโทรเลอร์ (microcontroller unit)

ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรเลอร์ ใช้เบอร์ MCS 80C320 , หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (ROM) และ หน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (RAM)

ไมโครคอนโทรเลอร์ เป็นส่วนประมวลผลหลักของระบบ ทำการติดต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อ รับหรือส่งข้อมูลคำบรรยายภาพ หรือ รหัสเวลา ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณซิงค์ (composite sync) โดยตรวจหาตำแหน่งซิงค์แนวตั้ง (vertical sync) จาก สัญญาณ ซิงค์ (composite sync) เมื่อพบแล้วจะเริ่มนับเส้นซิงค์แนวนอน เพื่อหาเส้นสำหรับอ่าน หรือ แทรก ข้อมูลคำบรรยายภาพ หรือ รหัสเวลา ใน สัญญาณภาพโทรทัศน์

ไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่ได้ 4 โมด คือ

1. แทรกรหัสเวลาลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์
2. อ่านรหัสเวลาแล้วนำเวลามาแสดงผลที่จอโทรทัศน์
3. แทรกคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์
4. แยกรหัส คำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ออกจาก สัญญาณภาพโทรทัศน์

MCS 80C320 ซึ่งเป็น ไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล 8051 ที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถทำงานที่ความถี่นาฬิกา 25 MHz และลดวงรอบการทำงานจากปกติ 12 clock cycle เหลือเพียง 4 clock cycle

หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (ROM) มีหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับ ไมโครคอนโทรเลอร์และ เก็บตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9 สำหรับแสดงผล รหัสเวลา ลงบนจอโทรทัศน์ โดยเก็บตัวเลขกว้าง 8บิต และ สูง 8 เส้น ดังนั้นจะใช้ที่ในการเก็บตัวเลข = 8*10 = 80 ไบท์

หน่ วยคว ามจำเข้าถึงแบบสุ่ม (RAM) มีหน้าที่ เก็บข้อมูลคำบรรยายภาพ และรหัสเวลาที่รับมาจาก คอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรเลอร์จะอ่าน ข้อมูลคำบรรยายภาพและ รหัสเวลา จากหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (RAM) แล้วนำไปแทรกลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ ตามที่ผู้ใช้กำหนด

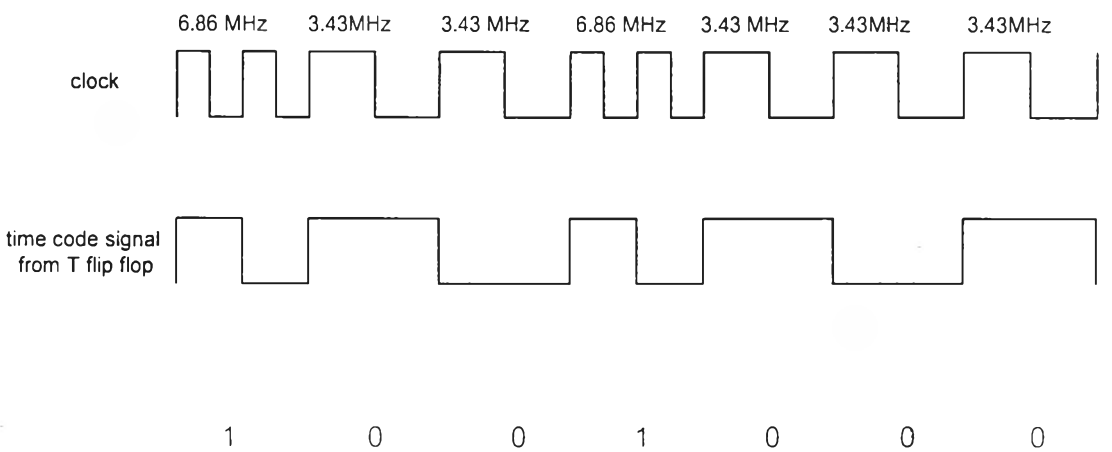
ไมโครคอนโทรเลอร์ ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ทางทางเข้าออกอนุกรม โดยใช้วงจรรวม MAX 232 แปลงแรงดันตามมาตรฐาน RS 232 และรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านทาง โดยอ่านปุ่มกด (input button) จาก IC 74HCT244 Line Receivers

3.2.2 **วงจรสร้างรหัสเวลา**

ก. หลักการทำงาน

วงจรสร้างรหัสเวลา มีหน้าที่สร้างสัญญาณรหัสเวลา เพื่อแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยวงจรสร้างรหัสเวลา จะติดต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ โดยกำหนดตำแหน่งอ้างอิง (address) ไว้ที่หน่วยความจำตำแหน่งที่ FFFE

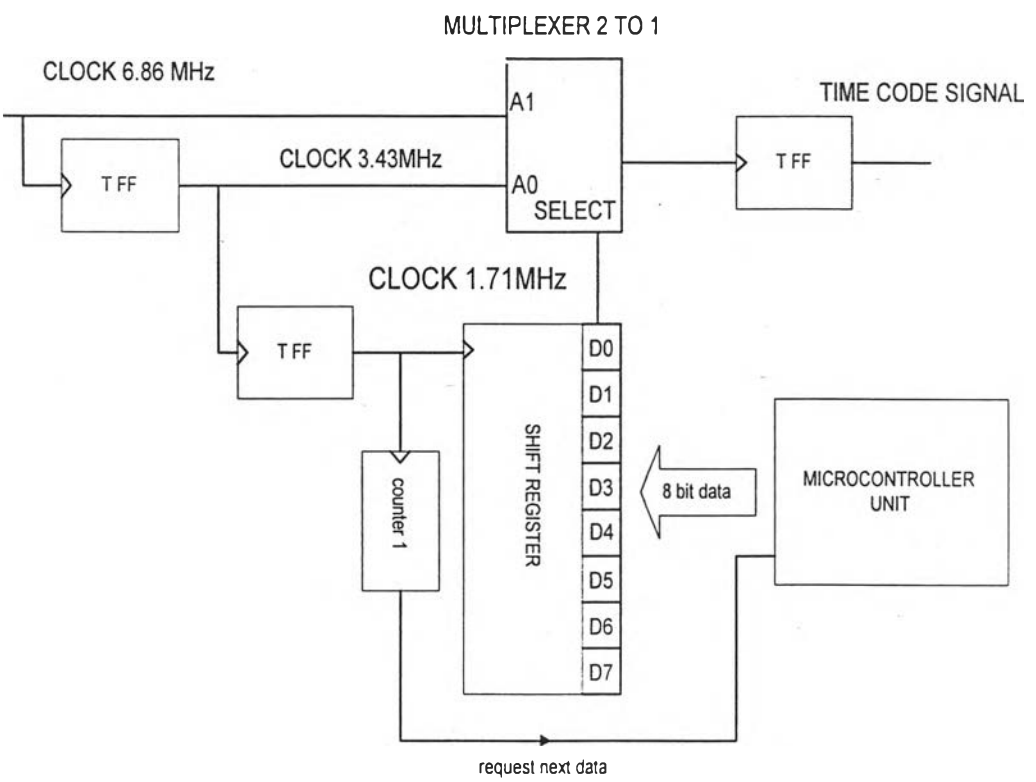
เนื่องจาก สัญญาณรหัสเวลาเป็นสัญญาณแบบไบเฟส โดยสัญญาณที่แสดงบิตข้อมูล 1 จะมีความถี่เป็น 2 เท่า ของบิตข้อมูล 0 ดังนั้น จะใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 6.86 MHz ผ่านวงจรทีฟลิปฟลอป เพื่อในกรณีที่เป็นบิต 1 และใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 3.43 MHz ผ่านวงจรทีฟลิปฟลอป เพื่อในกรณีที่เป็นบิต 0 โดยใช้ วงจร multiplexer เป็นตัวเลือกสัญญาณความถี่นาฬิกามาสร้างเป็นรหัสเวลา ดังรูป ที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สัญญาณความถี่นาฬิกา ที่ใช้สร้างสัญญาณรหัสเวลา

