บทที่ 4

โปรแกรมของระบบ

โปรแกรมของระบบ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ และโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์ จะเป็นโปรแกรมสำหรับเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ส่วนโปรแกรมของคอมพิวเตอร์ จะใช้ในการแปลงแฟ้มข้อความให้เป็นแฟ้มข้อมูลเลขฐาน 2 สำหรับติดต่อกับเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้

4.1 โปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของเครื่องเข้ารหัส ซึ่งเครื่องเข้ารหัสสามารถทำหน้าที่ได้ 4 อย่างคือ

1 สร้างสัญญาณรหัสเวลาเพื่อแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

2 อ่านรหัสเวลา จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ แล้วนำมาแสดงผลบนจอโทรทัศน์

3 แทรกข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

4 อ่านข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ จากสัญญาณภาพโทรทัศน์

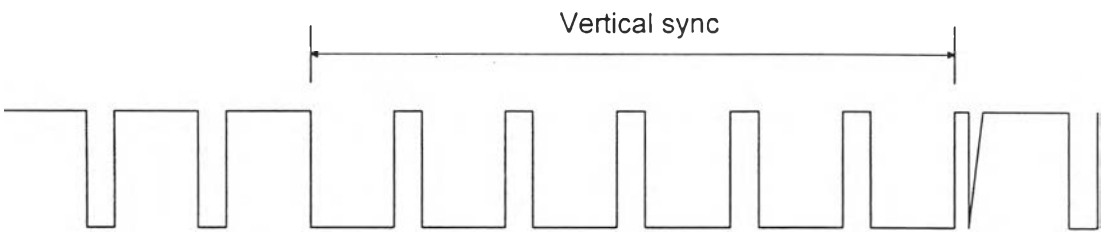
การทำงานในทุกโมด จะเริ่มต้นจากการหาช่วงสัญญาณซิงค์แนวตั้ง จากสัญญาณซิงค์รวม (composite sync signal) จากนั้นจึงนับสัญญาณ์ซิงค์แนวนอน เพื่อหาเส้นที่ต้องการแทรกข้อมูลลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

4.1.1 โปรแกรมสำหรับหาสัญญาณซิงค์แนวตั้งจากสัญญาณซิงค์รวม

การหาสัญญาณซิงค์แนวตั้งจากสัญญาณซิงค์รวม ทำได้ดังนี้

ไมโครคอนโทรเลอร์ รับสัญญาณซิงค์รวม ด้วยขา int0 โดยกำหนดให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ ตอบสนองสัญญาณขัดจังหวะ แบบขอบขาลง ซึ่งเราใช้สัญญาณซิงค์แนวนอน เป็นสัญญาณขัดจังหวะ

เราหาซิงค์แนวดั้งจากสัญญาณซิงค์รวม (composite sync signal) ได้โดยในช่วง ที่เกิดซิงค์แนวตั้ง ซิงค์แนวนอนในสัญญาณ composite video จะมีระดับแรงดันเป็น high ส่วนในช่วงที่ไม่ใช่ซิงค์แนวตั้ง ซิงค์แนวนอนจะมีแรงดันเป็น low ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 สัญญาณซิงค์รวม ช่วงที่เกิดซิงค์แนวตั้ง

เมื่อไมโครคอนโทรเลอร์ ตอบสนองต่อซิงค์แนวนอน ไมโครคอนโทรเลอร์ จะรอเวลาเท่ากับความกว้างของซิงค์แนวนอน (4 usec) จากนั้นจะอ่านแรงดันของสัญญาณซิงค์รวม ถ้าแรงดันสัญญาณเป็น low แสดงว่า เป็นช่วงที่เกิดซิงค์แนวตั้ง จะทำการนับยอดซิงค์แนวนอนต่อไป โดยหลังจากนั้นเมื่อ ไมโครคอนโทรเลอร์ ตอบสนองต่อยอดซิงค์แนวนอน แต่ละครั้งจะเพิ่มค่าตัวแปร COUNT แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนด เพื่อตรวจสอบว่าถึงเส้นที่ต้องการหรือยัง

สามารถเขียนเป็น ภาษาบรรยายโปรแกรม (PROGRAM DESCRIPTION LANGUAGE) ได้ดังนี้

```
INTERRUPT ROUNTINE:
MODULE : FIND VERTICAL SYNC AND COUNT HORIZONTAL SYNC
        IF (VERDY == TRUE ) THEN
                INC COUNT;
                IF ( COUNT == #LINE ) THEN
                        ทำงานตามโมดที่กำหนด
                RETI
        ELSE
                DELAY 4 USEC
                IF ( COMP_SYNC == HIGH ) THEN
```

```
                COUNT = 0;
                VERDY = TRUE;
            END
        END
```

ตัวแปร VERDY หากเป็น TRUE แสดงว่าพบช่วงซิงค์แนวตั้งแล้ว และกำลังนับซิงค์แนวนอนอยู่

ตัวแปร COUNT เป็นตัวแปรสำหรับนับซิงค์แนวนอน

ตัวแปร COMP_SYNC เป็นแรงดันของสัญญาณซิงค์รวม

ค่าคงที่ #LINE กำหนดเส้นแนวนอนที่ต้องการ

หลังจากหาช่วงซิงค์แนวตั้งพบแล้ว และนับซิงค์แนวนอนถึงเส้นที่ต้องการแล้ว ไมโครคอนโทรเลอร์ จะทำหน้าที่ตามที่ผู้ใช้กำหนด แต่ละโมดการทำงาน ไมโครคอนโทรเลอร์ มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

4.1.2 **โปรแกรมสร้างสัญญาณรหัสเวลาเพื่อแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์**

ไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่ สร้างสัญญาณรหัสเวลา ลงใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ เพื่อใช้เป็นเวลาอ้างอิงในการใส่ข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ หรือ อ่านข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ในกรณีที่ ม้วนเทปต้นฉบับยังไม่มี รหัสเวลา

