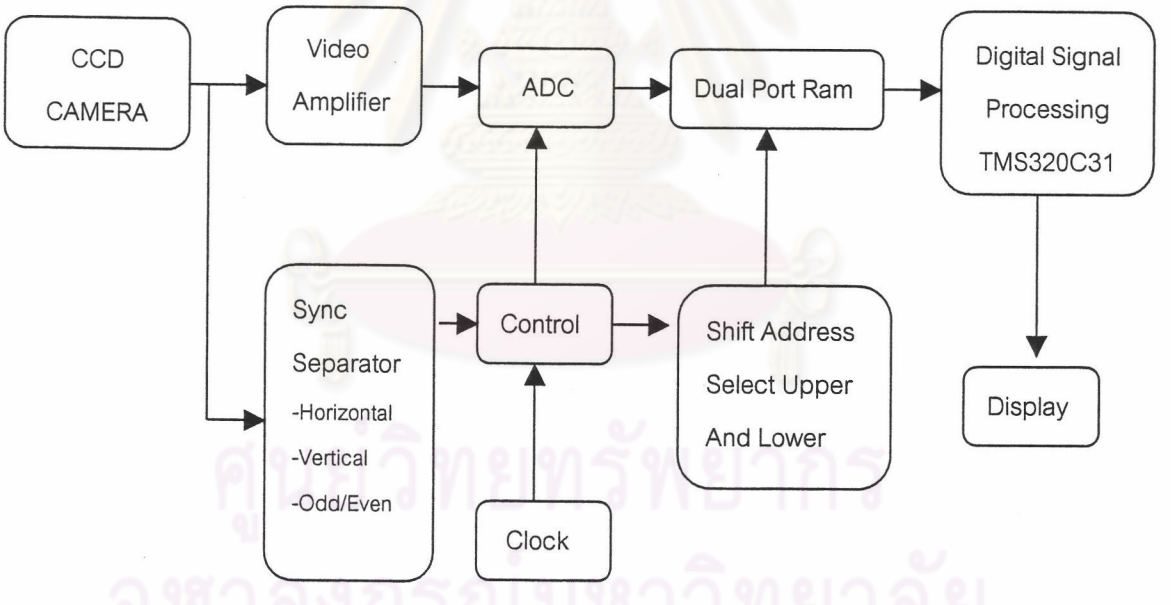
บทที่ 3

วิธีการออกแบบ

3.1. การออกแบบอุปกรณ์รับสัญญาณภาพ

การพัฒนาระบบปรับปรุงคุณภาพสัญญาณภาพถ่ายรังสีประกอบด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณภาพจากระบบถ่ายภาพรังสีและระบบปรับปรุงสัญญาณภาพด้วยเทคนิคกระบวนวิธีสัญญาณดีเอสพี (DSP) โดยออกแบบให้ระบบรับสัญญาณภาพรับสัญญาณภาพรวมในระบบ CCIR จากกล้องซีซีดี (CCD CAMERA) สามารถรับภาพเก็บเป็น 1 เฟรมและสุ่มสัญญาณภาพในแบบนอนอินเทอร์เลซสแกน (Non – Interlace Scan) และดิจิไทซ์ (DIgitize) สัญญาณภาพให้ระบบปรับปรุงคุณภาพสัญญาณซึ่งสามารถให้ความยืดหยุ่นในการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายที่ได้และแสดงผลทางจอมอนิเตอร์ โดยแผนภาพดังรูป

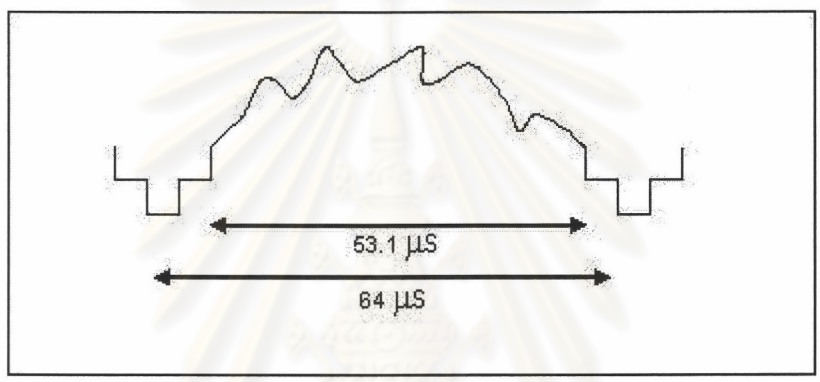


รูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพระบบปรับปรุงคุณภาพสัญญาณภาพ

รายละเอียดจากแผนภาพรูปที่ 3.1 การทำงานเริ่มจากกล้องซีซีดี (Charge-Coupled Device) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าตามระดับความสว่างของแสงสีที่ได้รับ สัญญาณภาพจากกล้องซีซีดีนี้จะส่งต่อไปยังวงจรขยายสัญญาณที่เรียกว่า วงจรขยาย

สัญญาณภาพ (Video Amplifier) เพื่อขยายสัญญาณภาพให้มีระดับแรงดันที่เหมาะสมให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่เรียกว่า วงจรเอดีซีคอนเวอร์ทเตอร์ (Analog to digital converters) และแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล สัญญาณที่แปลงได้จะเขียนลงในหน่วยความจำ (Dual Port RAM) จำนวน 2 ตัว จากนั้นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเบอร์ TMS320C31 ก็จะทำการอ่านค่าข้อมูลในหน่วยความจำเพื่อประมวลผลและแสดงผลตามอัลกอริทึมต่อไป

3.1.1 การคำนวณความถี่ที่ใช้ในการสุ่มภาพ



รูปที่ 3.2 แสดงเวลาที่ใช้ในการสแกนภาพของสัญญาณทางแนวนอน (Horizontal)

กล้องที่ใช้ในการทดลองเป็นระบบ CCIR ความถี่ที่ใช้ในการสแกนทางแนวนอน (Horizontal) ของระบบเท่ากับ 15,625 Hz หรือ 625 line/frame x 25 frame/second หรือเท่ากับ 64 µs/scanline แต่มีช่วงเวลาของการเกิดสัญญาณภาพจริงเพียง 53.1 µs จากเวลาที่ได้สามารถนำไปคำนวณหาความถี่ของการสุ่มตัวอย่างได้คือ