ข. รายละเอียดของวงจรสร้างรหัสเวลา

วงจรสร้างรหัสเวลา รับข้อมูลเวลาแบบขนาน 8 บิตจาก ไมโครคอนโทรเลอร์ โดย ไมโครคอนโทรเลอร์ จะเริ่มส่งข้อมูล ครั้งละ 1 ไบต์ ให้กับชิฟต์รีจีสเตอร์ของวงจรสร้าง สัญญาณรหัสเวลา เมื่อวงจรสร้างรหัสเวบาแปลงข้อมูลไบต์นั้นเป็นสัญญาณรหัสเวลาแล้ว จะส่งสัญญาณมาบให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ ส่งข้อมูลไบต์ถัดไปมาให้ โดย ไมโครคอนโทรเลอร์ จะส่งข้อมูลเป็นวินาทีหลักหน่วย วินาทีหลักสิบ นาทีหลักหน่วย วินาทีหลักสิบ ชั่วโมงหลักหน่วย ชั่วโมงหลักสิบ ตามลำดับ รายละเอียดของวงจรเป็นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรสร้างสัญญาณรหัสเวลา

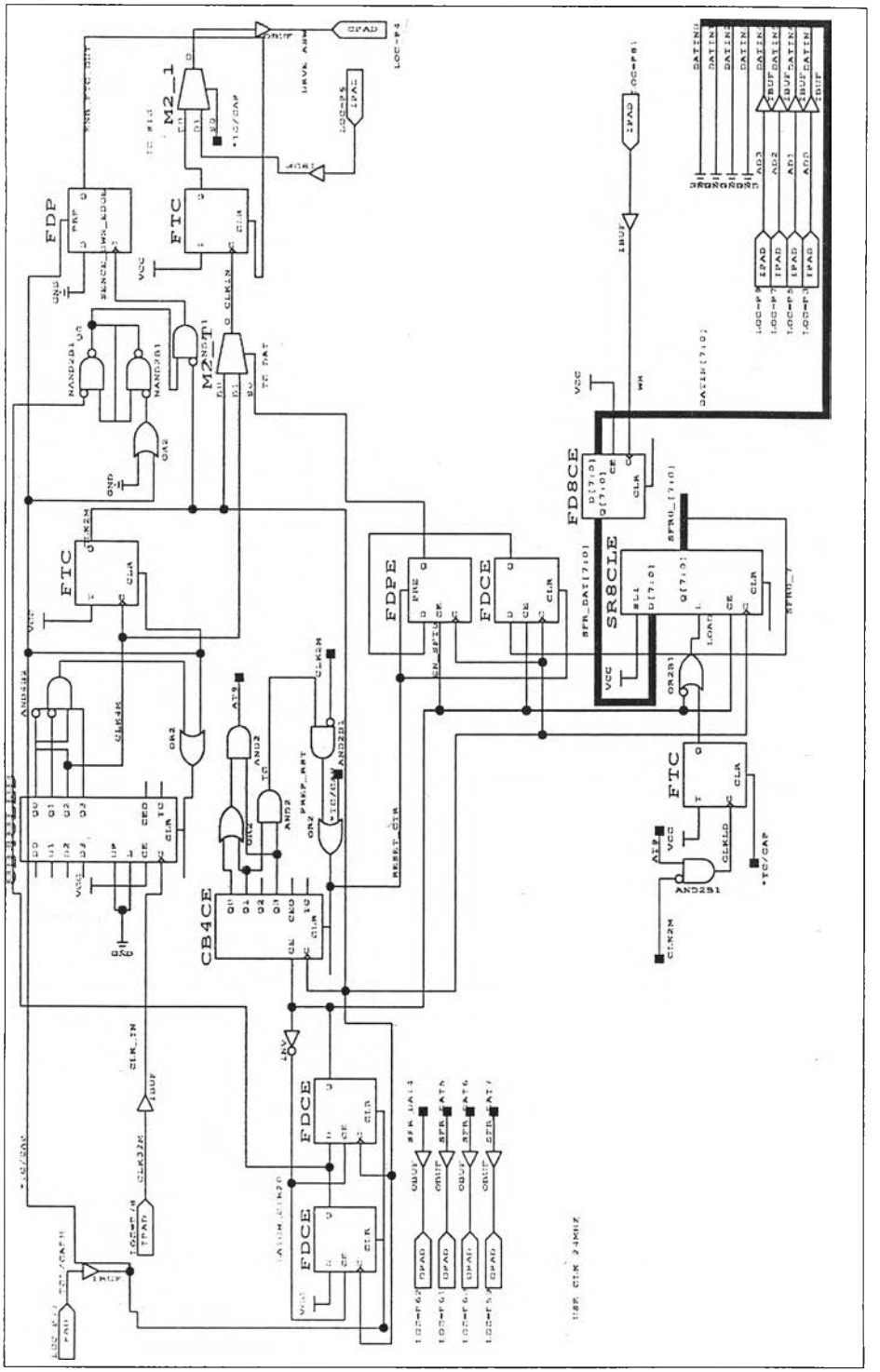
ใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 6.86 MHz สำหรับสร้างสัญญาณรหัสเวลาแสดงบิต 1 เมื่อ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 6.86 MHz ผ่านวงจรทีฟลิปฟลอปออกมาจะมีความถี่ลดลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้น สัญญาณรหัสเวลาแสดงบิต 1 จะมีความถี่ 3.43 MHz และ สัญญาณนาฬิกาความถี่ 3.43 MHz สำหรับสร้างสัญญาณรหัสเวลาแสดงบิต 0 เมื่อผ่านวงจรทีฟลิปฟลอปออกมาจะมี

I 18320119

ความถี่จะมีความถี่ 1.71 MHz และใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 1.71 MHz สำหรับเป็นสัญญาณนาฬิกาของชิฟต์รีจิสเตอร์ ดังนั้นอัตราบิตของสัญญาณรหัสเวลาเป็น 1.71 MHz