ไมโครคอนโทรเลอร์ กำหนดเวลาจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ เมื่อเริ่มต้นทำงาน เวลาจะ ชั่วโมง : นาที :วินาที :เฟรม เป็น 00:00:00:00 จากนั้นจะเพิ่มเวลาทีละเฟรม โดยโทรทัศน์ในระบบ PAL 1 วินาทีมี 25 เฟรม ภาพ

ไมโครคอนโทรเลอร์ รับสัญญาณซิงค์รวม จากวงจร แยกสัญญาณซิงค์ เพื่อตรวจหาซิงค์แนวตั้งของสัญญาณภาพโทรทัศน์ เมื่อพบซิงค์แนวตั้งของสัญญาณภาพโทรทัศน์แล้ว จะนับซิงค์แนวนอน เมื่อถึงเส้นแนวนอนที่ 19 และ 21 จะติดต่อกับวงจรสร้างสัญญาณรหัสเวลา โดยส่งข้อมูลของเวลาในเฟรมภาพนั้นให้กับวงจรสร้างรหัสเวลา สร้างสัญญาณรหัสเวลาเพื่อแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ หลังจากนั้นจะใช้เวลาในส่วนที่เหลือ สร้างตัวเลขแสดงผลบนจอโทรทัศน์ เพื่อแสดงเวลาที่ใส่ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ หากเฟรมนั้นเป็นเฟรมคู่ จะต้องเพิ่มเวลาขึ้นอีก 1 เฟรม

หลังจากแทรกรหัสเวลา ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ แล้ว เรายังนำเวลาที่เหลือ ก่อนจะขึ้นเฟรมใหม่ มาแทรกตัวอักษรเพื่อบอกว่า เวลาที่เราแทรกลงไปนั้นเป็นเวลาอะไร

โปรแกรมส่วน สร้างสัญญาณรหัสเวลา เขียนเป็นภาษาบรรยายโปรแกรม (Program Description Language) ได้ดังนี้

```
MODULE :  Generate time code
        System Initialization:
                Initialize Microcontroller interrupt
        Interrupt rountine :
                        IF ( Horizontal sync = Line 19 or Line 21) THEN
                                IF ( Horizontal sync = line 19 ) THEN
                                        Insert  time code
                                ELSE
                                        insert time code
                                        map time code with fornt in order to display
                                        on TV screen
                                END
                        END
                        IF ( Horizontal sync = Line 81 ) THEN
                                On Screen Display Time
                END
```

4.1.3 โปรแกรมสำหรับอ่านรหัสเวลา จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ แล้วนำมาแสดงผลบนจอโทรทัศน์

เครื่องอ่านรหัสเวลา จะอ่านรหัสเวลา จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ แล้วนำมาแสดงผลบนจอโทรทัศน์ เพื่อให้ผู้ใช้รู้ว่าคำพูดแต่ละประโยค เกิดขึ้นที่เวลาใด และสามารถกำหนดได้ว่า จะให้คำบรรยายแสดงที่เวลาใด เพื่อใช้ในการใส่รหัส คำบรรยายภาพแบบซ่อนได้

เครื่องอ่านรหัสเวลา จะอ่านรหัสเวลาในแต่ละเฟรมภาพ จากวงจรอ่านรหัสเวลา ครั้งละ 8 บิต เมื่ออ่านรหัสเวลาจนครบ 80 บิตแล้ว จะนำข้อมูล รหัสเวลา ที่ได้มาแปลงเป็นตัวอักษร จากนั้นนำตัวอักษรที่ได้เก็บไว้ในหน่วยความจำภายในตัว ไมโครคอนโทรเลอร์ เมื่อนับซิงค์แนวนอนถึงเส้นที่ต้องการแสดงผลเวลาแล้ว จะนำตัวอักษรไปเก็บไว้ใน shift register ภายใน ไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อส่งข้อมูลไปรวมกับสัญญาณภาพโทรทัศน์ เพื่อแสดงตัวอักษรบนจอโทรทัศน์

สามารถเขียนเป็นภาษาบรรยายโปรแกรมได้ดังนี้

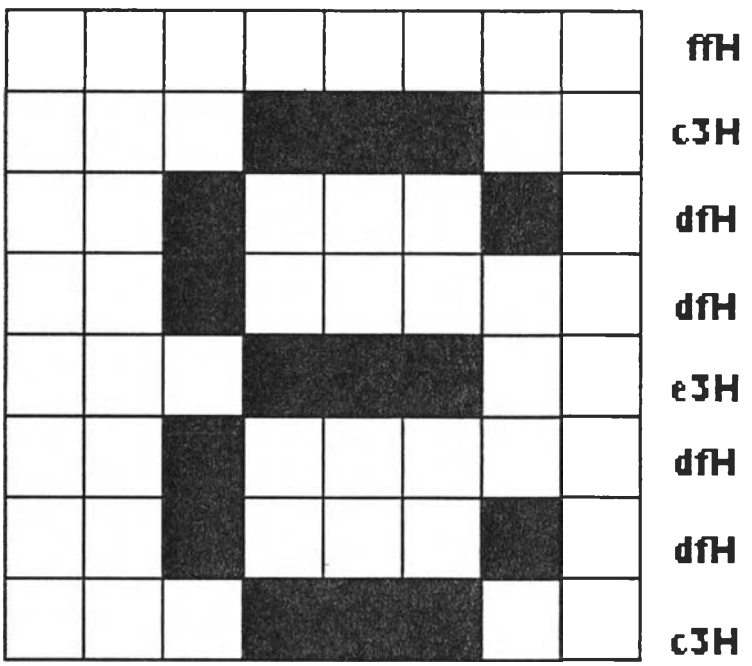
```
MODULE READ TIME CODE AND DISPLAY ON TV
        IF ( Horizontal sync = line 19 ) THEN
                Read  time code from xilinx
                map time code with fornt in order to display on TV screen
        end
        IF ( Horizontal sync = line 81 ) THEN
                On Screen Display Time Code
        end
```