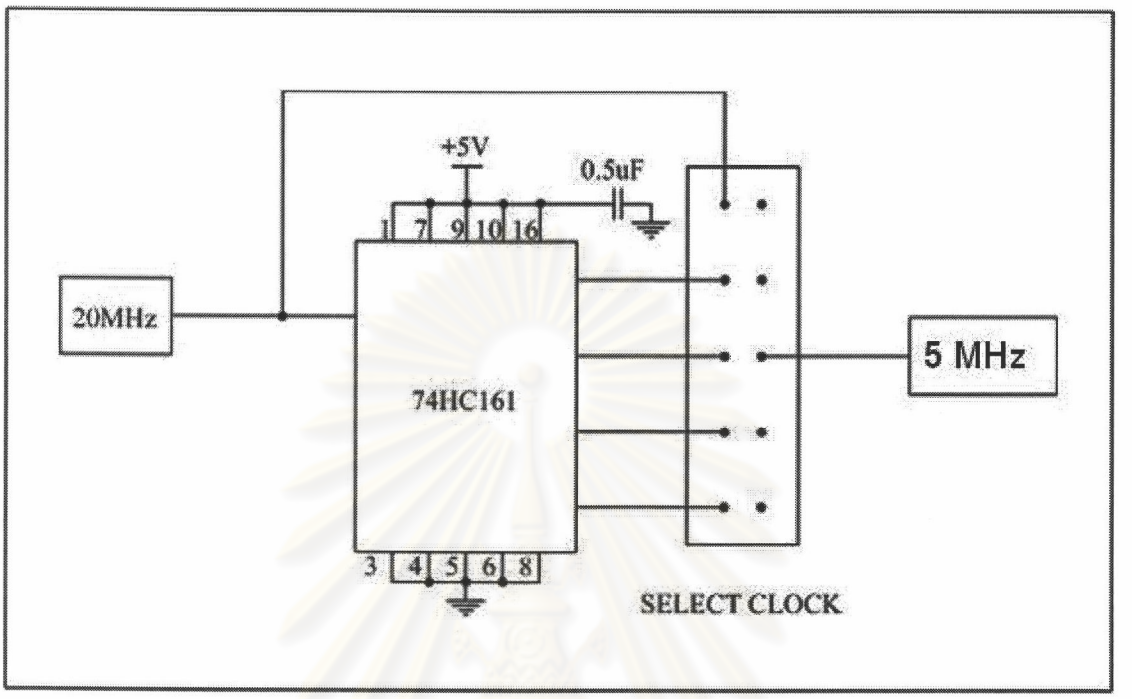
$$T = \frac{T_{hor}}{N} = \frac{53.1}{267} = 0.1988 \text{ หรือ } 5.028 \text{ MHz} \qquad (3.1)$$

เมื่อ T คือ เวลาในการสุ่มสัญญาณแต่ละจุด

T_{hor} คือ เวลาในการสแกนภาพทางแนวนอน

N คือ จำนวนจุดต่อภาพ

จากความถี่ที่คำนวณได้สำหรับภาพขนาด 267 จุดภาพ / scanline ใช้ความถี่ 5.028 MHz จึงเลือกคริสตัลความถี่ 20 MHz แล้วนำมาหารความถี่เพื่อให้ได้ความถี่ 5 MHz ตามต้องการ



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรเลือกสัญญาณนาฬิกา

จากรูปที่ 3.3 เป็นวงจรเลือกสัญญาณนาฬิกาโดยนำสัญญาณนาฬิกา 20 MHz มาหารความถี่โดยไอซีเบอร์ 74HC161 ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$Q_0 = 20\ \text{MHz} \times \frac{1}{2} = 10\ \text{MHz}$$

$$Q_1 = 20\ \text{MHz} \times \frac{1}{4} = 5\ \text{MHz}$$

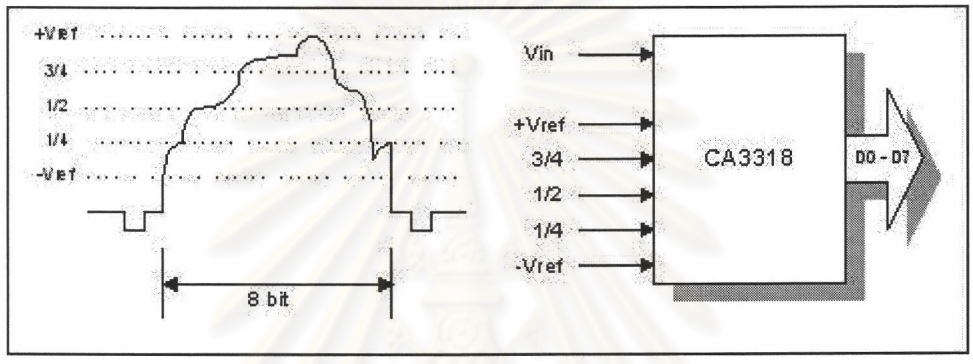
$$Q_2 = 20\ \text{MHz} \times \frac{1}{8} = 2.5\ \text{MHz}$$

$$Q_3 = 20\ \text{MHz} \times \frac{1}{16} = 1.25\ \text{MHz}$$

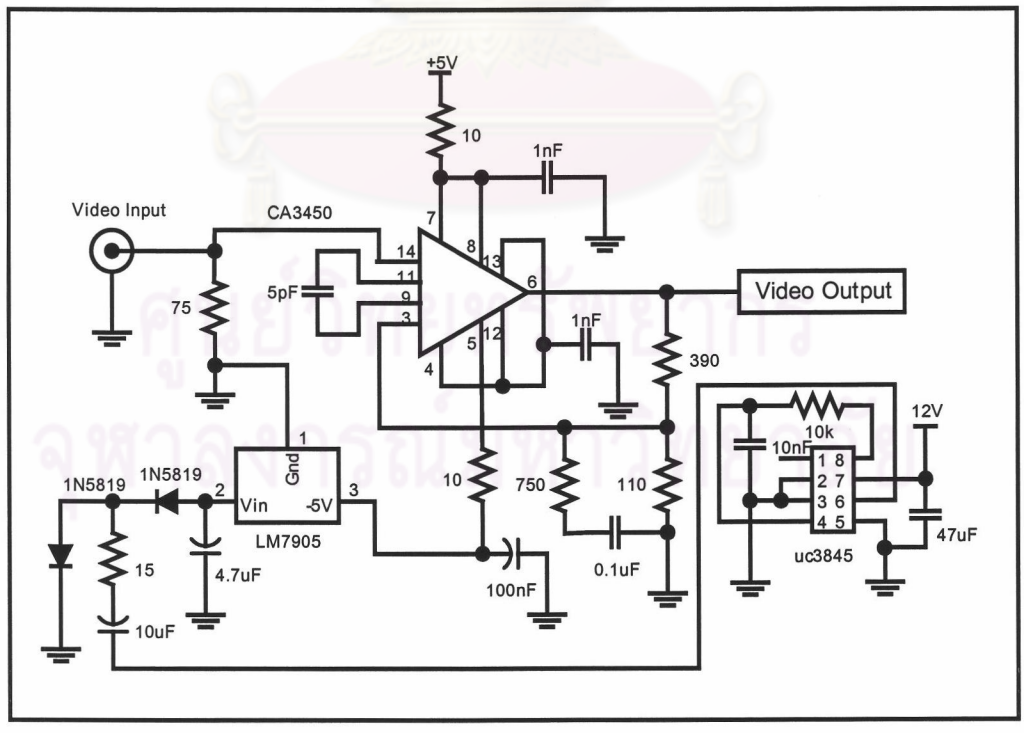
จากการคำนวณใช้ความถี่ที่ Q_1 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ที่คำนวณไว้ ถ้าเลือกความถี่ที่สูงกว่าจะทำให้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลหรือเอดีซีแปลงสัญญาณดิจิทัลได้ข้อมูลจำนวนมากแต่ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล TMS320C31 จะไม่สามารถรับข้อมูลได้ทัน