วงจรนับ ctr1 เป็นวงจรนับขนาด 4 บิต ทำหน้าที่นับว่าบิตข้อมูลภายในชิฟต์รีจิสเตอร์ถูกเลื่อนออกมาจนครบ 1 ไบต์หรือยัง หากเลื่อนออกมาครบแล้วจะส่งสัญญาณ request next byte ไปให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อให้ส่งข้อมูลไบต์ถัดไปมาให้

สัญญาณรหัสเวลาที่ได้จากวงจรสร้างรหัสเวลา จะนำไปผ่านวงจรรวมสัญญาณ เพื่อรวมสัญญาณรหัสเวลา เข้ากับสัญญาณภาพโทรทัศน์ รูปที่ 3.8 แสดงวงจรสร้างรหัสเวลาที่สังเคราะห์ลงบนชิป xilinx



รูปที่ 3.8 วงจรสร้างรหัสเวลาที่สังเคราะห์ลงบนชิป xilinx

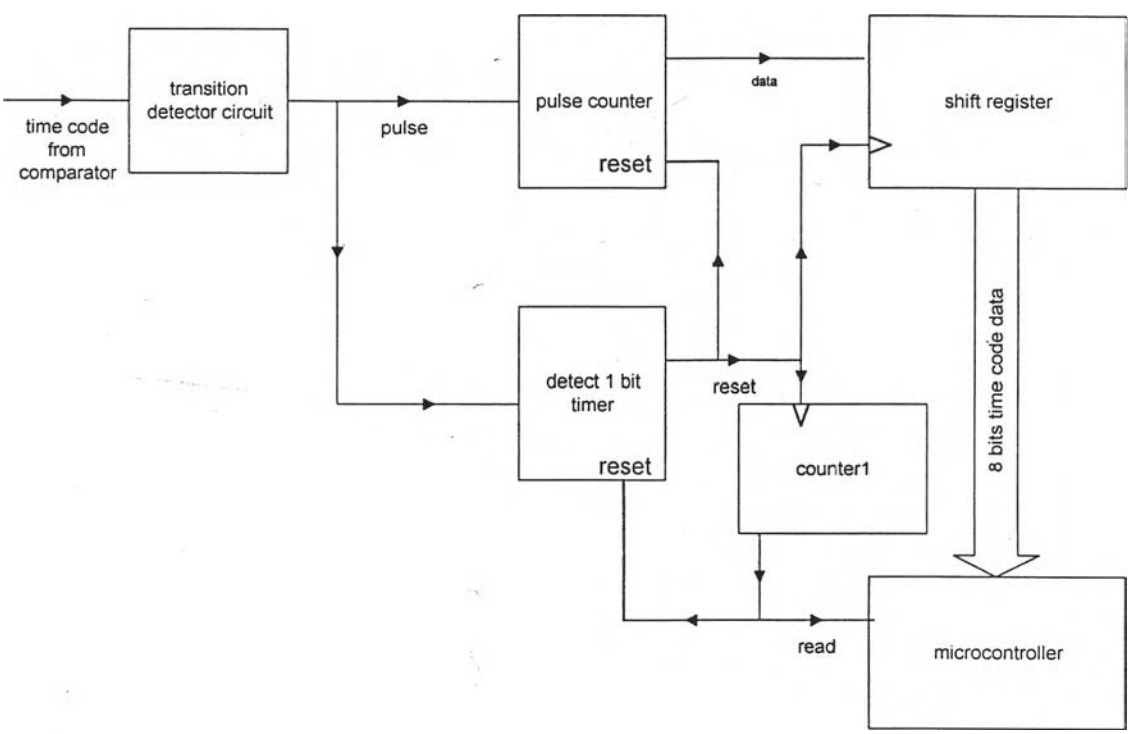
3.2.3 วงจรอ่านรหัสเวลา

ก. หลักการทำงานของวงจรอ่านรหัสเวลา

วงจรอ่านรหัสเวลา ทำหน้าที่รับสัญญาณรหัสเวลา ที่แยกจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ ด้วยวงจรเปรียบเทียบ แล้วนำมาประมวลผล เพื่ออ่านรหัสเวลาออกมาในรูปของเลขฐาน 2 ขนาด 8 บิต เพื่อให้ไมโครคอนโทรเลอร์ อ่านข้อมูลเวลาของ เฟรมภาพนั้นๆ

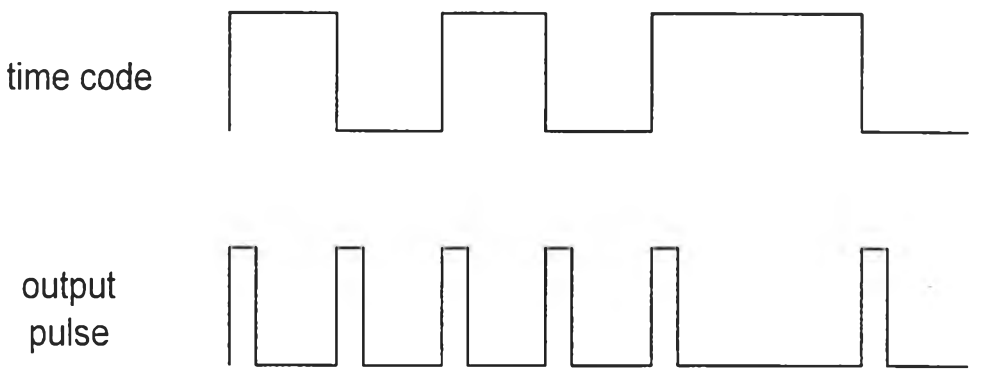
วงจรอ่านรหัสเวลา จะติดต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ โดยกำหนดตำแหน่งอ้างอิง ไว้ที่หน่วยความจำตำแหน่งที่ FFFF

วงจรอ่านรหัสเวลา มีส่วนประกอบ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงวงจรอ่านรหัสเวลา

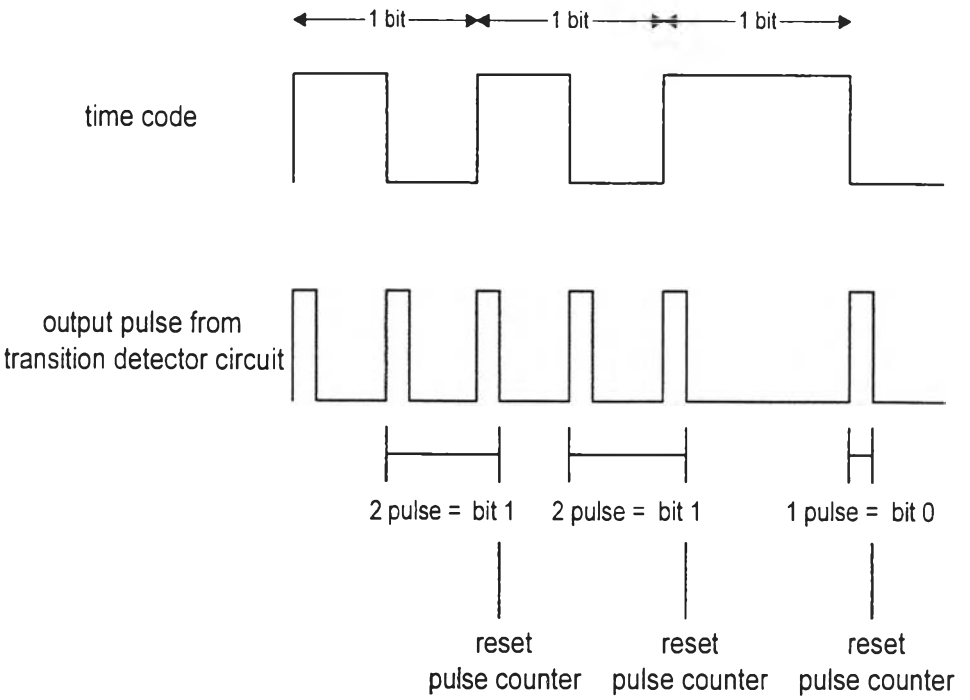
วงจรอ่านรหัสเวลา ใช้วงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ (transition detector circuit) สร้างพัลส์ตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรหัสเวลา ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 สัญญาณออกของวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (transition detector circuit)