การแสดงเวลาขึ้นบนจอโทรทัศน์ (on screen display)

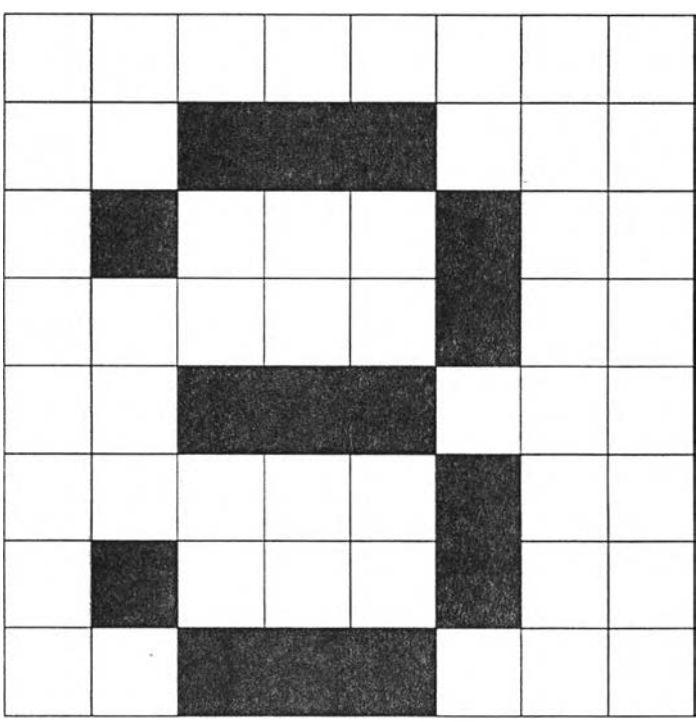
การแสดงเวลาขึ้นบนจอโทรทัศน์ มีหลักการดังนี้

- การแสดงผลตัวอักษร ใช้ชิฟต์รีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรเลอร์ เลื่อนข้อมูลตัวเลขแต่ละบันทัดออกมารวมกับสัญญาณภาพโทรทัศน์แต่ละเส้น ตัวเลข ขนาด 8 บันทัดจึงต้องใช้สัญญาณภาพ 8 เส้นแสดงผล

- สร้าง ฟอนท์ ของตัวเลข ขนาด 8 บิต X 8 บรรทัด เก็บไว้ใน ROM รูปที่ 4.2 แสดงฟอนท์ของเลข 3 การสร้างฟอนท์ตัวเลขจะกลับซ้ายเป็นขวา เนื่องจากชิฟต์รีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรเลอร์ เลื่อนบิตที่มีนัยสำคัญน้อยสุดออกก่อน ดังนั้น เมื่อแสดงผลตัวเลขบนจอโทรทัศน์ ตัวอักษรจะกลับซ้ายเป็นขวา ดังในรูปที่ 4.3 เนื่องจากขาชิฟต์รีจิสเตอร์ของไมโครคอนโทรเลอร์ มีสถานะปกติ เป็น 1 ดังนั้นจึงต้องต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ไว้ เพื่อให้ขณะที่ชิฟต์รีจิสเตอร์ไม่เลื่อนข้อมูลออกมา จะมีสถานะเป็น 0 การสร้างฟอนท์จึงต้องกลับให้ตำแหน่งที่ต้องการแสดงเป็นจุดสว่างเป็นบิต 0 และ จุดมืดเป็นบิต 1 เช่นรูปที่ 4.2 ตัวเลขแถวบนสุด เป็น ffH เมื่อแสดงผลแถวแรกบนจอโทรทัศน์ จะเป็นจุดมืดทั้งแถว เป็นต้น



รูปที่ 4.2 ฟอนท์ ของตัวอักษรเพื่อแสดงผล



รูปที่ 4.3 ตัวอักษรที่ปรากฏจริงบนจอโทรทัศน์

เมื่อนำตัวอักษรไปแสดงผลบนจอโทรทัศน์ จะเป็นดังรูปที่ 4.3

เขียนเป็น ภาษาบรรยายโปรแกรม ได้ดังนี้

```
MODULE : ON SCREEN DISPLAY CHARACTER
        IF (DISPLAY <= 8 ) THEN
                SHIFT_REG = @CHAR
                INC CHAR
        RETI
```

โดยที่ DISPLAY เป็นตัวแปรเก็บว่า แสดงตัวอักษรไปกี่แถวแล้ว

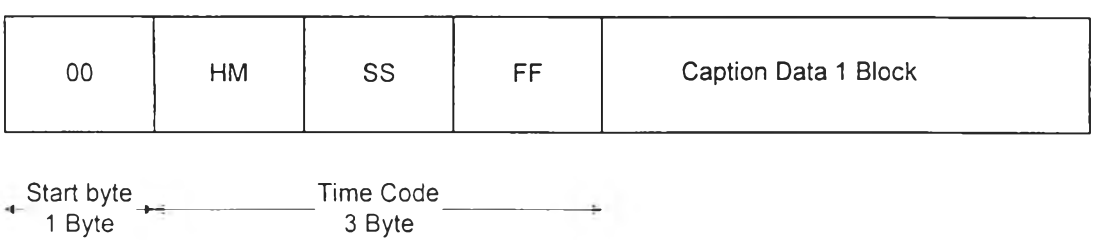
SHIFT_REG คือ shift register ของ ไมโครคอนโทรเลอร์