3.1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

สัญญาณภาพจากกล้องซีซีดีจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยวงจรเอดีซีสัญญาณที่มาจากส่วนควบคุมจะควบคุมจังหวะในการติดต่อระหว่างหน่วยความจำกับเอดีซีและมีสัญญาณนาฬิกา 5 MHz เป็นสัญญาณในการสุ่มตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีแรงดันอ้างอิงที่จ่ายให้กับเอดีซีเพื่อให้สามารถปรับค่าแรงดันได้เหมาะสมกับสัญญาณที่เข้ามาทางด้านอินพุตของเอดีซีดังแสดงในรูปที่ 3.4

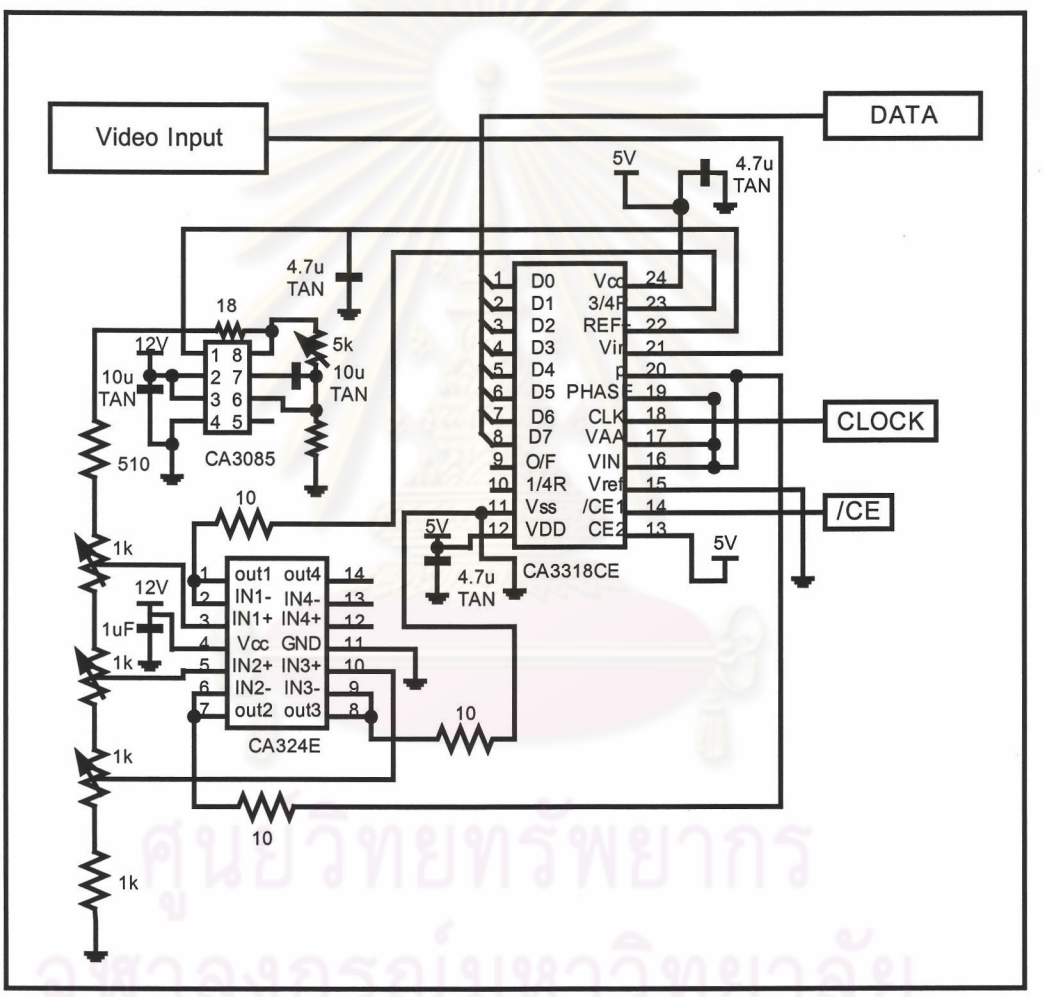


รูปที่ 3.4 แสดงสัญญาณภาพกับแรงดันอ้างอิงและการต่อวงจรเอดีซี



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรขยายสัญญาณภาพ (Video Amplifier)

จากรูปที่ 3.5 เป็นวงจรขยายสัญญาณภาพโดยจะรับสัญญาณภาพจากล้องซีซีดีซึ่งมีแรงดันประมาณ 0-1 โวลต์ มาขยายให้มีค่าเพียงพอกับระดับแรงดันที่เอดีซีต้องการมีค่าตั้งแต่ 4-7 โวลต์ ซึ่งในวงจรนี้ได้มีการออกแบบให้มีอัตราการขยายสัญญาณ 5 เท่าและสามารถปรับเปลี่ยนอัตราขยายได้โดยเปลี่ยนตัวเก็บประจุซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2-10 pF ที่ต่อระหว่างขา 9 และ 11 เนื่องจาก CA3450 ซึ่งเป็นไอซีขยายสัญญาณภาพนั้นต้องการไฟเลี้ยงที่เป็นลบ จึงใช้ UC3845 เพื่อแปลงไฟบวก 12 โวลต์ ให้เป็นไฟลบ 7 โวลต์ และให้ LM7905 ลดระดับแรงดันเหลือลบ 5 โวลต์ เพื่อเป็นไฟเลี้ยงให้กับ CA3450