วงจรเปรียบเทียบแยกสัญญาณรหัสเวลาออกจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ แล้วส่งให้กับวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ (transition detector circuit) ภายในวงจรอ่านรหัสเวลา วงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ โดยสร้างพัลส์ มาทุกๆ ครั้งที่มีการการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ ดังรูปที่ 3.10 จากนั้นนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ผ่านวงจรนับพัลส์ (pulse counter) เพื่ออ่านว่า รหัสเวลาบิตนั้นแสดงบิต 0 หรือ บิต 1 โดยภายในช่วงเวลาใน 1 บิต หากมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ 2 ครั้งจะแสดงบิต 1 หากมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณเพียงครั้งเดียวจะแสดงบิต 0 ดังนั้นถ้าหากวงจรนับพัลส์ นับพัลส์ได้ 1 ลูก แสดงว่าบิตข้อมูลนั้นเป็นบิต 0 ถ้าหากนับพัลส์ได้ 2 ลูก แสดงว่าบิตข้อมูลนั้นเป็นบิต 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.11

การจับเวลาความกว้างของบิตข้อมูลทำได้โดยใช้วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต (detect 1 bit timer) วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต จะใช้ความกว้างของซิงค์บิตเป็นค่าอ้างอิง โดยวงจรจับเวลาจะทำการรีเซตวงจรนับพัลส์ทุกๆ 1 บิต และ สร้างสัญญาณนาฬิกาให้กับชิฟต์รีจิสเตอร์ภายในวงจรอ่านรหัสเวลา เพื่อให้ชิฟต์รีจิสเตอร์รับข้อมูลรหัสเวลาที่บิตนั้นไป



รูปที่ 3.11 การอ่านบิตข้อมูล

เมื่อ ชิฟท์รีจิสเตอร์ รับข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว วงจร counter 1 จะสร้างสัญญาณไปบอก ไมโครคอนโทรเลอร์ ให้อ่านข้อมูลออกไป ครั้งละ 8 บิต ซึ่งจะเป็นข้อมูลข้อมูลของเวลาวินาทีหลักหน่วย วินาทีหลักสิบ เรียงตามลำดับไป จนถึง ข้อมูลชั่วโมงหลักสิบ ซึ่งเป็นเวลาของเฟรมภาพนั้น

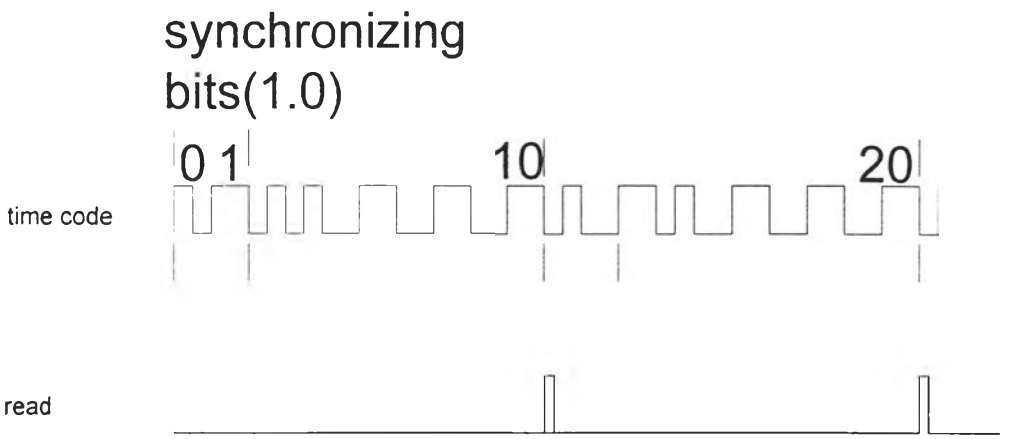
ข. รายละเอียดของวงจรอ่านรหัสเวลา

วงจรอ่านรหัสเวลา มีส่วนประกอบดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. วงจร counter1

เป็นวงจรนับขนาด 4 บิต ใช้สำหรับนับบิตข้อมูลในชิฟต์รีจีสเตอร์ โดยนับบิตข้อมูลจากสัญญาณ reset ซึ่งเป็นสัญญาณนาฬิกาของชิฟต์รีจีสเตอร์ เมื่อชิฟต์รีจีสเตอร์มีข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว วงจร counter 1 จะส่งสัญญาณ read ไปให้กับไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ อ่านข้อมูลไบต์นั้นไปจากชิฟต์รีจีสเตอร์ เพื่อให้ชิฟต์รีจีสเตอร์รับข้อมูลรหัสเวลาไบต์

ถัดไป และสัญญาณ read จะทำการรีเซตวงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต เพื่อให้วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต เตรียมจับเวลาความกว้างของบิตข้อมูลแต่ละบิตในกลุ่มข้อมูล 10 บิต ถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 3.12

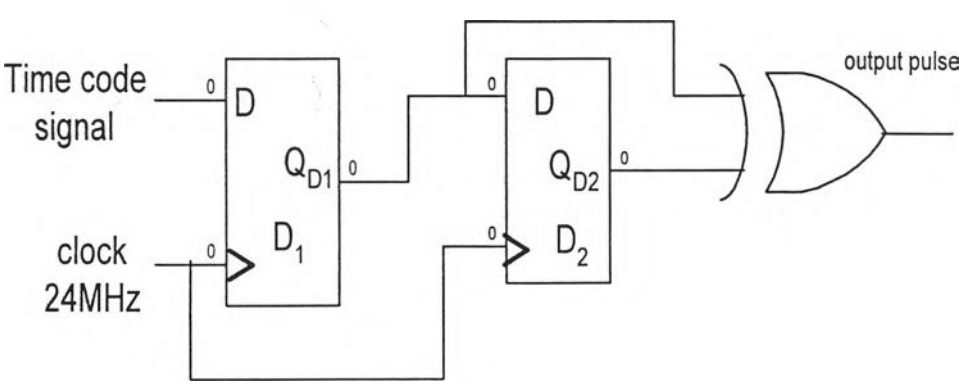


รูปที่ 3.12 สัญญาณ read

2.วงจรชิฟต์รีจีสเตอร์

ชิฟต์รีจีสเตอร์ ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่รับข้อมูลรหัสเวลาแบบอนุกรม จากวงจรนับพัลส์ มาเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบขนาน ขนาด 1 ไบต์ เพื่อให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ อ่านข้อมูลออกไป