CHAR เป็นตัวชี้ตำแหน่งของตัวอักษรในหน่วยความจำ

4.1.4 โปรแกรมแทรกข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

เครื่องแทรกรหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ทำหน้าที่ แทรกคำบรรยายภาพลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ ตามเวลาที่ผู้ใช้กำหนด

โดยการทำงานจะเริ่มต้นจาก ไมโครคอนโทรเลอร์ รับแฟ้มข้อมูคำบรรยายภาพจากคอมพิวเตอร์ ผ่านทางทางเข้าออกแบบอนุกรม โดยภายในแฟ้มข้อมูล จะประกอบด้วย รหัสคำบรรยายภาพ และ เวลาที่จะนำรหัสคำบรรยายภาพวรรคนั้นๆ แทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยข้อมูลคำบรรยายภาพแต่ละวรรคมีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 4.4 รูปแบบข้อมูลคำบรรยายภาพแต่ละวรรค

โดยที่ รหัส 00 เป็น รหัสแสดงการเริ่มต้นข้อมูลวรรคใหม่

HM SS FF เป็นเวลาที่เริ่มนำข้อมูลวรรคนี้แทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ เก็บข้อมูลเป็นเลขฐานสอง โดย

HM เป็นข้อมูล 1 ไบต์ เก็บชั่วโมงและนาทีไว้ในไบต์เดียว โดยให้ข้อมูล 2 บิตแรก เก็บข้อมูลชั่วโมง และ 6 บิตหลัง เก็บข้อมูลนาที ซึ่งจะทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลได้

SS เป็นข้อมูลวินาที

FF เป็นข้อมูลเฟรม

caption data เป็นข้อมูลรหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ 1 วรรค

ในแฟ้มข้อมูลที่ ไมโครคอนโทรเลอร์ รับจากคอมพิวเตอร์ จะมีข้อมูลคำบรรยายภาพแต่ละวรรคเรียงต่อกันไป จนจบแฟ้มข้อมูลจะปิดท้ายด้วยรหัส FFh

เมื่อ ไมโครคอนโทรเลอร์ รับแฟ้มข้อมูลคำบรรยายภาพจากคอมพิวเตอร์แล้ว จะนำข้อมูลเหล่านี้ ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำเข้าถึงได้แบบสุ่ม หลังจากพบรหัสปิดท้ายแฟ้มข้อมูลแล้ว ไมโครคอนโทรเลอร์ จะเริ่มทำการแทรกรหัสข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยอ่านข้อมูล รหัสเวลา ออกมาจากหน่วยความจำเข้าถึงได้แบบสุ่ม เปรียบเทียบกับ รหัสเวลา ในสัญญาณภาพโทรทัศน์ เมื่อตรงกัน ก็จะนำข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ วรรคนั้นแทรกลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ ทีละ 2 ไบต์จนจบวรรค แล้วจึงเริ่มอ่านข้อมูลเวลาของวรรคถัดไป เป็นเช่นนี้จนแทรกข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ครบทุกวรรค จึงจะหยุดทำงาน