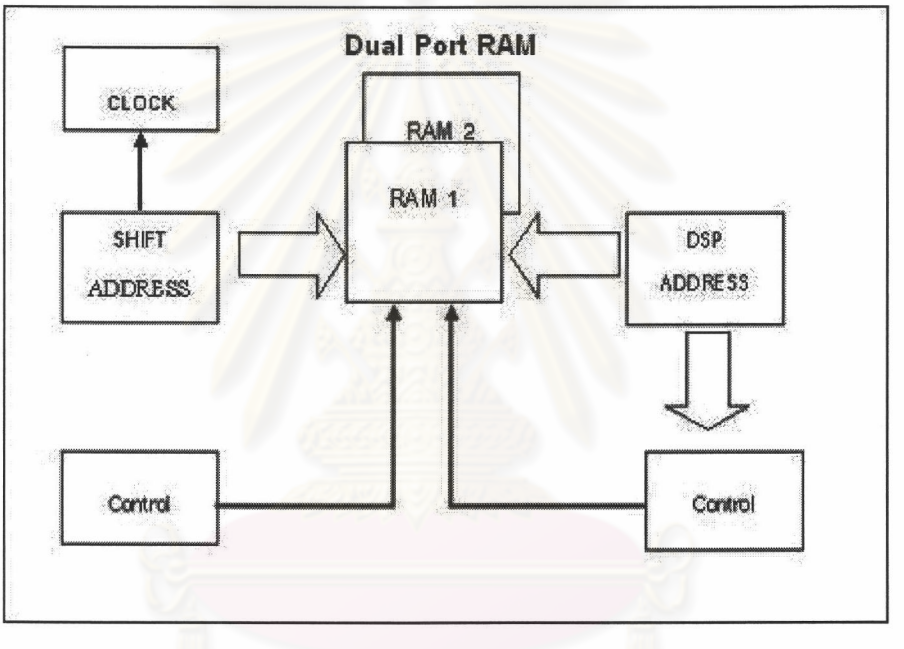


รูปที่ 3.6 แสดงวงจรเอดีซี

จากรูปที่ 3.6 เป็นวงจรเอดีซีรับสัญญาณภาพมาจากวงจรขยายสัญญาณภาพเพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ในการควบคุมการทำงานของ CA3318 สามารถควบคุมการทำงานได้จากขา /CE1 และ CE2 โดยขาทั้งสองทำหน้าที่เป็นตัวเลือก (Chip Select) จากรูปที่ 3.6 ขา /CE1 จะรับสัญญาณควบคุมจากวงจรควบคุมส่วนขา CE2 ป้อนแรงดันขนาดบวก 5 โวลต์ โดยมีตัวเก็บประจุ

4.7 uF หน้าที่กรองสัญญาณรบกวนที่มาจากแหล่งจ่ายไฟซึ่งการออกแบบ Flash A/D ให้ทำงานได้นั้นจะต้องป้อนแรงดัน +Ref, ¾ Ref, ½ Ref, ¼ Ref และ - Refให้กับ CA3318 เพื่อแยกระดับของสัญญาณภาพอนาลอกว่าแต่ละระดับมีค่าทางดิจิทัลเท่าใด เพื่อรักษาระดับแรงดันอ้างอิงของสัญญาณภาพที่เข้าสู่เอดีซี ในการออกแบบเราใช้ CA3085E และ CA324E เป็นตัวจ่ายแรงดันอ้างอิง (Reference) ดังกล่าวให้กับ Flash A/D ส่วนสัญญาณภาพที่ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วนั้นจะถูกส่งไปยังส่วนเก็บข้อมูลภาพโดยทำการบันทึกลงหน่วยความจำ

3.1.3 การอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ



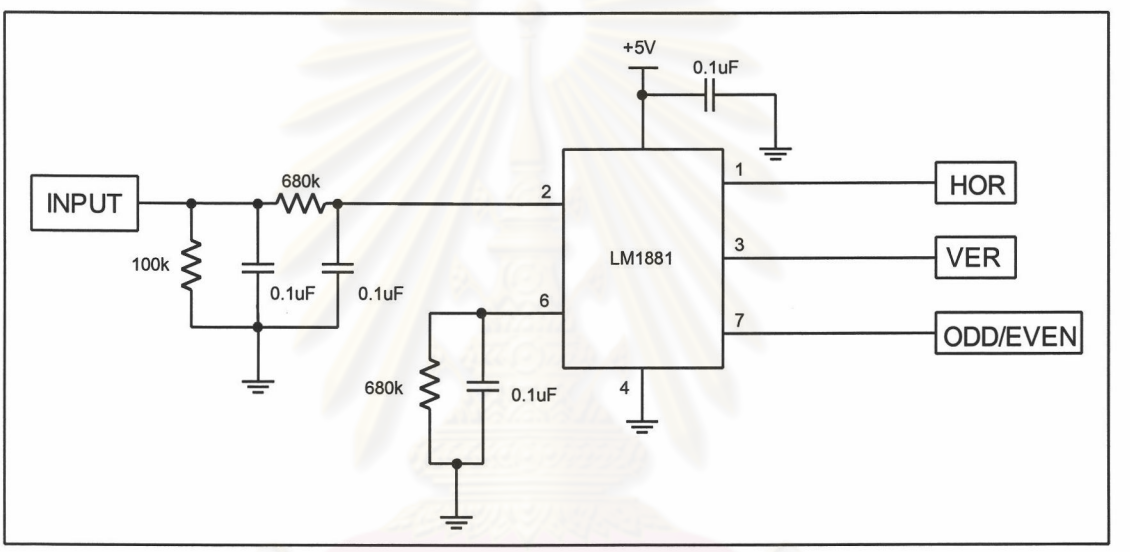
รูปที่ 3.7 แสดงแผนภาพการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ

การเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำเลือกใช้แรมสองทาง (Dual Port RAM) จำนวน 2 ตัว เบอร์ IDT 7025 ซึ่งแต่ละตัวมีความจุ 8 k x 16 บิต ต่อกันแบบขนานเป็น 32 บิต เพื่อให้ขนาดบัสข้อมูลของ Dual Port RAM มีขนาดเท่ากับบัสข้อมูลของตัวประมวลผลข้อมูลซึ่งมีขนาด 32 บิตทั้งนี้ข้อมูลภาพจากเอดีซีจะถูกเขียนลงในแรมสองทางทีละ 8 บิต โดยเริ่มจาก D_0-D_7, D_8-D_{15},D_{16}-D_{23}, D_{24}-D_{31} จนครบ 32 บิต เมื่อทำการบันทึกข้อมูลขนาด 32 บิตแล้ว ตำแหน่งในการบันทึกข้อมูลจะถูกเลื่อนขึ้น 1 ตำแหน่ง โดยรับสัญญาณควบคุมในการเลื่อนตำแหน่งจากวงจรควบคุม และจะทำการเขียนข้อมูลในลักษณะเดิมอีก โดยเริ่มจาก D_0-D_7, D_8-D_{15}, D_{16}-D_{23}, D_{24}-D_{31} ใหม่ไปเรื่อยๆ จน