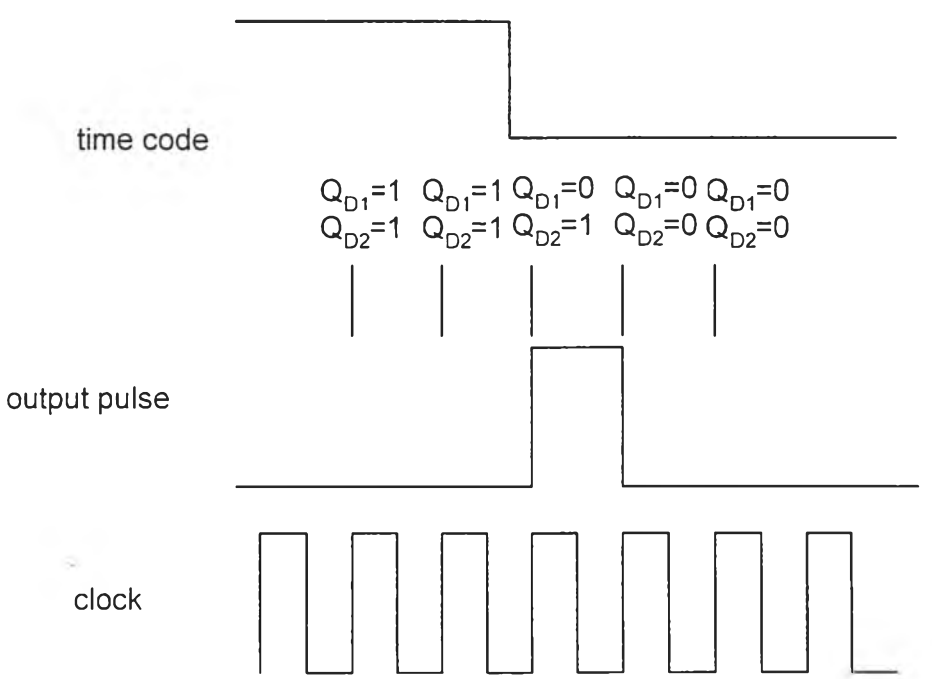
3 .วงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ (transition detector circuit)



รูปที่ 3.13 แผนภาพของวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ

วงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ใช้ D ฟลิปฟลอป 2 ตัว เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ โดยฟลิปฟลอป D_1 รับสัญญาณรหัสเวลาที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบและฟลิปฟลอป D_2 รับสัญญาณจาก ที่เวลา Q_{D1} ดังนั้น Q_{D2} จะเป็นข้อมูลสัญญาณรหัสเวลาที่ถูกหน่วงเวลาไปเท่ากับ T วินาที โดยที่ T เป็นคาบของสัญญาณนาฬิกา

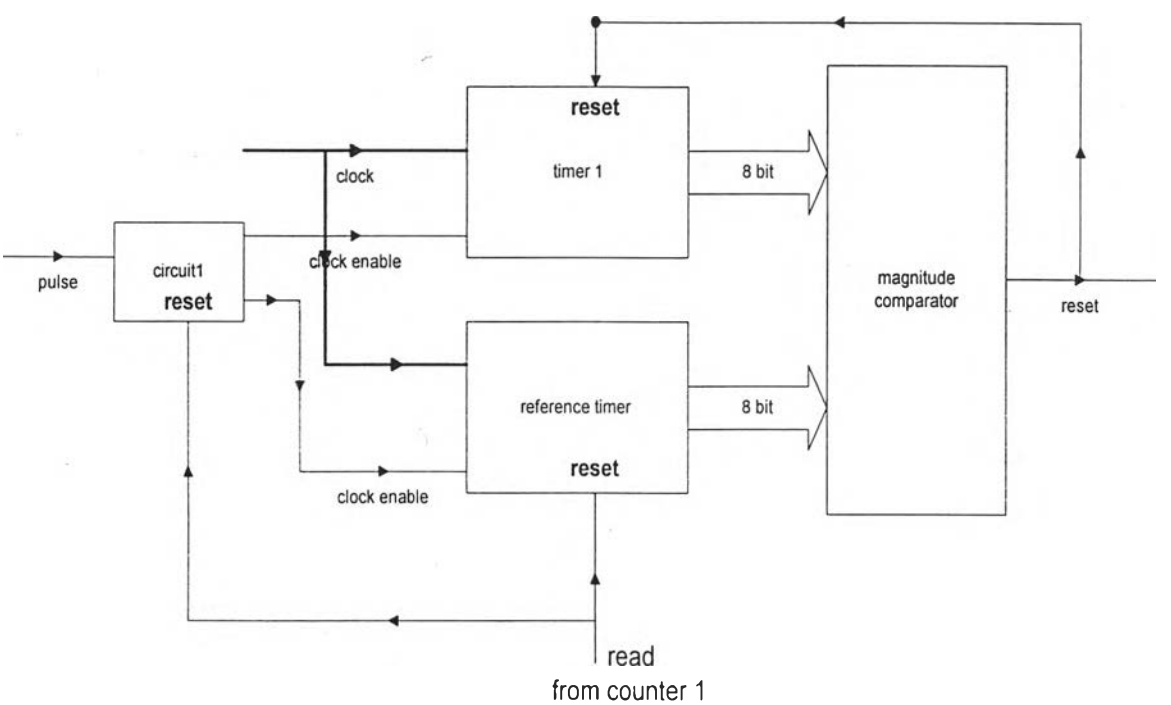
ช่วงที่สัญญาณรหัสเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดัน Q_{D1} และ Q_{D2} จะเป็นค่าเดียงกัน ดังนั้นสัญญาณ output pulse ซึ่งได้จาก Q_{D1} EXOR Q_{D2} จะมีค่าเป็น 0 เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ Q_{D1} จะเป็นระดับแรงดันใหม่ ส่วน Q_{D2} จะเป็นสัญญาณที่ถูกหน่วงเวลาไป T วินาที ซึ่งเป็นระดับแรงดันสัญญาณที่ยังไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น Q_{D1} และ Q_{D2} จะมีค่าไม่เท่ากัน ทำให้ สัญญาณ output pulse ซึ่งได้จาก Q_{D1} EXOR Q_{D2} มีระดับสัญญาณเป็น 1 ที่คาบสัญญาณนาฬิกาถัดไป Q_{D1} และ Q_{D2} จะเป็นค่าเดียวกันอีก ดังนั้นสัญญาณ output pulse จะมีระดับสัญญาณเป็น 0 เหมือนเดิม รูปที่ 3.14 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ



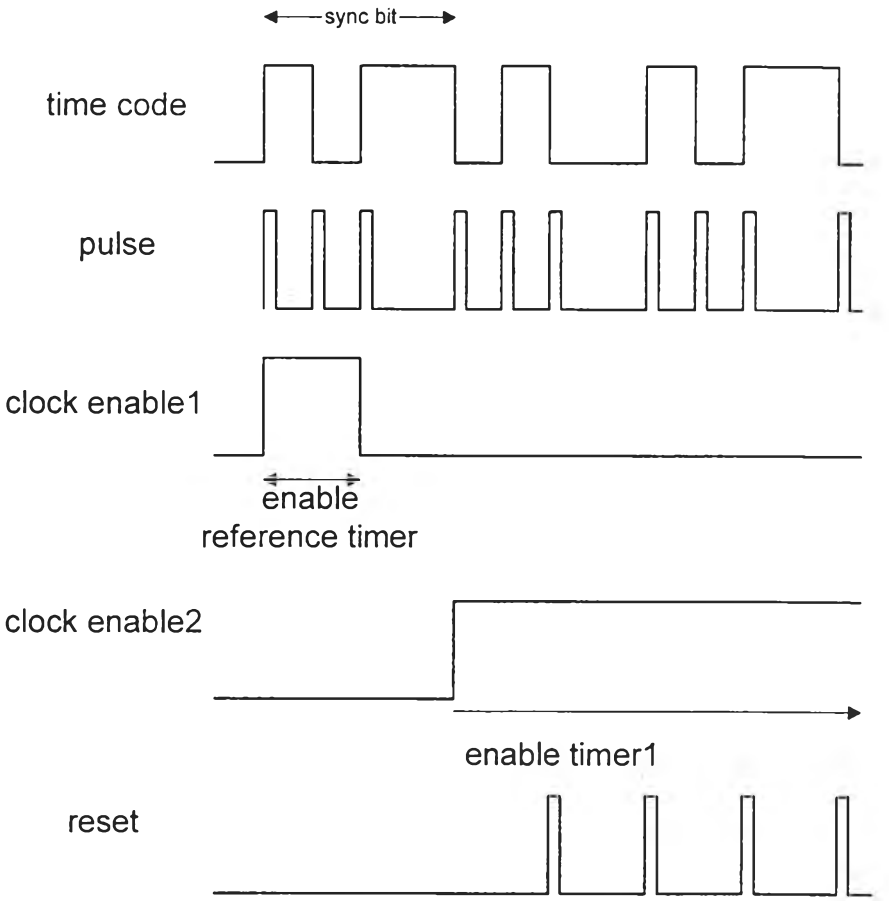
รูปที่ 3.14 สัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ

4 วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต (detect 1 bit timer)

วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต แสดงในรูปที่ 3.15 วงจรรับสัญญาณพัลส์จากวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ วงจร circuit1 ในวงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ clock enable1 และ clock enable2 ให้กับวงจร timer1 และ reference timer เพื่อจับเวลาความกว้างของบิตข้อมูล เมื่อวงจร circuit1 พบซิงโครไนซ์บิต วงจร circuit1 จะสร้างสัญญาณ clock enable1 เพื่อให้ reference timer นับสัญญาณนาฬิกาเพื่อจับเวลาความกว้างของซิงโครไนซ์บิต เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิง เมื่อบิตข้อมูลถัดจากซิงโครไนซ์บิตมาถึง วงจร circuit1จะสร้างสัญญาณ clock enable2 เพื่อให้วงจร timer1 นับสัญญาณนาฬิกาเพื่อหาตำแหน่งของบิตข้อมูลแต่ละบิต ดังแสดงในรูปที่ 3.16 เมื่อวงจร timer1 นับสัญญาณนาฬิกาได้เท่ากับค่าใน reference timer วงจรเปรียบเทียบขนาด (magnitude comparator circuit) จะสร้างสัญญาณ reset ออกมา เพื่อใช้รีเซตวงจร timer1และ วงจรนับพัลส์ เพื่อประมวลผลบิตข้อมูลถัดไป และ ใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับชิฟต์รีจิสเตอร์ รูปคลื่นของสัญญาณ clock enable1 clock enable2 และ reset แสดงในรูปที่ 3.16



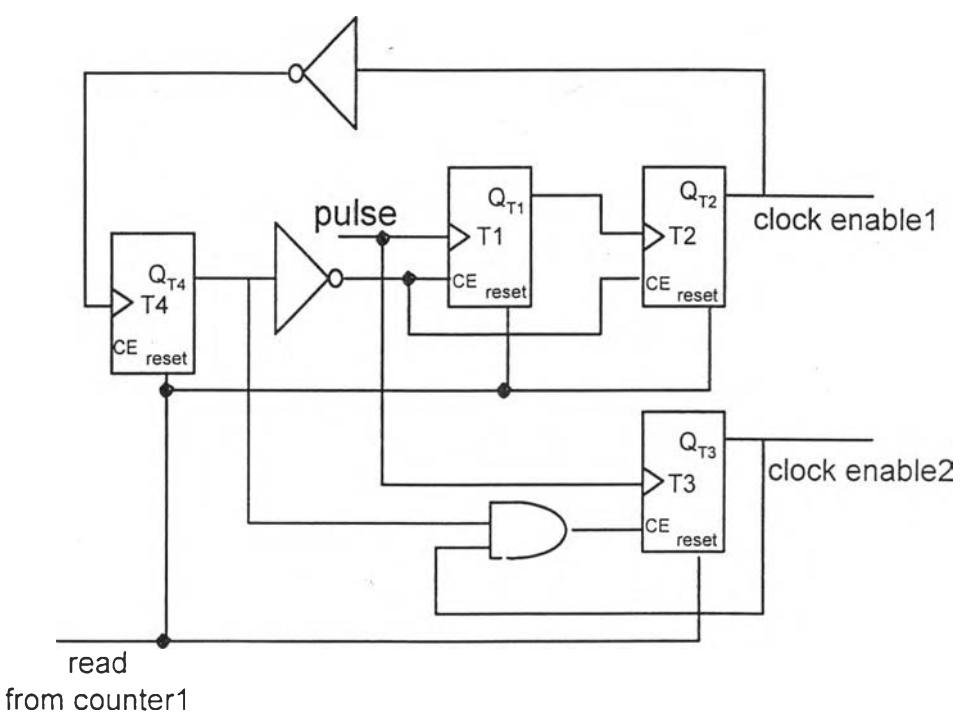
รูปที่ 3.15 วงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต (detect 1 bit timer)