ซึ่งเครื่องเข้ารหัสมีหลักการทำงานดังนี้

1 รับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์

2 อ่านข้อมูลเวลาที่จะเริ่มแทรกข้อมูลคำบรรยายภาพ

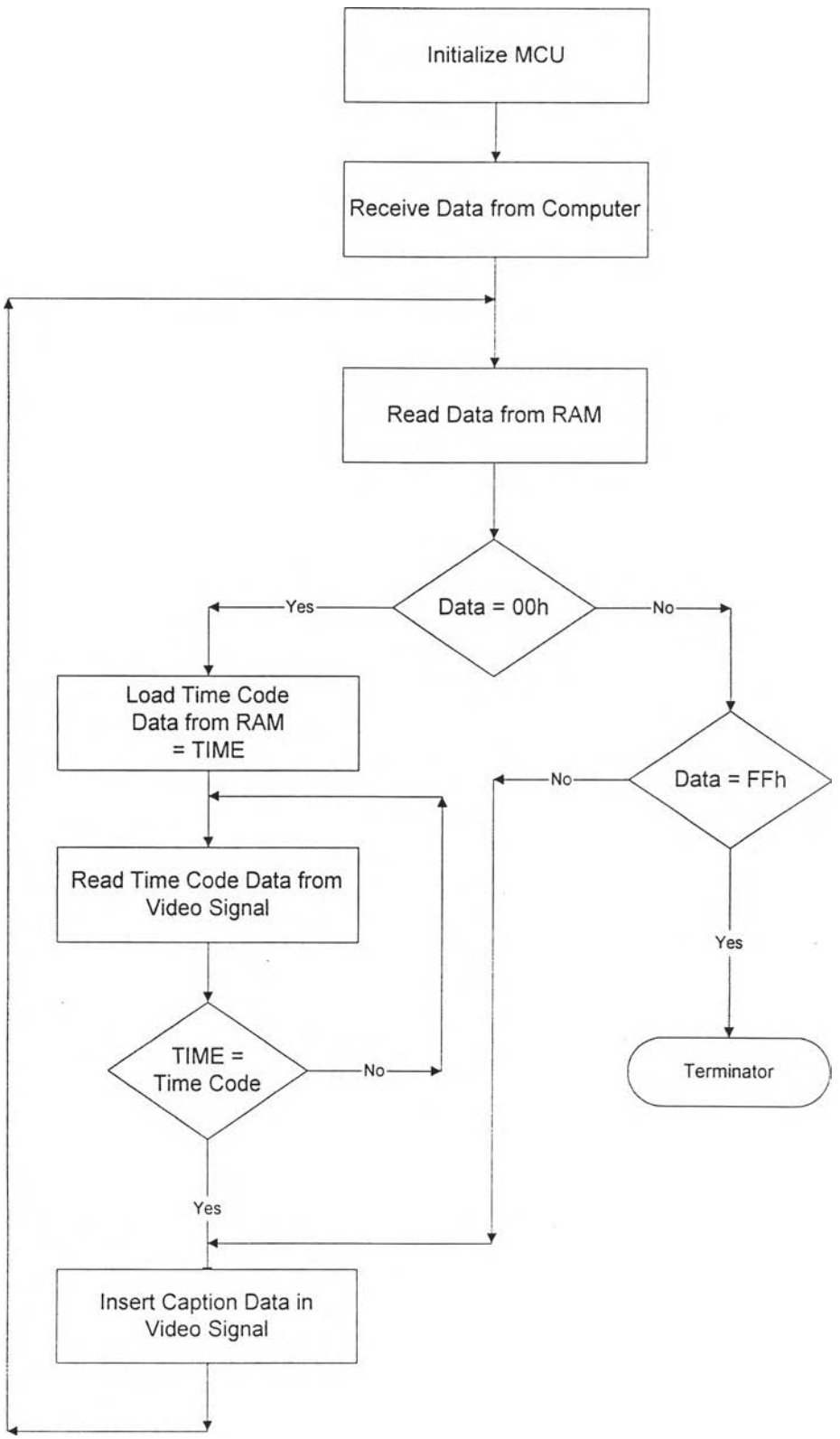
3 อ่านรหัสเวลา จากสัญญาณภาพโทรทัศน์

4 หากรหัสเวลา จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ ยังไม่ตรงถึงเวลาที่ต้องการเริ่มต้นแทรกคำบรรยายภาพวรรคนั้น จะแทรกรหัส 80h

5 เมื่อพบว่าเวลาตรงกับเวลาที่ต้องการแทรกคำบรรยายภาพวรรคนั้นๆ จะเริ่มแทรกคำบรรยายภาพทีละ 2 ไบต์

6 เมื่อพบรหัส 00 แสดงว่าคำบรรยายภาพวรรคนั้นจบแล้ว จะเริ่มต้นคำบรรยายภาพวรรคใหม่ กลับไปทำขั้นตอนที่ 2

7 เมื่อพบรหัส FFh แสดงว่าแทรกคำบรรยายภาพครบทุกวรรคแล้วให้หยุดทำงาน



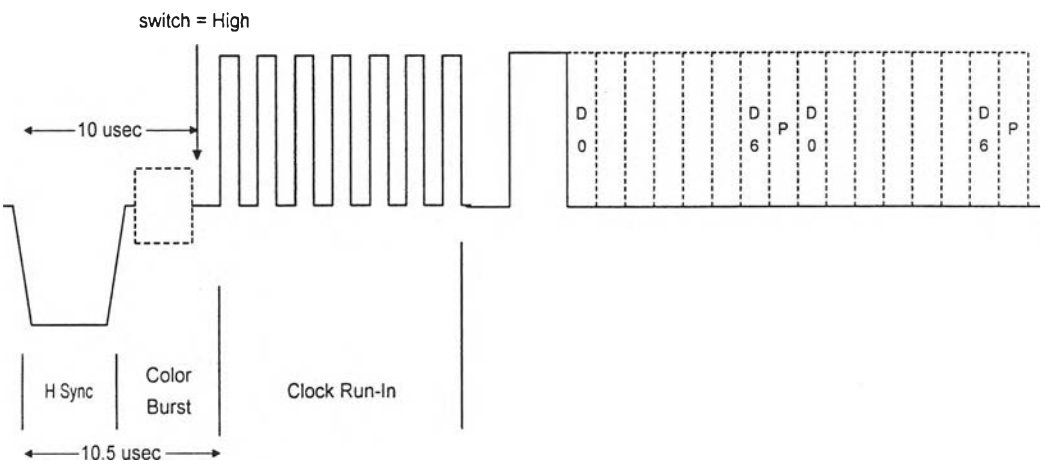
รูปที่ 4.5 แผนผังการทำงานของเครื่องแทรกคำบรรยายภาพ

การแทรกรหัสคำบรรยายภาพลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์

การแทรกรหัสข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ทำโดยใช้วงจรในรูปที่ 3.5 โดยต่อขา p1.3 ของไมโครคอนโทรเลอร์เข้ากับ switch และ ขา p1.4 ของไมโครคอนโทรเลอร์ เข้ากับ data ซึ่งทางเข้าออก (port) 1 ของไมโครคอนโทรเลอร์ เป็น ทางเข้าออก (I/O port) สามารถควบคุมแต่ละบิตได้อิสระ

เมื่อนับซิงค์แนวนอนถึงเส้นที่ 21 ไมโครคอนโทรเลอร์ จะหน่วงเวลาไป 10 usec จากนั้นจะสั่งให้ขา p1.3 เป็นตรรก low เพื่อตัดสัญญาณภาพโทรทัศน์ เดิมออกไป เนื่องจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ เดิมอาจมีข้อมูลอยู่ในเส้นที่ 21 หากใช้วิธีรวมสัญญาณด้วยวงจรบวกธรรมดา จะทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้ จากนั้นเมื่อ ไมโครคอนโทรเลอร์ หน่วงเวลาถึง 10.5 usec แล้ว จะเริ่มสร้างสัญญาณ clock run - in แล้วตามด้วยข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ 2 ไบต์ ดังแสดงในรูปที่