กระทั่งข้อมูลมีความจุเป็นครึ่งหนึ่งของ Dual Port RAM ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 8 k ไบต์ แล้วข้อมูลที่บันทึกจะถูกอ่านด้วยตัวประมวลผลเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

ในการประมวลผลและแสดงผลใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลโดยใช้บอร์ด TMS320C31 DSP Starter Kit โดยตัวประมวลผลนี้จะต่อเข้ากับหน่วยความจำแรมสองทางที่ตำแหน่ง 0x200000H ถึง 0x201FFFH การประมวลผลใน 1 คำสั่งใช้เวลา 40 ns และแสดงผลข้อมูลภาพออกทางจอคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนาน (Parallel Port)

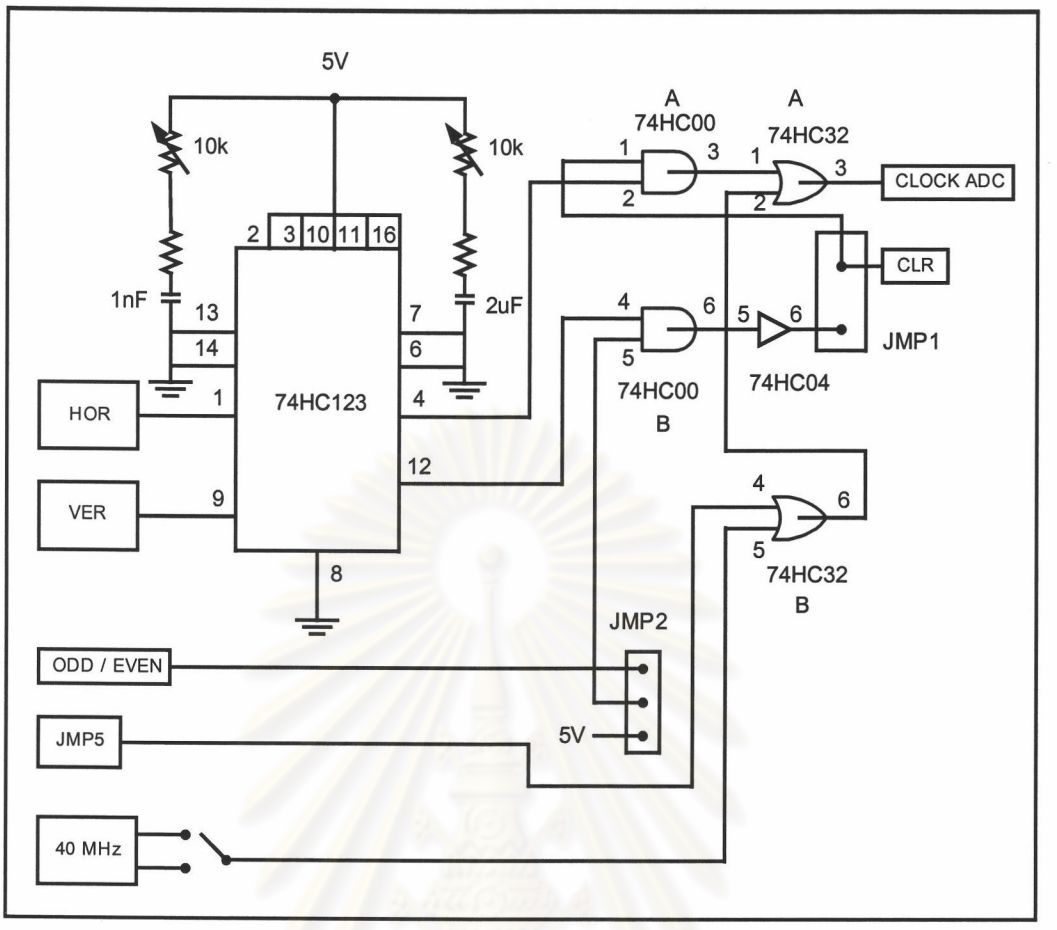
3.1.4 **วงจรควบคุม**



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรแยกสัญญาณแนวนอน, แนวตั้ง, คู่/คี่ ออกจากสัญญาณภาพ

จากรูปแสดงวงจรแยกสัญญาณแนวนอน (Horizontal), แนวตั้ง (Vertical), คู่/คี่ (Odd/Even) ออกจากสัญญาณภาพเพื่อนำสัญญาณเหล่านี้ไปเป็นสัญญาณเบื้องต้นให้กับวงจรควบคุม

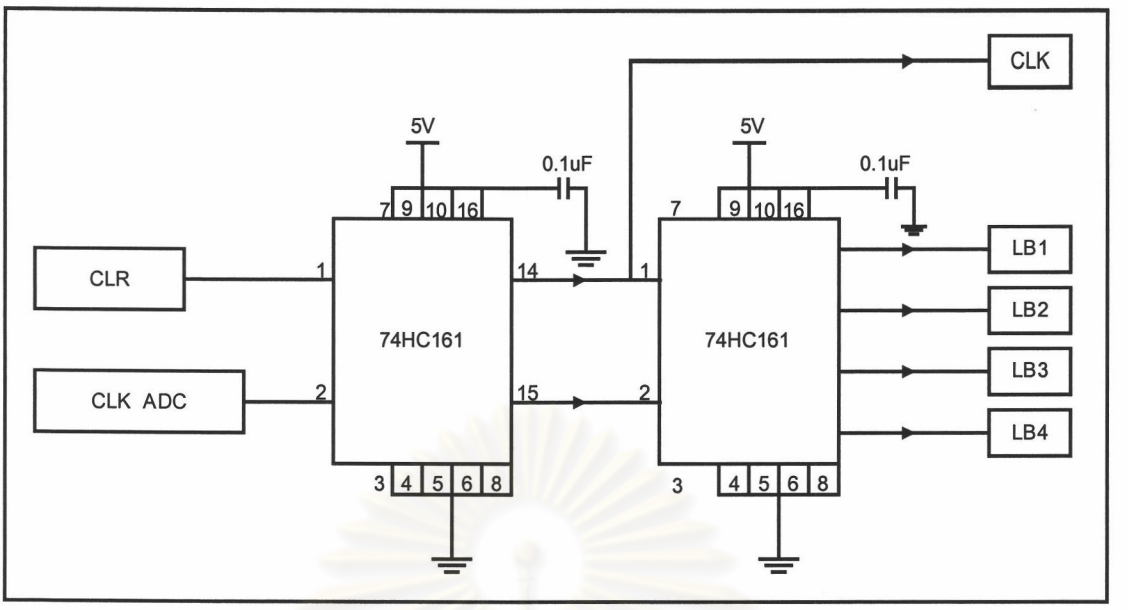
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรหน่วงสัญญาณแนวนอน (Horizontal) และ แนวตั้ง (Vertical)