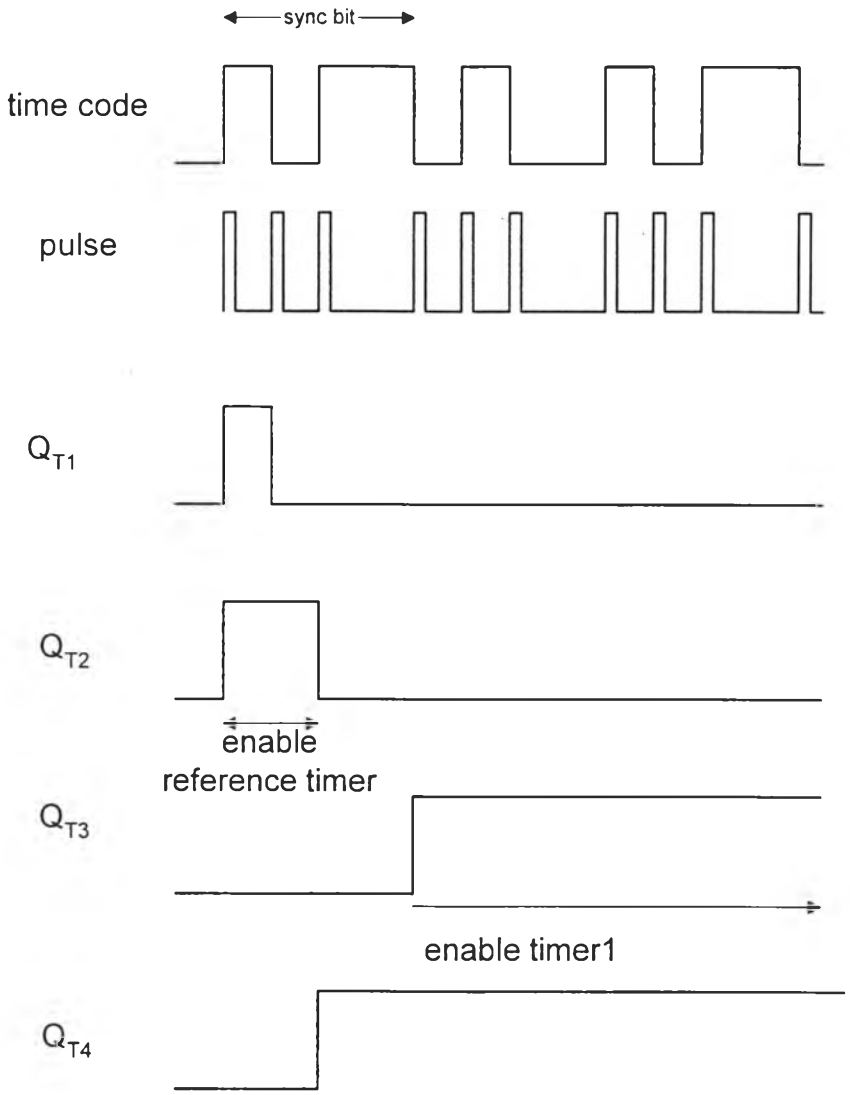
รูปที่ 3.16 รูปสัญญาณ clock enable1 clock enable2 และ สัญญาณ reset

เมื่อวงจรเปรียบเทียบขนาดสร้างพัลส์สัญญาณ reset ขึ้น 8 ลูก แสดงว่า วงจรอ่านรหัสเวลา ประมวลผลข้อมูลรหัสเวลา 8 บิต และ ซิงโครไนซ์บิต 2 บิต แล้ว วงจร coutner1 จะสร้างสัญญาณ read มาทำการรีเซตวงจร reference timer และวงจร circuit1 เพื่อให้ เตรียมจับเวลาความกว้างของซิงโครไนซ์บิตของข้อมูลไบต์ถัดไป

วงจร circuit1แสดงในรูปที่ 3.17 ประกอบด้วย T ฟลิปฟลอป 4 ตัว โดยฟลิปฟลอปทุกตัวตอบสนองต่อขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา วงจร circuit1 รับสัญญาณ pulse จากวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ เมื่อวงจรเริ่มทำงานฟลิปฟลอปทุกตัวจะอยู่ในสถานะ 0 เมื่อเกิดพัลส์ลูกแรก Q_{T1} จะเป็น 1 ทำให้ Q_{T2} เป็น 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.18 โดยใช้สัญญาณ Q_{T2} เป็นสัญญาณ clock enable1 เมื่อเกิดพัลส์ลูกที่ 3 Q_{T2}จะกลับเป็น 0 ทำให้ Q_{T4} เป็น 1 ดังนั้น T1 และ T2 จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณพัลส์ลูกต่อไป ส่วน T3 จะตอบสนองต่อพัลส์ เนื่องจากสัญญาณ clock enable ของ T3 เป็น 1 เมื่อ Q_{T3} เป็น 1 สัญญาณ clock enable ของ T3 จะเป็น 0 ทำให้ T3 ไม่ตอบสนองต่อพัลส์ลูกต่อไป Q_{T3} จึงมีค่าคงที่ไว้ จนกว่าจะเกิดสัญญาณ read จาก วงจร counter1 มาทำการรีเซตให้ฟลิปฟลอปทุกตัวกลับเป็น 0 อีกครั้ง

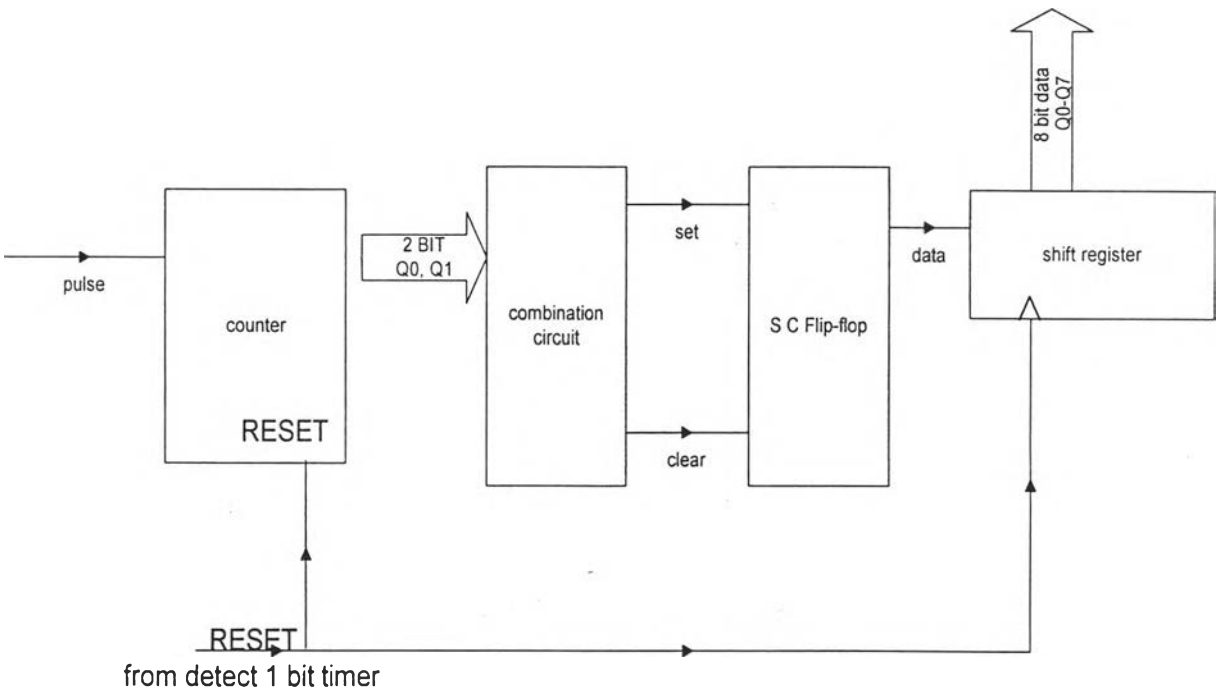


รูปที่ 3.17 รายละเอียดของวงจร circuit1



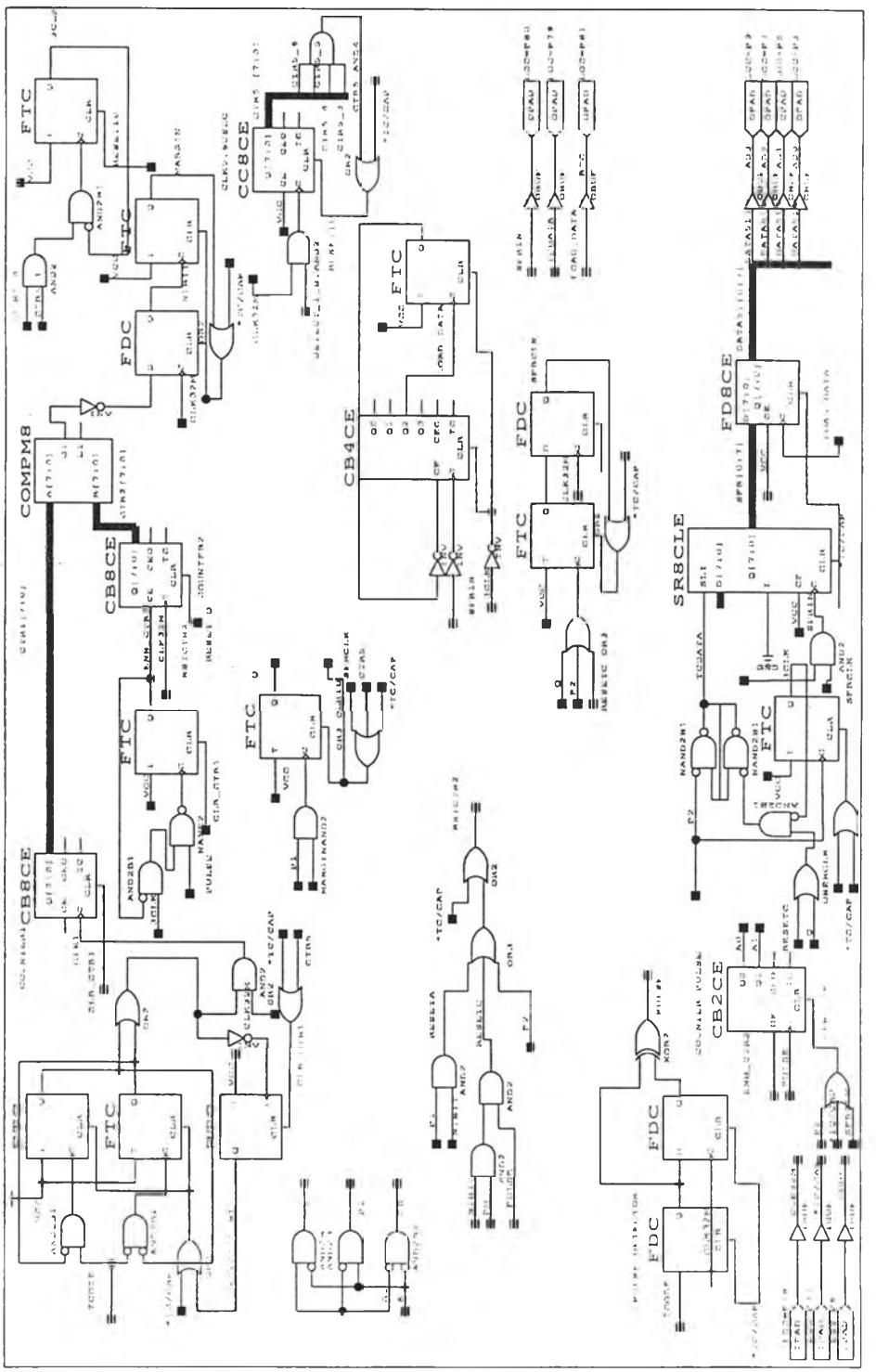
รูปที่ 3.18 สัญญาณของฟลิปฟลอป T1 T2 T3 และ T4

5 วงจรนับพัลส์ (pulse counter)



รูปที่ 3.19 แผนภาพบล็อคของวงจรนับพัลส์ (pulse counter)

วงจรนับพัลส์ประกอบด้วย วงจรนับขนาด 2 บิต ทำหน้าที่นับพัลส์ที่ได้จากวงจรตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับ วงจรจัดหมู่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ set และ clear ให้กับวงจร s c ฟลิปฟลอป วงจรนับภายในวงจรนับพัลส์รับสัญญาณ reset จากวงจรจับเวลาความกว้าง 1 บิต โดยสัญญาณ reset จะรีเซต วงจรนับพัลส์ ทุกๆเวลา 1 บิตข้อมูล ภายในช่วงเวลา 1 บิต วงจรนับจะนับพัลส์ ซึ่งคือการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณ หาก ภายในช่วงเวลา 1 บิต นับพัลส์ได้เท่ากับ 2 ลูก แสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณภายในข้อมูล ดังนั้นบิตข้อมูลนั้นจะเป็น 1 หากนับพัลส์ได้เท่ากับ 1 ลูก แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณภายในข้อมูล 1 บิต ดังนั้นบิตข้อมูลนั้นจะเป็น 0 นำค่าที่วงจรนับนับได้ไปผ่านวงจรจัดหมู่ ถ้านับพัลส์ได้ 1 ลูก วงจรจัดหมู่จะให้สัญญาณ clear เป็น 1 ให้สัญญาณ set เป็น 0 ทำให้ Q เป็น 0 ถ้านับพัลส์ได้ 2 ลูก แสดงว่าบิตข้อมูล รหัสเวลา เป็น 1 วงจรจัดหมู่จะให้สัญญาณ set เป็น 1 สัญญาณ clear เป็น 1 ทำให้ Q เป็น 1 เมื่อครบ 1 บิต สัญญาณ reset จะรีเซตวงจรนับเพื่อให้วงจรนับ นับพัลส์ของข้อมูลบิตถัดไป และ เป็น สัญญณนาฬิกาให้ ชิฟท์รีจิสเตอร์ รับข้อมูล Q รูปที่3.19แสดงวงจรอ่านรหัสเวลาที่สังเคราะห์ลงบนชิป xilinx



รูปที่ 3.20 วงจรอ่านรหัสเวลาที่สังเคราะห์ลงบนชิป xilinx