4. 6

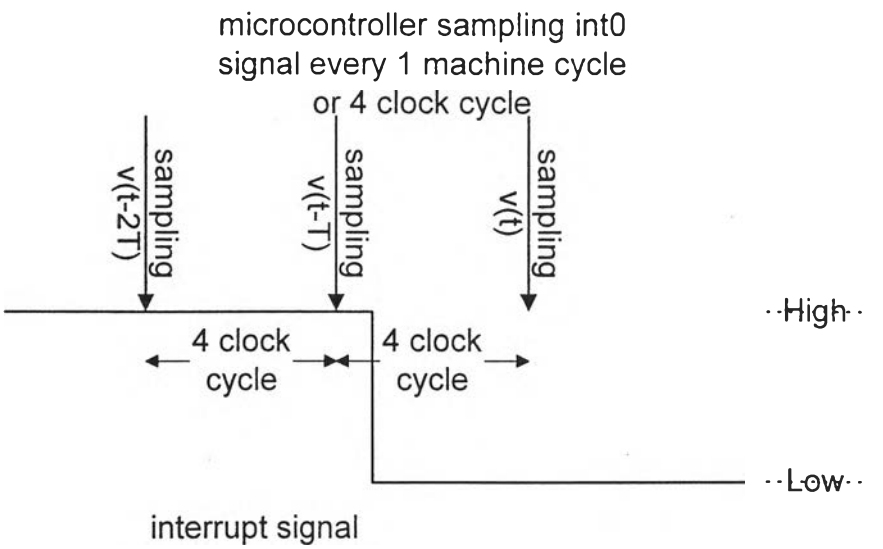


รูปที่ 4.6 การแทรกข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้

ความคลาดเคลื่อนในการใส่รหัสคำบรรยายภาพ

ตามมาตรฐานการเข้ารหัสข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการใส่รหัสได้ภายใน ช่วง $\pm$0.25 usec ดังนั้นการใส่สัญญาณ clock run-in จะต้องห่างจากซิงค์แนวนอนภายในช่วง 10.5 $\pm$ 0.25 usec ซึ่งความคลาดเคลื่อนในการใส่รหัสข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้จะเกิดเนื่องจาก

1) ไมโครคอนโทรเลอร์ ไม่สามารถตอบสนองสัญญาณ การขัดจังหวะ ที่ขา INT0 ได้ทันที
2) สัญญาณซิงค์รวม ที่ได้จากวงจรแยกสัญญาณซิงค์เกิดการหน่วงเวลา
3) เวลาหน่วงเนื่องจากการสวิทช์

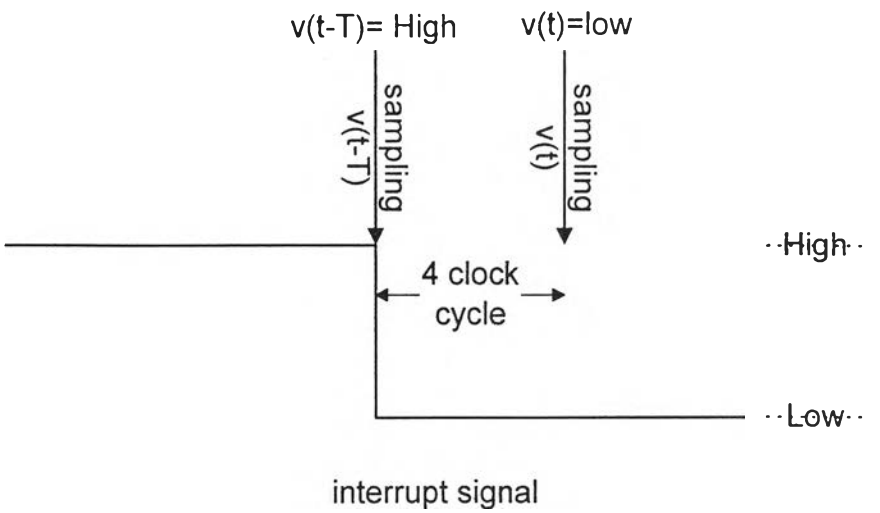


รูปที่ 4.7 ไมโครคอนโทรเลอร์สุ่มสัญญาณที่เข้าขา int

รูปที่ 4.7 แสดงการสุ่มสัญญาณที่เข้าขา int ของไมโครคอนโทรเลอร์เมื่อ สัญญาณเป็นขอบขาลง ไมโครคอนโทรเลอร์ จะทำงานในโปรแกรมขัดจังหวะ (interrupt service routine) ไมโครคอนโทรเลอร์ จะอ่านแรงดันของสัญญาณที่เข้าขา int0 ทุกๆ 1 รอบการทำงาน (machine cycle) หรือ 4 คาบสัญญาณนาฬิกา ซึ่งในระบบนี้ เราใช้สัญญาณนาฬิกาที่ 24 MHz ดังนั้น ไมโครคอนโทรเลอร์ จะอ่านแรงดันทุกๆ 4/(24 MHz) = 0.1333 usec

จากรูปที่ 4.7 ไมโครคอนโทรเลอร์ พบว่าสัญญาณขอบขาลงเมื่อ v(t-T) มีระดับแรงดันเป็น high และ v(t)มีระดับแรงดันเป็น low โดยที่ v เป็นระดับแรงดันของสัญญาณขัดจังหวะของไมโครคอนโทรเลอร์ t เป็นเวลาใดๆ และ T เป็นเวลา 1 รอบการทำงานของไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งเท่ากับ 0.133 usec

ดังนั้น ไมโครคอนโทรเลอร์ จะตอบสนองต่อการเกิดของขาลงของสัญญาณช้าที่สุด เมื่อ การอ่านสัญญาณทำเมื่อกำลังจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณพอดี ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กรณีที่ ไมโครคอนโทรเลอร์ จะตอบสนองต่อขอบขาลงของสัญญาณขัดจังหวะช้าที่สุด

จากรูปที่ 4.8 ไมโครคอนโทรเลอร์ จะตอบสนองต่อขอบขาลงของสัญญาณช้าไปเท่ากับ รอบในการอ่านสัญญาณ 1 รอบ นั่นคือ 0.133 usec