จากรูปที่ 3.9 เป็นวงจรทำหน้าที่หน่วงสัญญาณแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) ให้ตรงกับสัญญาณภาพ โดยมีตัวต้านทานปรับค่า 10 กิโลโอห์มเป็นตัวเลือกเวลาที่ต้องการหน่วง หลังจากผ่านวงจรหน่วงสัญญาณแล้วจะได้สัญญาณแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) ใหม่จึงใช้เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของเอดีซี และหน่วยความจำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



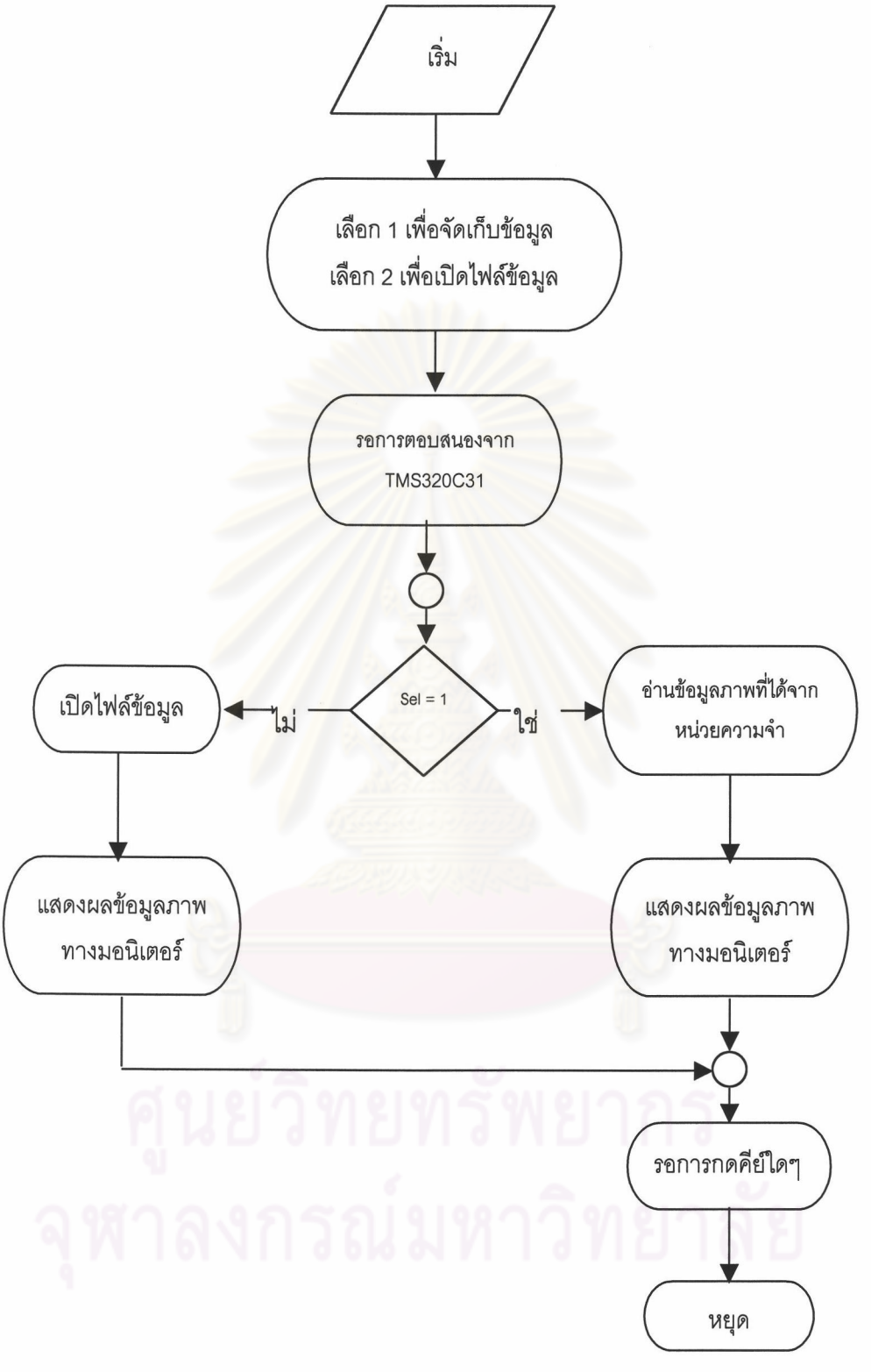
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรเลือกตำแหน่งบน (Upper), ล่าง (Lower) ของหน่วยความจำ (Dual Port RAM)

จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรเลือกตำแหน่งบน (Upper) และล่าง (Lower) ของหน่วยความจำ โดยมีสัญญาณเบื้องต้นให้กับ 74HC161 สัญญาณที่ได้จากขา 13 และ 14 จะเป็นสัญญาณเบื้องต้นให้กับ 74HC161 เพื่อใช้ในการเลือกตำแหน่งบน (Upper) และล่าง (Lower) ของหน่วยความจำ

3.2 การประมวลผลสัญญาณภาพ

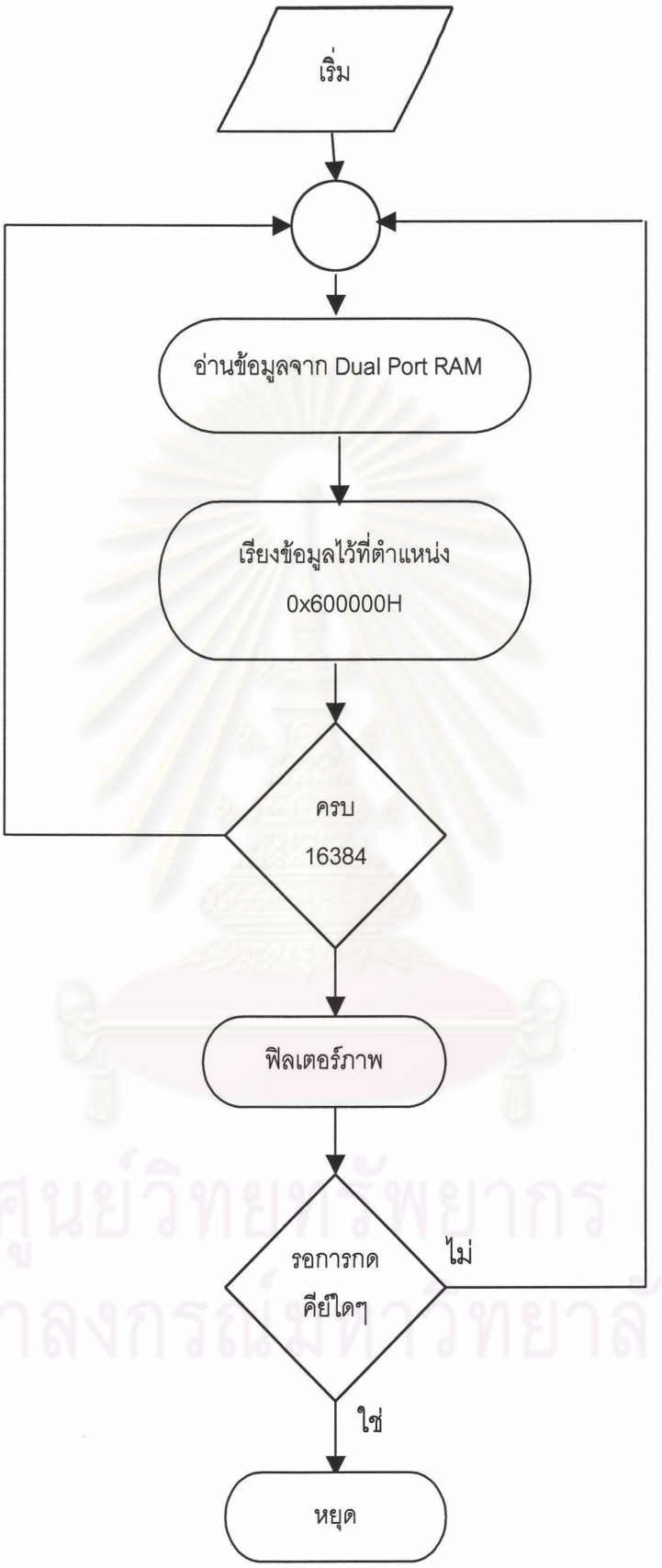
โปรแกรมเลือกการทำงาน จัดเก็บข้อมูล, เปิดข้อมูล, แสดงผลข้อมูลภาพและประมวลผลภาพ มีลำดับขั้นตอนการทำงานดังรูป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



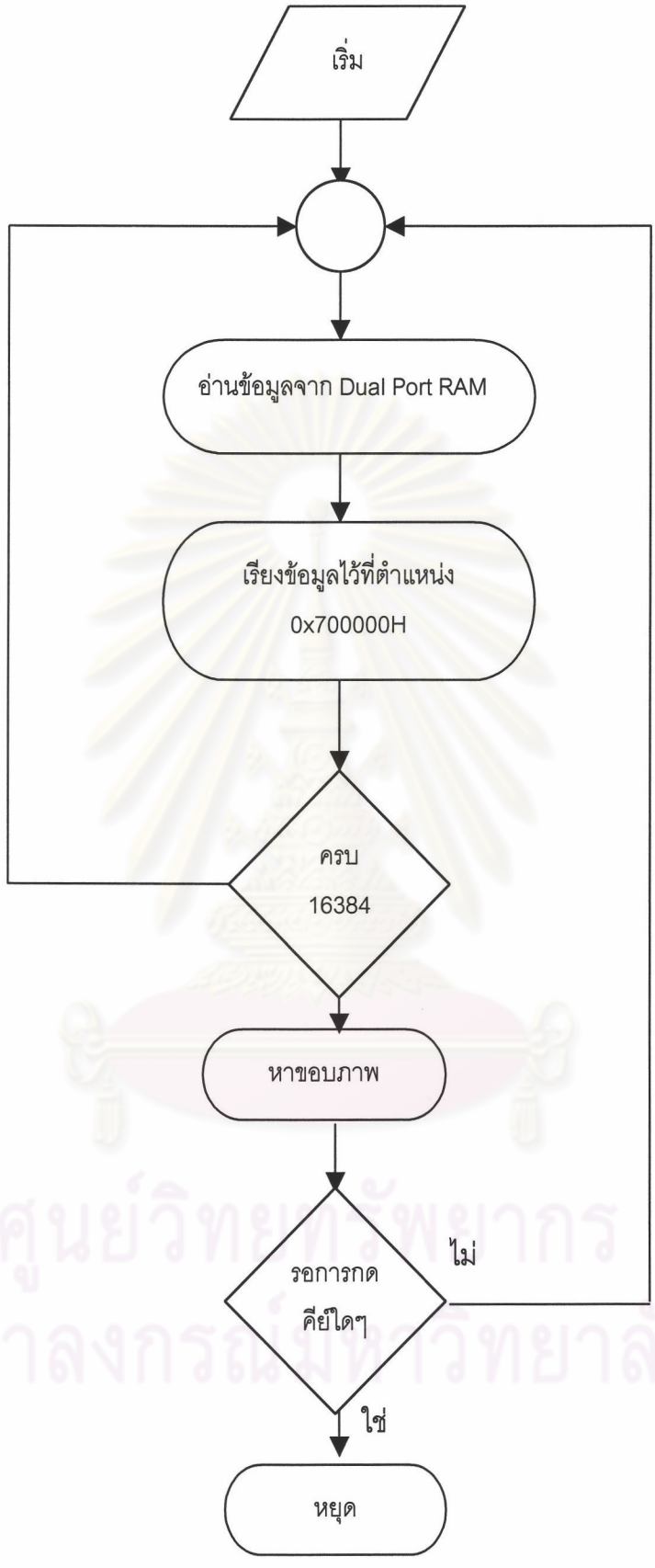
รูปที่ 3.11 การทำงานบนคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลทางจอมอนิเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 การฟิลเตอร์บนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.13 การหาขอบภาพบนตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประมวลผลสัญญาณภาพซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้ฟิลเตอร์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท [6] คือ

3.2.1. **การฟิลเตอร์แบบความถี่** (Frequency Filtering)