สัญญาณซิงค์รวม ที่ได้จากวงจรแยกสัญญาณซิงค์เกิดการหน่วงเวลา

จากการวัดจากออสซิลโลสโคบ ได้เวลาหน่วงเท่ากับ 10 nsec

เวลาหน่วงเนื่องจากการสวิทช์

ใช้สวิทช์เบอร์ 74HCT4066 มีเวลาหน่วงเท่ากับ 5 nsec

ดังนั้นรวมการหน่วงเวลาทั้งสิ้นเท่ากับ 0.1333+0.01+0.005 = 0.138 usec

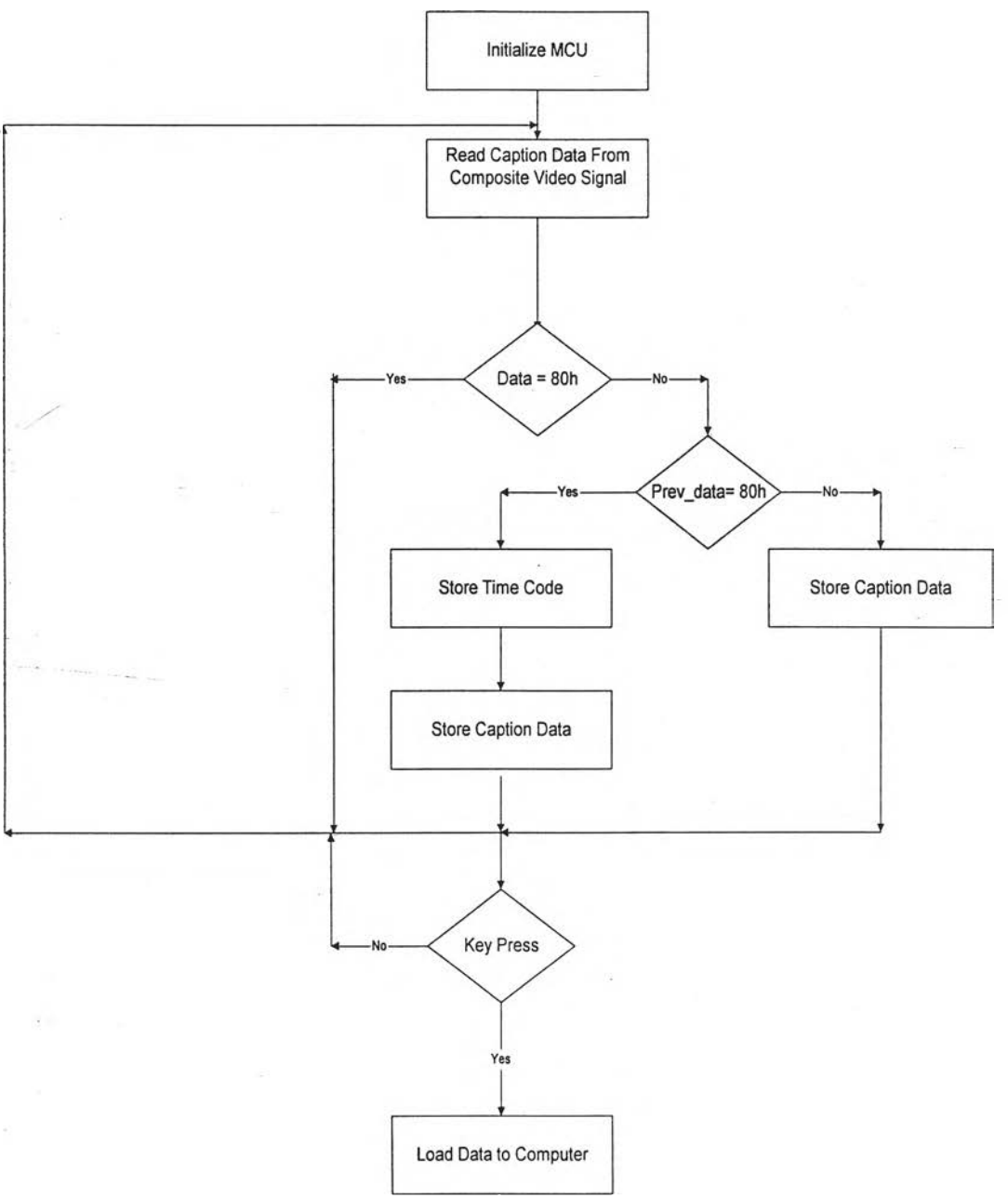
ซึ่งเวลาหน่วงยังอยู่ภายในมาตรฐานที่กำหนด

4.1.5 โปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ จากสัญญาณภาพโทรทัศน์

เครื่องอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ทำหน้าที่อ่านรหัสข้อมูลคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้ จากสัญญาณภาพโทรทัศน์ มาเก็บไว้ในหน่วยความจำเข้าถึงได้แบบสุ่ม (RAM) โดยจะเก็บข้อมูลคำบรรยายภาพในรูปแบบเดียวกับตอนรับแฟ้มข้อมูลคำบรรยายภาพมาจากคอมพิวเตอร์ เมื่อรับข้อมูลตามที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้สามารถสั่งให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ ส่งข้อมูลไปให้กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางทางเข้าออกแบบอนุกรม (serial port)

การเก็บข้อมูลคำบรรยายภาพในแต่ละวรรค ประกอบด้วย รหัสเริ่มต้นวรรค เวลาเริ่มต้นของวรรคนั้น และ ข้อมูลคำบรรยายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

การอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 4.9 แผนผังการทำงานของเครื่องอ่านคำบรรยายภาพ

1 หากอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ ไม่ใช่รหัส 80h แสดงว่าเป็นช่วงข้อมูลคำบรรยายภาพ 1 วรรค หรือ เริ่มต้นข้อมูลวรรคใหม่ ซึ่งจะดูว่าเป็นกรณีใดโดยดูจากข้อมูลคำบรรยายภาพที่อ่านได้จากเฟรมก่อนหน้านี้ ซึ่งจากในรูปที่ 4.9 ได้แก่ตัวแปร perv_data หากตัวแปร prev_data นี้ เป็น 80h แสดงว่าเป็นการเริ่มต้นข้อมูลวรรคใหม่ จะเก็บข้อมูลรหัสเริ่มต้นวรรค 00h ตามด้วยเวลาของเฟรมนั้น และ รหัสคำบรรยายภาพ ในเฟรมนั้น 2 ไบต์ หากตัวแปร prev_data นี้ ไม่เป็น 80h เป็นช่วงข้อมูลคำบรรยายภาพ 1 วรรค จะเก็บแค่ รหัสคำบรรยายภาพ ในเฟรมนั้น 2 ไบต์

2 หากอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพจากสัญญาณภาพโทรทัศน์ เป็นรหัส 80h แสดงว่าเป็นช่วงไม่มีข้อมูลคำบรรยายภาพ จะไม่ต้องเก็บข้อมูลใดลงในหน่วยความจำ

การอ่านข้อมูลคำบรรยายภาพ จากสัญญาณภาพโทรทัศน์

สามารถอ่านคำบรรยายภาพโดยใช้ วงจรเปรียบเทียบ แปลงข้อมูลคำบรรยายภาพแบบแอนาลอก ใน สัญญาณภาพโทรทัศน์ ให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบเชิงเลข แล้วส่งสัญญาณข้อมูลนี้ป้อนเข้าที่ขา int 1 ของไมโครคอนโทรเลอร์ เป็นสัญญาณขัดจังหวะ และขณะเดียวกันจะป้อนเข้าที่ขา p1.1 ซึ่งเป็นขาทางเข้าออกของไมโครคอนโทรเลอร์ ด้วย เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูล

เราจะกำหนดกระบวนการเริ่มต้นให้ ไมโครคอนโทรเลอร์ สามารถตอบสนองต่อสัญญาณขัดจังหวะที่เข้ามาที่ขา int0 ซึ่งเป็นสัญญาณซิงค์รวม แต่จะไม่ตอบสนองต่อสัญญาณขัดจังหวะที่เข้ามาที่ขา int1 โดยตอบสนองต่อขอบขาลงของสัญญาณขัดจังหวะ

เมื่อ ไมโครคอนโทรเลอร์ นับสัญญาณซิงค์แนวนอนมาถึงเส้นที่ 21 แล้ว จะอนุญาตให้ขา int 1 ตอบสนองต่อสัญญาณขัดจังหวะได้ โดยเหตุการณ์ขัดจังหวะของ ขา int 1 ของไมโครคอนโทรเลอร์ จะเกิดขึ้นที่ขอบขาลงของสัญญาณ clock run-in ลูกแรก

หลังจากนั้น ไมโครคอนโทรเลอร์ จะหน่วงเวลาจนถึงบิตเริ่มต้นของข้อมูลคำบรรยายภาพ แล้วอ่านบิตเริ่มต้น โดยใช้ขา p1.1 หากบิตเริ่มต้นเป็น 001 แสดงว่า เป็นข้อมูลคำบรรยายภาพ จะอ่านข้อมูลบิตถัดไป หากไม่ใช่ 001 แสดงว่าไม่มีข้อมูลคำบรรยายภาพ สัญญาณที่ทำให้เกิดการขัดจังหวะ อาจมิใช่สัญญาณ clock run-in แต่เป็นสัญญาณอย่างอื่นที่อยู่ในสัญญาณภาพโทรทัศน์ ในเส้นนั้น

4.2 โปรแกรมสำหรับสร้างแฟ้มข้อมูลรหัสข้อมูลคำบรรยายภาพบนคอมพิวเตอร์

ผู้ใช้จะใช้คอมพิวเตอร์สร้างแฟ้มข้อความ (text file) สำหรับเก็บคำบรรยายภาพ และรหัสเวลา ด้วยโปรแกรมบรรณาธิการชนิดใดก็ได้ โดยคำบรรยายภาพจะจัดเก็บเป็นวรรค แต่ละวรรคประกอบด้วย เวลาที่จะใส่คำบรรยายภาพวรรคนั้นลงในสัญญาณภาพโทรทัศน์ รูปแบบในการแสดงคำบรรยายภาพ และ เนื้อหาคำบรรยายภาพ ดังนี้

คำบรรยายภาพวรรคที่1 *00:02:21
#2 rcl
#2 pac 14 0
การเข้ารหัสคำบรรยายภาพแบบซ่อนได้
#2 pac 15 0
โดยใช้รหัสเวลา
#2 eoc

คำบรรยายภาพวรรคที่ 2 *00:13:22
#2 rcl
#2 enm
#2 pac 15 2
แสดงผลที่เวลา 00:15:00
#2 eoc

โดยที่เครื่องหมาย " * " แสดงเวลาที่ต้องการใส่คำบรรยายวรรคนั้น

"# " เป็น PAC กำหนดรูปแบบในการแสดงผลคำบรรยายภาพ ตามมาตรฐาน Recommended Practice for Line 21 Data Service ของ EIA โดยหมายเลขที่นำหน้า PAC แสดงช่องคำบรรยายภาพ หมายเลข 1 คือ คำบรรยายภาพช่อง 1 และ หมายเลข 2 คือ คำบรรยายภาพช่อง 2

หลังจากผู้ใช้สร้างแฟ้มข้อความคำบรรยายภาพแล้ว จะใช้โปรแกรม tcode.exe ทำหน้าที่ แปลงเป็นแฟ้มข้อมูลแบบเลขฐาน 2 สำหรับเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพ โดยจะแปลงคำบรรยายภาพในแต่ละวรรคให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลในรูปที่

4.4 จากนั้นคอมพิวเตอร์จะส่งแฟ้มข้อมูลเลขฐาน 2 นี้ให้กับเครื่องเข้ารหัสคำบรรยายภาพ ทางทางเข้าออกแบบอนุกรม