การฟิลเตอร์แบบความถี่จะเป็นการประมวลสัญญาณแบบฟูริเยร์ทรานสฟอร์ม (Fourier Transform) โดยใช้ทฤษฎีการคอนโวลูชัน (Convolution) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 เรื่องตัวกรองดิจิทัลซึ่งแบ่งออกเป็นตัวกรองดิจิทัลแบบเอฟไออาร์และตัวกรองดิจิทัลแบบไอไออาร์

3.2.2. **การฟิลเตอร์แบบสปาเชียล** (Spatial Filtering)

การฟิลเตอร์แบบสปาเชียลเป็นการนำค่าของพิกเซล (Pixel) มาประมวลผลโดยตรงคือ

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \tag{3.2}$$

f(x,y) คือ ภาพอินพุต (Input Image)
g(x,y) คือ ภาพที่ผ่านการประมวลผล
T คือ โอเปอร์เรเตอร์ที่กระทำต่อ f(x,y)

การฟิลเตอร์แบบสปาเชียลนั้นจะเป็นการนำพิกเซลแต่ละจุดของภาพมาคูณกับเทมเพลต (Template) ซึ่งขึ้นอยู่กับแบบที่เลือกใช้ จะเห็นได้ว่าการฟิลเตอร์แบบสปาเชียลจะเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและไม่ซับซ้อนซึ่งผลที่ได้จากทั้งสองวิธีจะไม่แตกต่างกันมากนักจึงเลือกใช้การฟิลเตอร์แบบสปาเชียลซึ่งมีอัลกอริทึมเสนอแนะไว้หลายวิธีให้เลือก สำหรับการปรับปรุงคุณภาพของภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2.1 การฟิลเตอร์ภาพแบบไฮพาสฟิลเตอร์

การฟิลเตอร์แบบไฮพาสฟิลเตอร์ทำให้สามารถมองรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนขึ้น คมชัดขึ้น เนื่องจากเป็นการนำเอาเทมเพลต (Template) ซึ่งมีค่าเป็นลบมาคูณกับค่าของภาพต้นฉบับดังแสดงในรูปที่ 3.14

-1/4	-1/4	-1/4
-1/4	12/4	-1/4
-1/4	-1/4	-1/4

(ก)

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

(ข)

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

(ค)

รูปที่ 3.14 เทมเพลตลักษณะต่างๆ ของการฟิลเตอร์แบบไฮพาส [7]

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละเทมเพลตเมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์มารวมกันจะได้ผลรวมเป็น 1 เสมอจึงทำให้ความสว่าง (Brightness) ของภาพคงเดิม ถ้าค่าสัมประสิทธิ์มารวมกันจะได้ผลรวมมากกว่า 1 จึงทำให้ความสว่างของภาพเพิ่มมากขึ้น ถ้าน้อยกว่า 1 จะทำให้ภาพมีสีเข้มขึ้น และถ้าเท่ากับศูนย์จะทำให้ภาพสีเข้มมาก [7] จากรูปที่ 3.13 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์เมื่อนำมารวมกันจะมีค่าเท่ากับ 1 ทำให้ภาพมีความสว่างคงเดิม ดังนั้นการฟิลเตอร์ภาพแบบไฮพาสฟิลเตอร์จึงเป็นการปรับความเปรียบต่าง (Contrast) ของภาพ

ความเปรียบต่างเป็นการวัดความแตกต่างระหว่างสี 2 สี ดังนั้นระหว่างสีขาวและสีดำมีความแตกต่างกันมากจึงมีความเปรียบต่างสูง การวัดความเปรียบต่างของภาพเป็นการวัดค่าการกระจายของสีที่เกิดขึ้นในภาพ การทำให้ความเปรียบต่างของภาพเปลี่ยนไปทำได้โดยทำให้ค่าการ

กระจายของสีของภาพเปลี่ยนไปด้วยโดยการนำค่าของพิกเซลมาคูณกับค่าสัมประสิทธิ์ดังรูป เนื่องจากคุณสมบัติของภาพจะมีค่าระหว่างพิกเซลที่อยู่ติดกันแตกต่างกันไม่มากนักเมื่อคูณค่าสัมประสิทธิ์ทำให้ค่าของแต่ละพิกเซลต่างกันอย่างเห็นได้ชัดซึ่งมีแนวโน้มที่ทำให้ค่าของพิกเซลเปลี่ยนแปลงโดยมีความคมชัดขึ้นเป็นการปรับความเปรียบต่างของภาพ ในบางครั้งการคูณค่าของพิกเซลด้วยสัมประสิทธิ์ทำให้ค่าที่ได้ไม่อยู่ในช่วง 0 ถึง 255 จึงต้องปรับให้อยู่ในช่วงโดยเปรียบเทียบกับค่าคัทออฟ (Cutoff Value) ซึ่งก็คือค่า 0 และ 255 นั่นเอง

วิธีการคำนวณคือนำเทมเพลตมาคูณกับพิกเซลของภาพอินพุตในแต่ละส่วนและนำผลที่ได้มารวมกันดังสมการ

$$O(x,y) = \sum_{j=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} W(i,j) I(x+2-i, y+2-j) \qquad (3.3)$$

I(x,y) = ภาพอินพุต

O(x,y) = ภาพเอาต์พุต

W(i,j) = เทมเพลตที่ใช้

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคูณภาพอินพุตกับแต่ละเทมเพลตมาเปรียบเทียบกันและเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่ปรับภาพให้มีความเปรียบต่างมากที่สุด จึงสามารถเห็นรายละเอียดได้ดี

3.2.2.1 การหาขอบภาพแบบโซเบล

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์แบบโซเบลมารวมกันจะเท่ากับ 0 ซึ่งทำให้ภาพที่ได้มีสีเข้มมากจึงสามารถมองเห็นส่วนที่เป็นขอบภาพหรือสีจางได้ชัดเจนขึ้นเป็นการปรับความความสว่าง (Brightness) ของภาพมีเทมเพลตดังรูปที่ 3.15

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(ก) ทิศเหนือ

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(ข) ทิศตะวันตก

รูปที่ 3.15 เทมเพลตสองทิศทางแบบโซเบล [6]

วิธีการคำนวณจะเหมือนกับการฟิลเตอร์เพื่อปรับรายละเอียดของภาพให้ชัดเจนขึ้นโดยจะคูณพิกเซลของภาพด้วยเทมเพลตดังสมการ 3.3 จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคูณภาพอินพุตกับเทมเพลตทั้งสองทิศทางมาเปรียบเทียบกันและเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นค่าที่ปรับภาพให้มีความแตกต่างของความสว่างมากที่สุดจึงสามารถเห็นขอบภาพได้ชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย